NOVA THALASSIA
vol. 8 1986 suppl. 3

Atti del XVII Congresso della
Società Italiana di Biologia Marina
Cesenatico 9-12 Settembre 1986

provincia, comune e università di trieste
laboratorio di biologia marina
sorgenti di aurisina-trieste

BIOTECNOLOGIE MARINE

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	7-20	1986

BIOTECHNOLOGY AND AQUACULTURE

L. Colombo & P. Belvedere

Dipartimento di Biologia, Università di Padova, Via. Loredan 10, 35100 Padova

Key words: Aquaculture; Biotechnology; Genetic improvement; Algae; Protoplast technology; Fish; Sex control; Induced polyploidy; Gynogenesis; Androgenesis; Pure line; Genetic engineering.

ABSTRACT - The applicability of biotechnological manipulation of reproduction and heredity to improve performance and genetics of aquacultural species is discussed.

RIASSUNTO

Attraverso la manipolazione biotecnologica dei meccanismi della riproduzione e dell'ereditarietà, è possibile migliorare geneticamente e/o fenotipicamente le specie oggetto di acquacoltura in modo più efficace e diretto che non nel passato. In particolare, le alghe ed i pesci teleostei si prestano molto bene ad interventi di bioingegneria. Così si può espandere la capacità delle colture algali di produrre alimenti, combustibili, fertilizzanti e composti commerciali mediante il trapianto di opportuni geni eterosogeni,compresi quelli che, nei batteri, non possono essere compiutamente espressi. Grazie ai progressi nella tecnologia dei protoplasti, si possono propagare le macroalghe per via parasessuale attraverso l'embriogenesi somatica e si può ibridarle per mezzo dell'ibridazione somatica anche quando sono tra loro sessualmente incompatibili. Infine i pesci teleostei possono essere sottoposti a controllo epigenetico, manipolazione citogenetica ed ingegneria genetica al fine di ottenere: 1) popolazioni ittiche monosessuali per incrocio tra pesci normali e sessualmente invertiti con ormoni, entrambi appartenenti al sesso omogametico; 2) pesci resi completamente sterili mediante triploidizzazione del corredo cromosomico; 3) linee pure totalmente omozigoti generate per ginogenesi od androgenesi diploide; A) ibridi eterotici provenienti dall'incrocio di linee pure geneticamente divergenti e 5) linee transgeniche stabilizzate in seguito al trasferimento, in linee pure, di geni utili per l'allevamento.

SUMMARY

Biotechnological manipulation of reproduction and heredity can be applied to aquacultural species in order to improve their performance and genetics beyond the limits inherent in classical improvement programs. Algae

and finfish appear to be particularly suitable for bioengineering operations. The capability of mass-cultivated microalgae to produce food, fuels, fertilizers and marketable chemicals can, be expanded by transformation with exogenous genes, including those improperly expressed in bacteria. Thanks to protoplast technology, seaweeds can be propagated parasexually by somatic embryogenesis and hybrids between sexually incompatible species can be produced by somatic hybridization. Fish can be subjected to epigenetic control, cytogenetic manipulation and genetic engineering to obtain: 1) monosex fish stocks by crossing normal and hormonally sex-inverted fish of the homogametic sex; 2) fish made sexually sterile by triploidization; 3) totally homozygous pure lines generated through diploid gynogenesis or diploid androgenesis; 4) heterotic hybrids by crossing allogeneic pure lines and 5) stabilized transgenic lines by transfer of useful genes into pure lines.

INTRODUCTION

There is now increasing awareness of the fact that aquaculture and biotechnology foster potential solutions to the challenge of meeting the demand for living resources imposed by the expanding world population. Aquaculture extends the cultivable space beyond the surface of land into coastal and inland waters, while biotechnology is implementing a novel productive level, that of bioindustry, based on the engineering of biological processes.

Both fields are developing at an impressive rate. Aquaculture is one of fasted growing areas among cultivation activities, as its world-wide production capacity is currently doubling every ten years, at a rate tenfold higher than that of fisheries.

Practised for centuries sporadically at a rudimental level, aquaculture has gained real economic relevance only recently, progressing from 1 million tons in 1967 and 4.5 million tons in 1975 to 10 million tons in 1983 (Pieri, 1985), and is expected to supply 30 million tons in the year 2000.

This positive trend can be anticipated not only on the basis of the declining profitability of industrial fishing activity and the potential for development of aquaculture, but also considering the ample possibility of diversification of cultural systems in different countries, in order to adapt the production to specific needs and situations. As to pisciculture, for instance, at one extreme there is Japan that, as other industrialized nations, is oriented towards the intensive cultivation of luxury species with high capital investments and energetic costs while, at the other extreme, there is China which has taken a leading position among developing countries in the extensive polyculture of noncarnivorous, productive species, reared by rural populations mainly for local consumption.

Presently, the accelerated growth of most aquaculture is still sustained by very simple technologies, which are often refinements of empirical practices perpetuated through oral tradition. Even when important technological advancements have been accomplished, as in intensive fish culture, these address chiefly engineering problems of system design and operation, and the conversion of the cultured species to convenient schemes of artifi-

cial reproduction, nutrition with a formulated diet and pharmacological prevention and treatment of diseases.

So far, more than a hundred species, among fishes and aquatic invertebrates, have been subjected to some kind of culture, going from ocean ranching to hyperintensive husbandry in recirculating water systems. In only a few cases, however, cultivation has promoted true domestication based on full control over the whole life cycle of the reared organism, propagation from broodstock raised in captivity and breeding programs for genetic improvement.

Most species, among molluscs, crustaceans and marine teleosts, are still farmed in their wild, unimproved form. Even for the more domesticated freshwater fish, such as rainbow trout and carp, genetic diversification of cultured strains is more the result of "green-fingered" mass selection, coupled to natural selection in the artificial environment, than of large-scale application of animal breeding theory. This means that a greater potential for genetic improvement attainable in a relatively short time is to be expected in aquatic organisms as compared to land livestock and agricultural plants, which can now be further ameliorated only with difficulty, owing to a much longer history of artificial selection.

Moreover, several aquacultural invertebrates and fish display higher levels of genetic variability than domesticated mammals and birds, in terms of heterozygosity, proportion of polymorphic loci and number of alleles per polymorphic locus (Wilkins, 1981). This variability can be exploited to develop strains with faster growing, feed-efficient, uniformly sized, hardier and disease-resistant animals. Increase in reproductive performance is of less concern in aquatic species, owing to their natural high fecundity, whilst it may be important to delay or suppress sexual maturation in certain fish to enhance meat yield.

In the case of algae, a long-term genetic goal may be the isolation of cultivars with a more favourable biochemical composition, whether they be grown for the industrial production of chemicals or as animal feed or human food.

CLASSICAL APPROACHES FOR GENETIC IMPROVEMENT.

According to classical genetic concepts, there are five major strategies for the genetic management of cultivated species: 1) testing of existing strains and sorting out of the best for farming; 2) outcrossing of genetically divergent strains, especially to combine useful traits with discontinuous variability, in accordance with the laws of Mendelian genetics; 3) selective breeding, based on individual or family merit, to improve metric traits of interest which are governed additively by multiple genes, in conformity with the principles of quantitative genetics and population genetics; 4) inbreeding to increase the genetic covariance within the offspring up to the segregation of pure lines or homozygous clones. Crossing of allogeneic lines is, then, performed to produce a vigorous F_1 generation of heterotic hybrids; 5) hybridization between compatible species of the same or different genera to procreate hybrids with superior attributes.

For a critical discussion of the pros and cons in each approach, the

reader is referred to several comprehensive articles dealing with this topic in fish (Wilkins, 1981; Gall, 1983; Kinghorn, 1983; Fredeen, 1986; Gjerde, 1986; Shultz, 1986) crustaceans (Doyle et al., 1983), molluscs (Newkirk, 1980; Gaffney and Scott, 1984) and algae (Lewis et al., 1986; Shultz, 1986).

Till now, most of the debate has concentrated on fish, in which screening the best initial stock from available strains, whether wild or domesticated, is regarded as a preliminary step to any other more exacting breeding program. In addition to its immediate benefits, it may also avoid spending years to catch up to a standard that already existed (Kinghorn, 1983; Shultz, 1986). Thus, basic genetic research to detect and compare naturally occurring variability is a prerequisite for stock improvement.

Presently, capitalization on interstrain crossing is still limited, since only a few variants have been isolated and genetically characterized. Likewise, interstrain differences have often been neglected in crosses between species, with the result of discrepant reports (Chevassus, 1983). Nevertheless, significant heterotic effects have been described in intraspecific crossbreds and interspecific hybrids, showing the potential relevance of outbreeding. Enhanced growth rates were obtained in some crossbreds of carp and catfish (Wohlfarth, 1983) as well as in certain salmonid hybrids, like those derived from the Artic char male x Atlantic salmon female cross (Refstie and Gjedrem, 1975). Hybridization can be a practical approach to the development of pathogen-resistant stocks, as in the case of the partial dominance for resistance to viral haemorrhagic septicaemia in the cross between rainbow trout female (susceptible) and coho salmon male (resistant) (Ord et al., 1976). Unfortunately, interspecific hybrids are unfamiliar to consumers and this may pose serious marketing problems.

Besides propagating and crossing extant strains, a major aim of applied genetics is to develop new strains through either selective breeding or inbreeding. In theory, artificial selection should direct the confluence of favourable alleles, initially dispersed inside a population, into a single genotype having a superior performance in culture. In practice, responses to selection are predicted from heritability estimates based on the sire component of variance resulting from sib analysis or, preferably, from measure of realized heritability, expressed as the ratio of the genetic gain to the selection differential, obtained in a pilot selection experiment involving at least two fish generations (Gall, 1983).

Two problems make any selection project lengthy and onerous: the direct relationship between effective population size and selection efficiency and the adequate monitoring of cumulative genetic changes.

In a small population, selection goals may be hampered by both genetic drift and inbreeding depression. Genetic drift reduces randomly the genetic variability of a population and may, therefore, withdraw desiderable alleles from selection. Inbreeding may uncover harmful recessive alleles in the stock under selection, thus counterbalancing the beneficial effects of favourable allelic combinations.

Extensive facilities with high maintenance costs are usually required to exert selection within a large population, while the genetic load of deleterious alleles in the initial stock affects selection intensity and, hen-

ce, the minimum number of generations to get a stabilized improved strain. Moreover, a considerable investment of resources is generally needed to test progeny performance in order to evaluate both genetic changes and genetic correlations. To this end, a well-designed control population is necessary, together with techniques for pedigree identification and procedures to measure the most significant productivity traits (Fredeen, 1986).

Inbreeding, pure lines and heterosis

While selective breeding is especially relevant to the improvement of quantitative characters, deliberate inbreeding may be a valuable approach to ameliorate qualitative fitness traits. Inbreeding, however, can be applied successfully only to species with high fecundity, in order to overcome the inbreeding depression due to the increased homozygosity of harmful recessive alleles.

Since maternal and paternal chromosomes are distributed into gametes in random combinations by meiotic divisions, the number of deleterious recessives in each gamete is liable to variation, especially if their independent assortment is favoured by a high chromosome number in the genome or by the occurrence of odd-numbered crossovers. Thus, the larger the progeny, the greater the chance that some individuals inherit fewer adverse alleles and be scarcely affected by genetic defects. By selecting this fitter minority through successive inbred generations, a pure line may be produced, in which the genetic load borne by the initial broodstock is gradually reduced during enforcement of homozygosity.

Obviously, the transition from the genetic diversity of the original population to the genetic uniformity of a pure line may involve a variable loss of good alleles as well, due to their linkage to the bad ones. For this reason and for the fact that homozygotes often show less homeostatic power in their development and physiology than heterozygotes, pure lines are usually raised for reproduction rather than production.

In fact, crosses between genetically divergent pure lines can generate heterotic F_1 hybrids, that is heterozygotes with increased vigor or fitness because of dominance and overdominance effects in phenotypic expression. Such hybrids are valuable for production but not for reproduction, because heterosis is reduced on the average to half by crossing the hybrids. Since only pure lines breed true, they must be maintained in specialized farms, in order to supply isogenic hybrids for ingrowing activities.

Much controversy has accumulated about the feasibility and practical value of establishing pure lines in aquaculture (Wilkins, 1981; Gall, 1983; Kinghorn, 1983; Shultz, 1986). As a matter of fact, the approaches currently adopted to form pure lines, that is self-fertilization for plants and full-sib mating for animals on land, can only increase homozygosity asymptotically. To reach near 100 % homozygosity at all loci in a population, selfing must be repeated for six generations and full-sib mating for sixteen generations. Taking into account the lower fertility of domestic mammals and poultry as compared to plants, it is not difficult to understand why inbreeding has been successfully applied to plants, such as corn, while failing in animal husbandry, due to the poor viability of inbred off-

spring and the long time required to consolidate pure lines.

Whenever livestock pure lines have been developed for commercial cross-breeding, as in the case of modern pig farming, which relies chiefly on pure line hybrids for meat production, they were actually the result of intensive selection rather than rigorous inbreeding. This situation has led some authors to be sceptical about the possibility of utilizing inbreeding for the improvement of aquacultural stocks (Gall, 1983; Kinghorn, 1983).

On the other hand, there are two main reasons for regarding inbreeding as a practicable approach in many aquatic organisms. Firstly, species used for aquaculture have a much greater reproductive potential than livestock on land and, consequently, are better buffered against inbreeding depression. Secondly, fish and mollusks, in particular, lend themselves well to biotechnological manipulations, such as diploid gynogenesis or androgenesis which can yield totally homozygous clones after only one or two generations as discussed below.

BIOTECHNOLOGICAL APPROACH TO STOCK IMPROVEMENT

Biotechnology introduces a new dimension in the genetic and phenotypic improvement of cultivated species. Classical breeding programs, whether applying selection for traits of interest, inbreeding, outcrossing or hybridization, change the genotypes within a population essentially through a control over mating, just like natural selection does. No further influence is exerted over the biological mechanisms involved in the transmission of the genetic material to the next generation or in the concerted expression of genes during development. On the contrary, one of the aim of modern biotechnology is just to subvert the usual rules of heredity and phenotypic expression in species of economic importance.

Five main strategies have been devised to exercise control over reproductive and genetic processes in animal or plants in general:

1) embryo handling and manipulation such as:
   a) nonsurgical embryo recovery from superovulated elite females and transfer to estrus-synchronized recipient foster mothers, a technology performed industrially in cattle (Mapletoft, 1984);
   b) embryo culture and cryopreservation (Wilmut, 1986);
   c) cloning by embryo splitting to yield monozygotic twins or multiplets (Williams et al., 1983);
   d) chimeric aggregation of blastomeres from several embryos of the same or different species to produce multiparental allophenic organisms or hybrids, like the "geeps" which are chimeras of sheep and goat (Church, 1987);
   e) somatic embryogenesis regenerating normal plants from cultured meristems, tissue calluses or isolated mesophyll protoplasts, which are leaf cells denuded enzymatically of their cellular wall (Shepard, 1982);
2) induction of cell-to-cell fusion encompassing:
   a) animal somatic cell hybridization, applied in the hybridoma cell technology for the production of monoclonal antibodies, and in experiments of fusion between homologous and heterologous oocytes, and between oocytes and embryonic or somatic cells to generate offspring parasexual-

ly (Gulyas, 1986);

b) plant protoplast fusion, in which the heterokaryocytes resulting from the coalescence of protoplasts from two different species are induced to undergo somatic embryogenesis and differentiate into agriculturally useful hybrids (Evans, 1983);

c) cybridization which allows, in plants, the interspecific recombination of cytoplasmic constituents, particularly mitochondria and chloroplasts, through the fusion of a protoplast with a cytoplast (enucleated protoplast) of a different species, followed by somatic embryogenesis (Maliga et al., 1982);

3) nuclear manipulation and chromosome engineering which include:

a) prevention of karyogamy as in the case of:

α) induced gynogenesis, in which the paternal chromosomes in the sperm are inactivated by γ- or UV-irradiation or chemical treatment before egg fertilization, to assure all-maternal inheritance;

ß) induced androgenesis, wherein the maternal chromosomes are inactivated by irradiation of the egg before fertilization with normal isospecific sperm, to assure all-paternal nuclear inheritance (Thorgaard, 1983);

Y) nuclear-cytoplasmic hybridization, in which an irradiated egg is fertilized by sperm of a different but compatible species, resulting in a hybrid combination of paternal nuclear genome and maternal cytoplasm;

b) nuclear transplantation, which is the most typical method of cloning, consisting in the transfer of a somatic cell nucleus or blastomere nucleus into an activated enucleated ovum (Church, 1987);

c) doubling of ploidy which can be performed either in the activated secondary oocyte through retention of the second polocyte (meiotic doubling), or in the zygote by blocking the first mitotic division (mitotic doubling) (Thorgaard, 1983);

4) genetic engineering, that is the transfer of exogenous DNA sequences, constructed from complementary DNA clones, genomic clones or chemically synthesized genes, into ovulated oocytes, pronuclei of fertilized eggs or blastomere nuclei of domesticated species to make transgenic organisms, in which the transfected genes, coding for desiderable traits for culture, are properly expressed and transmitted sexually through generations;

5) epigenetic manipulation to alter gene phenotypic expression irreversibly during development, as exemplified by procedures for sex inversion, which invert the phenotypic sex of an animal with respect to its genetic sex by exposing it precociously to a heterologous sex hormone, and by procedures for fertility control, which prevent gonadal development and puberty by administering sex hormones at a high dosage to the young (Hunter and Donaldson, 1983).

Such a proliferation of new manipulative techniques to increase animal and plant production is the direct consequence of the spectacular advances of basic research in the fields of reproductive and developmental biology, molecular and cell biology, genetics, immunology and microbiology. These

techniques afford attractive applications in the agricultural sector and are expected to play a key role in its future development.

General emphasis, however, about the commercial benefits of biotechnological improvements in the raising and propagation of plants and animals on land, should be equally extended to algae and animals in the aquatic environment. The confluence of biotechnology and aquaculture is likely to be mutually profitable, creating new opportunities for horizontal growth of the former and vertical development of the latter. Among aquatic organisms, microalgae, seaweeds and finfish appear to be the best candidates for biotechnological operations.

BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS IN THE CULTURE OF ALGAE.

Apart from mass cultivation of nitrogen-fixing algae (especially Spirulina) to get high-protein food, and oil -producing algae (Isochrysis and Nanochloropsis) for fuel, selected strains of microalgae can be grown inside industrial reactors to manufacture marketable chemicals, such as polysaccharides, useful as emulsifiers, water-based lubricants, binders, gelling and thickening agents (Chlamydomonas and Porphyridium), polyacrylates (Phaecocystis), polyunsaturated triglycerides (Neochloris), long-chain hydrocarbons (Botryococcus), sorbitol, ß-carotene (Dunaliella) and others (Dixon, 1984; Curtin, 1985).

Further, eukaryotic microalgae are competitive hosts, compared with yeast and mammalian cells, for the proper expression of eukaryotic gene inserts requiring a post-translational processing (e.g. glycosylation) not performed by bacteria. Transformation of the green alga Chlamydomonas reinardii with DNA from the yeast Saccharomyces cerevisiae has already been accomplished (Rochaix and Van Dillerviger, 1982), suggesting the potential usefulness of this kind of approach.

As to seaweeds, they are far more economically important than it is generally realized. In the Far East and Indo-Pacific area, macroalgae serve as a commercially important source of food, with an estimated value well over one billion dollars annually. In the western hemisphere, seaweeds are utilized primarily to extract four types of gel-forming polysaccharides or phycocolloids, namely carrageenans (sulfated galactans), agar and agarose (polyanionic and neutral galactans, respectively) and alginic acid, whose combined world market value exceeds $ 250 million annually (Cheney, 1984).

Among the 168 species currently harvested, about 20 species are farmed on a commercial scale worldwide. In Japan, the cultivation of the edible red algae of the genus Porphyra extends over 60,000 ha and provides the most important mariculture crop, being worth $ 730 million per year (Cheney, 1984). Great importance is, therefore, attributed to the genetic improvement of cultivated seaweeds and its enhancement through biotechnology.

Regeneration of normal plantlets through somatic embryogenesis from single cells and protoplasts in culture has been reported in four Porphyra species and two green algae (Ulva lactuca and Enteromorpha linza) (Polne¬ Fuller and Gibor, 1986). Moreover, protoplast fusion between different seaweed species has been also achieved (Saga et al., 1986), opening the avenue for interspecific and intergeneric somatic hybridizations. Progress of pro-

toplast technology in seaweeds may encourage the application of genetic engineering methods in the near future.

BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS IN FISH CULTURE.

Regarding cultivated fish, they are better suited to biological manipulations than terrestrial food animals, owing to their higher fecundity, external fertilization mode, which makes gametes and embryos easily accessible, good tolerance of polyploidy and pliable sex differentiation.

Biotechnological research in fish addresses the long-term issue of genetic improvement as well as the epigenetic amelioration of performance in culture. Most interest concentrates on sex and fertility control, chromosome set manipulation and, more recently, genetic engineering. Embryo manipulation, instead, is not being pursued in fish as actively as in the large mammals, because this approach is complicated by the presence of the yolk sac in fish and is less profitable the smaller the size of the adult animal.

Sex *control*

In fish culture, procedures for sex control are aimed at the establishment of sexually inverted broodstocks and the production of monosex populations for ingrowing. Sexual inversion can be achieved by treating juvenile fish with a low dose of natural or synthetic heterologous sex hormone, added to the diet or the rearing water, before and during the period of gonadal differentiation. Monosex populations can, then, be produced by mating normal and sex inverted fish of the homogametic sex.

These techniques have been successfully applied to a number of economically important species among salmonids, cichlids, cyprinids, flatfish and catfish, as reviewed by Hunter and Donaldson (1983), Yamazaki (1983) and Colombo and Belvedere (1984).

Significant management benefits are associated with monosex populations, such as: 1) prevention of overbreeding, realized in tilapias with all-male cultures; 2) elimination of the sex with the less favourable growth rate, as in all-female cultures of salmonids, the males of which have poor growth rate and survival for their propensity to mature precociously; 3) possibility of combining monosex lines with bisexual broodstock so as to shift the sex ratio of spawners in favour of the less fecund sex, as in salmonids; and 4) feasibility of uniform sterilization following triploidization when triploidy is linked with gonadal sterility (i.e. lack of gonadal development) in one sex only, as in salmonids.

Another point to be considered is that hormonal sex inversion serves not only to create monosex populations, but also to transform monosex gyno¬genetic or androgenetic fish lines into bisexual populations capable of sexual reproduction (see below). On the other hand, prolonged treatment with sex steroids at a high dosage to sterilize fish is a procedure that may be objected by consumers, since triploidization is equally as effective and completely safe (see below).

Chromosome engineering

Chromosome set manipulation in fish comprises both induced polyploidy

and prevention of karyogamy. Polyploidy can be induced in two ways: 1) by inhibiting the second meiotic division (MII(-)) in the activated oocyte, with consequent retention of the second polar body, by means of heat or cold shocks or exposure to nitrous oxide (Thorgaard, 1983 and 1986; Colombo and Belvedere, 1984; Solar et al., 1984; Shelton et al., 1986);. and 2) by inhibiting the first mitotic division (MI(-)) in the zygote, with subsequent fusion of the first two blastomeres, by means of heat or hydrostatic pressure shocks or treatment with cytochalasin B at the time of karyokinesis or cytokinesis (Refstie, 1981; Thorgaard, 1983 and 1986; Myers et al., 1986).

In normally fertilized eggs, MII(-) and MI(-) induce a triploid and tetraploid condition, respectively. Triploidy brings along important advantages in culture, such as: 1) gonadal sterility in triploid females, due to disruption of chromosome pairing at meiosis, so that they are expected to grow faster than fertile diploids because energy is not diverted to gonadal development and sexual activities. Male triploids may have well-developed testes with infertile milt (i.e. gametic and not gonadal sterility) and, for this reason, it is generally more convenient to triploidize all-female stocks; 2) greater developmental stability, as measured by fluctuating a¬ symmetry, in triploids, because they have higher heterozygosity than corresponding diploids (Leary et al., 1985); and 3) higher viability of triploid hybrids bred from scarcely compatible species as compared to diploid hybrids, owing to the predominance of maternal heredity (2n) over the paternal one (1n).

Interest in induced tetraploidy lies in: 1) the possibility of producing triploid offspring by interploid mating between autotetraploids (i.e. interspecific tetraploids), having diploid gametes, and normal diploids with haploid gametes; and 2) the generation of fertile interspecific hybrids, since allotetraploids may undergo normal chromosome pairing and segregation at meiosis and, thus, behave like a new species.

Techniques for MII(-) and MI(-) can be also coupled with methods to prevent karyogamy, as in induced gynogenesis and androgenesis, in order to restore diploidy in the activated egg. Diploid gynogenesis has been achieved in several species among salmonids, cyprinids and flatfish, as recently reviewed by Chourrout (1982), Donaldson and Hunter (1982), Purdom (1983) and Thorgaard (1983 and 1986).

Gynogenesis requires complete genetic inactivation of sperm. In fish, this can be conveniently done with short-wave UV light rather than γ radiation, which is less safe and may leave persisting paternal chromosome fragments in the egg (Chourrout, 1984). It is important to recognize that duplication of the chromosome set in gynogenetically activated eggs through MII(-) or MI(-) leads to partial or absolute homozygosity, respectively.

This difference is due to the fact that MI(-) recombines mitotic sister chromatids which are identical (hence homozygosity derives from auto¬ zygosity), whereas MII(-) recombines meiotic sister chromatids which may not be identical, if they have undergone crossing over with the homologous chromatid pair during the first meiotic division.

Thus, the level of homozygosity determined by MII(-) is inversely re-

lated to the amount of genetic recombination produced by crossovers and, then, to the level of allozygosity. As a consequence, the type of homozygosity produced by pedigree inbreeding, wherein all loci tend to become homozygous at the same rate, is not equivalent to that of gynogenetic inbreeding, wherein the loci proximal to the chromosome centromeres become more rapidly homozygous than the distal loci (Allendorf and Leary, 1984).

Partially homozygous gynogens may be valuable in aquaculture as: 1) they allow the identification of the heterogametic sex in species with sex-linked digamety; 2) in species with female homogamety, hormonal sex inversion of gynogens may be employed to produce a stock composed only of sex-inverted females without the presence of genetic males; 3) partially homozygous gynogens may be chosen as parents of totally homozygous gynogens, which are likely to have a higher viability with respect to a non-gynogenetic parentage because they will inherit fewer harmful recessives.

It should be remarked that any completely homozygous gynogen, whether bred through one or two gynogenetic generations, is a true progenitor of a pure line, which can be propagated gynogenetically or sexually if part of it is sexually inverted (see above). The same is true of androgenetic diploids, which are always totally homozygous since duplication of ploidy, after androgenesis, can be done only through MI (-). In practice, however, it is easier to form pure lines by gynogenesis than by androgenesis, because it is difficult to inactivate the nuclear genome in the egg without destroying also ooplasmic RNAs and mitochondrial DNA.

A possible application of diploid androgenesis lies, instead, in the recovery and reconstitution of gynogenetic pure lines from the cryopreserved sperm of sex-inverted gynogens. Production of androgenetic diploids has been reported in rainbow trout (Scheerer et al., 1986).

From this brief discussion, it can be seen that techniques for sex control, MII (-), MI (-), gynogenesis and androgenesis are all functional to establish, propagate and preserve pure lines in fish. It is conceivable that pure lines may play an important role for the advancement of fish culture, since they can serve various important purposes.

They may contribute significantly to stock genetic improvement, either through crosses between genetically divergent pure lines to produce heterotic hybrids (as discussed above) or by pooling a number of pure lines into an initial broodstock that, being devoid of covered deleterious alleles, can be subjected to highly intensive selection without the risk of inbreeding depression. Fish pure lines would be also of great value in fish research for their genetic uniformity, in much the same way as inbred strains of mice are in mammalian studies (Thorgaard, 1986).

Finally, a novel prospect is to select totally homozygous gynogens as recipients for gene transfer by genetic engineering techniques, thus converting pure lines into transgenic lines. The rationable for this choice is that pure lines have a determinate genetic identity, on which to match transgene expression, and any gene insert in the homozygous genome of a pure line can be easily doubled, thus changing its initial hemizygous state into a homozygous condition. In fact, the microinjection of foreign DNA inside the ovulated oocyte of a gynogen, followed by oocyte activation by ge-

netically inert sperm and ploidy doubling by MI (-), would result in a transgenic fish homozygous for both endogenous and exogenous genes.

This homozygosity would stabilize the transgenic progeny because there is no longer the risk that, at gametogenesis, the exogenous promoter and enhancer sequences be split from the coding sequences by crossovers to be dangerously recombined with endogenous genes.

At present, genetic engineering in fish is still in its infancy, numbering only two reports about transfer and integration of mammalian growth hormone cDNA sequences in striped bass (cited by Klausner, 1985) and rainbow trout (Chourrout et al., 1986). Although transgene expression was not observed in both species, the aim of these attempts is clearly to enhance growth in fish, as it occurred dramatically in mice transformed with a fusion gene containing the metallothionein promoter and the rat growth hormone gene (Palmiter et al., 1982).

A proliferation of similar experiments in fish and other aquatic organisms is expected in the near future, in the hope that, sooner or later, they may give economic returns.

In conclusion, biotechnological applications in aquaculture look extremely promising, especially if basic research will continue to provide the necessary know-why on which to develop a more and more advanced biotechnological know-how.

REFERENCES

1) ALLENDORF F.W., R.F. LEARY -1984- Heterozygosity in gynogenetic diploids and triploids estimated by gene-centromere recombination rates. -Aquaculture, 43, 413-420.
2) CHENEY D.P. -1984- Genetic modification in seaweeds: applications to commercial utilization and cultivation.- In: "Biotechnology in the Marine Sciences", (R.R.Colwell, A.J. Sinskey & E.R. Pariser, eds.), John Wiley & Sons, New York, 161-175.
3) CHEVASSUS B. -1983- Hybridization in fish. -Aquaculture, 33, 245-262.
4) CHOURROUT D. -1982- La gynogénese chez les vertébrés. -Reprod. Nutr. Dev., 22, 713-724.
5) CHOURROUT D. -1984- Pressure-induced retention of second polar body and suppression of first cleavage in rainbow trout: production of all-triploids, all-tetraploids, and heterozygous and homozygous diploid gynogenetics. -Aquaculture, 36, 111-126.
6) CHOURROUT D., GUYOMARD R., HOUDEBINE L.-M. -1986- High efficiency gene transfer in rainbow trout (Salmo gairdneri Rich.) by microinjection into egg cytoplasm. -Aquaculture, 51, 143-150.
7) CHURCH R.B. -1987- Embryo manipulation and gene transfer in domestic animals. - Trends in Biotechnology, 5, 13-19.
8) COLOMBO L., P. BELVEDERE -1984- Scienza e tecnologia per il controllo della riproduzione in piscicoltura. - 2° Conv. Int. Studi C.N.R. "La Scienza e la tecnologia italiana per la cooperazione internazionale allo sviluppo dei popoli e per la lotta contro la fame nel mondo", 390-402.

9) CURTIN M.E. -1985- Chemicals from the sea. – Biotechnology, 3, 34-37.
10) DIXON B. -1984- Chemicals from algae and plant tissue. – Biotechnology, 2, 665.
11) DONALDSON E.M., G.A. HUNTER -1982- Sex control in fish with particular reference to salmonids. - Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39, 99-110.
12) DOYLE R. W., S. SINGHOLKA, M.B. NEW -1983- "Indirect selection" for genetic change: a quantitative analysis illustrated with Macrobrachium rosenbergii.- Aquaculture, 30, 237-247.
13) EVANS D. A. -1983- Agricultural applications of plant protoplast fusion. - Biotechnology, 1, 253-261.
14) FREDEEN H. -1986- Monitoring genetic change. - Aquaculture, 57, 1-26.
15) GAFFNEY P. M., T. M. SCOTT -1984- Genetic heterozygosity and production traits in natural and hatchery populations of bivalves. - Aquaculture, 42, 289-302.
16) GALL G. A. E. -1983- Genetics of fish: a summary of discussion. - Aquaculture, 33, 383-394.
17) GJERDE B. -1986- Growth and reproduction in fish and shellfish. – Aquaculture, 57, 37-55.
18) GULYAS B.J. -1986- Oocyte fusion. - In: "Manipulation of Mammalian Development", (R. B. L. Gwatkin, ed.), Plenum Press, New York, 217-247.
19) HUNTER G. A., E.M. DONALDSON -1983- Hormonal sex control and its application to fish culture. - In: "Fish Physiology", (W. S. Hoar, D. J. Randall & E.M. Donaldson, eds.), vol. IX, part B, Academic Press, New York, 223-303.
20) KINGHORN B. P. -1983- A review of quantitative genetics in fish breeding. Aquaculture, 31, 283-304.
21) KLAUSNER A. -1985- Food from the sea. – Biotechnology, 3, 27-32.
22) LEARY R. F., F. W. ALLENDORF, K. L. KNUDSEN, G. H. THORGAARD -1985- Heterozygosity and developmental stability in gynogenetic diploid and triploid rainbow trout. - Heredity, 54, 219-225.
23) LEWIS R. J., M. NEUSHUL, B. W. W. HARGER -1986- Interspecific hybridization of the species of Macrocystis in California. - Aquaculture, 57, 203-210.
24) MALIGA P., H. LORZ, G. LAZAR, F. NAGY -1982- Cytoplast-protoplast fusion for interspecific Chloroplast transfer in Nicotiana. -Molec. Gen. Genet., 185, 211-215.
25) MAPLETOFT R.J. -1984- Embryo transfer technology for the enhancement of animal reproduction. - Biotechnology, 2, 149-160.
26) MYERS J. M., W.K. HERSHBERGER, R.N. IWAMOTO -1986- The induction of tetraploidy in salmonids. - J. World Aquacult. Soc., 17, 1-7.
27) NEWKIRK G.F. -1980- Review of the genetics and the potential for selective breeding of commercially important bivalves. - Aquaculture, 19, 209-228.
28) ORD W.M., M. BERRE, P. KINKELIN -1976- Viral haemorrhagic septicaemia: comparative susceptibility of rainbow trout (Salmo gairdneri) and hybrids (S. gairdneri x Oncorhyncus kisutch) to experimental infection. - J. Fish. Res. Board Can., 33, 1205-1208.
29) PALMITER R.D., R.L. BRINSTER, R.E. HAMMER, M.E. TRUMBAUER, M ROSEN-

FELD, N.C. BIRNBERG, R.M. EVANS -1982- Dramatic growth of mice that develop from eggs microinjected with metallothionein in growth hormone fusion genes. - Nature, (Lond.), 300, 611-615.

30) PIERI A. -1985- Presente e futuro dell'acquacoltura. Aspetti economici e strategici di sviluppo. Centro di Ricerche in Economia Agroalimentare, Università di Piacenza, Italia, 13-51.

31) POLNE-FULLER M., A. GIBOR -1986- Calluses, cells, and protoplasts in studies towards genetic improvement of seaweeds. -Aquaculture, 57, 117-123.

32) PURDOM C. E. -1983- Genetic engineering by manipulation of chromosomes. - Aquaculture, 33, 287-300.

33) REFSTIE T. -1981- Tetraploid rainbow trout produced by cytochalasin B. - Aquaculture, 25, 51-58.

34) REFSTIE T., T. GJEDREM -1975- Hybrids between Salmonidae species. Hatchability and growth rate in the fresh water period. -Aquaculture, 6, 333-342.

35) ROCHAIX J.D., J. VAN DILLERVIGER -1982- Transformation of the green alga Chlamydomonas reinhardii with yeast DNA. Nature, (Lond.), 296, 70-72.

36) SAGA N., M. POLNE-FULLER, A. GIBOR 1986- Protoplasts from seaweeds: production and fusion.- In: "Algal Biomass Technologies", (W.R.Barclay & R.P. Mcintosh, eds.), Nova Hedwigia, 83, 37-43.

37) SCHEERER P.D., G.H. THORGAARD, F.W. ALLENDORF, K.L. KNUDSEN -1986- Androgenetic rainbow trout produced from inbred and outbred sperm sources show similar survival.- Aquaculture, 57, 289-298.

38) SHELTON C.J., A.G. MACDONALD, R. JOHNSTONE. -1986- Induction of triploidy in rainbow trout using nitrous oxide. - Aquaculture, 58, 155-159.

39) SHEPARD J.F. -1982- The regeneration of potato plants from leaf-cell protoplasts. - Scientific American (New York), 246, 112-121.

40) SHULTZ F.T. -1986- Developing a commercial breeding program. -Aquaculture, 57, 65-76.

41) SOLAR I.I., E.M. DONALDSON, G.A. HUNTER -1984- Induction of triploidy in rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson) by heat shock, and investigation of early growth. -Aquaculture, 42, 57-67.

42) THORGAARD G.H. -1983- Chromosome set manipulation and sex control in fish. - In: "Fish Physiology", (W. S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson, eds.), Vol. IX, part B, Academic Press, New York, 405-434.

43) THORGAARD G.H. -1986- Ploidy manipulation and performance. - Aquaculture, 57, 57-64.

44) WILKINS N.P. -1981- The rationale and relevance of genetics in aquaculture: an overview.- Aquaculture, 22, 209-228.

45) WILLIAMS T.J., R.P. ELSDEN, G.E.Jr. SEIDEL -1983- Bisecting bovine embryos: methods, applications and success rate. - Proc. Ann. Conf. A.I, and Embryo Transfer in Beef Cattle, NAAB and IETS, Denver, Colorado, 45-51.

46) WILMUT I. -1986- Cryopreservation of mammalian eggs and embryos. In: "Manipulation of Mammalian Development", (R.B.L. Gwatkin, ed.), Plenum Press, New York, 217-247.

47) WOHLFARTH G.W. -1983- Genetics of fish: applications to warm water fishes. - Aquaculture, 33, 373-381.

48) YAMAZAKI F. -1983- Sex control and manipulation in fish. - Aquaculture, 33, 329-354.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	21-34	1986

POSSIBILITÀ DELL'USO DI BIOTECNOLOGIE NELLA PREVENZIONE DEL FOULING

Giulio Relini

Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale, Istituto di Anatomia Comparata, Università di Genova.

Key words: Biofouling - prevention - biological approach.

ABSTRACT - New alternative approaches to fouling control based on non toxic substances are described: repellants, inhibitors of larvai settlement and metamorphosis, inhibitors of shell formation.

RIASSUNTO

Vengono riportati i più recenti approcci per la prevenzione del fouling basati su sistemi biologici che tendono a sostituire quelli tradizionali basati sull'uso di sostanze tossiche e che pertanto creano problemi di inquinamento. La formulazione dei nuovi sistemi antifouling in particolare ha fatto ricorso all'uso di sostanze repellenti, che interferiscono soprattutto sugli induttori di insediamento, sostanze ormonali, che interferiscono sugli induttori della metamorfosi e sostanze inibitrici di processi di adesione al substrato e di formazione del guscio calcareo.

SUMMARY

The recent antifouling approaches based on a variety of biological principles are reported and discussed. These new methods are required because of the pollution problems and human hazards of conventional antifouling systems based on toxic agents. Three main groups of substances are generally used: repellents, agents not directly toxic to organisms, that prevent settlement, probably interfering with settlement-inducers; hormonal products that influence the metamorphosis inducers; inhibitors of adhesion processes and calcareous shell formation. Great interest has been expressed in the application of these methods to the development of future antifouling systems but at the present time they are not of wide practical use and generally much less effective than those based on toxic chemicals.

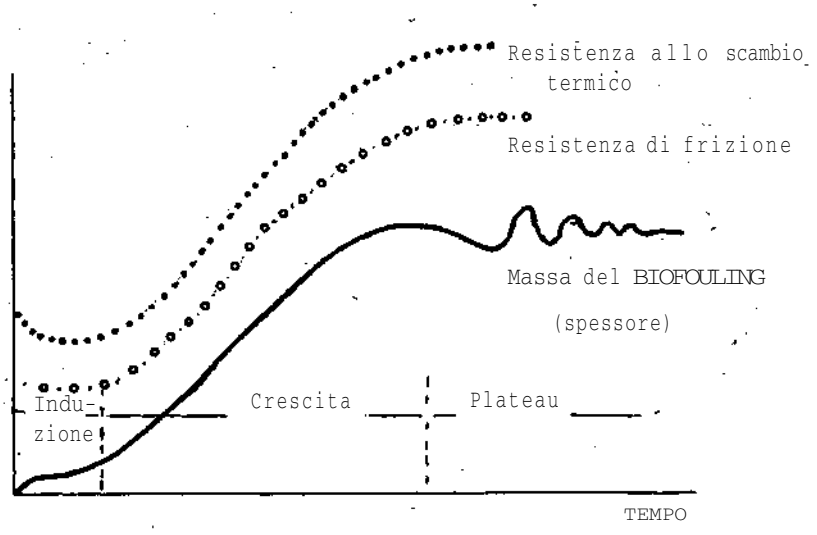


Fig. 1 - Andamento della resistenza allo scambio termico e della resistenza di frizione con la crescita del biofouling (da Characklis e coll. 1983).

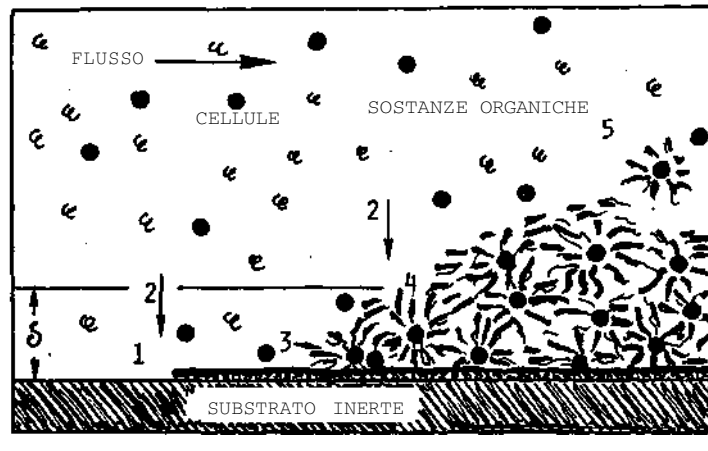


Fig. 2 — Disegno schematico dei processi che contribuiscono alla formazione del microbiofouling primario. 1) Trasporto ed adsorbimento delle sostanze organiche, 2) trasporto delle cellule microbiche, 3) attacco delle cellule, 4) crescita del biofouling, 5) distacco. δ = spessore dello strato laminare.

Il fouling marino è un fenomeno biologico (vedi Relini 1974) che interferisce con l'uso e/o il funzionamento di strutture ed apparecchiature immerse in mare o nelle quali circola acqua di mare; può essere distinto in microfouling e macrofouling.

I potenziali danni sono tanto più intensi quanto maggiore è l'adesione al substrato e più alta la velocità di accrescimento della massa di organismi sessili insediati; questi sono in relazióne alle caratteristiche biologiche e chimico-fisiche del substrato, alle peculiarità della località d'impianto e dell'eventuale sistema antifouling messo in opera.

I sistemi antifouling tradizionali, attualmente ancora i più efficaci, almeno nei riguardi del macrofouling, sono basati sull'uso di pitture tossiche o sull'immissione di sostanze velenose nell'acqua di mare. Essi hanno per scopo la prevenzione dell'insediamento, sia impedendo l'attacco delle larve e delle spore, sia uccidendole appena insediate. Tali sistemi ovviamente creano problemi all'ambiente costituendo una sorgente di inquinamento particolarmente pericoloso ed in molti casi non solo non inibiscono ma facilitano la formazione e la crescita della pellicola primaria (microfouling) eliminando il successivo insediamento (macrofouling). Anche allo scopo di evitare tali inconvenienti si stanno cercando metodi più selettivi e specifici per la prevenzione dell'insediamento basati su tecniche più squisitamente biologiche che io riporterò schematicamente durante la descrizione delle modalità di insediamento e sviluppo di una comunità fouling.

Le superfici solide esposte all'acqua di mare naturale sono rapidamente (in pochi minuti) "condizionate" dalla materia organica adsorbita e diventano popolate dai batteri in poche ore. La successiva colonizzazione da parte di una varietà di microorganismi produce uno strato complesso che include metaboliti extracellulari, prodotti cellulari in demolizione, detriti provenienti dall'acqua e prodotti di corrosione sulle superfici metalliche (fig. 1 e 2).

Le primitive fasi quindi sono dominate dai depositi sui substrati di sostanze organiche ad alto peso molecolare che agiscono da films condizionanti (biopolimeri). Essi sono costituiti da macromolecole o più spesso dai loro prodotti finali ossidati, come sostanze umiche ecc., originariamente in soluzione o sospensione nell'acqua di mare. I primi organismi a colonizzare le superfici "condizionate" sono i batteri chemoeterotrofi bastoncelliformi, che sono in grado di utilizzare i nutrienti organici adsorbiti dal substrato solido. Questi batteri e le loro secrezioni organiche sono i principali costituenti del film primario. L'attacco primario dei batteri coinvolge una chemiotassi dei batteri mobili, un attacco reversibile e finalmente un attacco permanente del film batterico primario attraverso fibrille polimeriche di polisaccaridi e glicoproteine. I colonizzatori secondari del microfouling sono batteri filamentosi e peduncolati.

La prevenzione delle pellicole batteriche può essere fatta ricoprendo le superfici con prodotti chimici tali da indurre chemiotassi negativa. Infatti i batteri marini mobili hanno dei chemiorecettori (Chet e Mitchell 1976) capaci di rilevare sostanze a concentrazioni fino a 10^{-6} molari. Sono state fatte esperienze per prevenire il loro insediamento con sostanze non tossiche ma semplicemente repellenti (Tab. 1).

Tab. 1. Repulsione dei batteri da superfici metalliche protette con pittura a base oleosa contenente 0,5% di agenti chemiotattici negativi, dopo 12 giorni di permanenza in acqua di mare (da Mitchell e Kirchman 1984).

Trattamento	Popolazione batterica ($n°/cm^2$)
Nessuno	10^{12}
Acido Tannico	10^{6}
Acido Benzoico	10^{5}

Pannelli trattati con i due acidi, dopo 40 giorni di immersione avevano un film batterico di circa 200 $\mu g/cm^2$ mentre il controllo era più di 3000 $\mu g/cm^2$.

Pertanto l'uso di sostanze repellenti non tossiche può rappresentare un nuovo metodo di prevenzione più specifico di quello basato sull'uso di metalli pesanti. Sono stati brevettati, quali agenti antifouling e antibiotici, estratti di Sargasso e di altre Alghe. Queste sostanze interferirebbero con la chemiotassi dei batteri in quanto altererebbero la struttura chimica dei prodotti che attirano normalmente i batteri.

Anche l'insediamento delle alghe può esser ridotto dalle succitate sostanze. L'insediamento definitivo delle microalghe avviene attraverso la formazione di proteine, le lectine, che si legherebbero ai polisaccaridi prodotti dai batteri. Pertanto il film batterico stimola l'insediamento delle Alghe mentre il blocco del film batterico con una lectina artificiale (Concanavalina A) riduce il loro insediamento (Tab. 2).

Tab. 2. Insediamento dell'alga verde Dunaliella su superfici contenenti films batterici e lectine (da Mitchell e Kirchman 1984).

Trattamento della superficie	$n°$ alghe/cm^2
Assenza di film batterico	10.000
Film batterico di 7 giorni	68.000
Film e Concanavalina A	25.000
Solo Concanavalina A	10.000

La comparsa di diatomee, altre microalghe e protozoi generalmente avviene dopo lo sviluppo del film batterico. La formazione del biofilm batterico normalmente precede anche l'insediamento del macrofouling. Non è finora dimostrato che il microfouling sia un prerequisito indispensabile per il successivo insediamento del macrofouling. Tuttavia è noto che le larve di molti invertebrati producono a loro volta delle lectine che si legano ai polisaccaridi batterici extracellulari; esse sarebbero sintetizzate in modo specifico in risposta ai prodotti dei batteri adesi sulle superfici immerse in mare. Se le lectine si attaccano a specifici polisaccaridi prodotti dai batteri nel biofilm, l'insediamento (attacco e adesione) delle larve potrebbe essere evitato, come abbiamo già visto, bloccando i polisaccaridi batterici con un analogo della lectina. Un approccio meno specifico

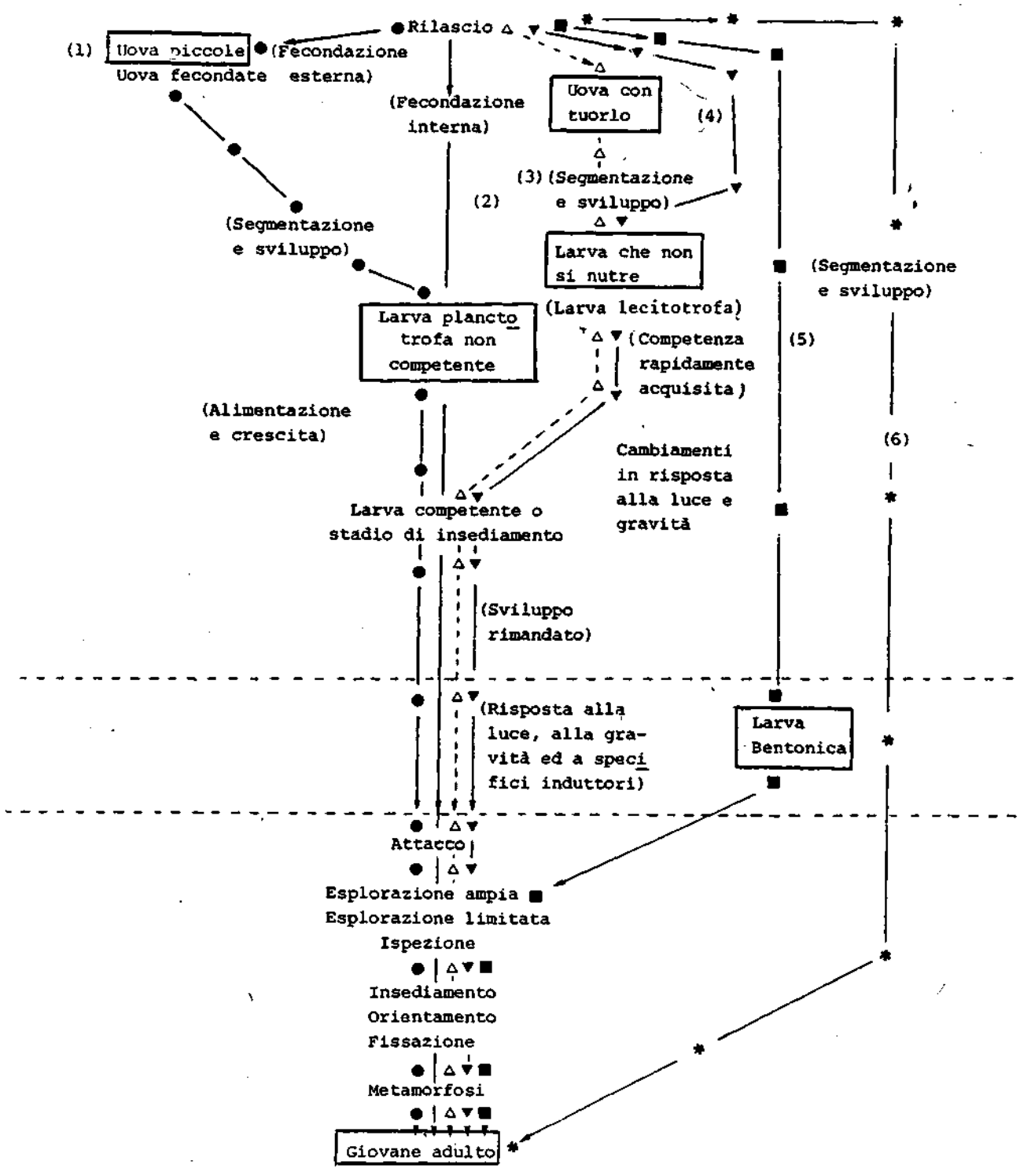


Fig. 3 - Le sei possibili sequenze degli eventi tra l'uovo ed i giovani negli invertebrati marini. 1) larva planctotrofica derivata da oviparità, come in Hydroides norvegica; 2) larva planctotrofica da larviparità come in Balanus sp.; 3) larva lecitotrofa da oviparità come in Ciona intestinalis; 4) larva lecitotrofa da larviparità come in Bugula neritina; 5) larva bentonica come in Cryptophialus minutus; 6) Ovoviviparità o viviparità come in Tubularia larynx. (Ridisegnato da Crisp 1984).

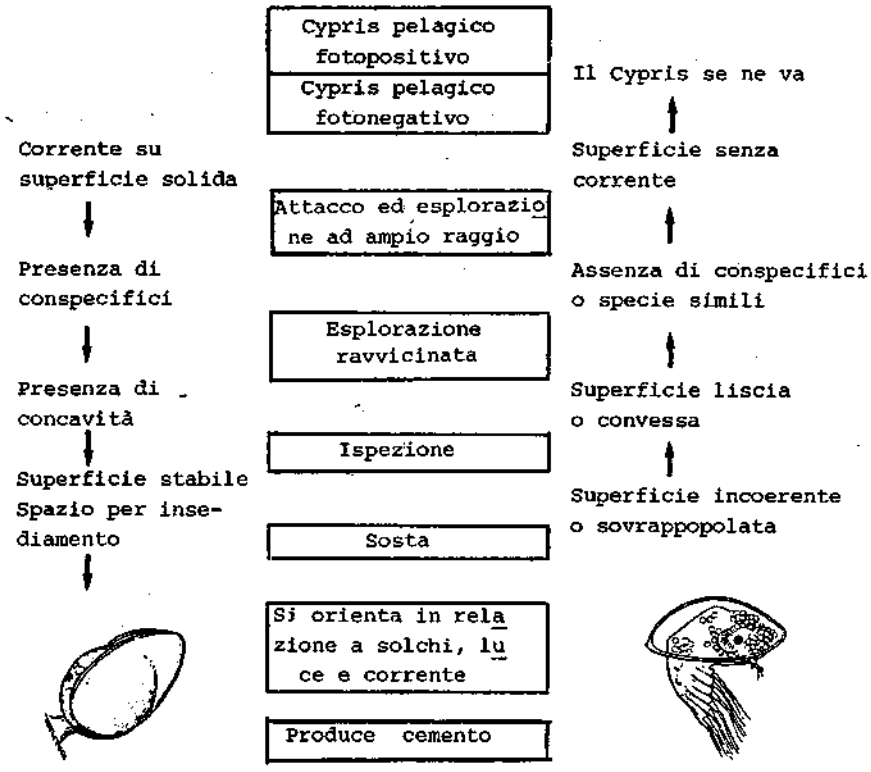


Fig. 4 - Sequenza schematica del comportamento del cypris di Balani. A sinistra condizioni che facilitano l'insediamento, a destra condizioni che inducono il cypris ad andarsene (da Crisp 1984).

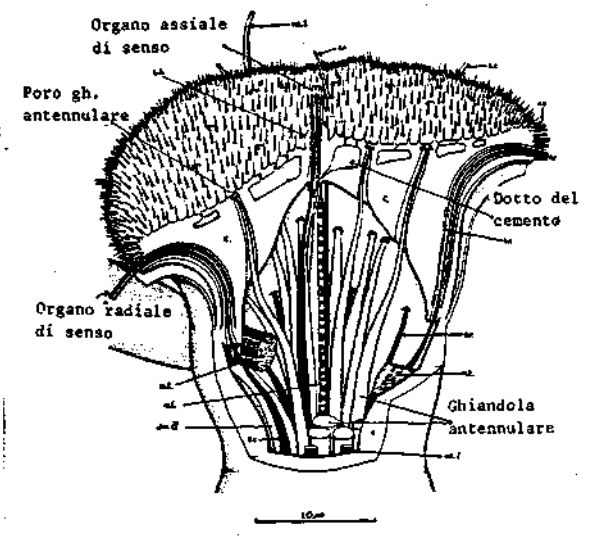
potrebbe interessare il controllo della formazione del biofilm batterico.

Parlando di larve siamo passati al macrofouling.

Il macrofouling è costituito da Alghe pluricellulari e da animali i quali liberano in acqua un gran numero di elementi capaci di disperdersi, insediarsi e quindi dar origine a nuovi individui e/o colonie. Nel caso delle Alghe sono soprattutto le spore (asessuali) ed i gameti (spore sessuali) mentre negli invertebrati sono le larve, più raramente organismi già formati o parti di essi a contribuire alla formazione del macrofouling.

Negli animali del fouling sono possibili 6 principali sequenze di eventi tra l'emissione di uova o larve e la fase giovanile bentonica (fig.3).

Generalmente esiste una fase larvale planctonica che in un lasso di tempo più o meno lungo diventa capace di insediarsi e metamorfosarsi. Nei Balanidi vi sono 5 (più uno embrionale) distinti stadi naupliari (larve



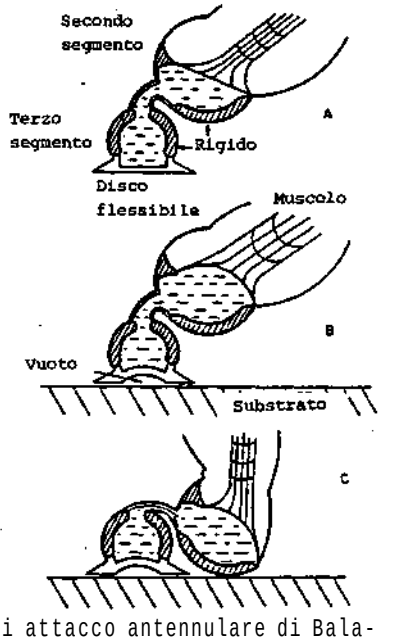


Fig. 5 (a sinistra) - Struttura dell'organo di attacco antennulare di Balanus balanoides (da Nott e Foster, 1969).

Fig. 6 (a destra) - Diverse posizioni della parte terminale dell'antenna del cypris: A) prima dell'attacco, B) durante l'attacco, C) blocco per l'attacco permanente (da Saroyan et altri 1968).

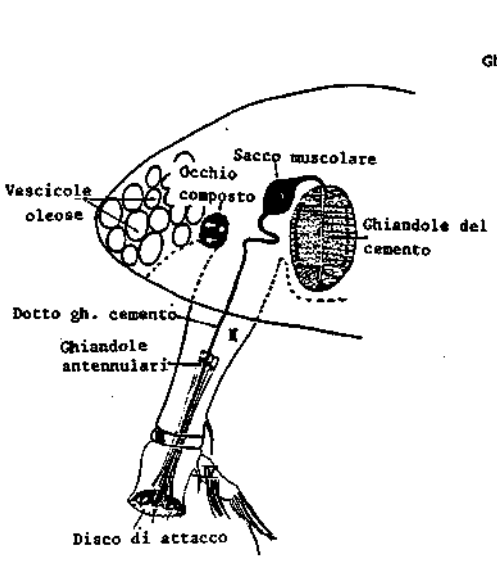
planctotrofiche) ed uno stadio di cypris (che non si ciba) adatto solo ad un'ulteriore dispersione e alla scelta del punto di insediamento (fig. 4).

Le larve pelagiche posseggono molti organi di senso la cui funzione è in gran parte sconosciuta. Tuttavia sappiamo che le larve, soprattutto al momento dell'insediamento, sono in grado di rispondere ad una gran quantità di stimoli. Ben note sono le reazioni alla luce, gravità, pressione oltre che ovviamente alla temperatura, alla salinità, a varie sostanze chimiche presenti nel substrato, alla forma e contorno della superficie.

Quando giunge il momento dell'insediamento le larve esplorano il substrato e possono anche fissarsi in modo temporaneo. Trovato il luogo ritenuto più adatto si fissano in modo permanente (Es. Spirorbis, cypris di Balani). Quindi esistono adesivi temporanei e adesivi permanenti. Gli adesivi degli organismi più studiati sono riportati nella tab. 3. Si distinguono adesivi del preinsediamento ovvero temporanei e dell'attacco irreversibile, larvali (primari) o degli adulti (post-insediamento). Ovviamente gli adesivi del pre-insediamento sono viscosi, come lo sono tutti quelli primari riportati nella succitata tabella, almeno per un certo periodo dopo l'emissione. La ricerca sulle caratteristiche fisiche e chimiche dei bioadesivi prodotti dagli organismi del fouling e sulla dettagliata biochimica del meccanismo di adesione è uno dei campi più promettenti per le biotecnologie. Mentre rimando per ulteriori notizie alle recenti rassegne di Flet-

Tab. 3 - Adesivi impiegati dagli organismi del fouling (da Crisp 1984, modificato)

Organismo	Adesivo pre insediamento	Adesivo primario	Adesivo post insediamento
Ascidie	---	Proteine ricche in SH e SS	Cemento associato alle ampolle e alla tunica
Balani	Secrezione antennulare	Proteine, fenolo, fenolossidasi	Cemento (proteina da ghiandole del cemento dell'adulto)
Ostriche	Filamenti di muco	Cemento Proteina-polifenolo	Periostraco
Mitili	Muco pedale (mucopolisaccaride)	Bisso con cemento di proteina e polifenolo	Filamenti del bisso dell'adulto
Briozoi	Mucopolisaccaridi acidi	Mucopolisaccaridi	Id. (solo nelle forme incrostanti)
Spirorbini	Filamenti di muco	Materiale viscoso bianco ricco di calcio	Secrezione delle ghiandole del collare



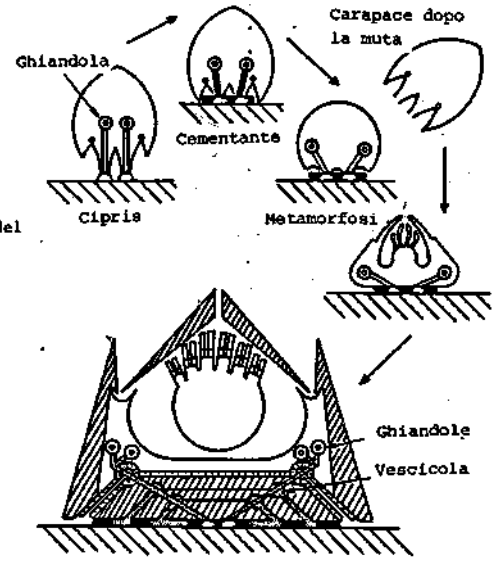


Fig. 7 (a sinistra) - L'apparato del cemento del cypris (sec. Walker).

Fig. 8 (a destra) - Fasi della metamorfosi dal cypris al balano adulto con evidenziata la migrazione delle ghiandole del cemento (da Saroyan et altri 1968).

cher, A.M. Jones e E.B.G. Jones (1984) per le Alghe ed a Crisp (1984), Lindner (1984) per gli invertebrati, mi soffermo sui Balani, i cui meccanismi di adesione sono stati studiati, tra gli altri, da Lindner e Dooley (1972), (Nott e Foster 1969) (fig. 5), Saroyan, Lindner e Dooley (1968) (fig. 6), Walker (1970, 1971, 1972) (fig. 7), Walker e Yule (1984), Yule e Crisp (1983), Yule e Walker (1984a, b, 1985).

L'ipotesi che l'attacco iniziale (temporaneo) fosse prevalentemente meccanico, dovuto a coppe di suzione idraulica presenti all'estremità delle antenne del cypris (fig. 6), è stata confutata da Yule e Crisp (1983) attraverso misure della forza di adesione e da Walker e Yule (1984) che hanno dimostrato l'esistenza di una secrezione proteica a livello dei dischi antennulari. L'attacco temporaneo del cypris, durante la fase di esplorazione prima dell'insediamento definitivo, avverrebbe mediante una sostanza altamente viscosa simile al muco delle patelle. In caso di attacco definitivo viene secreto un prodotto cementante da parte delle ghiandole del cemento del cypris. In queste ghiandole (Walker 1971) sono stati rinvenuti due tipi cellulari: uno producente proteine, composti fenolici e fenolasi, l'altro: producente soltanto proteine.

Da queste ghiandole verosimilmente avrà origine l'apparato produttore di cemento dell'adulto (fig. 8). Lindner e Dooley (1972) hanno avanzato l'ipotesi che il sistema di indurimento dell'adesivo di Balani sia basato sulla combinazione con reticolazione di un chinone con un materiale protei-

co. Su questi processi è possibile intervenire per la prevenzione nei riguardi dei Balani. Sono state sperimentate diverse sostanze inibitrici della formazione di scleroproteine e della precipitazione del carbonato di calcio, sostanze che sono efficaci a concentrazioni di 10^{-4} e 10^{-5} molari cioè a concentrazioni possibili per una pittura antifouling.

Un altro filone di studio molto interessante sia per le conoscenze di base sia per i possibili aspetti applicativi nella formulazione di nuovi sistemi antifouling si è aperto con la scoperta dell'esistenza di sostanze induttrici dell'insediamento e della metamorfosi.

La prima osservazione di questo tipo si deve a Knight-Jones (1953) il quale aveva notato che il cypris di B. balanoides risponde ad una sostanza presente in ogni parte dell'esoscheletro dei balani. Crisp e Meadows (1962-63) hanno estratto questa sostanza che è l'artropodina, una proteina resistente al calore e ai solventi forti ad eccezione dell' ipoclorito di sodio. Prodotti simili sono stati rinvenuti in seguito in altre specie e si è potuto concludere che le sostanze inducenti l'insediamento costituiscono un gruppo di proteine simili. Non è ancora noto come faccia il cypris a riconoscere la proteina specifica presente sulla superficie. Secondo alcuni il cypris esamina la superficie tastandola con l'organo di attacco antennulare e - dice Crisp (1984) - presumibilmente riconosce la natura molecolare delle proteine esocheletriche nello stesso modo in cui un cieco riconosce il Braille. I cypris sono in grado di riconoscere la proteina dell'insediamento se essa è presente in sufficiente quantità anche se mescolata con altre proteine come ad esempio con gelatina, diverse volte il suo volume.

Una serie di induttori dell'insediamento è riportata in tab. 4; schematicamente essi possono esser ricondotti a due categorie fondamentali: una di sostanze insolubili per le quali è richiesto un contatto con il substrato, come appunto le artropodine, l'altra di sostanze solubili. Per es. Haliotis rufescens si insedia se viene a contatto con un substrato algale, oppure con una soluzione di acido V-ammino-butirrico, un ben noto neurotrasmettitore (Morse et al. 1979).

Come abbiamo già accennato, c'è una distinzione ben netta tra induttori della metamorfosi e quelli dell'insediamento: nei Cirripedi sono presenti ambedue i tipi. Gli induttori della metamorfosi sono ormoni giovanili degli insetti e loro analoghi i quali inducono il cypris a metamorfosarsi anche senza insediarsi, con ovvie conseguenze per organismi che devono esser attaccati ad un substrato. Gomez e coll. (1973) per primi hanno dimostrato tali possibilità; essi hanno utilizzato una sostanza simile ad un ormone giovanile di un crostaceo a concentrazioni di 10 p.p.b·; tale sostanza indusse prematuramente il cypris a metamorfosarsi senza insediarsi al substrato. Tra queste sostanze si possono ricordare: Altozar ($C_{17}H_{29}O_2$) e Farnesol ($C_{15}H_{26}O_3$), che sono efficaci nei riguardi dei Balani.

Infine un settore in attiva espansione è quello della ricerca di sostanze tossiche o repellenti di origine vegetale o animale da adoperare come antifouling. Oltre agli estratti di alghe già citati sono stati ottenuti promettenti risultati con sostanze estratte da madreporari (si veda ad es. Rittschof e coll. 1985).

Tab. 4 - Induttori dell'insediamento delle larve con azione a contatto (C) o in soluzione (S). (da Crisp 1984, modificato).

Sistema	Azione	Supposto induttore	Possibile meccanismo
1) INSEDIAMENTO IN FILM MICROBICI			
Ophelia bicornis-sabbia adatta	C	Microflora	----
Protodrilus sp. -sabbia adatta	C	Microflora	----
Hydractinia echinata-conchiglia pagurata	S?	Film batterico	Interferenza con pompa ionica
Spirorbis sp.-film microbico	C	----	----
2) INSEDIAMENTO ASSOCIATIVO			
Spirorbis borealis-Fucus serratus	C	Estratti algali	Interazione tra estratti e
Alcyonidium sp.-Fucoidi	C		muco larvale
Haliotis rufescens-alghe coralinacee	C	Ficoeritrina	Recettore cefalico
Alcyonium coralloides-gorgonia	S	Estratto solubile	----
Adalaria proxima-Electra pilosa	S	----	----
Teredo sp.-legno	S	Estratto del legno	Sostanza umica
3) INSEDIAMENTO GREGARIO			
Spirorbis borealis-Spirorbis pagenstecheri	C	----	----
Sabellaria sp.	C	----	----
Crassostrea virginica	C e S	Periostraco ed estratto ortica	----
Ostrea edulis	C	Proteine del muscolo e fluido extra palleale	----
Balanus balanoides	C	1 Esoscheletro 2 Artropodina adsorbita sulla sup.	Recettori antennulari (adesione?)

CONCLUSIONI

Abbiamo visto che le comunità del biofouling marino sono regolate da un complesso di fattori tra i quali in particolare quelli biologici e biochimici assumono sempre maggiore importanza con il progredire delle conoscenze.

La formazione del fouling su un substrato dipende fin dalle prime fasi di insediamento da specifici mediatori biochimici esogeni o da induttori associati al substrato, il tutto sotto il controllo dell'espressione dei processi geneticamente programmati di comportamento e sviluppo tipici dei diversi organismi del fouling.

La formulazione di nuovi sistemi antifouling è basata sull'identificazione ed il blocco dei meccanismi biochimici ricordati.

Sono state sperimentate:
Sostanze repellenti: interferiscono soprattutto sugli induttori di insediamento.

Sostanze ormonali: interferiscono sugli induttori della metamorfosi.
Sostanze inibitrici di processi di adesione e formazione del guscio calcareo.

I risultati ottenuti con queste metodiche che potremmo chiamare di biotecnologia, sono promettenti e stimolanti. Tuttavia ritengo che ci vorrà ancora del tempo prima che vengano abbandonati i tradizionali sistemi di prevenzione del fouling basati sull'uso di sostanze tossiche, anche perchè i metodi biologici in genere hanno un limitato spettro d'azione cioè sono efficaci nei riguardi di un gruppo limitato di organismi.

BIBLIOGRAFIA

CHARACKLIS W.G., F.L. ROE, M.H. TURAKHIA, N. ZELVER - 1983 - Microbial fouling and its effect on power generation. Final Report. M.K. Ellingsworth Program Monitor, Power Program. The Office of Naval Research, Arlington, Virginia. Contract n. 00014-80-C-0475, 1-171.

CHET I., MITCHELL R. - 1976 - Ecological aspects of microbial chemiotactic behavior. Ann. Rev. Microb., 30, 221-239.

CRISP D.J. - 1984 - Overview of research on marine invertebrate larvae, 1940-1980. In Proc. of the Symposium on Marine Biodeterioration, Uniformed Service University of Healf Sciences 20-23 Aprii 1981. Ed. Costlow J.D. e Tipper R.C, Naval Institute Press, 103-126.

CRISP D.J., MEADOWS P.S. - 1962 - The chemical basis of gregariousness in cirripedes. Proc. Roy. Soc., London B 156, 500-520.

CRISP D.J., MEADOWS P.S. - 1963 - Adsorbed layers: the stimulus to settlement in barnacles. Proc. Roy. Soc. London B158, 364-387.

FLETCHER R.L., JONES A.M., JONES E.B.G. - 1984 - The attachment of fouling macroalgae. In Proc. of the Symposium on Marine Biodeterioration, Ed. Costlow J.D. and Tipper T.C. Naval Institute Press, 172-182.

GOMEZ E.D., FAULKNER D.J., NEWMAN W.A., IRELAND C. - 1973 - Juvenile hormo-

ne mimics: effects on cirriped Crustacean metamorphosis. Science, 179, 813-814.

KNIGHT-JONES E.W. – 1953 – Laboratory experiments on gregariousness during settling in Balanus balanoides and other barnacles. J.Exp.Biol., 30, 584-598.

LINDNER E. – 1984 – The attachment of macrofouling- invertebrates. In Proc. of the Symposium on Marine Biodeterioration, Ed. Costlow J.D. and Tipper T.C, Naval Institute Press, 183-201.

LINDNER E., DOOLEY C.A. – 1972 – Chemical bonding in cirriped adhesive. In Proc. 3rd International Congress on Marine Corrosion and Fouling, eds. R. F. Acker, B.F. Brown, J.R. De Palma and W.P. Iverson, National Bureau of Standards – Gaithersbury, Maryland U.S.A., 653-673.

MITCHELL R., KIRCHMAN D. – 1984 – The microbial ecology of marine surfaces. In Proc. of the Symposium on Marine Biodeteriorarion, Ed. Costlow J.D. and Tipper T. C., Naval Institute Press, 49-56.

MORSE D.E., HOOKER N., DUNCAN N., JENSEN L. – 1979 – γ – Aminobutyric acid, a neurotransmitter, induces planktonic abalone larvae to settle and begin metamorphosis. Science, 204, 405-410.

NOTT J.A., FOSTER B.A. – 1969 – On the structure of the antennular attachment organ of the cypris larva of Balanus balanoides L. Phil. Trans. Roy. Soc. London, B256, 115-134.

RELINI G. – 1974 – La colonizzazione dei substrati duri in mare. Mem. Biol. Mar. Oceanogr., 4 (4,5,6), 201-261.

RITTSCHOF D., HOOPER I.R., BRANSCOMB E.S., COSTLOW J.D. – 1985 – Inhibition of barnacle settlement and behavior by natural products from whip corals, L. virgulata (Lamarck, 1815). J.Chem.Ecol., 11 (5), 551-563.

SAROYAN J.R., LINDNER E., DOOLEY C. – 1968 – Attachment mechanisms of barnacles. In Proc. 2nd International Congress on Marine Corrosion and Fouling Athens: Technical Chamber of Greece, 495-512.

WALKER G. – 1970 – The histology, histochemistry and ultrastructure of the cement apparatus of three adult sessile barnacles, Elminius modestus Darwin, Balanus balanoides (Darwin) and Balanus hameri (Ascanius). Marine Biology, 7, 239-248.

WALKER G. – 1971 – A study of the cement apparatus of the cypris larva of the barnacle Balanus balanoides. Marine Biology, 9, 205-212.

WALKER G. – 1972 – The biochemical composition of the cement of two barnacle species, Balanus hameri and Balanus crenatus. J.Mar.Biol.Assoc., U.K. 52, 429-435.

WALKER G., YULE A.B. – 1984 – Temporary adhesion of the barnacle cyprid: the existence of an antennular adhesive secretion. J.Mar.biol.Ass. U.K., 64, 679-686.

YULE A.B., CRISP D.J. - 1983 - Adhesion of cypris larvae of the barnacle, Balanus balanoides, to clean and arthropodin treated surfaces. J.mar.biol. Ass.U.K., 63, 261-271.

YULE A.B., WALKER G. - 1984a - The adhesion of the barnacle, Balanus balanoides, to slate surfaces. J.mar.biol.Ass. U.K., 64, 147-156.

YULE A.B., WALKER G. - 1984b - The temporary adhesion of barnacles cyprids effect of some differing surface characteristics. J.mar. biol.Ass. U.K., 64 429-439.

YULE A.B., WALKER G. - 1985 - Settlement of Balanus balanoides: the effect of cypris antennular secretion. J.mar.biol.Ass. U.K., 65, 707-712.

Indirizzo: Prof. Giulio RELINI - Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale - Istituto di Anatomia Comparata - Università di Genova Via Balbi 5 - 16126 GENOVA

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	35-44	1986

CONTRIBUTI DELLE BIOTECNOLOGIE DEI MICRORGANISMI FOTOSINTETICI MARINI ALLA VALORIZZAZIONE DELLE AREE COSTIERE (*)

R. Materassi e E. Pelosi

Centro di Studio dei Microrganismi Autotrofi del CNR presso l' Istituto di Microbiologia agraria e *tecnica dell' Università di Firenze.*

Key words: Marine microalgae; photosynthetic biomass production.

ABSTRACT

Recent trends in the exploitation of marine microalgae in the production of biomass and chemicals are reviewed.

RIASSUNTO

Vengono considerati i problemi connessi con lo sviluppo di processi di produzione fotosintetica di biomassa basati sulla coltura di microalghe marine in acqua di mare. Inoltre vengono passati in rassegna i risultati del lavoro svolto negli ultimi anni nel Centro di Studio dei Microrganismi Autotrofi del CNR sulla coltura di microalghe e Cianobatteri in acqua di mare in vista dello sfruttamento di aree costiere nella produzione di biomasse proteiche di energia.

SUMMARY

The main problems involved in the development of a biotechnology for the utilization of sea-water in the mass culture of photosynthetic microorganisms are reviewed. Based on the work carried out in recent years at the Centro di Studio dei Microrganismi Autotrofi del CNR the exploitation of microalgae and Cyanobacteria in the production of protein, energy and chemicals is evaluated.

INTRODUZIONE

I microrganismi fotosintetici sono di gran lunga i più efficienti produttori primari di biomassa, grazie alla loro semplice organizzazione strutturale, alla efficienza con cui le loro colture assorbono

*Lavoro eseguito con contributo CNR nell'ambito del P.F. IPRA - Sottoprogetto 3. Pubblicazione n. 1190.

la luce solare ed alla possibilità di assicurare una ottimale disponibilità di nutrienti. La gestione delle colture secondo un regime semicontinuo contribuisce a massimizzare l'efficienza di conversione fotosintetica della luce in biomassa.

Le ricerche volte alla messa a punto di processi di sfruttamento dei microrganismi fotosintetici hanno avuto inizio circa 40 anni orsono. Per molto tempo esse hanno interessato praticamente solo microalghe d'acqua dolce coltivate in soluzioni minerali o in acque reflue di varia origine. Si può dire che fino a pochi anni fa il modesto interesse verso la coltura di microalghe marine era alimentato in prevalenza dalla necessità di provvedere al nutrimento di specie animali acquatiche allevate in laboratorio od in impianti di produzione.

La causa della scarsa attenzione verso un settore delle biotecnologie fotosintetiche che potenzialmente presenta vaste possibilità applicative non è facile da individuare, anche perché è ben nota l'importanza preponderante della fotosintesi algale che ha sede nei mari e negli oceani come motore dei cicli biogeochimici dei principali elementi biogeni e come fonte primaria di energia per le catene alimentari acquatiche. Inoltre si posseggono vaste conoscenze sulla grande varietà di organismi fotosintetici viventi nelle acque marine.

Bisogna riconoscere che l'uso dell'acqua di mare come substrato per la coltura massiva di microrganismi fotosintetici implica notevoli limitazioni nella scelta del pH e della concentrazione di taluni nutrienti quali il fosfato. Tuttavia le ricerche compiute negli ultimi anni nel nostro Centro ed in altri Istituti di ricerca hanno dimostrato che è possibile sviluppare biotecnologie fotosintetiche basate sull'uso dell'acqua di mare superando tali limitazioni. In tal modo si aprono importanti prospettive per uno sfruttamento intensivo di aree costiere che non presentano requisiti idonei per le produzioni agrarie tradizionali.

Le possibili utilizzazioni delle colture di microalghe e batteri fotosintetici includono la produzione di biomasse proteiche ad uso alimentare, mangimistico od acquacolturale, la depurazione biologica delle acque, la produzione di energia e di prodotti biochimici. Dal punto di vista biotecnologico occorre distinguere due tipi di processi:

a - quelli che mirano all'ottenimento di biomassa quale prodotto finale. Essi richiedono condizioni di crescita bilanciate. La loro efficienza è direttamente legata al rendimento di conversione fotosintetica della energia solare nella energia chimica della biomassa.

b - processi volti alla produzione di specifici metaboliti. Essi richiedono uno sbilanciamento delle condizioni di crescita allo scopo di indirizzare l'attività metabolica verso lo scopo desiderato. Talvolta, come nel caso della produzione di idrogeno, tali processi sono indipendenti dalla crescita perché richiedono l'in-

tervento dell'apparato fotochimico e dei sistemi enzimatici specificamente coinvolti nella biosintesi del prodotto desiderato.

In linea generale si può affermare che le tecniche ed i dispositivi di colturali usati per la coltura in acqua dolce o di scarico possono essere applicate alla coltura in acqua di mare, sia pure con taluni adattamenti.

SISTEMI DI COLTURA DEI MICRORGANISMI FOTOSINTETICI.

Mentre i batteri fotosintetici anossigenici, tipo *Rhodospirillum* e *Rhodopseudomonas,* in quanto anaerobi in presenza di luce debbono essere coltivati in dispositivi di coltura chiusi che escludono il contatto con l'ossigeno, i Cianobatteri e le microalghe possono essere coltivati sia in bacini aperti come in dispositivi chiusi.

I due sistemi di coltura presentano pregi e difetti che non è possibile valutare in dettaglio. I principali vantaggi del sistema di coltura chiuso sono i seguenti:

1 - Migliori possibilità di controllo e di ottimizzazione del processo di crescita.
2 - Nessuna perdita di acqua per evaporazione.
3 - Esclusione dei contaminanti trasportati dall'aria (metalli pesanti, pesticidi, radionuclidi).
4 - Migliori condizioni di temperatura in climi freddi.

I principali svantaggi sono:

1 - Eccessivo riscaldamento nel periodo estivo che richiede misure di controllo.
2 - Eccessiva concentrazione di ossigeno durante il periodo diurno.

Nelle vasche aperte si ha un meccanismo automatico di regolazione della temperatura basato sulla evaporazione. La quantità di acqua perduta dipende dal clima e dal sistema di agitazione. In una giornata estiva la perdita d'acqua è di circa 10 litri per m^2, equivalenti a 100 m^3 per ettaro. Supponendo di reintegrare la perdita con acqua di mare e nell'ipotesi che la coltura raccolta giornalmente venga riciclata nelle vasche di coltura dopo la separazione della biomassa, la concentrazione salina del liquido di coltura salirà fino ad un nuovo valore di equilibrio, tanto più alto quanto minori sono la profondità della coltura ed il tasso di diluizione.

Il valore di equilibrio della concentrazione salina di una coltura nella quale l'acqua perduta per evaporazione venga reintegrata con acqua di mare risulta definita dalla seguente relazione:

$$S_e = S_0 \left(1 + \frac{T_e}{T_d}\right)$$

ove S rappresenta la salinità all'equilibrio; S_0 la salinità dell'acqua usata per reintegrare l'acqua evaporata; T è il tasso di evaporazione (giorno) ossia il rapporto fra la profondità della coltura e l'altezza dello strato di acqua evaporata; T_d è il tasso di diluizione della coltura (giorno).

Nella tabella 1 vengono riportati, a titolo esemplificativo,

i valori della concentrazione salina di equilibrio in colture a differente profondità e tasso di diluizione, supponendo una perdita giornaliera per evaporazione pari a 10 litri m^{-2} (1 mm).

Tabella 1 - Valore della concentrazione di equilibrio (g litro) di colture di differente profondità e mantenute a diversi tassi di diluizione, nelle quali l'acqua perduta per evaporazione (10 litri m^{-2} giorno) sia sostituita con acqua di mare.

Tasso di diluizione	Profondità della cultura (cm)		
	10	15	20
0,3	46,5	42,8	40,8
0,4	43,7	40,8	39,4
0,5	42,0	39,7	38,5

I tassi di evaporazione sono più elevati nella stagione calda. Tuttavia in tale stagione si conseguono le rese più elevate e, di conseguenza, i più alti tassi di diluizione. Nelle ordinarie condizioni operative, la disponibilità di acqua salmastra avente un contenuto salino fra 26 e 30 g $litro^{-1}$ per reintegrare l'acqua evaporata consente di mantenere nelle colture una concentrazione salina assai prossima a quella dell'acqua di mare.

I dispositivi di coltura chiusi possono essere costituiti da colonne verticali, da fotobioreattori a facce piane di materiale trasparente o da reattori tubolari adagiati sul terreno.

I bacini aperti possono essere a superficie inclinata o perfettamente orizzontale. Nei primi la coltura scorre lungo la superficie inclinata mentre i bacini a superficie orizzontale sono provvisti di un dispositivo per tenere in movimento la coltura. Le vasche di coltura aperte suddivise in corsie di scorrimento formanti un anello di circolazione (raceway) e munite di una pala rotante sono il tipo di colture aperta più largamente usata da circa 15 anni. Tuttavia il sistema di agitazione a pala rotante comporta un elevato consumo di energia e produce un tipo di turbolenza non ideale per sfruttare il cosiddetto "flashing light effect". Con un migliore disegno del dispositivo di agitazione sembra possibile contenere la richiesta di energia in circa 3 watt per m^2 , che rappresenta un valore pienamente accettabile sia in termini economici che di bilancio energetico.

A parte l'agitazione della coltura, vi sono altri due aspetti della tecnica colturale degni di nota. Uno di essi riguarda il rifornimento di nutrienti, l'altro la raccolta ed il tratta-

mento della biomassa.

Circa il rifornimento di nutrienti si deve osservare che l'acqua di mare rappresenta un mezzo di coltura naturale che contiene molti elementi in quantità sufficienti per le esigenze della coltura massiva (S, Na, K, Mg, Ca, microelementi). Le aggiunte nutritive riguardano il carbonio, il fosfato, l'azoto per le specie non azotofissatrici ed il silicio per le diatomee Fra i microelementi il ferro è in genere presente in quantità sub-ottimali. Il fabbisogni giornaliero di nutrienti è funzione della produttività delle colture. Il carbonio è l'elemento richiesto in maggior quantità, essendo il suo contenuto prossimo al 50% della biomassa secca (escluse le ceneri). Segue l'azoto, il cui contenuto varia dal 5 al 10% del peso secco. Il fosforo è richiesto in quantità inferiore, dato che il suo contenuto si aggira intorno all'1% del peso secco.

L'acqua di mare contiene una piccola quantità di carbonio (2 m Mole litro circa), il sistema $HCO^{-}_{3}/CO^{=}_{3}$, che può coprire solo una modesta percentuale del fabbisogno di carbonio delle colture massive.

Un sistema assai conveniente per soddisfare le esigenze nutritive delle colture algali può essere quello di miscelare acqua di mare ed acque reflue in proporzione tale da coprire il fabbisogno nutritivo. Effluenti di digestore chiarificati sono stati sperimentati da noi con pieno successo nella coltura marina di *Tetraselmus tetrathele* in acqua di mare (Balloni et al., 1983).

Un altro aspetto importante della tecnologia di produzione della biomassa di microalghe riguarda la raccolta ed il successivo trattamento del prodotto. Il costo di queste operazioni può raggiungere il 50% dell'intero costo di produzione. Si capisce allora quale considerevole vantaggio economico si ottiene realizzando impianti integrati nei quali le cellule algali vengono direttamente utilizzate da specie animali acquatiche durante tutto o parte il loro ciclo di sviluppo, eliminando così la necessità di separare ed essiccare la biomassa.

Le difficoltà nella raccolta derivano dalle piccole dimensioni degli organismi da separare (talvolta meno di 6 µmetri) e la bassa concentrazione di partenza (generalmente intorno ad 1 gL^{-1}). Nel caso di organismi che formano lunghi filamenti, come *Spirulina,* è possibile la separazione per semplice filtrazione su reti con aperture di 30-50 micron. Fra i diversi metodi sperimentati o proposti probabilmente il più semplice ed economico è la flocculazione chimica seguita da sedimentazione. A tale riguardo l'acqua di mare offre la possibilità di sfruttare la formazione di fosfato insolubile a seguito di alcalinizzazione.

Nella rimanente parte della relazione verranno passate in rassegna alcune ricerche svolte presso il Centro di Studio dei Microrganismi Autotrofi di Firenze riguardanti la coltura di microalghe in acqua di mare.

COLTURA DI MICROALGHE MARINE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA

Nel 1978 fu intrapresa una ricerca intesa a valutare la possibilità di produrre metano mediante digestione anaerobica di biomasse di microalghe marine coltivate su acqua di mare fertilizzata.

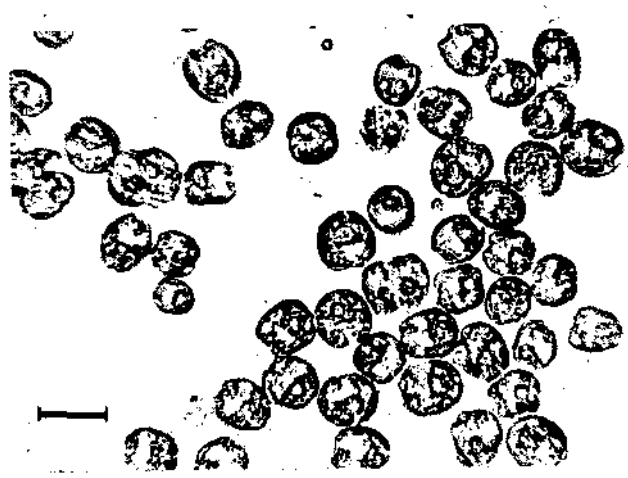


Fig. 1 — *Tetraselmis tetrathele* coltivata in acqua di mare fertilizzata. (La barra equivale a 20 micron).

La ricerca venne condotta in Calabria perché il clima è più favorevole che in Italia centrale.

Fu studiato il comportamento in coltura massiva all'aperto di diverse microalghe marine unicellulari e filamentose. (De Zarlo et al., 1981; Balloni et al., 1983) fra queste *Tetraselmis tetrathele.* (fig. 1) fornì le rese più elevate (corrispondenti ad oltre 60 tonn. di secco ha anno su acqua di mare fertilizzata con effluente di digestore) e dimostrò la migliore stabilità nel tempo. Una produttività così elevata indica che le microalghe marine hanno una grande potenzialità nella produzione di biomassa. Il processo completo è stato sperimentato per un intero anno in un impianto costruito vicino al mare e costituito da 5 vasche di coltura per un totale di 560 m^2 di superficie e da un digestore da 1 m^3 (Materassi et al., 1984 b). (fig. 2)

Nella tabella 2 sono riassunti i dati del bilancio energetico del processo.

L'energia del metano prodotto in un anno è risultata pari a 0,95% della radiazione solare totale. Anche se il proces-

so è lungi dall'essere ottimizzato, questo dato dimostra che il sistema sperimentato costituisce la più efficiente coltura energetica.

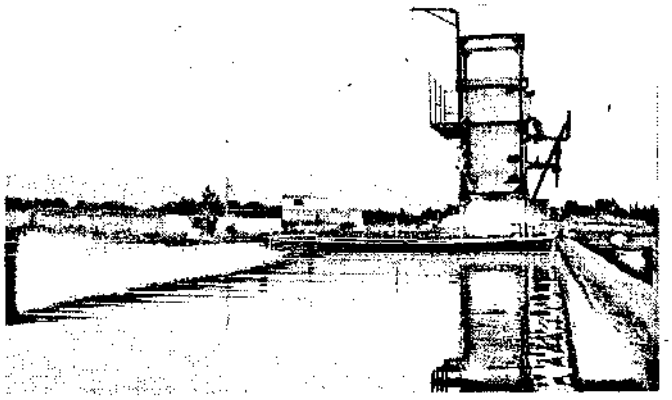


Fig. 2 - Veduta di una vasca e del digestore per la coltura massiva di *Tetraselmis tetrathele.* e per la conversione della sua biomassa in metano.

Tabella 2- Rendimento energetico lordo della conversione della energia solare in biomassa algale e di questa in metano mediante digestione anaerobica (Materassi, Tredici, Florenzano, 1983).

	Media annua	Media del mese di luglio
Radiazione solare totale (Kcal m^{-2} $giorno^{-1}$)	3940	6280
Energia immagazzinata nella biomassa		
- resa in biomassa: g (peso secco) m^{-2} $giorno^{-1}$	17,6	36,0
- energia della biomassa: Kcal m^{-2} $giorno^{-1}$	92	189
- % di conversione della energia solare in energia chimica della biomassa	2,31	3,0
Energia del metano prodotto		
- resa in metano: Litri m^{-2} $giorno^{-1}$	3,9	8,1
- energia del metano prodotto: Kcal m^{-2} $giorno^{-1}$	37	77
% di conversione della nergia solare in metano	0,94	1,13

COLTURA MASSIVA DI DIATOMEE MARINE

Visto i risultati assai notevoli ottenuti con *Tetraselmis* si

si è avviato lo studio della coltura di diatomee marine. Questa indagine viene svolta nell'ambito dell'area problema 1.14 del P.F.IPRA del CNR. Nel panorama delle ricerche sulla coltura massiva di microalghe lo scarso interesse accordato alle diatomee marine contrasta fortemente con la riconosciuta prevalenza di tale gruppo algale nei mari e negli oceani per buona parte dell'anno.

Le ricerche in corso sono concentrate su due organismi isolati da acque prelevate sulla costa del golfo di S. Eufemia, *Amphora. coffeiniformis e Pinnularia Sp. (Fig.* 3) Dopo una serie di indagini di laboratorio

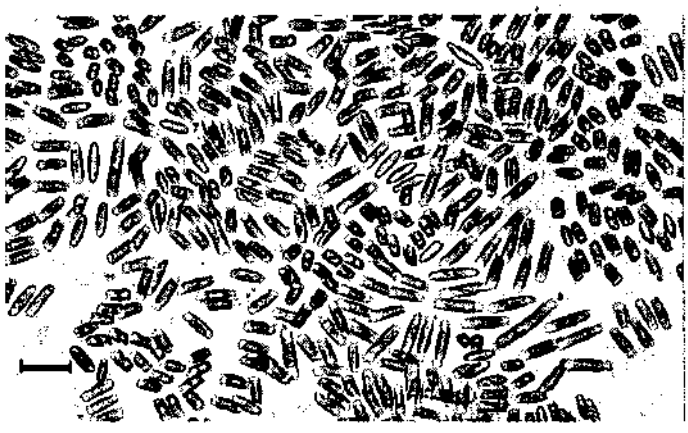


Fig. 3 - Pinnularia sp. coltivate in acqua di mare fertilizzate. (La barra equivale a 20 micron)

intese a definire le principali esigenze nutritive dei due ceppi, si è passati alle esperienze di coltura all'aperto non sterile. A tale scopo sono state usate unità del tipo a "raceway" di 3,5 m^2 di superficie ciascuna (fig. 4).

Come soluzione di coltura è stata usata acqua di mare integrata di silicato ed EDTA-Fe. Le colture sono state tenute a regime semicontinuo con riciclo del mezzo esausto.

Per ambedue le specie è stato possibile mantenere in esercizio le colture per quattro mesi senza che si siano verificati problemi di contaminazione da altre specie algali o cianobatteriche o fenomeni evidenti di autoinibizione.

Le rese in biomassa sono risultate funzione dell'andamento climatico ma anche della concentrazione cellulare delle colture.

COLTURA DI SPIRULINA IN ACQUA DI MARE

Il notevole interesse verso la produzione di biomassa di *Spirulina* (fig. 5) deriva in primo luogo dal riconosciuto alto valore di tale biomassa nell'alimentazione umana ed animale. La possibilità di coltivare *spirulina* in acqua di mare aprirebbe nuove prospettive per la sua coltura nelle zone caldo aride del nostro pianeta ove le condizioni

ambientali sono particolarmente favorevoli.

Il fatto che *Spirulina* prediliga pH nettamente alcalini (da 9 ad 11) assieme alla presenza di quantità rilevanti di ioni HCO_3^-/CO_3^{--} appare difficilmente conciliabile con le caratteristiche dell'acqua di mare. In particolare, a pH superiore a 9 gran parte del fosfato inorganico si trova sotto forma di PO_4^{3-} che in presenza di ioni Ca^{++} ed Mg^{++} forma dei sali di bassissima solubilità.

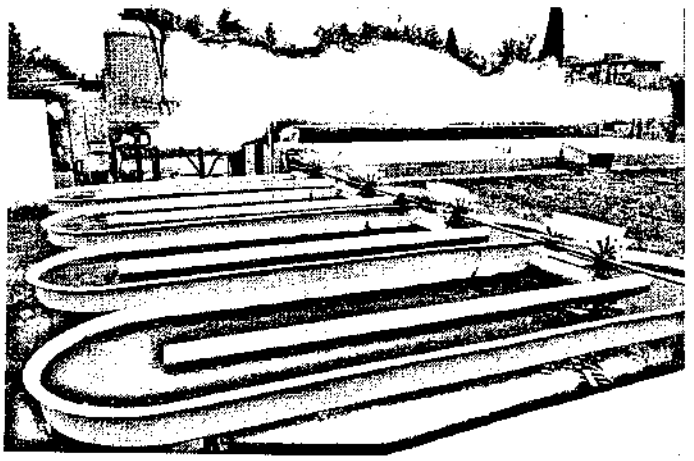


Fig. 4 - Coltura massiva di Diatomee in unità Colturali di tipo "raceway" di 3,5 m^2 di superficie illuminata.

Nel nostro Centro è stata messa a punto una procedura per la coltura di *Spirulina* in acqua di mare che prevede un controllo ab-

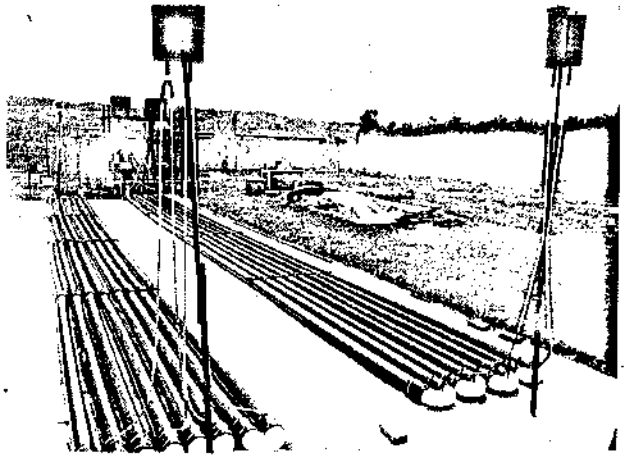


Fig. 5 — Reattore tubolare per la coltura massiva di *Spirulina*.

bastanza stretto del pH su valori di 8,5 - 8,7 e della concentrazione del fosfato che non deve superare i 10 mg litro (Materassi, Tredici, Balloni, 1984 a). Tale procedura è stata sperimentata in coltura all'aperto per un intero anno nell'area di Lamezia Terme (Calabria) con esito positivo (Tredici, Papuzzo, Tomaselli, 1986).

BIBLIOGRAFIA

W. BALLONI, R. MATERASSI, S. DE ZARLO, E. PELOSI, C. SILI - 1983 - Outdoor mass culture of algae in southern Italy utilizing seawater enriched with algal digested sludge. In: *"Energy from biomass"*. (Grassi G. e Palz W. Editori), volume *3* , 107-113.

S. DE ZARLO, M.R. TREDICI, W. BALLONI, R. MATERASSI - 1981 - Investigations on the mass culture of marine algae in southern Italy. In *"Energy from biomass"*. (Chartier P. e Palz W. Editori), volume *3*, 70-75.

R. MATERASSI, M.R. TREDICI, W. BALLONI - 1984 a - *Spirulina* culture in seawater. Appl. Microbiol. Biotechnd., 384-386.

R. MATERASSI, M.R. TREDICI, F. MILICIA, C. SILI, E. PELOSI, M. VINCENZINI, G. TORZILLO, W. BALLONI, G. FLORENZANO, W. WAGENER - 1984 b - Development of a production size system for the mass culture of marine microalgae. In *"Energy from biomass"* (Palz W. e Pirrwitz d. Editori).

M.R. TREDICI, T. PAPUZZO, L. TOMASELLI - 1986 - Outdoor mass culture of *Spirulina maxima* in sea-water. Appl. Microbiol. Biothchnol., 47-50.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	47-68	1986

ANDARE A NASO: VALORE ADATTATIVO DELLA CHEMORECEZIONE NELL'AMBIENTE ACQUATICO

E.A. Ferrero

Dipartimento di Biologia - Università di Trieste
via A.Valerio 32 - I- 34127 TRIESTE (ITALY)

Key words: Chemoreception; Receptor sensitivity; Sensory integration; Chemical image; Allelochemics.

ABSTRACT - Nosing out: the adaptive value of chemoreception in the aquatic environment.

The natural meaning of the chemical signals in the aquatic environment is discussed. Receptor thresholds and specificity are reviewed for different organisms. Intra- and interspecific behaviours controlled by chemicals are surveyed. The potential use of chemoreception for biomonitoring water quality is outlined.

RIASSUNTO

Il significato autoecologico e sinecologico della chemorecezione sottostà a vincoli selettivi che si sviluppano a quattro diversi livelli: 1) natura, quantità (intensità), modalità di distribuzione del segnale chimico nell'ambiente acquatico; 2) specificità, frequenza e topografia dei recettori atti a riconoscerli e a legarli, effetti di miscele e interazione tra stimolanti; 3) transduzione, codificazione e integrazione centrale del messaggio sensoriale; 4) scatenamento o modulazione o plasticità di risposta di strategie comportamentali che rivestano valore adattativo.

La chemorecezione può essere intesa come proprietà generale delle membrane cellulari in quanto interfaccia tra un ambiente esterno e uno interno, intracellulare. Gran parte dei processi di riconoscimento molecolare tra ligando e recettore, propri dei sistemi chemosensitivi, sono già stati risolti dagli organismi unicellulari. I meccanismi di transduzione e di chemiotassi nei batteri rappresentano un valido modello per l'interpretazione del funzionamento dei neuroni primari olfattori (Kleene, 1986).

L'interazione con il ligando, che avviene sempre attraverso un ambiente acquoso, impone limiti morfofunzionali alle cellule recettoriali, determinandone l'aumento di superficie e lo sviluppo di strutture accessorie atte ad ottimizzare la captazione del segnale (Gesteland, 1986).

Il contatto diretto con l'ambiente esterno espone i chemorecettori all'attacco irreversibile o lesivo di ligandi impropri con conseguente degenera.

zione (Hara et al., 1983) e quindi all'esigenza di una rigenerazione e di un ricambio cellulare a cui deve far seguito il ripristino della specificità delle connessioni centrali (Mair, 1986).

La specializzazione di recettori per singole molecole stimolanti, codificata da "vie private" porta alla formazione di un' "immagine chimica" a mosaico, mentre l'insieme di recettori a più largo spettro determinano dei patterns di attivazione che cross-correlati tra loro determinano una codificazione più efficiente di costellazioni di stimoli più composite anche se ne risulta un' "immagine chimica" meno definita (Atema, 1985).

Una distinzione assoluta dei sistemi chemosensoriali degli organismi acquatici in olfatto o gusto, è non solo un falso problema ma il riflesso di una tendenza antropomorfizzante, introspettiva. Una caratterizzazione più efficace terrà conto

a) delle diverse soglie di stimolazione, definendo la specificità dei recettori,

b) della loro localizzazione ed associazione con recettori per altre modalità sensoriali,

c) di strutture accessorie che agiscano da filtro, migliorando il rapporto segnale/rumore (Atema, 1980).

La capacità dei segnali chimici di fornire una matrice complessa d'informazioni sul mondo esterno a cui l'organismo apprende a rispondere viene utilizzata a diversi livelli d'interazione (Gleeson, 1978):

1) **RELAZIONI INDIVIDUALI.** Interviene nella selezione dell'ambiente per esempio durante l'insediamento gregario di stadi larvali (Sabellaria, balanidi); nello "homing" e nelle migrazioni (Patelle, imprinting olfattivo dei Salmonidi); nel comportamento di pulizia a funzione antifouling e di aumento della sensibilità chemiorecettoriale (Ferrero et al., 1985).

2) **RELAZIONI INTRASPECIFICHE** (uso di feromoni). Interviene negli stati di allarme, mediata da metaboliti liberati da lesioni o da feromoni specifici (Anthopleura, Phoxinus); nella definizione di gerarchie, nel mantenimento di rapporti sociali, nella ripartizione dei territori come avviene per il riconoscimento interindividuale dei Gonodactylidi o per l'emissione di feromoni sociali nei pesci gatto; nel controllo della riproduzione coordinando i cicli di muta/accoppiamento nei Decapodi o sincronizzando l'emissione dei gameti nei Bivalvi; nelle cure parentali, per esempio orientando le larve dei gamberi di fiume verso le femmine in post-schiusa.

3) **RELAZIONI INTERSPECIFICHE** (mediate da allomoni se di vantaggio all'emittente, kairomoni se al ricevente). Interviene nell'alimentazione/predazione su cui una vasta letteratura ha messo a punto una nomenclatura complessa degli stimoli; nella simbiosi/commensalismo, per esempio in Stylochus (Ferrero et al., 1980), Pinnoteridi, Betaeus, Amphiprion con una plasticità della risposta ai diversi ospiti (Ferrero, 1985); nella fuga dai predatori come in Acmaea che in risposta allo stimolo emesso dalla stella di mare Pisaster assume un orientamento reotattico e geotattico negativo; nel parassitismo, ove per esempio il muco del gasteropode e gli acidi grassi cutanei dell'ospite futuro attraggono rispettivamente miracidii e cercarie dei Digenei.

SUMMARY

The autoecological and synecological significance of chemoreception is

subjected to selective constraints which act at 4 different levels:
1) nature, quantity (intensity) and way of spreading of the chemical signals in the aquatic environment; 2) location, frequency and specificity of the receptors which are able to bind and recognize the signals; effects of mixtures and interaction of stimulants; 3) transduction, coding and central integration of the sensory message; 4) release or modulation and response plasticity of those behavioural strategies which possess an adaptive value.

Chemoreception can be considered a general feature of cell membranes when acting as an interface between an outer and an inner- intracellular-environment. Most of the problems involved in molecular recognition between ligands and receptors or in transduction mechanisms, typical of chemosensory systems, have been already solved by unicellular organisms which represent a valid model for interpreting the functioning of the primary olfactory neurons (Kleene, 1986).

The interaction with the ligand always occurs in an aqueous environment it sets limits upon the morphology and the function of the receptor cells, prompting an increase in the projecting surface and the development of accessory structures aimed at optimizing signal detection (Gesteland, 1986).

The direct contact with the outer world exposes the chemoreceptors to the risk of binding irreversible or noxious ligands (Hara et al., 1983). Degeneration ensues, followed by cell turnover and a regeneration process ensuring the reinstatement of central connection specificity (Mair, 1986).

The specialization of the receptors for single stimulants coded by "labelled lines" brings about the formation of a mosaic chemical image, whereas the set of receptors having a wider spectrum determines an "across-fiber activation pattern" coding, which more efficiently portrays a more diversified constellation of stimuli, even though a more "blurred" chemical image may ensue (Atema, 1985).

In aquatic organisms a clear-cut distinction of chemosensory systems between olfaction and taste not only is a false problem but also reflects an anthropomorphic, self-centered attitude. A more effective characterization of these sense organs will take into account:
a) the different stimulation thresholds, defining receptor specificity;
b) the location and the association with receptors for other sensory modalities;
c) the accessory structures acting as filters, improving the signal/noise ratio (Atema, 1980).

The ability of chemical signals to provide a complex matrix of information from the outer world, to which the organism learns to respond, is used at different levels of interaction (Gleeson, 1978):
1) INDIVIDUAL RELATIONSHIPS. Chemical cues occur in habitat selection, e.g. during the gregarious settlement of larval stages (Sabellaria, barnacles), in homing and migrations (limpets, olfactory imprinting of salmonids), in grooming behaviour as an anti-fouling adaptation and increasing chemoreception sensitivity. (Ferrero et al., 1985).
2) INTRASPECIFIC RELATIONSHIPS (pheromone mediated). Chemical signals occur in alerting, mediated by metabolites released from lesions or by specific pheromones (Anthopleura, Phoxinus); in defining hierarchies, in maintaining social relationships, in partitioning territories as it happens for the in-

terindividual recognition in Gonodactylids or for the release of social pheromones in catfish; in controlling reproduction by synchronizing molting cycles with mating in Decapods or spawning in Bivalves; in parental cares, e.g. orienting crayfish larvae towards brooding females.
3) INTERSPECIFIC RELATIONSHIPS (mediated by allomones if giving an advantage to the emitter or by kairomones when adaptive to the receiver). Examples are given in feeding/predation phenomena on which a plentiful literature has developed a complex nomenclature of stimuli; in symbiosis/commensalism, e.g. for Stylochus, Pinnoterid crabs, Betaeus, Amphiprion showing a plasticity in the response to the different hosts (Ferrero, 1985); in predator avoidance like Acmaea which, responding to a stimulus delivered by the seastar Pisaster, shows a positive rheotactic and a negative geotactic orientation; in parasitism where e.g. gastropods mucus or cutaneous fatty acids of the potential hosts attract the Digenean miracidia or the cercariae, respectively.

La chemorecezione definita come modulazione differenziale di un effettore conseguente all'interazione tra un ligando e un sito recettore, è proprietà generale dei viventi, quando una superficie separa uno spazio esterno da uno interno, sia esso cellulare o di un intero organismo.

Ciò ci autorizza a ricercare meccanismi fondamentali comuni di riconoscimento e trasduzione degli stimoli, apparsi precocemente nel corso dell'evoluzione e probabilmente conservativi. I sistemi chemorecettivi operano sotto vincoli ambientali ampiamente diversificati; un loro modello ideale deve necessariamente integrare conoscenze provenienti da organismi filogeneticamente distanti e da tecniche che spaziano dalla genetica molecolare all'analisi etologica.

Ambiguità del termine "chemorecezione".

La distinzione tra chemorecezione considerata come modalità sensoriale e i meccanismi di riconoscimento immunologico, o riproduttivi (p.es. gamoni o fertilizine), o morfogenetici (come quelli mediati dalle Cell Adhaesion Molecules) diventa labile.

Un'esempio dell'ambivalenza di questa funzione è illustrato da Sauer et al. (1986) nell'analizzare il determinismo della reazione, tipicamente comportamentale, di esposizione degli acrorragi di Anemonia sulcata. Questa è scatenata da un set di glicoproteine di circa 14 Kdal, associate al muco ma diffusibili; esse possono essere alternativamente viste come
a) determinanti di istocompatibilità clone specifici che impediscono il contatto tissutale e l'aggregazione tra conspecifici allogeni, o invece come
b) feromoni che mediano interazioni competitive per il substrato e favoriscono lo spaziamento tra cloni diversi.

L'aumentata risposta ad esposizioni successive può essere considerata come un'esempio di:
a) immunizzazione verso l'antigene (memoria immunologica inducibile), oppure in termini neurobiologici come
b) facilitazione o sensibilizzazione del circuito neurale sottostante al modulo comportamentale della reazione acrorragica.
Ammettendo comunque di poter empiricamente definire l'ambito della chemorecezione intesa come modalità sensoriale, la comunicazione chimica tuttavia non si esaurisce nella pura e semplice interazione di un composto con un sito re

cettore complementare ma il suo significato evolutivo è correlato:
a) alla specificità e alla codificazione del messaggio
b) alle caratteristiche del canale lungo il quale è trasmesso
c) alla fedeltà con cui il particolare messaggio viene captato ed elaborato
d) alla predicibilità del modulo comportamentale attivato che ne costituisce l'output informativo.

Selezione delle molecole segnale e loro modalità di trasporto nell'ambiente acquatico.

Un segnale chimico viene affidato all'acqua come un messaggio nella bottiglia, per questo l'"andare a naso" dà il senso dell'aleatorietà di questa forma di comunicazione.

Una sostanza stimolante oltre alle sue peculiarità molecolari, strutturali e chimico-fisiche, deve:
a) essere solubile e mantenersi tale nello specifico ambiente acquoso naturale (marino o di acqua dolce), non essere modificata dalla reazione con i numerosi composti inorganici ed organici presenti nei corpi d'acqua (Vernberg & Vernberg, 1972), non venirne complessata o adsorbita dal particellato e dai sedimenti; goccioline lipidiche emulsionate possono tuttavia agire da vettori per le molecole lipofiliche.
b) emergere per unicità di specie o per transitorio aumento di concentrazione al di sopra del "rumore di fondo", certi aminoacidi possono infatti raggiungere nel mare concentrazioni di 10^{-8} M (Mopper & Lindroth, 1982).
c) essere trasportata a distanza efficace entro una plume d'acqua.
d) raggiungere la concentrazione soglia al recettore sensoriale.
e) essere ricevuta in impulso/i di Δ concentrazione.
f) il tempo di salita dell'impulso deve essere inferiore al tempo di adattamento del recettore sensoriale.
g) essere labile o per degradazione enzimatica o perchè soggetta a diluizione per turbolenza o correnti e non permanere a concentrazione sopra-soglia nel medium.

Pochi segnali chimici sono affidati con modalità tutto o nulla ad un'unica specie molecolare, generalmente inusuale nell'ambiente naturale, come avviene per i feromoni che mediano il riconoscimento tra i sessi o le sostanze d'allarme nella comunicazione intraspecifica (Atema, 1985). Il "contrasto spettrale" può essere invece affidato all'unicità di miscele di composti, ciascuno anche comune nell'ambiente acquatico (Pawlik, 1986), che risaltano per "contrasto dinamico" dal rumore di fondo e verranno identificati per filtraggio selettivo, per esempio nel caso dell'individuazione di sorgenti di cibo o di substrati favorevoli all'insediamento.

Recettori di membrana, specificità e trasduzione dello stimolo.

Lo studio della specificità, frequenza, localizzazione e struttura molecolare dei recettori di membrana implicati nel senso chimico presenta nei Metazoi difficoltà per l'eterogeneità dei tipi cellulari associati e delle stesse cellule chemorecettrici.

Metodi elettrofisiologici come l'elettroolfattogramma (EOG), la registrazione extra- o intracellulare dei potenziali d'azione o il "patch clamp" delle membrane olfattive danno informazioni sulle sensibilità relative ai vari

stimolanti, sulla capacità di discriminare tra stereoisomeri o tra analoghi molecolari, mentre la risposta comportamentale costituisce ancora il saggio biologico più diffuso (cfr. Valentinčič, 1985).

La cinetica di legame in vitro è stata descritta per pochi recettori sinora isolati. La caratterizzazione del sito di legame mediante stimolanti marcati o per competizione con l'attacco di lectine (Concanavalina A) o anticorpi monoclonali o di reattivi covalenti (p.es. per fotoaffinità) è ancora agli albori ma si rivela promettente. Risultano descritti i recettori del glutatione in Hydra (Hanai & Kitajima, 1986), di aminoacidi nella trota, con costante di dissociazione di 10^{-6} M (Cagan & Zeiger, 1978, Rhein & Cagan, 1980) e nel pesce gatto (Cancalon, 1978).

La localizzazione sulle membrane ciliari o microvillari si ottiene per confronto dopo deciliazione con Triton X 100, o durante la rigenerazione controllata conseguente all'esposizione a $ZnSO_4$ (Kleene, 1986; Mair, 1986).

La sensibilità ai neurotrasmettitori acetilcolina in echinodermi e teleostei (Valentinčič & Ota, 1985), al GABA in molluschi (Morse et al., 1979) e chemorecettori esclusivamente sensibili al glutammato (pure un neurotrasmettitore) in Homarus (Johnson et al., 1984) corroborano l'ipotesi che la panoplia di recettori presenti o inducibili sui neuroni "olfattori" rappresenti un'utilizzazione secondaria di geni per recettori di membrana già evolutisi per altre funzioni e con altre localizzazioni. Pace et al. (1985) suggeriscono nelle ciglia olfattive di rana l'intervento di un'adenilato-ciclasi attivata specificatamente da sostanze odorose, GTP dipendente. Canali ionici per cationi mono- o bivalenti sia direttamente sensibili a stimoli odorosi o responsabili del potenziale recettoriale, sono essenziali alla generazione degli impulsi (Kleene, 1986).

Morfologia funzionale delle cellule sensoriali.

Gli organi di senso sporgono all'esterno da superfici esposte o si collocano su appendici mobili: tentacoli, flagelli antennali o antennulari, pezzi boccali, barbighi. Se approfondati in depressioni o cavità, queste sono sottoposte a un flusso d'acqua convogliato genericamente dai movimenti respiratori o richiamato attivamente dall'epitelio ciliato circostante. Adattamenti quali ciuffi di sete strettamente impaccate (estetasche nei Crostacei) o corrugamenti delle superfici olfattive (osfradi nei Gasteropodi, "rosette" nei Teleostei) e secrezioni mucose massimizzano la viscosità del medium; sicchè la sola diffusione attraverso il velo acquoso circondante il glicocalice permette allo stimolo di raggiungere l'apice recettoriale.

Nei Crostacei la cuticola che ricopre i recettori si presenta canalicolata con uno o più pori su cui prendono contatto gli apici dei dendriti. Analogamente a quanto proposto per gli insetti (Blaney et al., 1986), anche nei Crostacei l'apertura dei pori può essere sotto controllo ormonale ed essere regolata dagli stati interni dell'animale (di sazietà, di maturità sessuale, di ciclo di muta). Ugualmente può essere controllata la composizione ionica ed ormonale del liquor nella cavità del sensillo, modificandone la permeabilità o l'attività secretoria delle cellule accessorie.

Infine la morfologia cellulare del recettore olfattivo primario offre specializzazioni adattative per massimizzare il rapporto segnale/rumore, integrare l'azione cumulata degli stimoli, sopprimere le risposte che non por-

tano informazione olfattiva significativa (Gesteland, 1986).

Modulazione, codificazione e integrazione dell'input sensoriale.

Nel loro funzionamento complessivo i chemorecettori si comportano come amplificatori in grado di riconoscere segnali fino a concentrazioni di 10^{-14} M NH_4^+ (Derby & Atema, 1982) con soglie per gli a.a. tra 10^{-11} e 10^{-9} M (Gleeson, 1978). Hanno un ampio "range dinamico", così piccole differenze nei gradienti locali di concentrazione possono essere usate per localizzare sorgenti distanti di segnali chimici qualunque sia l'intensità di base del segnale a cui il recettore è adattato. Rivelatori sensibili come gli organi gustativi del pesce gatto rispondono a segnali che si discostano del 10-25% dal background artificialmente imposto. I salmoni sarebbero in grado di misurare i livelli assoluti di uno stimolante a concentrazione costante, usando l'informazione proveniente da un gran numero di cellule recettoriali che si adattano e disadattano casualmente (Atema, 1985).

Recettori specifici per il glutammato in Homarus hanno un range di risposta di 2 unità logaritmiche ($3x10^{-6}$ - $3x10^{-4}$ M); quelli con risposta fasico-tonica si adattano a stimoli temporalmente discreti se somministrati ad intervalli <40 s, ma alcuni di tipo fasico non presentano adattamento a intervalli di 10 s tra stimoli successivi. Le proprietà dinamiche rappresentano quindi un ulteriore modo per caratterizzare recettori apparentemente omogenei nella specificità della risposta (Voigt & Atema, 1984).

Potenziali sostanze chemostimolanti sono state riscontrate tra tutte le categorie ioniche e molecolari, inorganiche e organiche, monomeriche, omo- od eteropolimeriche, presenti nell'ambiente acquatico. A queste corrispondono recettori molecolari il cui sito si adatta specificamente ed unicamente ad un ligando, o il cui sito di legame è affine per più ligandi con caratteristiche steriche, di carica, di polarità analoghe. Nel primo caso presentano un eccezionale "potere di risoluzione" nell'estrarre segnali informativi da un ambiente ricco di composti non significativi. Se recettori molecolari ad alta affinità di un unico o di pochi tipi sono espressi e presenti sul dendrite di un neurone sensoriale, questo verrà definito "a banda stretta" o "specialista"; se uno stesso neurone risponde a più ligandi perchè vi sono presenti più recettori a diversa specificità o recettori a minore specificità, esso verrà definito "a banda larga" o "generalista".

Una bassa soglia ed uno stretto spettro di risposta sono vantaggiosi nella comunicazione a distanza, mediata da segnali unici o inconsueti nell'ambiente. Anche poche cellule sensoriali specialiste, attivate in modo non ambiguo con un meccanismo tutto o nulla, possono evocare un pattern comportamentale complesso se l'integrazione centrale avviene lungo vie nervose "dedicate", che proiettano ad aree precise. Un simile sistema è ipotizzato per esempio nel determinismo dei comportamenti riproduttivi dove un segnale o una precisa sequenza di segnali portano alla concatenazione dei moduli comportamentali di risposta.

Cellule chemorecettoriali a banda stretta sono diffuse negli Artropodi più che negli altri invertebrati e vertebrati. Nei recettori antennulari di Homarus sono OH-prolina e taurina specifiche (Johnson & Atema, 1983), in Panulirus taurina specifiche (Fuzessery et al., 1978) e la specificità viene conservata anche negli interneuroni di ordine superiore (Derby & Ache, 1984) Nei pereiopodi chelati di Homarus, i recettori sensoriali glutammato e NH_4^+

specifici sono accompagnati da cellule a sensibilità massima per l'OH-prolina e la betaina (Johnson et al., 1984), Nolen (1978) identifica nei pereiopodi di Cancer cellule differenti glutammato sensibili e glutammina sensibili.

Cellule recettoriali a più ampio spettro, individuate sui pereiopodi chelati di gamberi d'acqua dolce, sono state distinte in tre classi di chemorecettori ciascuna sensibile o agli aminoacidi, o alle amine, o alle purine. Però nell'ambito della popolazione cellulare omogenea a.a. - sensibile, l'ordine di efficacia degli stimolanti rimane costante serina>alanina>istidina (Bauer & Hatt, 1980; Bauer et al., 1981; Hatt, 1984).

Mentre la codificazione su linee dedicate (labelled line coding) fornisce un' "immagine chimica" a mosaico, l'analisi basata sulla risposta di popolazioni cellulari a largo spettro può offrire una più sottile discriminazione della quantità e qualità di miscele complesse di stimolanti. Un codice per cross-correlazione del pattern d'attivazione tra fibre (across-fibre pattern coding) codifica più informazione, trasmessa su un minor numero di neuroni, e permette uno spettro più ampio di possibili messaggi. Nulla vieta che anche l'input sensoriale da recettori a banda stretta possa comunque essere utilizzato come costituente del pattern d'attivazione tra fibre (Johnson et al., 1984).

Nei Decapodi un primo livello d'integrazione potrebbe essere rappresentato, come avviene in Limulus (Hayes & Barber, 1982), da collaterali del neurite sensoriale che formano sinapsi periferiche; in Panulirus il neurite termina nei lobi olfattori accessori da cui successivamente interneuroni chemosensoriali di ordine inferiore proiettano al protocerebro lungo il tratto ottico (Derby & Ache, 1984), e interneuroni multimodali d'ordine superiore con estese ramificazioni nel neuropilo antennale discendono lungo i connettivi circumesofagei (Hamilton & Ache, 1983).

Una critica all'approccio riduzionista o comunque una messa in guardia dall'estrapolazione dei dati raccolti con un'unica metodica, deriva dal confronto tra gli effetti di stimoli complessi. Omogenati o estratti del cibo abituale risultano più o altrettanto efficaci di miscele artificiali complesse nello stimolare la risposta comportamentale di orientamento o alimentare. Composti singoli o anche la miscela di quelli più rappresentativi, a parità di concentrazione, non sono altrettanto stimolanti (Borroni et al., 1986; Atema et al., 1980). A livello elettrofisiologico la risposta dei recettori primari a banda stretta al loro composto più stimolante viene ridotta se questo è somministrato in una miscela di altri 14 composti (Johnson & Atema, 1983) tanto da ipotizzare effetti di soppressione periferica (Johnson et al., 1985). Un'analoga riduzione della risposta osservata in singoli interneuroni a decorso circumesofageo, dimostrerebbe l'esistenza di una soppressione anche a livello centrale (cfr. Borroni et al., 1986). Al contrario i recettori gustativi del pesce gatto, specifici per la L-arginina non dimostrano adattamento crociato alla stimolazione con altri a.a. (Caprio, 1982).

Localizzazione sulla superficie corporea.

La localizzazione corporea dei chemorecettori, le strutture loro associate, la loro morfologia e specificità permettono agli organismi di campionare frazioni diverse dello spettro chimico che li circonda focalizzandosi su particolari qualità, anche se operano simultaneamente nello stesso ambiente acquatico. Le differenze nella risposta spettrale possono riflettere dif-

ferenze di microambiente attorno alle cellule recettoriali, ma anche differenti funzioni etologiche. Mentre nel pesce gatto due diversi organi gustativi regolano l'acquisizione del cibo, i chemorecettori nasali sono la via preferita per apprendere situazioni nuove o sono coinvolti nel riconoscimento "olfattivo" dei conspecifici nel comportamento sociale (cfr. Atema, 1985).

I recettori gustativi sono approfondati in fossette, calici gustativi, o in strutture tubulari il cui accesso è delimitato da un poro. Sono situati su appendici boccali o in prossimità della bocca; sono associati a recettori tattili e mediano le fasi del comportamento alimentare di riconoscimento, captazione ed ingestione del cibo. Malgrado vi sia un continuum nello spettro delle soglie di sensibilità, vengono ascritti alla modalità "gustativa" i recettori a soglia più alta e a quella "olfattiva" i recettori a soglia più bassa.

La sensibilità differenziale ai diversi stimolanti singoli, tra quelli considerati attivi nei Crostacei, è stata dimostrata in Squilla mantis e valutata su diversi parametri di risposte motorie. Nell'ordine risultano efficaci: Glutammato > Betaina > Glicina > Malato > Succinato > -Alanina > Aspartato mentre Arginina e Tirosina non rappresentano uno stimolo rilevante rispetto ai controlli con acqua di mare (Morin, 1983). Utilizzando come risposta la sola pulizia localizzata della regione corporea di somministrazione con il comportamento descritto da Morin et al. (1985), tutti gli aminoacidi tranne l'Arginina inducono la pulizia dell'antennula, con massimi per il Glutammato > Betaina > Malato; la Betaina > Glicina induce la pulizia dell'esopodite antennale; la sola Glicina induce una limitata pulizia dei pereiopodi; la Betaina > Glutammato induce una rilevante pulizia dei tergiti addominali posteriori e del telson, mentre nessun aminoacido induce la pulizia degli uropodi (Morin, 1983). L'evidente effetto della Betaina nell'indurre la pulizia dei tergiti addominali ci ha permesso di localizzare e descrivere morfologicamente un tipo di sensillo chemorecettoriale inusuale (Ferrero et al., 1984) simile a quello descritto da Bush & Laverack (1982) nell'anfipode Marinogammarus. La sua distribuzione e la modalità chemosensoriale trovano riscontro con la rilevanza della comunicazione chimica nelle relazioni intere intraspecifiche degli Stomatopodi (Caldwell, 1982; 1985).

Comportamenti di acquisizione dello stimolo.

Oltre ai moduli motori che rappresentano la fase finale, consummatoria, dei comportamenti evocati dallo stimolo, siano essi riproduttivi, alimentari o di insediamento, la chemorecezione induce un'attività destinata a migliorare l'ulteriore recezione degli stimolanti e definita da Atema (1985) comportamento di acquisizione dello stimolo.

Gli organismi sessili o sedentari si limitano ad un aumento del movimento di appendici, tentacoli etc. che, se di tutto il corpo, sfocia in cinesi o tropismi. Può aumentare l'apporto d'acqua associato alle correnti di ossigenazione branchiale o di alimentazione per filtrazione o di escrezione di cataboliti.

Lo stesso avviene negli organismi vagili. I gasteropodi marini mediante correnti ciliari richiamano acqua sull'osfradio attraverso il sifone. Negli anguillidi e siluridi macroosmatici una corrente ciliare aumenta l'apporto d'acqua all'epitelio olfattivo attraverso le narici anteriori. Nel pesce gatto il battito ciliare è sotto controllo riflesso, aumenta dal lato stimolato

e quindi accresce il contrasto tra i due lati. Atema (1985) ritiene che i rapidi movimenti della mandibola nei tonni (Atema et al., 1980) attivino i sacchi olfattori accessori che operano come pompa idrostatica in un comportamento di "annusamento". Funzione analoga di "annusamento" è assegnabile al "flicking", rapido movimento a frusta del flagello antennulare esterno nei Crostacei. Ciò permette l'apertura a ventaglio delle sete delle estetasche, un rapido ricambio d'acqua attorno ai sensilli, un campionamento intervallare dell'ambiente esterno inframmezzato da periodi di relativa insensibilità dovuta all'aumentata viscosità delle estetasche addensate e al rapido adattamento. Anche se una "plume" di stimolante non presentasse carattere pulsante, tuttavia il "flicking" vi sovrappone una percezione discreta dello stimolo tra un battito e l'altro. Su una diversa scala temporale, il comportamento di pulizia, "grooming", favorisce la chemorecezione, permette il ricambio d'acqua tra i sensilli, l'accesso di nuove condizioni di stimolo e aumenta il rapporto segnale/rumore, rimuovendo organismi simbionti insediatisi in prossimità dei recettori (funzione anti-fouling, Bauer, 1978).

Il "fanning", apertura a ventaglio degli esopoditi dei 3 massillipedi di Homarus è un comportamento esibito in risposta a stimoli chimici soprattutto alimentari o sociali. Esso provoca la deviazione delle correnti esalanti branchiali verso l'indietro e un richiamo d'acqua dalle regioni anteriori, aree normalmente saggiate dalle antennule (Atema, 1985).

Orientamento chimico.

La locomozione consente ad un organismo di campionare le variazioni di concentrazione dello stimolante nell'ambiente circostante non solo nel tempo ma anche nello spazio e si concretizza in comportamenti di ricerca attiva mediante orientamento chimico.

Nella dettagliata e complessa classificazione ormai classica di Fraenkel & Gunn (1961) si sottolinea la differenza tra cinesi e tattismi. Questi ultimi sono suddivisi in klinotassi, se l'orientamento lungo il gradiente avviene per campionamenti successivi nelle dimensioni spazio-temporali, e tropotassi, se il campionamento avviene bilateralmente e vi è una comparazione istantanea tra le entrate sensoriali differenziali da due punti separati del corpo. Bell & Tobin (1932) propongono un modello generalizzato di classificazione in termini di analisi dei sistemi applicato all'orientamento chimico. Essi introducono il concetto di patterns locomotori di ricerca guidata specie specifici, controllati dall'informazione interna e modulati da sistemi di guida esterni uni- o plurimodali.

Con essi si sottolinea che il repertorio dei comportamenti e gli eventi fisiologici in cui consiste il processo di comunicazione sono complessi e ridondanti: per ogni categoria di informazione intra- o interspecifica comunicabile per via chimica ve ne sono analoghe sul canale visivo o vibrocettivo. Non si può supporre che ciascun canale sensoriale fornisca all'organismo un contributo completo alla definizione del mondo circostante. Se ne consegue una ridondanza sensoriale, questa è interattiva, gli stimoli campionati attraverso i diversi sensi vengono integrati in costrutti mentali di ordine superiore.

I Selaci offrono esempi dei diversi livelli d'integrazione. In assenza di correnti Mustelus e Scyliorhynus rispondono all'odore della preda con una riduzione dell'angolo di virata e una variazione del rapporto tra vira-

te verso un lato e quelle verso l' altro che risulta in traiettorie spirali. Se la concentrazione di stimolante presenta un gradiente, Sphyrna presenta un comportamento di ricerca sia klinotattico che tropotattico essendo in grado di comparare le differenze di concentrazione di stimolante tra le due narici (Johnsen & Teeter, 1985). In Negaprion lo stimolo attiva la reotassi negativa e Ginglymastoma mostra un comportamento di ricerca guidato dalla reotassi integrato in parte dall'informazione proveniente dal gradiente di concentrazione (cfr. Bell & Tobin, 1982).

Brown & Rittschof (1984) dimostrano una relazione tra concentrazione dell'attraente e velocità di flusso nella localizzazione della preda da parte di giovani di Urosalpynx, Gasteropodi perforatori di Balanidi e Bivalvi. Il solo flusso d'acqua o la sola somministrazione statica dell'attraente parzialmente purificato (Rittschof et al., 1984) sono relativamente inefficaci. In un intervallo intermedio di flussi e concentrazioni i due stimoli combinati si potenziano reciprocamente rispetto al comportamento dimostrato mantenendo l'uno o l'altro costante.

L'orientamento o la preferenza verso un dato stimolante può essere modificata dall'interazione con ritmi endogeni o cicli esogeni. Il fotoperiodo altera le preferenze alimentari e la chemiotassi del riccio Arbacia verso le specie di alghe abitualmente consumate. La specie normalmente preferita, Gracilaria, consumata più rapidamente, risulta più attrattiva nel periodo notturno; il Sargassum, consumato più lentamente e normalmente scarsamente apprezzato, diventa più attrattivo durante il dì. Hay et al. (1986) interpretano i cambiamenti dì-notte della chemiotassi come un adattamento che minimizza la predazione su Arbacia da parte di pesci ed altri predatori visivi durante il dì, quando rimane infatti nascosta sotto i letti di Sargassum, mentre aumenta il pascolo sul cibo preferito ma più esposto durante la notte.

Plasticità delle risposte chemosensoriali.

Analogamente al mondo visivo, gli odori forniscono una matrice complessa di informazioni sul mondo esterno al quale l'organismo apprende a rispondere. Pochi comportamenti in risposta agli "odori" sono geneticamente preprogrammati, sempre meno quanto maggiore è il grado di complessità raggiunto dal sistema nervoso.

Se in passato si mirava ad individuare recettori sensoriali per "odori" puri (cosiddetti "primari"), cioè attivati da uno stimolo specifico innato, che portava alla sensazione di una certa qualità odorosa, è ora più opportuno insistere sulla plasticità del sistema chemosensoriale e sul suo modellamento progressivo. Esso accumula, associa con altri eventi e memorizza le esperienze chemosensoriali. Quest'aspetto adattativo è stato già estesamente considerato in un precedente lavoro a cui si rinvia sia per la trattazione dei modelli proposti che per i relativi riferimenti bibliografici (Ferrero, 1985).

Il neurone olfattorio, almeno nei Vertebrati, durante il differenziamento passa attraverso vari gradi di specializzazione di membrana, di sensibilità e di specificità di risposta raggiungendo un massimo allorquando si formano le connessioni sinaptiche centrali.

Malgrado che il ciclo cellulare o la degenerazione, causata per esempio dall'esposizione a $ZnSO_4$, determini il ricambio dei recettori, essi dopo rigenerazione assicurano tuttavia la costanza percettiva. La loro specifici-

tà sensoriale sembra mantenuta dalla stabilità con cui l'assone in crescita riforma le connessioni centrali che a loro volta detterebbero in via retrograda la specificità del neurone stesso.

Quindi la plasticità della risposta chemotattica si rivela:

a) durante il differenziamento o rigenerazione; è forse realizzata per competizione tra recettori di membrana e successivamente stabilizzata dopo l'instaurarsi delle connessioni centrali.

b) come conseguente all'esperienza 1) della costellazione di stimoli ambientali, in cui prevalgono gli elementi più comuni nella biocenosi (p.es. nel caso dell'induzione da parte dell'ospite); 2) di fonti alimentari, cui consegue perifericamente in tempi brevi (sec.) l'adattamento del recettore, o in tempi più lunghi, quello indotto ormonalmente da stati fisiologici interni, (p.es. sazietà, condizione riproduttiva, etc.) o infine a livello centrale che determina un' "immagine chimica di ricerca" o il "condizionamento ingestivo" o l' "apprendimento per condizionamento classico". La memoria "olfattiva" è influenzata dai processi interni concomitanti e dall'esperienza. Connessioni efferenti "a monte" quindi sono in grado di modulare l'input olfattivo a valle.

Aspetti adattativi delle risposte chemosensoriali.

Quali benefici può fornire l'uso di segnali chimici nella comunicazione con- ed eterospecifica? Ovviamente è vantaggioso a) quando le altre modalità sensoriali non sono praticabili o sono difficili, p.es. nell'oscurità o in acque torbide (per il canale visivo), in acque perturbate (per il canale vibrocettivo); b) quando il segnale permane nell'ambiente oltre alla presenza dell'organismo emettitore; c) quando emettitore e ricevente non necessitano o opportunamente evitano una vicinanza per comunicare; d) quando si intende inviare un segnale distribuito nello spazio e codificato nel tempo.

I sistemi chemosensoriali intervengono nel ciclo vitale di una specie condizionandone gli stili di vita a diversi livelli.

1) Relazioni autoecologiche tra individuo e ambiente esterno.

a) Selezione dell'ambiente; un elevato grado di specificità chimica del substrato è necessario per indurre l'insediamento e la metamorfosi degli stadi larvali in diversi phyla d'invertebrati (cfr. Crisp, 1974). Sostanze lipofile quasi insolubili in acqua, rimangono adsorbite sul substrato garantendo una certa durata dello stimolo che viene percepito attraverso la chemorecezione di contatto; sostanze idrosolubili e diffusibili possono invece funzionare anche da stimolo orientante.

L'idrozoo Coryne è attratto dal δ-tocotrienolo eposside (Kikuchi et al., 1975; Kato et al., 1975); composti glicosilati intervengono nell'insediamento dei Policheti Spirorbidi (Kirchman et al., 1982), nei Sabellaridi sono coinvolti acidi grassi liberi insaturi (Pawlik, 1986) o comunque sostanze lipofile (Wilson, 1968). Induttori lipofili sono stati ipotizzati per le ostriche (Keck et al., 1971), mentre per i Gasteropodi, piccoli composti solubili, come la colina e i suoi analoghi in Phestilla (Hadfield, 1984) o il GABA in Haliotis e in Chiton (Morse et al., 1979), sono potenti induttori. Le artropodine, proteine della cuticola dei Balani, simili all'actina (Larman, 1984), ne inducono l'attacco. Le secrezioni mucose ghiandolari (Turbellari Aceli) o le escrezioni emesse da eterospecifici possono condizionare rispet-

tivamente positivamente (Klauser, 1986) o negativamente (Woodin, 1985), l'ambiente di insediamento e di vita gregaria.

b) "Homing". Il ritorno ad un preciso sito dell'habitat litorale (intertidale) roccioso dopo escursioni di foraggiamento è tipico delle patelle tanto da lasciare degli incavi sulla roccia col segno evidente del contorno dell'animale. Tracce di muco individuo-specifiche vengono utilizzate nell'orientamento (Cook A. et al., 1969; Cook S.B., 1969).

Più noto l'uso della chemorecezione come meccanismo orientante nelle migrazioni anadrome dei pesci. In particolare per i salmoni gioca un imprinting olfattorio sulla costellazione degli stimoli chimici caratterizzanti il corso d'acqua in cui avviene lo "smolting" (Hasler & Scholtz, 1983). Esso è stato dimostrato sperimentalmente inducendo l'imprinting su stimoli artificiali. Per le anguille vi è invece interazione fra più fattori: oltre alla chemorecezione, luce, temperatura, salinità contribuiscono come stimoli orientanti (Tesch, 1977).

c) L'evocazione di comportamenti di pulizia nei Crostacei Stomatopodi (Morin et al., 1985) e Decapodi (Bauer, 1978) a seguito di stimolazione chimica può essere interpretata come meccanismo anti-fouling. Esso impedirebbe l'accumulo di epibionti sulle aree chemorecettoriali e il conseguente aumento del "rumore" provocato dai loro metaboliti, che riduce l'efficacia della chemorecezione; oppure, analogamente al "flicking", può essere considerato come un meccanismo di apertura a ventaglio dei sensilli e un sistema di ricambio d'acqua nel microambiente circostante.

2) Relazioni intraspecifiche mediate da feromoni.

a) Reazioni d'allarme: l'anemone di mare Anthopleura ritira i tentacoli e si contrae quando altri conspecifici lesi rilasciano uno ione ammonio quaternario, l'anthopleurina (Howe & Sheik, 1975). Von Frisch (1941) descrive in Phoxinus una reazione d'allarme in risposta ad uno stimolo chimico rilasciato dalla cute di un conspecifico ferito.

b) Interazioni sociali e mantenimento di gerarchie: il gasteropode Littorina riconosce le tracce e la loro direzionalità lasciate da un conspecifico (Hall, 1973) favorendone l'aggregazione.

L'uso di anfratti nella barriera corallina determina negli Stomatopodi Gonodactilidi un comportamento di difesa territoriale. Animali precedentemente sconfitti evitano l'intrusione nella tana, anche vuota, dell'animale vincente; esse risultano "marcate" da un odore individuale che si diffonde lentamente dalla tana e viene saggiato dai chemorecettori dell'intruso (Caldwell, 1985).

Il pesce gatto Ictalurus, che vive in acque torbide, stabilisce complesse relazioni di dominanza affidate al canale di comunicazione chimico. Situazioni di stress modificano la status sociale e l'emissione di feromoni dell'individuo dominante, questi vengono percepiti dagli altri membri della comunità e destabilizzano temporaneamente la gerarchia (Todd, 1971).

c) Riconoscimento tra sessi e controllo della riproduzione. Rientrano in questa categoria i casi numerosi e classici mediati da feromoni. Essi segnalano gli stati di maturità sessuale, determinano l'orientamento e l'attrazione tra i sessi, stimolano il corteggiamento e la copulazione. Organi di

senso specializzati o dimorfismo sessuale del loro sviluppo rappresentano semplici adattamenti a questa modalità sensoriale (Gleeson, 1982). Nei Decapodi la copulazione avviene poco dopo la muta della femmina matura. Tale stato viene segnalato a distanza da feromoni emessi con l'urina in Callinectes e Homarus (Gleeson, 1976; McLeese et al., 1977) mentre Bauer (1979) in Heptacarpus ritiene necessaria la chemorecezione di contatto. La sincronizzazione dell'emissione dei gameti, evitandone la dispersione, è adattativamente favorevole per gli organismi a fecondazione esterna; descritta da Galtsoff (1940) in Crassostrea e parzialmente caratterizzata nei Tridacnidi da Munro et al. (1983), riveste potenziale importanza nelle tecniche d'acquicultura (Gwither & Munro, 1981).

d) Le cure parentali riducono la mortalità e dispersione degli stadi giovanili. In diversi casi la relazione genitori/figli è basata su un riconoscimento chimico, fino ad un vero impronting individuale (Crapon de Caprona, 1982). Nel gambero di fiume esso è limitato all'orientamento chimico delle larve al 3° stadio verso gli effluenti di femmine ovigere della stessa specie, ma non verso femmine non ovigere, maschi o individui di entrambi i sessi di altre specie (Little, 1975).

Nei ciclidi i genitori riconoscono la propria prole usando i soli segnali chimici; ma anche gli avannotti riconoscono i genitori preferendo gli effluenti della madre se allevati in isolamento o in presenza della sola madre o di entrambi i genitori. La preferenza è invertita se vengono allevati inizialmente in presenza del solo padre (Barnett, 1986).

3) Relazioni interspecifiche mediate da allelochimici la cui nomenclatura complessa (cfr. Gleeson, 1978) è riferita ai vantaggi adattativi derivanti all'emittente (allomoni) e/o al ricevente (kairomoni).

a) Preferenze alimentari e predazione. E' il più ovvio e diffuso uso della chemorecezione; è organizzato in sequenze gerarchicamente ordinate di stimoli e risposte motorie che coinvolgono l'orientamento verso la sorgente di cibo, l'acquisizione di cibo, la successiva ingestione (Lindstedt, 1971). Ciascuna fase è sotto controllo di stimoli positivi che promuovono o di stimoli inibitori che bloccano il passaggio alla fase successiva.

La ricostituzione di miscele stimolanti artificiali che mimino completamente l'effetto dello stimolante naturale ha un interesse applicativo per l'elaborazione di esche artificiali da utilizzare nell'industria peschiera, o in acquicultura per la somministrazione di additivi "aromatizzanti" a diete o mangimi meno graditi ma economicamente più convenienti (Atema, 1980).

L'individuazione delle preferenze alimentari è rilevante nel definire lo sforzo di predazione esercitato sulle diverse specie preda e nel ricostruire le reti alimentari in un dato ecosistema. Le preferenze alimentari possono essere modificate dall'esperienza; in tal modo gli animali adattandosi all'abbondanza della preda prevalente in un dato momento ottimizzano la propria efficienza alimentare (Atema et al., 1980).

b) Simbiosi e commensalismo. Il pesce pagliaccio Amphiprion associato all'anemone di mare Stoichactis è protetto dalla scarica delle nematocisti dell'ospite. Un fattore contenuto nello strato mucoso alla superficie del pesce innalza la soglia di scarica della nematocisti alla stimolazione mec-

canica (Schlichter, 1976).

Il policlade Stylochus (Ferrero et al., 1980; 1981), alcuni policheti (Dimock & Davenport, 1971), i granchi Pinnoteridi (Derby & Atema, 1980), i gamberi caridei del genere Betaeus (Ache & Davenport, 1972) intrattengono relazioni simbiontiche di vario grado con numerosi ospiti, molluschi ed echinodermi. Essi sono attratti dagli effluenti degli ospiti usuali in maniera specifica. Tuttavia, analogamente alle preferenze alimentari, il trasferimento su ospiti alternativi può portare all'inversione delle preferenze; in natura ciò favorisce l'insediamento sulla specie ospite più frequente.

c) Parassitismo. Le interazioni chimiche tra stadi larvali e adulti dei parassiti con gli ospiti intermedi e definitivi sono abbondantemente documentate, tanto da spingere Saladin (1979) a proporre "la parassitologia comportamentale" come campo in cui collocare uno dei principali aspetti: la chemosensibilità dei miracidi ai loro gasteropodi ospiti. Mason & Fripp (1977) forniscono una dettagliata analisi dei fattori chimici che stimolano l'attività dei miracidi di Schistosoma, mentre è nota l'attrazione esercitata dagli acidi grassi cutanei nell'orientamento delle furocercarie (MacInnis, 1965).

Molti dei casi precedentemente riportati di commensalismo o di predazione in ambiente marino confinano con rapporti di tipo parassitario ed un esauriente esame della letteratura esorbiterebbe dalle finalità di questo lavoro.

d) Mimetismo chimico. Non risulta a tutt'oggi che il canale chimico venga sfruttato dagli organismi marini per imitare o ingannare con segnali specifici individui di altre specie così come avviene per il canale visivo. Il suggerimento che gli epibionti incrostanti possano conferire al portatore una protezione emanando odori criptici è discussa da Wicksten (1983).

Gli esempi assodati riguardano piuttosto l'emissione di deterrenti o irritanti che inattivano temporaneamente la chemorecezione dell'attaccante. Kittredge et al. (1974) ritengono che l'inchiostro espulso da Octopus possa confondere non solo la visione ma anche la chemorecezione di Gymnothorax a causa della L-DOPA ivi contenuta. Il muco secreto dal gasteropode (patella) Trimusculus se attaccato da Pisaster immobilizza i pedicelli della stella di mare e ne riduce l'efficienza predatoria (Rice, 1985).

e) Fuga dai predatori. Specie predate possono percepire come repellenti sostanze emesse dai predatori e quindi reagire con comportamenti di fuga. Le saponine prodotte da oloturie e asteroidei, p.es. Marthasterias glacialis, inducono reazioni di fuga in Pecten, Chlamys e Buccinum (cfr. Minale, 1977). La patella Acmaea possiede dei recettori lungo il margine mantellare che stimolati dagli effluenti della stella di mare Pisaster inducono la fuga (Phillips, 1975 a, b). Il movimento è reotattico negativo o geotattico negativo a seconda dell'inclinazione della superficie d'appoggio e porta la patella al di sopra della battigia ove non può venir raggiunta dal predatore.

Chemorecezione e qualità dell'ambiente.

Le caratteristiche organolettiche delle acque non sono solo un criterio di accettabilità per il loro uso umano. Il loro inquinamento interferisce anche con la chemorecezione degli organismi acquatici e se ne possono considerare due esiti: il danneggiamento della funzione e un eventuale effet-

to letale o l'evocazione di comportamenti peculiari, adattativi o meno, utilizzabili nel monitoraggio di concentrazioni subletali di polluenti.

Hara et al. (1983) forniscono un'estesa rassegna bibliografica sugli effetti comportamentali, elettrofisiologici e biochimici dei polluenti sulla chemorecezione degli organismi acquatici. L'interazione additiva o inibitoria tra polluenti nel modificare il legame tra chemostimolanti e relativi recettori sottolinea l'importanza di saggiare effluenti e scarichi industriali nella loro composizione reale piuttosto che gli effetti di singole specie chimiche.

Tutti i comportamenti adattativi precedentemente descritti vengono influenzati dai contaminanti: p.es. l'orientamento chemotattico del platelminta Bdelloura nei confronti dell'ospite, il Limulus, è inibito dalla presenza di $HgCl^2$, $FeCl^2$, detergenti e fosfati (Atema et al., 1973). Il greggio o sue frazioni riducono il comportamento alimentare in Daphnia (Wong et al., 1983), in Nessarius (Atema et al., 1973), in Callinectes (Pearson & Olla, 1980), mentre in Homarus (Atema et al., 1973) aumentano la risposta. Basse concentrazioni di Hg^{++} (0.1 - 1 ppm) e Zn^{++} (3.3 - 33 ppm) hanno un effetto attraente su Crangon, aumentando il rischio di una sua esposizione a più alte concentrazioni in un gradiente (Portmann, 1972).

Basse concentrazioni di TWEEN 80, un agente surfattante, interferiscono con la chemorecezione dei feromoni femminili in Gammarus, inibendo il comportamento riproduttivo e riducendo le probabilità di accoppiamento (Lyes, 1979).

Se invece si considerano in positivo gli effetti dei polluenti nel modificare risposte comportamentali sufficientemente stereotipate e ripetibili, se ne può vedere una possibile applicazione nel biomonitoraggio comportamentale delle condizioni ambientali. Olla et al. (1980) enunciano le basi per questo approccio che può essere standardizzato nella scelta degli organismi utilizzati come sensori. Esso inoltre può essere computerizzato per garantire una maggiore validità statistica con numerose repliche in parallelo, una pluralità di parametri considerati contemporaneamente, la neutralità nell'acquisizione dei dati, la rapidità dell'elaborazione in tempo reale (Lemly & Smith, 1986).

RINGRAZIAMENTI

I risultati sperimentali citati conseguiti presso il Dipartimento di Biologia e il Laboratorio di Biologia Marina di Trieste sono stati ottenuti mediante finanziamento MPI 60% assegnati all'autore. Si ringrazia il prof. M.S.Laverack per la fruttuosa collaborazione e discussione dei dati e il prof. E. Ghirardelli per la cortese ed attenta revisione critica del testo.

BIBLIOGRAFIA

B.W. ACHE, D.DAVENPORT - 1972 - The sensory basis of host recognition by symbiotic shrimps, genus Betaeus. - Biol. Bull., 143, 94-111.

J.ATEMA - 1980 - Chemical senses, chemical signals, and feeding behavior in fishes. In: "Fish Behavior and its Use in the Capture and Culture of Fishes", J.E.Bardach, J.J.Magnuson, R.C.May, J.M.Reinhart eds., ICLARM, Manila, 57-94.

J.ATEMA - 1985 - Chemoreception in the sea: adaptations of chemoreceptors and behaviour to aquatic stimulus conditions. In: "Physiological adaptations of marine animals", M.S.Laverack ed., Soc. of Experimental Biology Symposium 39, 387-423.

J.ATEMA, K.HOLLAND, W. IKEHARA - 1980 - Olfactory responses of yellowfin tuna (Thunnus albacares) to prey odors: chemical sears image. - J.Chem.Ecol., 6, 457-465.

J.ATEMA, S. JACOBSON, J. TODD, D. BOYLAN - 1973 - The importance of chemical signals in stimulating behavior of marine organisms: effect of altered environmental chemistry on animal communication. In: "Bioassay techniques and environmental chemistry", Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor.

C. BARNETT - 1986 - Rearing conditions affect chemosensory preferences in young cichlid fish. - Ethology, 72, 227-235.

R.T.BAUER - 1978 - Anti-fouling adaptations of caridean shrimps: cleaning of the antennal flagellum and general body grooming. - Mar.Biol., 49, 69-82.

R.T.BAUER - 1979 - Sex attraction and recognition in the caridean shrimp Heptacarpus paludicola Holmes (Decapoda: Hyppolytidae). - Mar.Behav.Physiol., 6,1 57-174.

U.BAUER, H.HATT - 1980 - Demonstration of three different types of chemosensitive units in the crayfish claw using a computerized evaluation. - Neurosci.Lett., 17, 209-214.

U.BAUER, J. DUDEL, H.HATT - 1981 - Characteristics of single chemoreceptive units sensitive to amino acids and related substances in the crayfish leg. - J.Comp.Physiol., 144, 67-74.

W.M.BLANEY, L.M. SCHOONHOVEN, M.S.J. SIMMONDS - 1986 - Sensitivity variations in insect chemoreceptors; a review. - Experientia, 42, 13-19.

W.J.BELL, T.R.TOBIN - 1982 - Chemo-orientation. - Biol.Rev., 57, 219-260.

P.F. BORRONI, L.S. HANDRICH, J.ATEMA - 1986 - The role of narrowly tuned taste cell populations in the lobster (Homarus americanus) feeding behavior. - Behav.Neurosci., 100, 206-212.

B.BROWN, D.RITTSCHOF - 1984 - Effects of flow and concentration of attractant on newly hatched oyster drills, Urosalpinx cinerea (Say.). - Mar. Behav.Physiol., 11, 75-93.

B.M.H. BUSH, M.S.LAVERACK - 1982 - Mechanoreception. In: "The biology of the Crustacea", D.E. Bliss ed., Academic press, New York, vol. 3, 399-468.

R.L.CALDWELL - 1982 - Interspecific chemically mediated recognition in two competing Stomatopods. - Mar.Behav.Physiol., 8, 189-197.

R.L.CALDWELL - 1985 - A test of individual recognition in the stomatopod Gonodactylus festae. - Anim.Behav., 33, 101-106.

R.H.CAGAN, W.N. ZEIGER - 1978 - Biochemical studies of olfaction binding spe-

cificity of radioactively labeled stimuli to an isolated olfactory preparation from rainbow trout (Salmo gairdneri). - Proc.Natn.Acad.Sci. USA, 75, 4679-4683.

P. CANCALON - 1978 - Isolation and characterization of the olfactory epithelial cells of the catfish. - Chem.Senses, 3, 381-396.

J. CAPRIO - 1982 - High sensitivity and specificity of olfactory and gustatory receptors of catfish to amino acids. In: "Chemoreception in fishes", T.J.Hara ed., Elsevier, Amsterdam, 109-134.

A. COOK, O.S. BAMFORD, J.D.B. FREEMAN, D.J. TEIDEMAN - 1969 - A study of the homing habit of the limpet. - Anim.Behav., 17, 330-339.

S.B. COOK - 1969 - Experiments on homing in the limpet Siphonaria normalis. - Anim. Behav., 17, 679-682.

M.-D. CRAPON DE CAPRONA - 1982 - The influence of early experience on preferences for optical and chemical cues produced by both sexes in the cichlid fish Haplochromis burtoni (Astatotilapia burtoni, Greenwood 1979). - Z. Tierpsychol., 58, 329-361.

D.J.CRISP - 1974 - Factors influencing the settlement of marine invertebrate larvae. In: "Chemoreception in marine organisms", P.T.Grant, A.M. Mackie eds., Academic Press, London.

C.D.DERBY, B.W. ACHE - 1984 - Quality coding of a complex odorant in an invertebrate. - J.Neurophysiol., 51, 906-924.

C.D.DERBY, J.ATEMA - 1980 - Induced host odor attraction in the sea crab Pinnotheres maculatus. - Biol.Bull., 158, 26-33.

C.D.DERBY, J.ATEMA - 1982 - Chemosensitivity of walking legs of the lobster Homarus americanus: neurophysiological response spectrum and thresholds. - J.Exp.Biol., 98, 303-315.

R.V.DIMOCK, D. DAVENPORT - 1971 - Behavioral specificity and the induction of host recognition in a symbiotic polychaete. - Biol.Bull., 141, 472-484.

E.A.FERRERO - 1985 - Ecofisiologia: nuova disciplina o nuova etichetta? - Oebalia N.S., 11, 1-22.

E.A.FERRERO, M. FERRO, P. SALVADEGO, P. TONGIORGI - 1981 - Modificazioni del comportamento chemiotattico di Stylochus mediterraneus e Perinereis cultrifera, abituali componenti della biocenosi a mitili. - Mem. Biol.Mar. Oceanogr. N.S., 10 suppl., 395-396.

E.A.FERRERO, M.S. LAVERACK, M. MORIN, M. SPOTO - 1984 - Morpho-physiological and behavioural bases of the chemoreception evidentiated on Squilla mantis (Crustacea, Stomatopoda) abdominal tergites. - Nova Thalassia, 6 suppl., 749-750.

E.A. FERRERO, P. TONGIORGI, L. GALLENI, U. SALGHETTI, P. SALVADEGO - 1980 - Chemical attraction of Stylochus mediterraneus Galleni, 1976 (Turbellaria: Polycladida) towards its prey Mytilus galloprovincialis L.. - Mar.Biol. Lett., 1, 213-224.

G.S. FRAENKEL, D.L.GUNN - 1961 - The orientation of animals. Dover Publication, New York.

K.von FRISCH - 1941 - Ueber einen Schreckstoff der Fishhaut und seine biologische Bedeutung. - Z. Vergl.Physiol., 29, 46-145.

Z.M. FUZESSERY, W.E.S. CARR, B.W. ACHE - 1978 - Antennular chemosensitivity in the spiny lobster, Panulirus argus: studies of taurine sensitive receptors. - Biol. Bull., 154, 226-240.

P.S. GALTSOFF - 1940 - Physiology of reproduction of Crassostrea virginica. III. Stimulation of spawning in the male oyster. - Biol. Bull., 78, 117-135.

R.C. GESTELAND - 1986 - Speculations on receptor cells as analyzers and filters. - Experientia, 42, 287-291.

R.A. GLEESON - 1976 - Pheromone-mediated behavior in the blue crab Callinectes sapidus. - Am. Zool., 16, 197.

R.A. GLEESON - 1978 - Functional adaptations in chemosensory systems. In: "Sensory ecology"., M.A. Ali ed., Plenum press, New York, 291-317.

R.A. GLEESON - 1982 - Morphological and behavioral identification of the sensory structures mediating pheromone reception in the blue crab, Callinectes sapidus. - Biol. Bull., 163, 162-171.

J. GWYTHER, J.L. MUNRO - 1981 - Spawning induction and rearing of tridacnid clams (Bivalvia: Tridacnidae). - Aquaculture, 24, 197-217.

M.G. HADFIELD - 1984 - Settlement requirements of molluscan larvae: new data on chemical and genetic roles. - Aquaculture, 39, 283-298.

J.R. HALL - 1973 - Intra-specific trail-following in the marsh periwinkle Littorina irrorata Say. - Veliger, 16, 72-75.

K.A. HAMILTON, B.W. ACHE - 1983 - Olfactory excitation of interneurons in the brain of the spiny lobster. - J. Comp. Physiol., 150, 129-140.

K. HANAI, M. KITAJIMA - 1986 - In vivo photo-affinity labelling of glutathione receptors mediating the tentacle ball formation, a behavioral response associated with the feeding of Hydra. - Comp. Biochem. Physiol., 83A, 313-316.

A.D. HASLER, A.T. SCHOLTZ - 1983 - Olfactory imprinting and homing in salmon. Springer Verlag, New York.

H. HATT - 1984 - Structural requirements of amino acids and related compounds for stimulation of receptors in crayfish walking leg. - J. Comp. Physiol. A, 155, 219-231.

M.E. HAY, R.R. LEE jr., R.A. GUIEB, M.M. BENNETT - 1986 - Food preference and chemotaxis in the sea urchin Arbacia punctulata (Lamarck) Philippi. - J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 96, 147-153.

W.F. HAYES, S.B. BARBER - 1982 - Peripheral synapses in Limulus chemoreceptors - Comp. Biochem. Physiol., 72A, 287-293.

N.R. HOWE, Y.M. SHEIKH - 1975 - Anthopleurine: a sea anemone alarm pheromone. - Science, 189, 386-388.

P.B. JOHNSEN, J.H. TEETER - 1985 - Behavioral responses of bonnethead sharks (Sphyrna tiburo) to controlled olfactory stimulation. - Mar. Behav. Physiol., 11, 283-291.

B.R. JOHNSON, J. ATEMA - 1983 - Narrow-spectrum chemoreceptor cells in the antennules of the american lobster Homarus americanus. - Neurosci. Lett., 41, 145-150.

B.R. JOHNSON, P.F. BORRONI, J. ATEMA - 1985 - Mixture effects in primary olfactory and gustatory receptor cells from the lobster. - Chem. Senses, 10, 367-373.

B.R. JOHNSON, R. VOIGT, P.F. BORRONI, J. ATEMA - 1984 - Response properties of lobster chemoreceptors: tuning of primary taste neurons in walking legs - J. Comp. Physiol. A, 155, 593-604.

T. KATO, A.S. KUMANIRENG, I. ICHINOSE, Y. KITAHARA, Y. KAKINUMA, M. NISHIHIRA, M. KATO - 1975 - Active components of Sargassum tortile effecting the settlement of swimming larvae of Coryne uchidai. - Experientia, 31, 433-434.

R. KECK, D.MAURER, J.C. KAUER, W.A.SHEPPARD - 1971 - Chemical stimulants affecting larval settlement in the American oyster. - Proc. Natn. Shellfish. Ass., 61, 24-28.

T. KIKUCHI, Y. MORI, T. YOKOI, S. NAKASAWA, H. KURODA, Y. MASADA, K. KITAMURA, I. UMEZAKI - 1975 - Structure of sargatriol, a new isoprenoid chromenol from a marine alga, Sargassum tortile. - Chem. Pharm. Bull., 23, 690-692.

D. KIRCHMAN, S.GRAHAM, D.REISH, R.MITCHELL - 1982 - Lectins may mediate the settlement and metamorphosis of Janua (Dexiospira) brasiliensis Grube (Polychaeta: Spirorbidae). - Mar. Biol. Lett., 3, 131-142.

J.S. KITTREDGE, F.T. TAKAHASHI, J. LINDSEY, R.LASKER - 1974 - Chemical signals in the sea: marine allelochemics and evolution. - Fish. Bull., 72, 1-11.

M.D.KLAUSER - 1986 - Mucous secretions of the acoel turbellarian Convoluta sp. Orsted: an ecological and functional approach. - J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 97, 123-133.

S.J.KLEENE - 1986 - Bacterial chemotaxis and vertebrate olfaction. - Experientia, 42, 241-250.

V.N. LARMAN - 1984 - Protein extracts from some marine animals which promote barnacle settlement: possible relationship between a protein component of arthropod cuticle and actin. - Comp. Biochem. Physiol., 77B, 73-81.

A.D. LEMLY, R.J.F. SMITH - 1986 - A behavioral assay for assessing effects of pollutants on fish chemoreception. - Ecotoxicol. Environ. Saf., 11, 210-218.

K.J. LINDSTEDT - 1971 - Chemical control of feeding behaviour. - Comp. Biochem. Physiol., 39A, 553-581.

E.E. LITTLE - 1975 - Chemical communication in maternal behaviour of crayfish. - Nature, 255, 400-401.

M.C. LYES - 1979 - The reproductive behaviour of Gammarus duebeni (Lilljeborg), and the inhibitory effect of a surface active agent. - Mar. Behav. Physiol., 6, 47-55.

A.J. MacINNIS - 1965 - Responses of Schistosoma mansoni miracidia to chemical attractants. - J. Parasitol., 51, 731-746.

D.W. McLEESE, R.L. SPRAGGINS, A.K. BOSE, B.N. PRAMANIK - 1977 - Chemical and behavioral studies of the sex attractant of the lobster (Homarus americanus). - Mar. Behav. Physiol., 4, 219-232.

R.G.MAIR - 1986 - Ontogeny of the olfactory code. - Experientia, 42, 213-223.

P.R.MASON, P.J. FRIPP - 1977 - Chemical stimulation of Schistosoma mansoni miracidial activity. - Z. Parasitenkd., 53, 287-295.

L. MINALE - 1977 - Alcuni recenti aspetti della Chimica degli organismi marini. - Atti IX Congresso SIBM, Ischia, 67-86.

K.MOPPER, P. LINDROTH - 1982 - Diel and depth variations in dissolved free amino acids and ammonium in the Baltic Sea determined by shipboard HPLC analysis. - Limnol. Oceanogr., 27, 336-347.

M. MORIN - 1983 - Struttura, distribuzione ed interpretazione funzionale dei recettori sensoriali sui tergiti addominali di Squilla mantis, Crustacea, Stomatopoda. - Tesi di laurea in Sc. Biologiche, Univ. di Trieste.

M. MORIN, M. SPOTO, E.A.FERRERO - 1985 - Grooming behaviour of Squilla mantis (L.)(Crustacea, Stomatopoda). - Monitore zool. ital. (N.S.), 19, 162.

D.E.MORSE, N. HOOKER, H.DUNCAN, L.JENSEN - 1979 - Gamma-aminobutyric acid, a neurotransmitter, induces planktonic abalone larvae to settle and begin metamorphosis. - Science, 204, 407-410.

P.E.MUNRO, J.H. BEARD, E. LACANIENTA - 1983 - Investigations on the substance

which causes sperm release in tridacnid clams. – Comp. Biochem. Physiol, 74C, 219-223.

T.G.NOLEN – 1978 – Chemoreception in the rock crab, Cancer antennarius; specificity of the dactyl glutamate chemoreceptors. – Master of Arts Thesis, University of California, Santa Barbara.

B.L. OLLA, W.H.PEARSON, A.L. STUDHOLME – 1980 – Applicability of behavioral measures in environmental stress assessment. – Rapp. P. – v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 179, 162-173.

U. PACE, E. HANSKI, Y. SALOMON, D. LANCET – 1985 – Odorant-sensitive cyclase may mediate olfactory reception. - Nature, 316, 255-258.

J.R. PAWLIK – 1986 – Chemical induction of larval settlement and metamorphosis in the reef-building tube worm Phragmatopoma californica (Sabellariidae: Polychaeta). - Mar. Biol., 91, 59-68.

W.H.PEARSON, B.L. OLLA – 1980 – Threshold for detection of naphthalene and other behavioral responses by the blue crab, Callinectes sapidus. - Estuaries, 3, 224-229.

D.W.PHILLIPS – 1975a – Distance chemoreception-triggered avoidance behavior of the limpets Acmaea (Collisella) limatula and Acmaea (Notacmea) scutum to the predatory starfish Pisaster ochraceus. - J. Exp. Zool., 191, 199-210.

D.W.PHILLIPS – 1975b – Localization and electrical activity of the distance chemoreceptors that mediate predator avoidance behavior in Acmaea limatula and Acmaea scutum. – J. Exp. Biol., 63, 403-412.

J.E. PORTMANN – 1972 – Results of acute toxicity tests with marine organisms, using a standard method. In: "Marine Pollution and Sea Life", M.Ruivo ed., Fishing News (Books) Ltd., London, 212-217.

L.D.RHEIN, R.H.CAGAN – 1980 – Biochemical studies of olfaction: isolation, characterization, and odorant binding activity of cilia from rainbow trout olfactory rosettes. - Proc. Natn. Acad. Sci. USA, 77, 4412-4416.

S.H.RICE – 1985 – An anti-predator chemical defense of the marine pulmonate gastropod Trimusculus reticulatus (Sowerby). - J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 93, 83-89.

D. RITTSCHOF, L.G.WILLIAMS, R. SHEPHERD – 1984 – Concentration and preliminary characterization of a chemical attractant to the oyster drill, Urosalpinx cinerea. – J. Chem. Ecol., 10, 63-79.

K.S. SALADIN – 1979 – Behavioral parasitology and perspectives on miracidial host-finding. - Z. Parasitenkd., 60, 197-210.

K.P. SAUER, M.MULLER, M.WEBER – 1986 – Alloimmune memory for glycoproteid recognition molecules in sea anemones competing for space. - Mar. Biol., 92, 73-79.

D. SCHLICHTER – 1976 – Macromolecular mimicry: substances released by sea anemones and their role in the protection of anemone fishes. In: "Coelenterate Ecology and Behavior", G.O. Mackie ed., Plenum Press, New York, 433-441.

F.W. TESCH – 1977 – The eel. P.H. Greenwood ed., Chapman & Hall, London.

J.H. TODD – 1971 – Il linguaggio chimico dei pesci. – Le Scienze, 36, 90-100.

T. VALENTINČIČ – 1985 – Behavioral study of chemoreception in the sea star Marthasterias glacialis: structure-activity relationships of lactic acid, amino acids, and acetylcholine. – J. Comp. Physiol. A, 157, 537-545

T. VALENTINČIČ, D. OTA – 1985 – Comparison of chemical senses in the sea star

Marthasterias glacialis with chemical senses in some fishes. In: "Echinodermata", B.F.Keegan & B.D.S. O'Connor eds., A.A. Balkema, Rotterdam, 563-569.

W.B.VERNBERG, F.J.VERNBERG - 1972 - Environmental physiology of marine animals. Springer Verlag, Berlin.

R. VOIGT, J.ATEMA - 1984 - Chemoreceptor adaptation: responses of glutamate cells to repeated stimulation. - Biol.Bull., 167, 534.

M.K. WICKSTEN - 1983 - Camouflage in marine invertebrates. - Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 21, 77-193.

D.P.WILSON - 1968 - The settlement behaviour of the larvae of Sabellaria alveolata (L.). - J. Mar. Biol. Ass. U.K., 48, 387-435.

C.K.WONG, J.R.STRICKLER, F.R. ENGELHARDT - 1983 - Feeding behavior of Daphnia pulex in crude oil dispersions - Bull. Environ. Contam. Toxicol., 31, 152-157.

S.A.WOODIN - 1985 - Effects of defecation by arenicolid polychaete adults on spionid polychaete juveniles in field experiments: selective settlement or differential mortality. - J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 87, 119-132.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	69-82	1986

RUOLO DELLA (Na^++K^+)-ATPasi NELLA REGOLAZIONE IONICA ED OSMOTICA DI ANIMALI ACQUATICI.

A.R. Borgatti

Istituto di Biochimica, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Bologna.

Key words: (Na^+ + K^+)-ATPase, ionic-osmotic regulation, aquatic animals.

ABSTRACT - The function of (Na^+ + K^+)-ATPase in fish and crustacean osmoregulation is examined in various tissues focusing on the mechanisms presumptively involved both in hyperregulators and in hyporegulators.

RIASSUNTO

Viene considerato il ruolo della (Na^+ + K^+)-ATPasi negli epiteli trasportanti sali nella regolazione ionica e osmotica di Pesci e Crostacei adattati sia all'acqua dolce che all'acqua salata. E' presa in esame la probabile funzione dell'enzima localizzato nelle membrane basolaterali, nei meccanismi implicati sia nell'assorbimento che nell'escrezione di sali in branchie, reni e intestino di Teleostei, nella ghiandola rettale degli Elasmobranchi e nelle branchie di Crostacei. Il ritrovamento in Teleostei e Crostacei di una Na -ATPasi ouabaina-insensibile a fianco della (Na^+ + K^+)-ATPasi, fa pensare che anche questo enzima sia implicato nell'osmoregolazione. Oltre ai dati di letteratura sono riportati i dati riscontrati dall'autore sulle (Na^+ + K^+)- e Na -ATPasi in Teleostei e Crostacei eurialini.

SUMMARY

The role played by the (Na^+ + K^+)-ATPase in salt-transorting epithelia in ionic and osmotic regulation of both freshwater and seawater-adapted fish and crustaceans is considered. The possible function of the basolateral membrane-localized enzyme in the mechanisms involved either in salt absorption or in salt excretion in teleost gills, kidney and gut, in the rectal gland of Elasmobranchs and in crustacean gills is examined. In Teleosts and Crustaceans the occurrence of ouabain-insensitive Na -ATPase with the (Na^+ + K^+)-ATPase suggests that also the former enzyme may be involved in osmoregulation. Literature data and the author's findings on

the $(Na^+ + K^+)$- and the Na^+ -ATPases in euryhaline teleosts and crustaceans are reported.

INTRODUZIONE

I Pesci devono affrontare, nel loro ambiente, pressioni osmotiche diverse che variano fra 0 mOsmL in acqua dolce e 1100 $mOsmL^{-1}$ in acqua marina (Kirsch et al., 1984). La osmolarità del sangue e dei flussi corporei dei Teleostei è mantenuta costante nell'intervallo tra 300 e 400 mOsmL , analogamente ai vertebrati superiori (Evans, 1979). Pertanto, le specie stenoaline strettamente adattate all'acqua marina, sono regolatori ipoosmotici, mentre le specie stenoaline strettamente adattate all'acqua dolce sono regolatori iperosmotici; infine alcune specie eurialine hanno la capacità di mantenere quasi costante 1'osmolarità dei loro fluidi corporei pur trasferendosi da un ambiente all'altro. I Teleostei, mentre in acqua di mare sono soggetti per diffusione a disidratazione e assorbimento di sali, principalmente NaCl, in acqua dolce, al contrario, sono esposti a perdita di sali per diffusione passiva e assorbimento d'acqua per osmosi. Poiché gli scambi idrominerali avvengono prevalentemente attraverso gli epiteli confinanti con l'ambiente, le branchie e il tubo digerente sono gli organi più attivi in tali funzioni. Le branchie presentano, in funzione dell'ambiente di adattamento, una diversa permeabilità all'acqua e agli ioni: in acqua dolce la permeabilità è maggiore all'acqua e minore agli ioni rispetto all'acqua salata e tale differenziamento è probabilmente conseguente a discontinuità strutturali delle membrane branchiali (Evans, 1979). I regolatori ipoosmotici compensano la perdita osmotica di acqua bevendo copiose quantità di acqua marina (0,5% del peso corporeo h^{-1}) che è assorbita insieme agli ioni monovalenti nell'intestino e la velocità di ingestione orale dei pesci marini è equivalente alla esmosmosi netta. Il carico di ioni monovalenti ingeriti non viene espulso tramite le urine, che sono isoosmotiche col sangue e scarse, bensì attraverso le branchie che insieme all'intestino rappresentano pertanto gli organi principali della regolazione idrominerale. Nei regolatori iperosmotici l'eccesso di acqua guadagnata osmoticamente attraverso le branchie è escreta tramite quantità notevoli di urina ipoosmotica (0,15 - 0,4% peso corporeo h^{-1}) (Evans, 1979; Eddy, 1982). Gli ioni monovalenti sono riassorbiti essenzialmente nei reni dal filtrato glomerulare tramite il tubo distale e i tubuli di raccolta e secondariamente tramite la vescica urinaria. Le perdite di ioni che avvengono per diffusione branchiale e con l'urina sono compensate principalmente dal trasporto attivo di ioni da parte delle branchie. L'intestino non è un organo osmoregolatore e l'acqua ingerita è generalmente molto scarsa (Kirsch et al., 1984).

I meccanismi per la regolazione idrominerale degli Elasmobranchi sono stati meno studiati di quelli dei Teleostei. Il sangue di un elasmobranco tipico presenta concentrazioni di Na e Cl superiori a quelle dei Teleostei. Tuttavia permane ancora un gradiente di concentrazione sufficiente a causare un guadagno netto di entrambi questi ioni (Evans, 1979). Inol-

tre gli Elasmobranchi per la presenza di urea e di ossido di trimetilammina in concentrazioni tali da portare l'osmolarità totale del sangue leggermente al di sopra di quella ambientale, non hanno i problemi osmotici dei Teleostei marini mentre ne condividono quelli di bilancio ionico (assorbimento netto). Conseguentemente ingeriscono scarse quantità d'acqua Poichè l'urina degli Elasmobranchi marini contiene concentrazioni di Na e Cl^- più basse del sangue, occorre prevedere, come per i Teleostei, una via extrarenale di estrusione di Na^+ e Cl^-. Negli Elasmobranchi tale via potrebbe essere rappresentata principalmente dalla ghiandola rettale che produce un fluido, isoosmotico rispetto al sangue ma con una concentrazione di NaCl ampiamente superiore sia al sangue che all'acqua marina (Evans, 1979).

I Crostacei infine presentano una elevata variabilità rispetto alla regolazione ionica. Infatti accanto a specie con capacità osmoregolatrice quasi nulla e perciò osmoconformi, ve ne sono altre che hanno sviluppato sistemi di regolazione ipo- e iperosmotici che permettono loro di mantenere le concentrazioni di alcune specie ioniche nell'emolinfa al di sopra o al di sotto di quelle ambientali (Pequeux e Gilles, 1984; Burton, 1986). Tali sistemi comprendono, oltre ad una diminuita permeabilità agli ioni e all'acqua, generalmente elevata negli osmoconformi, anche meccanismi attivi di trasferimento di ioni. Solo recentemente alcuni studi hanno evidenziato il ruolo primario rivestito dalle tre paia di branchie posteriori, nella regolazione della composizione chimica dei fluidi del corpo (Gilles e Pequeux, 1983; Mantel e Farmer, 1983).

MORFOLOGIA DEGLI EPITELI TRASPORTANTI SALI

Tutti gli epiteli trasportanti sali possiedono alcune caratteristiche morfologiche comuni: contengono cellule con una membrana plasmatica basolaterale caratterizzata da numerose invaginazioni a cui sono associati molti mitocondri. Un esempio tipico è dato dalle cellule a cloruro. Nell'epitelio branchiale dei Teleostei tali cellule appartenenti alla lamella primaria sono collocate nella regione interlamellare tra le lamelle secondarie in un epitelio complesso e stratificato costituito da molti tipi di cellule, sono il solo tipo di cellule che si affacciano alla superficie dell'ambiente e si estendono fino alla lamina basale (Hootman e Ernst 1983) e costituiscono, nelle branchie, il sito primario della secrezione di sali (Foskett e Scheffey, 1982). Tali cellule sono presenti anche nell'epitelio opercolare. Le invaginazioni sono prevalentemente al polo basale della cellula e formano un sistema di canali al fluido extracellulare che si estendono fino alla superficie apicale dove a volte è presente una cavità detta cripta apicale (Hootman e Ernst, 1983). Nei teleostei di acqua dolce, le cellule a cloruro si presentano poco numerose, generalmente isolate, prive di cripta e con microvilli al lato apicale, parzialmente ricoperte da lembi di cellule adiacenti (Eddy, 1982). Le giunzioni esistenti tra le cellule a cloruro e quelle circostanti sono costituite da un reticolo pluristratificato che risulta impermeabile agli ioni (tight junctions) e il sistema tubulare sembra apparentemente non comunicare col

mezzo esterno (Girard e Payan, 1980). Nei Teleostei di acqua marina esse sono grosse e più numerose, spesso raggruppate a grappolo e con una cripta apicale che è condivisa da più cellule, alcune delle quali immature dette cellule accessorie. La membrana basolaterale presenta una rete di tubuli e invaginazioni molto più complessa ed estesa e un numero molto maggiore di mitocondri. Sia mitocondri che microtubuli sono esclusi dalla regione apicale riempita invece di microfilamenti e vescicole, queste ultime probabilmente derivanti dalla membrana basolaterale. Le giunzioni tra cellule a cloruro e tra queste e cellule accessorie, definite porose, o leaky junctions, sono costituite da due margini paralleli accostati e consentono ai reticoli tubulari delle cellule a cloruro di venire in contatto con il mezzo esterno. Una tale differenza strutturale non può che essere in relazione a esigenze funzionali diverse (Girard e Payan, 1980; Hootman e Ernst, 1983).

La ghiandola rettale degli Elasmobranchi consta di un parenchima costituito da tubuli epiteliali disposti radialmente intorno al dotto di raccolta centrale. Ciascun tubulo consiste di un unico strato di cellule, del tutto simili alle cellule a cloruro delle branchie dei Teleostei, in questo caso però con invaginazioni prevalentemente laterali e con interdigitazioni tra cellule adiacenti (Hootman e Ernst, 1983).

Anche nei Crostacei le cellule dell'epitelio delle lamelle delle branchie posteriori responsabili del trasporto ionico presentano una struttura paragonabile a quelle finora descritte. Ad esempio l'epitelio lamellare delle branchie posteriori descritto nel granchio eurialino Eriocheir sinensis acclimatato all'acqua salata presenta cellule alte con invaginazioni apicali e basolaterali e abbondanza di mitocondri, distinguendosi nettamente dall'epitelio delle branchie anteriori che non presenta tali caratteristiche, essendo deputato essenzialmente agli scambi respiratori (Pequeux e Gilles, 1984).

$(Na^+ + K^+)$-ATPasi

Caratteristica generale degli epiteli trasportanti sali è la presenza della $(Na^+ + K^+)$-ATPasi, l'equivalente enzimatico della pompa del sodio, un componente integrale, quasi ubiquitario delle membrane delle cellule animali. Essa è qui presente con un'attività superiore a quella riportata per altre cellule o tessuti. Le molecole dell'enzima sono distribuite quasi esclusivamente nella regione basolaterale della cellula e manifestano una precisa polarità catalizzando il trasporto attivo di Na^+ dalla cellula agli spazi intercellulari accoppiato a quello del K^+ in senso inverso con un rapporto generalmente riportato di $3Na^+ / 2K^+ / 1ATP$, mantenendo così una concentrazione maggiore di K , minore di Na ed un potenziale più elettronegativo nella cellula rispetto ai fluidi esterni. L'enzima è costituito da due polipeptidi: la subunità A (P.M. ~ 100.000) e la subunità ß (P.M. ~ 45.000) la cui funzione è tuttora poco chiara. E' tuttavia necessaria una stretta interazione tra le due subunità, A e ß , dal momento che la loro separazione implica la perdita dell'attività enzimatica. La subunità A è una proteina transmembrana che presenta il sito di fosforila

zione dell' ATP e il sito di legame del Na verso il lato citoplasmatico, mentre il sito legante il K e quello legante l'inibitore ouabaina verso il lato esterno della membrana plasmatica. Uno dei più recenti modelli ipotizzati per il meccanismo di azione della (Na^++K^+)-ATPasi attribuisce alla proteina enzimatica due stati conformazionali E_1 e E_2 , dove E_1 ha elevata affinità per il Na^+ e per l'ATP ed E_2 lega il K^+ e il fosfato. Secondo tale modello, solo nello stato E_1 i siti leganti i cationi monovalenti sono accessibili dal lato citoplasmatico della membrana, mentre nello stato E_2 sono accessibili dal lato extracellulare. La prima tappa del meccanismo ipotizzato implica la fosforilazione della proteina, in presenza di Na^+ e Mg^{2+}, accompagnata da idrolisi di ATP, e dà luogo a un intermedio fosforilato (E_1~ P) ad alta energia. Una successiva modificazione conformazionale induce una diminuzione dell'affinità per il Na^+ , con conseguente liberazione all'esterno di tale ione, un aumento di affinità per il K^+ e la trasformazione del complesso nella forma a bassa energia E_2-P con i siti del legame rivolti verso l'esterno. La successiva defosforilazione indotta dal K^+ , riporta l'enzima alla sua conformazione originale, E_1 (Schuurmans Stekhoven e Bonting, 1981). Non è tuttavia ancora stato chiarito se il trasporto degli ioni Na^+ e K^+ avviene simultaneamente utilizzando due siti, o consecutivamente utilizzando un solo sito. I modelli proposti per il meccanismo di trasporto possono essere raggruppati in due classi: all'una appartengono quei sistemi che implicano l'esistenza di un carrier o ionoforo mobile che attraversa la membrana assieme allo ione, mentre all'altra quelli che prevedono un poro oscillante o canale peristaltico in cui i movimenti dello ione non sono contemporanei a quelli degli elementi della pompa (Robinson e Flashner, 1979). Alla seconda classe può appartenere il modello di Cantley (1981), secondo cui un residuo di aspartato fosforilato dall' ATP fungerebbe da cancello per il trasporto ionico attraverso un canale nella membrana.

Na -ATPasi

Nei reni e nell'intestino di Mammiferi è stata definita anche una Mg -ATPasi attivata da solo Na , strettamente basolaterale, quasi insensibile all'ouabaina e molto sensibile all'effetto inibitore dei diuretici furosemide ed acido etacrinico pressochè inerti nei confronti della (Na^++K^+)-ATPasi. La sua funzione è stata correlata ad un meccanismo attivo di estrusione del Na^+ seguito da Cl^- e H_2O (Proverbio e Del Castillo, 1981; Proverbio et al., 1986). Anche nei Pesci è stato dimostrato che l'assorbimento di NaCl nei reni è sensibile sia all'ouabaina che alla furosemide e all'acido etacrinico (Nishimura et al., 1983). In animali adattati all'acqua salata un'attività Na^+-ATPasica con caratteristiche simili a quelle dei Mammiferi è stata da me e dai miei collaboratori riscontrata nelle branchie e nell'epatopancreas di Penaeus japonicus, nelle membrane basolaterali dell'intestino e nella frazione microsomale di branchie e reni di Dicentrarchus labrax e Sparus auratus e in alcune di queste preparazioni anche caratterizzata (Tabella 1) (Borgatti et al., 1985; Pagliarani et al., 1985; Ventrella et al., 1986).

Tabella 1 - Attività Na -ATPasica (pmoli Pi/mg proteina/h) in preparazioni subcellulari da organi di animali adattati all'acqua marina.

	branchie	reni	epatopancreas	intestino
Penaeus japonicus	4,5 1)	-	4,9 1)	
Dicentrarchus labrax	11,3 2)	13,9 3)	-	15,0 1)
Sparus auratus	18,2 4)	10,3 1)	-	3,5 1)

1) Borgatti et al., dati non pubblicati; 2) da Borgatti et al., 1985; 3) da Pagliarani et al., 1985; 4) da Ventrella et al., 1986.

Altri ricercatori hanno invece riscontrato tale enzima solo in animali adattati all'acqua dolce (Pfeiler, 1978). Tale ampia diffusione dell'enzima fa ipotizzare una presenza ubiquitaria dello stesso a fianco della (Na^++K^+)-ATPasi. Tuttora però il suo ruolo nel trasporto attivo del NaCl e nel bilancio osmotico deve essere ancora definito. Un tale sistema potrebbe forse affiancare la (Na^++K^+)-ATPasi nell'estrusione di cationi e nella regolazione del volume cellulare ed eventualmente sostituirla in condizioni ambientali sfavorevoli, per esempio quando il pH diventa più acido. Infatti in generale l'attività della Na -ATPasi presenta pH ottimali più acidi (5,2-6,0) rispetto alla (Na^++K^+)-ATPasi (6,5-7,0).

MECCANISMI DI ASSORBIMENTO

In tutti gli epiteli nei quali avviene un assorbimento attivo, contro gradiente elettrochimico di NaCl dal mezzo ai fluidi corporei, la collocazione strettamente basolaterale della (Na^++K^+)-ATPasi è coerente con il trasporto attivo dalla cellula agli spazi interstiziali di Na entrato dalla membrana apicale con diversi sistemi. Allo stato attuale la natura precisa della partecipazione dell'enzima ai processi biochimici attraverso cui nei vari epiteli si realizza l'ingresso apicale e l'efflusso basolaterale di Na e Cl e la loro relazione con la funzione globale delle cellule e del tessuto spesso non sono noti o ancora non completamente chiariti; pertanto vengono indicati dei modelli spesso in parte speculativi. Nei Teleostei d'acqua dolce l'assorbimento di Na e Cl attraverso le branchie non può che essere attivo dal momento che avviene sia contro gradiente che elettrico. Il potenziale elettrico di equilibrio è stato calcolato intorno a 150-180 mV, negativo nei fluidi corporei rispetto al mezzo per Na e positivo per Cl , mentre i valori di potenzia le elettrico sangue-acqua misurati generalmente non sono tali da consenti

re l'assorbimento di nessuno dei due ioni dal mezzo esterno (Evans, 1979). Inoltre, considerando la scarsa permeabilità dell'epitelio agli ioni, il trasporto non può avvenire che attraverso la cellula. Il meccanismo-modello finora prospettato prevede che gli assorbimenti attivi di Na e di Cl dal mezzo avvengano nella regione apicale della cellula parallelamente, ma indipendentemente e siano controbilanciati dall'escrezione dei cationi endogeni NH^{+}_{4} o H^{+} e degli anioni HCO^{-}_{3} o OH^{-}. I flussi verso l'interno sia di Na che di Cl sono supposti avvenire tramite carriers, seguendo entrambi una cinetica di saturazione (Evans, 1979; Eddy, 1982), ma finora non sono state isolate le entità biochimiche implicate in questo trasporto. E' stata determinata nelle membrane branchiali di Carassius auratus una ATPasi stimolata da Cl e da HCO^{-}_{3} (De Renzis e Bornacin 1977).

Anche se Na^{+} e Cl^{-} sono estratti dall'ambiente indipendentemente, il meccanismo del loro assorbimento sembra in qualche modo collegato, dal momento che la inibizione della carbonicoanidrasi in alcuni casi inibisce l'assunzione non solo di Cl^{-} ma anche di Na^{+}. La tappa finale del trasferimento di entrambi gli ioni dalla cellula al sangue è stata finora relativamente poco studiata. La presenza della $(Na^{+}+K^{+})$-ATPasi nell'epitelio branchiale e l'inibizione dell'assorbimento di Na^{+} con liquido di perfusione interno contenente ouabaina o privo di K^{+} suggeriscono l'implicazione dell'enzima nella tappa finale del trasporto di Na^{+}. Infine secondo questo modello l'assorbimento attivo di Na^{+} e Cl^{-} appare accoppiato all'eliminazione delle scorie azotate e alla regolazione dell'equilibrio acido-base (Evans, 1979).

I flussi transepiteliali dell'acqua sono sempre conseguenti al trasporto ionico di soluti, prevalentemente NaCl. Negli animali marini, l'intestino rappresenta l'organo principale per il bilancio dell'acqua (Evans, 1979), il cui ingresso transepiteliale accompagna l'assorbimento di NaCl, che deve essere attivo in quanto la maggior parte del sale ingerito con l'acqua marina è stato precedentemente assorbito per diffusione senza essere seguito da acqua attraverso l'epitelio esofageo (Kirsch et al., 1984). Viene suggerito un meccanismo di trasporto del NaCl che si realizzerebbe in tre tappe (Field et al., 1978). Na e Cl sono assorbiti insieme dal lume in un rapporto 1:1 attraverso la membrana apicale. L'accumulo di Cl nelle cellule contro un notevole gradiente elettrochimico è reso possibile grazie al Na , che assorbito invece nelle cellule secondo gradiente di potenziale elettrochimico, energizza l'assorbimento accoppiato di Cl^{-}. Successivamente il Na^{+}, trasportato tramite la $(Na^{+}+K^{+})$-ATPasi negli spazi intercellulari laterali con il Cl^{-}, che segue passivamente secondo gradiente elettrochimico, in parte per diffusione ritorna nel "lumen" attraverso le giunzioni apicali, che sono permeabili al Na^{+} ma molto poco al Cl^{-}, in parte va al lato sierosale come il Cl^{-}. Tale selettività cationica delle giunzioni apicali è la base del potenziale transepiteliale negativo al lato sieroso rispetto al lumen. Recentemente nell'epitelio intestinale di Platichthys flesus è stato evidenziato un meccanismo apicale di cotrasporto di K con gli altri due ioni (Warnock et al., 1984).

Un modello del tutto simile di trasporto di Na e Cl , non seguito però

da acqua, è stato prospettato anche per il tubulo distale, il dotto e il tubulo collettore del rene di Teleostei d'acqua dolce e renderebbe conto del riassorbimento attivo di sale ivi operante. Anche in questo caso il potenziale elettrico transepiteliale è negativo verso il lato sieroso (-17,8 mV in Salmo gairdneri) (Nishimura e Imai, 1982), il meccanismo comprende a livello apicale un carrier comune per Na^+ e Cl^- (Nishimura et al., 1983) e forse anche per K^+ in analogia a sistemi simili di trasporto apicale di altri organi (Reuss et al., 1984; Warnock et al., 1984) e a livello basolaterale la $(Na^+ + K^+)$-ATPasi che trasporta attivamente il Na^+ fuori dalla cellula verso il lato sierosale (Nishimura e Imai, 1982). La attività $(Na^+ + K^+)$-ATPasica nei reni di pesce è stata finora determinata in poche specie. L'esame comparativo dei valori, di attività della $(Na^+ + K^+)$-ATPasi di branchie e reni ha evidenziato rapporti reciproci correlabili con il diverso ruolo svolto da questi ultimi in acqua dolce e acqua salata. Infatti mentre nel primo caso i reni presentano attività generalmente superiori alle branchie, nel secondo caso esse risultano uguali o inferiori. Non sempre però i valori rilevati per le varie specie seguono tale regola in quanto nostri ed altri dati mostrano che anche in acqua salata l'attività $(Na^+ + K^+)$-ATPasica dei reni può essere superiore a quella delle branchie. Tale rilievo trova riscontro nei dati di Tabella 2

Tabella 2 - Attività della $(Na^+ + K^+)$-ATPasi (µmoli Pi/mg proteina/h) di branchie e reni di Teleostei adattati all'acqua dolce e all'acqua salata.

	branchie	reni
Teleostei adattati all'acqua dolce		
Micropterus dolomieui	4,4 1)	21,0 1)
Anguilla rostrata	6,0 1)	12,7 1)
Carassius auratus	2,8 2)	16,0 2)
Teleostei adattati all'acqua marina		
Hemitripterus americanus	13,8 1)	13,1 1)
Pseudopleuronectes americanus	16,0 1)	10,5 1)
Lophius americanus	21,3 1)	26,0 1)
Dicentrarchus labrax	15,3 3)	59,6 4)
	3,2 5)	6,4 5)
Crenimugil labrosus	3,3 5)	5,6 5)
Sparus auratus	25,8 6)	55,2 7)

1) da Jampol e Epstein, 1970; 2) da Busacker e Chavin, 1981; 3) da Trigari et al., 1985; 4) da Borgatti et al., 1984; 5) Lasserre, 1971; 6) Ventrella et al., 1986; 7) Borgatti et al., dati non pubblicati.

dove sono riportati i valori di attività specifica della $(Na^+ + K^+)$-ATPasi rilevata in branchie e reni di animali adattati all'acqua dolce e all'acqua salata.

Anche la vescica urinaria può svolgere un ruolo osmoregolatore in quanto in acqua marina effettua un notevole riassorbimento di acqua dalle urine mentre in acqua dolce effettua un riassorbimento di NaCl (Evans, 1979; Lahlou e Fossat, 1984) diminuendo la sua permeabilità all'acqua. La $(Na^+ + K^+)$-ATPasi è indubbiamente presente e la sua attività aumenta nell'adattamento dall'acqua salata all'acqua dolce simultaneamente al flusso unidirezionale mucosa-sierosa di Na^+ cui è associato per accoppiamento elettrico il flusso di Cl^-. Il modello di trasporto di Na^+ e Cl^- al lato apicale sembra simile a quello già descritto per l'intestino e i tubuli renali, che prevede l'esistenza di una carrier comune, con probabile coinvolgimento anche di K^+. In alcuni casi è stata anche dimostrata l'esistenza di uno scambio Na^+/NH^+_4 e Cl^-/HCO^-_3 (Lahlou e Fossat, 1984), analogamente a quanto riscontrato nelle branchie di animali adattati all'acqua dolce (De Renzis e Bornacin, 1977).

Nei Crostacei iperregolatori il meccanismo di riassorbimento di NaCl nelle branchie posteriori ha ricevuto maggiore attenzione dì quello di espulsione del sale degli iporegolatori. E' stato dimostrato che la $(Na^+ + K^+)$-ATPasi presente nelle membrane basolaterali aumenta rapidamente in attività non appena Crostacei osmoconformi con l'ambiente marino vengono posti in un mezzo più diluito (Pequeux e Gilles, 1984). Sia il K^+ che l'NH^+_4 possono essere ugualmente usati come controioni del Na dall'enzima (Mantel, 1985). E' stato prospettato un modello del meccanismo dell'assorbimento di NaCl che appare simile a quello già visto per le branchie dei pesci iperregolatori. La $(Na^+ + K^+)$-ATPasi pompa 3 ioni Na dal citosol al sangue in scambio di 2 K^+ o NH^+_4. L'NH^+_4 (o K^+) potrebbe quindi uscire dalle cellule attraverso la membrana apicale secondo il gradiente elettrochimico, in scambio dell'entrata di Na dall'ambiente tramite canali o carriers (Towle, 1984; Mantel, 1985). L'effetto del processo consiste nell'accumulo di ioni Na nel sangue in scambio con un minor numero di controioni. Caratteristica dell'ATPasi dei Crostacei è di presentare una discreta insensibilità all'ouabaina (Towle, 1984) il che può far ipotizzare che sia stata determinata forse contemporaneamente una Na^+-ATPasi insensibile a tale inibitore. Infatti la presenza di questo secondo enzima (Tabella 1) è stato da noi riscontrata insieme alla $(Na^+ + K^+)$-ATPasi nell'epatopancreas di Penaeus japonicus (dati non pubblicati). Le vie di trasporto di Cl^- indicate nel modello e che prevedono a livello apicale un assorbimento attivo del Cl^- in scambio con HCO_3 e a livello basale un efflusso per accoppiamento elettrico con il Na^+, rimangono ancora altamente ipotetiche anche se sono state individuate una ATPasi attivata da HCO^-_3 e Cl^- e una carbonico anidrasi citoplasmatica che potrebbe fornire HCO_3 e H^+ come controioni per le ATPasi.

Il meccanismo di regolazione salina degli Artropodi acquatici iporegolatori è meno chiaro. Il granchio Uca pugilator opera in salinità al 60% una secrezione netta di sale, senza aumentare l'attività della $(Na^+ + K^+)$-ATPasi, mentre Artemia salina, un forte iporegolatore, aumenta l'attività

dell'enzima parallelamente alla salinità dell'ambiente (Towle, 1984).

MECCANISMI DI ESCREZIONE

Il potenziale di equilibrio transepiteliale calcolato per le branchie di Teleostei e per la ghiandola rettale di Elasmobranchi adattati all'acqua marina, è di 23-30 mV e 6-18 mV rispettivamente, positivo per il Na^+ e negativo per il Cl^- verso il lato interno (Evans, 1979). In generale il potenziale elettrico dei Teleostei adattati all'acqua marina è positivo ma soltanto per alcuni è prossimo a quello di equilibrio del Na (Evans, 1979; Kirschner, 1980). Pertanto per questi si può ipotizzare che almeno per il Na^+, essendo in equilibrio elettrochimico, non sia richiesto un meccanismo attivo di estrusione. Tuttavia dato l'apprezzabile flusso netto di Na^+ verso l'interno per via orale tale catione deve essere espulso attivamente, come anche ed in ogni caso il Cl^-, il cui potenziale di equilibrio è molto lontano dal potenziale elettrico transepiteliale. Pertanto per molti Teleostei e per gli Elasmobranchi d'acqua salata l'esigenza di una espulsione attiva si presenta per ambedue gli ioni. L'insieme delle caratteristiche morfologiche (elevato numero di cellule a cloruro con profonde invaginazioni basolaterali e accresciuto numero di mitocondri, giunzioni porose tra le cellule ecc.) proprie o acquisite dall'epitelio branchiale e della ghiandola rettale, unito ai livelli generalmente molto più elevati di $(Na^+ + K^+)$-ATPasi rispetto agli animali d'acqua dolce, depongono decisamente a favore di una necessaria partecipazione di tale enzima all'estrusione attiva del Na^+ dagli epiteli interessati. Altre prove sperimentali, quali effetto inibitore dell'ouabaina ed effetto stimolante della presenza di K^+ sembrano confermare lo stretto parallelismo tra efflusso di Na^+ e attività della $(Na^+ + K^+)$-ATPasi (Evans, 1979). Inoltre le prove sperimentali inerenti al meccanismo di estrusione del Cl^- sembrano appoggiare in generale la tesi del diretto legame funzionale con l'estrusione del Na^+ e quindi con la $(Na^+ + K^+)$-ATPasi. Ma la localizzazione strettamente basolaterale della $(Na^+ + K^+)$-ATPasi che le consente un trasporto del Na^+ solo dalla cellula agli spazi interstiziali e non al mezzo esterno ha indotto molti studiosi a mettere in dubbio la sua partecipazione all'espulsione attiva di NaCl in animali adattati all'acqua marina e a definire occasionali le prove a sostegno del coinvolgimento dell'enzima in tale processo (Evans, 1979). A sostegno di ciò è stato rilevato un aumento di attività dell'enzima quando i due Teleostei eurialini Crenimugil labrosus e Dicentrarchus labrax adattati all'acqua salata sono trasferiti in acqua dolce (Lasserre, 1971), mentre in Fundulus eteroclitus si registrava un aumento dell'attività $(Na^+ + K^+)$-ATPasica durante l'acclimatazione ad acqua sia ipo- che iperosmotica rispetto ai liquidi corporei (Towle et al., 1977). Pertanto da alcuni ricercatori è stato ipotizzato che la $(Na^+ + K^+)$-ATPasi sia piuttosto interessata nella regolazione del volume delle cellule a cloruro che nell'espulsione attiva di Na^+, spiegando il suo aumento di attività nell'adattamento all'acqua salata come conseguenza di una cambiata esigenza di regolazione del volume cellulare (Evans, 1979). Da quanto

finora esposto è evidente che il meccanismo reale attraverso il quale avviene l'espulsione di Na e Cl- in animali acclimatati all'acqua marina è ben lungi dall'essere chiarito. In ogni caso, il probabile ruolo svolto dalla (Na^++K^+)-ATPasi in tale processo, considerando la sua collocazione, non può essere che indiretto, come del resto attualmente si tende a sostenere. Su tali basi sono stati proposti alcuni modelli di meccanismi. Sargent et al. (1980) hanno ipotizzato che la (Na^++K^+)-ATPasi, situata nelle membrane plasmatiche laterali di cellule a cloruro adiacenti, unite al loro apice da giunzioni porose e per il resto separate da canali intercellulari fiancheggiati dall'enzima, pompasse NaCl negli spazi intercellulari in modo da raggiungere una concentrazione più alta che nell'acqua marina. A questo punto la maggior parte di NaCl ritornerebbe per diffusione verso la regione basale per rientrare nelle cellule a cloruro ed essere poi di nuovo pompato negli spazi intercellulari, mentre un'altra parte diffonderebbe all'esterno attraverso le giunzioni porose. Un secondo modello proposto da Epstein et al. (1980) prevede che il Na^+ e Cl^- concentrati nell'interno del sistema tubulare delle cellule a cloruro della (Na^++K^+)-ATPasi possano essere espulsi attraverso la membrana esterna apicale, mediante un processo di esocitosi, sotto forma di granuli o vescicolette di cui abbiamo parlato nella descrizione della struttura. Infine un terzo modello, attualmente il più accreditato e accettato anche per la ghiandola rettale di Elasmobranchi e la ghiandola del sale di uccelli marini prevede un'estrusione attiva solo per il Cl^-. In base ad esso la (Na^++K^+)-ATPasi a spese dell' ATP rimuove il Na^+ dal citoplasma delle cellule a cloruro verso il fluido extracellulare, mantenendo così l'ambiente intracellulare a bassa concentrazione di Na ed elettricamente negativo. In questo processo il controione K^+ può essere sostituito dallo ione ammonio. Il gradiente di Na così creato induce il ritorno di Na^+ nella cellula, a cui è strettamente accoppiato quello di Cl^-, nella stessa direzione. Tale passaggio di Cl^- contro gradiente secondo alcuni autori avverebbe tramite un carrier comune ai due ioni e deriverebbe la sua energia dal simultaneo trasporto di Na secondo gradiente elettrochimico. Il Cl sarebbe successivamente espulso dall'interno della cellula attraverso canali della membrana apicale, secondo gradiente elettrico, trascinando con sè il Na^+, la cui uscita però avverrebbe passivamente attraverso gli spazi intercellulari e le giunzioni porose al lato apicale secondo gradiente elettrico (Epstein et al., 1980; Karnaky, 1986). Uno dei punti deboli di questo modello risiede nell'efflusso di Na che non sempre è completamente diffusionale, come dimostrato per l'epitelio opercolare di Fundulus eteroclitus dove parte del Na è espulso attivamente (Eddy, 1982)

BIBLIOGRAFIA

K.W. BEYENBACH - 1986 - Secretary NaCl and volume flow in renal tubules - Am. J. Physiol., 250, R 753 - R763.

A.R. BORGATTI, G. TRIGARI, A. PAGLIARANI, V. VENTRELLA - 1984 - Parziale caratterizzazione della (Na^++K^+)-ATPasi renale di spigola (Dicentrarchus labrax L.) - Atti 30° Congresso Nazionale S.I.B., Lacco Ameno

d'Ischia, 7-10 ottobre, 197.

A.R. BORGATTI, G. TRIGARI, A. PAGLIARANI, V. VENTRELLA - 1985 - Ouabain-insensitive Na stimulation of a microsomal Mg^{2+} -ATPase in gills of sea bass (Dicentrarchus labrax L.) - Comp. Biochem. Physiol., 81A, 127-135.

R.F. BURTON - 1986 - Ionic regulation in Crustacea: the influence of temperature on apparent set points - Comp. Biochem. Physiol. 84A, 135-139.

G.P. BUSACHER, W. CHAVIN - 1981 - Characterization of $(Na^+ + K^+)$-ATPases and Mg -ATPases from the gill and the kidney of the goldfish (Carassius auratus L.) - Comp. Biochem. Physiol., 69B, 249-256.

L.C. CANTLEY - 1981 - Structure and mechanism of the (Na, K)-ATPase in Current topics in bioenergetics vol. II, D.R. Sanadi ed, Academic Press, New York, 201-237.

G. DE RENZIS, M. BORNACIN - 1977 - A Cl^-/HCO_3 ATPase in the gills of Carassius auratus. Its inhibition by thiocyanate - Biochim. Biophys. Acta, 467, 192-20-7.

F.B. EDDY - 1982 - Osmotic and ionic regulation in captive fish with particular reference to salmonids - Comp. Biochem. Physiol., 73B, 125-141.

F.H. EPSTEIN; P. SILVA; G. KORMANIK - 1980 - Role of Na-K-ATPase in chloride cell function - Am. J. Physiol. R246-R250.

D.H. EVANS - 1979 - Fish in Comparative Physiology of osmoregulation in Animals Vol. I. G.M.O. Maloiy ed., Academic Press, New York, 305-390.

M. FIELD, K.I. KARNAKY Jr., P.L. SMITH, J.E. BOLTON, W.B. KINTER - 1978 - Ion transport across the isolated intestinal mucosa of the winter flounder Pseudopleuronectes americanus. I Functional and structural properties of cellular and paracellular pathways for Na and Cl. J. Membrane Biol., 41, 265-293.

J.K. FOSKETT, C. SCHEFFEY - 1982 - The chloride cell: definitive identification as the salt-secretary cell in teleosts - Science 215, 164-166

R. GILLES, A. PEQUEUX - 1983 - Interactions of chemical and osmotic regulation with the environment in The Biology of Crustacea D. Bliss Editor in chief, vol. 8, F.J. Vernberg, W.B. Vernberg eds., Academic Press, New York, 109-177.

J.P. GIRARD, P. PAYAN - 1980 - Ion exchanges through respiratory and chloride cells in freshwater - and seawater - adapted teleosteans - Am. J. Physiol., 238, R260-R268.

S.R. HOOTMAN, S.A. ERNST - 1984 - Ultrastructural localization of $Na^+ + K^+$-ATPase in specialized membranes of salt transporting cells in marine vertebrates in Osmoregulation in Estuarine and Marine Animals, A. Pequeux, R. Gilles, L. Bolis eds., Springer Verlag, Berlin, 173-189.

L.M. JAMPOL, F.H. EPSTEIN - 1970 - Sodium-potassium activated adenosine triphosphatase and osmotic regulation by fishes - Am. J.Physiol., 218, 607-611.

K.J. KARNAKY, Jr. - 1986 - Structure and function of the chloride cell of Fundulus heteroclitus and other teleosts - Am. Zool., 26, 209-224.

R. KIRSCH, W. HUMBERT, J.L. RODEAU - 1984 - Control of the blood osmolarity in fishes with reference to the functional anatomy of the gut in Osmoregulation in Estuarine and Marine Animals, A. Pequeux, R.

Gilles, L. Bolis eds. Springer Verlag, Berlin, 68-92.
L.B. KIRSCHNER - 1980 - Comparison of vertebrate salt-excreting organs - Am. J. Physiol., 238, R219-R223.
B. LAHLOU, B. FOSSAT - 1984 - Transport properties of the fish urinary bladders in relation to osmoregulation in Osmoregulation in Estuarine and Marine Animals, A. Pequeux, R. Gilles, L. Bolis eds. Springer Verlag, Berlin, 93-106.
P. LASSERRE - 1971 - Increase of (Na^++K^+)-dependent ATPase activity in gills and kidneys of two euryhaline marine teleosts Crenimugil labrosus (Risso, 1826) and Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758) during adaptation to fresh water - Life Sci., 10, 113-119.
L.H. MANTEL, L.L. FARMER - 1983 - Osmotic and ionic regulation in The Biology of Crustacea, D. Bliss editor in chief, vol. 5, L.H. Mantel ed. Academic Press, New York, 53-161.
L.H. MANTEL - 1985 - Neurormonal integration of osmotic and ionic regulation - Am. Zool., 25, 253-263.
H. NISHIMURA, M. IMAI - 1982 - Control of renal function in freshwater and marine teleosts - Fed. Proc., 41, 2355-2360.
H. NISHIMURA, M. IMAI, M. OGAWA - 1983 - Sodium chloride and water transport in the renal distal tubule of the rainbow trout - Am. J. Physiol., 244, F247-F254.
A. PAGLIARANI, G. TRIGARI, V. VENTRELLA, A.R. BORGATTI - 1985 - Alcune proprietà di un'attività Na^+-ATPasica, Mg^{2+} dipendente, ouabaina insensibile in reni di spigola (Dicentrarchus labrax L.) - Atti 31° Congresso Nazionale S.I.B., Rimini, 15-18 Settembre, 303.
A.J.R. PEQUEUX, R. GILLES - 1984 - Control of the extracellular fluid osmolality in Crustaceans in Osmoregulation in Estuarine and Marine Animals, A. Pequeux, R. Gilles, L. Bolis eds. Springer Verlag, Berlin, 93-106.
E. PFEILER - 1978 - Na-ATPase and NaK-ATPase activities in gills of rainbow trout (Salmo gairdneri) - J. Comp. Physiol., 124, 97-104.
F. PROVERBIO, J.R. DEL CASTILLO - 1981 - Na -stimulated ATPase activities in kidney basal-lateral plasma membranes - Biochim. Biophys. Acta, 646 99-108.
F. PROVERBIO, T. PROVERBIO, R. MARIN - 1986 - Na -ATPase is a different entity from the (Na^++K^+)-ATPase in rat kidney basolateral plasma membranes - Biochim. Biophys. Acta, 858, 202-205.
L. REUSS, S.A. LEWIS, N.K. WILLIS, S.I. HELMAN, C. COXT, W.F. BORON, A.W. SIEBENS, W.B. GUGGINO, G. GIEBISCH, S.G. SCHULTZ - 1984 - Ion transport processes in basolateral membranes of epithelia - Fed. Proc., 43, 2488-2502.
J.D. ROBINSON, M.S. FLASHNER - 1979 - The (Na^++K^+)-activated ATPase. Enzymatic and transport properties - Biochim. Biophys. Acta, 549, 145-176.
J.R. SARGENT; M.V. BELL, K.F. KELLY - 1980 - The nature and properties of sodium ion plus potassium ion-activated adenosine triphosphatase and its role in marine salt secreting epithelia in Epithelial Transport in the Lower Vertebrates, B. Lahlou ed., Cambridge University Press, 252-267.

D.W. TOWLE, M.E. GILMAN; J.D. HEMPEL - 1977 - Rapid modulation of gill Na^++K^+ dependent ATPase activity during acclimation of the killifish Fundulus heteroclitus to salinity change - J.Exp. Zool., 202, 179-186.

D.W. TOWLE - 1984 - Membrane-bound ATPases in Arthropod ion-transporting tissues - Am. Zool., 24, 177-185.

G. TRIGARI, A.R. BORGATTI, A. PAGLIARANI, V. VENTRELLA - 1985 - Characterization of gill (Na^++K^+)-ATPase in the sea bass (Dicentrarchus labrax L.) - Comp. Biochem. Physiol., 80B, 23-33.

V. VENTRELLA, A. PAGLIARANI, G. TRIGARI, A.R. BORGATTI - 1986 - Parziale caratterizzazione di attività ATPasiche Mg^{2+} dipendenti stimolate da Na^+ in microsomi di branchie di orata (Sparus auratus) - Atti 32° Congresso Nazionale S.I.B., Messina-Giardini Naxos, 28 settembre - 1 ottobre, 125.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	83-96	1986

MECCANISMI DI DISINTOSSICAZIONE DA METALLI PESANTI NEGLI ANIMALI MARINI

E. Carpené.

Istituto di Biochimica, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Bologna.

Key words: Marine animals; Heavy metals; Detoxication.

ABSTRACT - The availability of heavy metals to the cellular activities, in the soft tissues of marine animals can be regulated by metal output and input through membrane barriers and immobilization by specific ligands and formation of inorganic and bioinorganic granule.

RIASSUNTO

Nella presente relazione vengono discussi i possibili meccanismi di trasporto che possono essere coinvolti nell'omeostasi di metalli pesanti essenziali quali zinco, rame e ferro o nella regolazione di metalli privi di una funzione specifica di cui si conoscono soltanto effetti tossici. Inoltre vengono riportati numerosi esempi di disintossicazione tramite immobilizzazione dei metalli in granuli o con leganti specifici generalmente di natura proteica.

SUMMARY

In the present paper the transport processes involved in the homeostasis of essential heavy metals like zinc, copper and iron and not essential like cadmium and lead are presented. Several examples of detoxication through immobilization by granule or specific ligands generally of proteic nature are reported.

INTRODUZIONE

Un fenomeno tossico è sicuramente tale quando si manifesta con necrosi dei tessuti, gravi alterazioni fisiologiche etc, mentre risulta di difficile definizione quando accompagnato da effetti subletali. Inoltre nel caso di sostanze carcinogenetiche teoricamente anche una sola molecola può iniziare una serie di reazioni che potranno provocare la morte dell'animale (Pfitzer, 1972): effetti di tipo carcinogenetico sono stati

prospettati anche per i metalli pesanti, ad esempio per il cadmio (Samara¬wickrama, 1979).

Si ricorda che il carattere metallico di un elemento, determinato da particolari caratteristiche chimiche e fisiche non è sempre chiaramente definito, essendo a volte dipendente dal suo stato allotropico; comunque si accetta per convenzione di considerare metalli pesanti tutti gli elementi con densità superiore a 5 g/cm^3 (Prosi, 1981).
Infine considereremo "animali marini" organismi eurialini, che possono vivere anche, ma non necessariamente, in acque salate.

I metalli pesanti, dipendentemente dalla funzione che svolgono, possono essere distinti in due classi: essenziali e non essenziali. Per i primi si conosce un preciso ruolo fisiologico, per esempio il ferro è inserito nella struttura dell'emoglobina e dei citocromi, il rame nell'emocianina etc., ricordiamo inoltre Cr, V, Mn, Co, Ni, Zn, Mo, e Sn; in relazione alla loro concentrazione possono provocare dei fenomeni di carenza o di intossicazione. La seconda classe comprende metalli quali Cd, Hg, Pb, di cui si conoscono soltanto degli effetti patologici. I meccanismi di disintossicazione sono rivolti verso entrambi questi due gruppi di elementi anche se generalmente le concentrazioni dei metalli essenziali sono, entro certi limiti, facilmente controllate in modo da raggiungere l'omeostasi (Fig. 1).

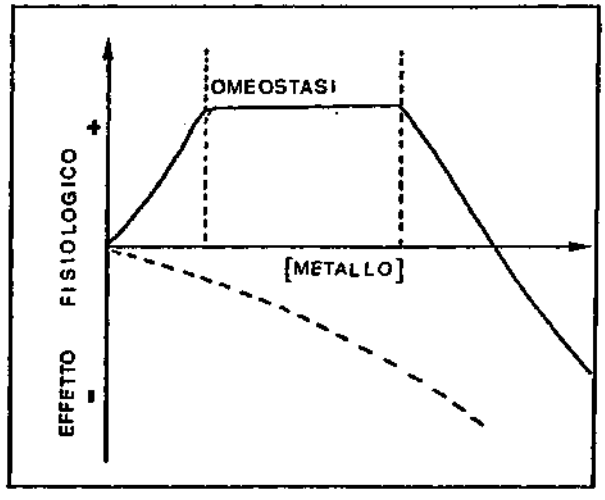


Fig. 1 - Relazioni tra concentrazioni di un metallo essenziale (————), non essenziale (------) ed effetti fisiologici (modificato da Williams, 1981).

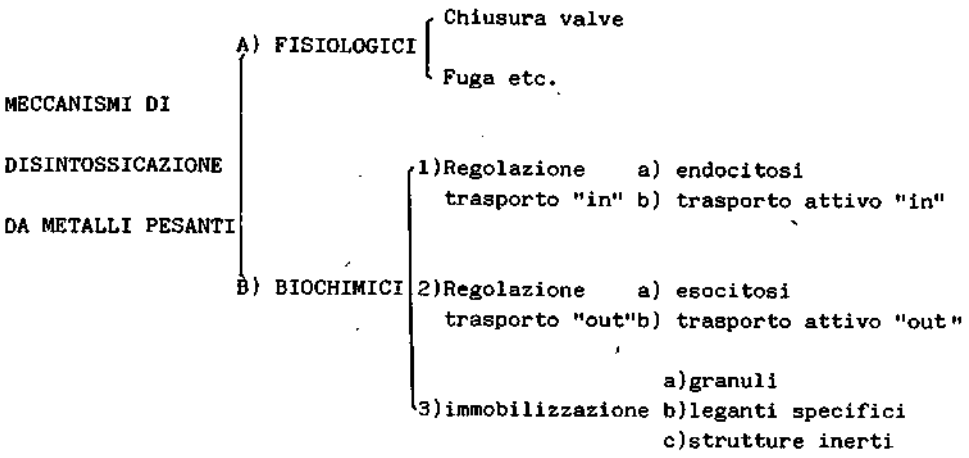


Fig. 2 - Meccanismi di disintossicazione da metalli pesanti in organismi marini.

Un animale marino può controllare le concentrazioni di un dato elemento nei suoi tessuti e quindi i suoi effetti tossici attraverso meccanismi che potremmo definire di tipo fisiologico (i quali modificano indirettamente le quantità di metallo assorbito) e biochimico (i quali direttamente ne regolano l'attività) (Fig. 2).

Applicando lo schema riportato in Fig. 2 agli animali appartenenti ai diversi Phyla, dobbiamo notare che mentre nei Protozoi tutti i meccanismi riportati possono essere applicati alla singola cellula costituente l'animale "in toto", nei Metazoi le cellule dei diversi tessuti utilizzeranno strategie diverse (Fig. 3).

Chiaramente la maggiore sofisticazione sarà raggiunta dai metazoi più evoluti: Teleostei, Anfibi, etc.. Per esempio un legante specifico quale la metallotioneina nei mammiferi è generalmente riscontrato nel fegato e nel rene, mentre nei molluschi (Mytilus sp.), animali meno evoluti dei precedenti, un legante simile alla metallotioneina è stato riscontrato in diversi tessuti (Carpené et al., 1980).

Certamente un ruolo fondamentale nei processi di disintossicazione vie ne svolto dalla membrana cellulare (Fig. 2) che, a causa della complessità e instabilità delle sue componenti lipoproteiche, presenta notevoli difficoltà di studio. Particolarmente difficili da interpretare sono i diversi stati dinamici delle proteine interessate ai processi di trasporto, stati che si susseguono in frazioni di tempo dell'ordine di 10 secondi; comunque si possono sempre estrapolare dei modelli riduttivi che possono aiutarci a razionalizzare momentaneamente i fenomeni oggetto di studio (Fig. 4).

I metalli pesanti presentano nel guscio più esterno orbitali di tipo d con geometrie caratteristiche che, in combinazione con quelle degli atomi leganti, portano a strutture spazialmente definite (Tab. 1).

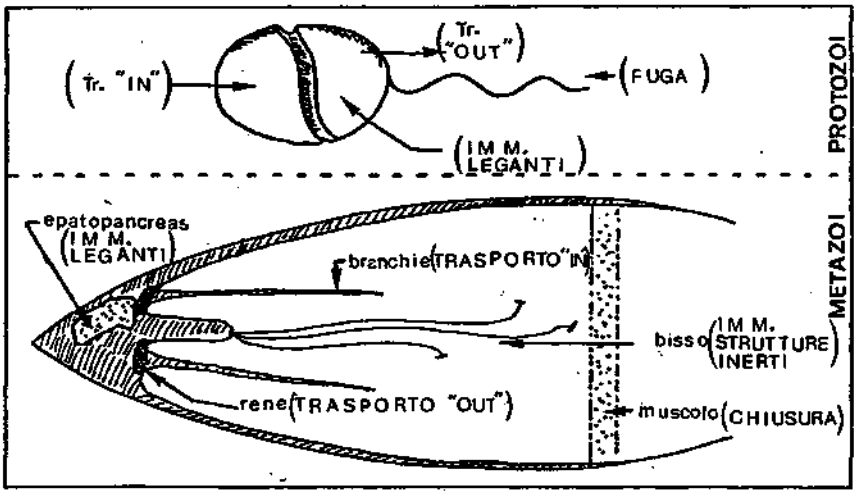


Fig. 3 - Meccanismi di disintossicazione in metazoi e in protozoi

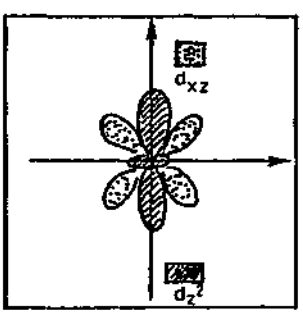
I metalli vivono in un certo senso in simbiosi con i leganti specifici che li immobilizzano, poichè sono da questi modificati nella loro attività, ma nello stesso tempo condizionano la struttura del legante. Una serie di equilibri chimici collegherà tra loro i metalli combinati con i leganti extracellulari, di membrana e la loro percentuale dipenderà dalla costante di stabilità dei rispettivi complessi: tanto meno dissociato sarà il complesso e tanto maggiore sarà la costante di stabilità. Vengono considerati stabili complessi che hanno una costante di stabilità di prima dissociazione 8.

Tab. 1 - Alcune geometrie preferite da metalli pesanti, nell'inserzione a destra schematizzazione di due orbitali d rispettivamente d_{xz} punteggiato e d_z2 tratteggiato.

Geometria tetraedrica Zn^{II} , Co^{II} , Fe^{III} .

Geometria ottaedrica Ni^{II} , Cr^{III}.

Geometria tetragonale Cu^{II} , Mn^{III}.



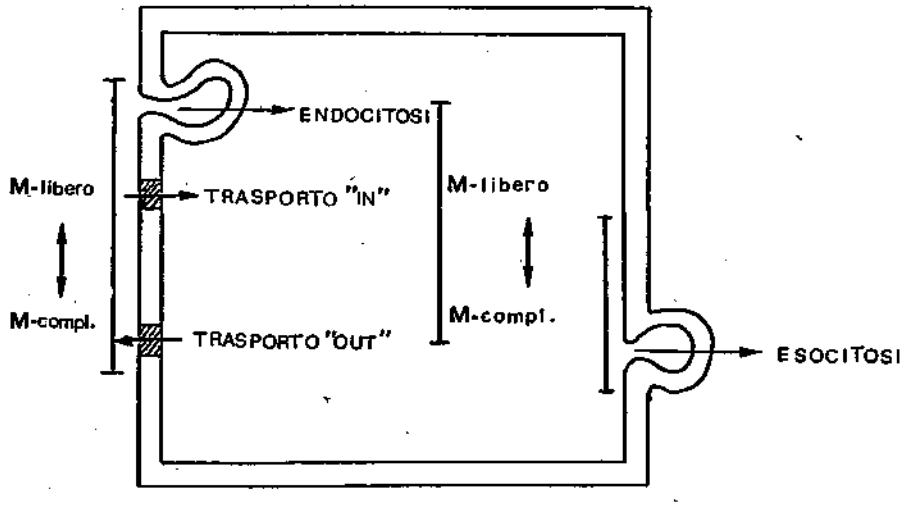


Fig. 4 - Schema dei meccanismi di trasporto di un metallo attraverso la membrana cellulare modificato e semplificato da Williams, 1981.

Nella presente relazione riportiamo alcuni dati sperimentali che possono confermare, direttamente o indirettamente, quanto sopra esposto; sarà trattato un unico esempio di meccanismo fisiologico mentre verranno sviluppati i diversi processi biochimici con particolare riguardo ai sistemi di immobilizzazione.

ESEMPI DI PROCESSI DI DISINTOSSICAZIONE

A) Meccanismi fisiologici

I Molluschi Bivalvi, tra i quali Mytilus edulis, in presenza di rame chiudono le valve della conchiglia, impedendo al metallo di raggiungere i tessuti molli. Akberali e Trueman (1985) hanno dimostrato che il rame blocca il trasporto del calcio a livello mitocondriale con conseguente possibile contrazione della muscolatura, retrazione del sifone e chiusura delle valve. Nei Molluschi, il ruolo del mitocondrio nella regolazione della concentrazione del calcio e conseguente contrazione muscolare, sarebbe accentuato dal fatto che questi animali mancano di un reticolo sarcoplasmatico sviluppato come quello dei Mammiferi (Akberali e Trueman, 1985). Una volta chiuse le valve alcuni molluschi possono sopravvivere anche per diversi giorni utilizzando un metabolismo di tipo anaerobico (De Zwaan, 1983). Inoltre lo stesso metallo pesante potrebbe influenzare

il metabolismo anaerobico, infatti da esperimenti "in vitro" si è visto che la piruvato cinasi di Scapharca inaequivalvis è regolata nella sua attività da metalli quali Cd, Zn, Mn (Cortesi et al., 1985).

B) Meccanismi biochimici

1) Trasporto di metalli pesanti all'interno della cellula.

Nei metazoi acquatici più evoluti sono soprattutto le cellule degli epiteli branchiali e intestinali ad essere coinvolti nell'assorbimento dei metalli pesanti. Nella passera (Platichthyes flesus) che si alimenta in particolare di Crangon vulgaris (34-35 µg $Cd.g^{-1}$) sono state rilevate concentrazioni di Cd di 3,4-7,3 $\mu g.g^{-1}$, probabilmente soltanto una piccola percentuale del metallo viene assorbita (Kay, 1985). Nimmo et al. (1977) hanno confrontato l'accumulo del Cd da parte di Palaemonetes pugio in dipendenza della quantità di metallo somministrato con l'alimento o aggiunto come tale nell'acqua: per produrre lo stesso effetto il cadmio nell'alimento avrebbe dovuto essere da 14750 a 16900 volte la quantità aggiunta nell'acqua. Quando il metallo non attraversa la membrana cellulare per semplice diffusione sarà la specie chimica in cui si trova ad influenzarne il trasporto. Così il ferro Fe complessato con citrato, EDTA, 1, 10-fenantrolina viene accumulato nei tessuti molli di Mytilus edulis più rapidamente rispettivamente dell'idrossido ferrico e di altri complessi metalloorganici (George e Coombs, 1977). In questo caso l'interpretazione dell'esperimento è complicata dal fatto che precedentemente era già stato dimostrato il trasporto dell'idrossido ferrico via endocitosi; questo è un processo ATP dipendente, che potrebbe essere stimolato in modo diverso dai metallocomplessi riportati. Esperimenti effettuati con branchie isolate di Mytilus edulis e incubate in un medium contenente cadmio fino a 50 $\mu g.ml^{-1}$ hanno evidenziato mancata saturazione dei siti di accumulo, mancanza di competizione da parte di altri ioni come Zn, Cu, Hg, Pb, Fe e non dipendenza energetica del fenomeno, quasi ad indicare che il metallo attraversi le branchie per semplice diffusione, eventualmente facilitato da leganti specifici (Carpené e George, 1981). Analisi del contenuto intestinale di Teleostei marini (Centropristis striata) alimentati con ostriche precedentemente esposte al cadmio hanno evidenziato lo spostamento del metallo da leganti ad alto peso a leganti a basso peso molecolare comprendenti anche amminoacidi. Gli autori ritengono che vi possa essere un co-trasporto del cadmio insieme agli amminoacidi (Fair e Sick, 1984). Cefali esposti a 10 mg $Cd.l^{-1}$ dopo 42 giorni hanno presentato le concentrazioni più alte di metallo nel fegato 1262 µg $Cd.g^{-1}$ (tessuto secco) mentre nel cervello erano inferiori di un fattore di circa 100 (10 µg $Cd.g^{-1}$ (tessuto secco) (Thomas et al., 1982). Questa differenza potrebbe essere dovuta alla presenza di una barriera ematoencefalica; per i Mammiferi si pensa che questa abbia sede soprattutto nei capillari cerebrali (Betz e Goldstein, 1986). Il metallo potrebbe quindi essere assorbito a livello branchiale e attraverso il circolo sanguigno e ridistribuirsi in funzione della

permeabilità capillare, dei sistemi di trasporto "in" e "out" delle cellule raggiunte e dipendentemente dai leganti specifici presenti. Secondo Dennai et al. (1986) il polichete Nereis diversicolor riesce a sopravvivere ad elevate concentrazioni di mercurio (0,18 $\mu g.ml^{-1}$) e di cadmio (22 $\mu g.ml^{-1}$) perchè oltre alla produzione di leganti specifici, il polichete riesce a mantenere basso l'assorbimento dei due metalli. Fattori fisici e chimici quali ad esempio la temperatura e la salinità possono a loro volta influenzare la velocità di accumulo dei metalli pesanti negli organismi marini (Philipps, 1976; Fowler et al., 1978). Le concentrazioni di mercurio, cadmio e piombo nell'ostrica Saccostrea echinata aumentano all'aumentare della temperatura mentre diminuiscono al crescere della salinità (Denton e Burdon-Jones, 1981). La speciazione del cadmio nell'acqua influenza in modo evidente il suo accumulo in diverse specie di organismi acquatici (Coombs, 1979).

2) Trasporto di metalli pesanti all'esterno della cellula.

E' stato dimostrato che Mytilus edulis esposto a ^{65}Zn presenta una perdita di circa l'8% del metallo dopo 8 giorni dalla sospensione del trattamento. Questo nei tessuti molli totali; mentre nei singoli tessuti la radioattività decresce soprattutto nelle branchie e nei visceri, rimane circa costante nel mantello e nel muscolo e continua a crescere nel rene nonostante sia cessata la somministrazione dello zinco marcato. Le vie di eliminazione prospettate sono diverse. In tempo relativamente breve parte del metallo sarebbe rilasciato tramite le branchie, il mantello e, se in periodo riproduttivo, con i gameti. Tuttavia la maggior quantità verrebbe eliminata in tempi più lunghi, in granuli, attraverso il dotto escretore. Inoltre non si deve trascurare l'azione degli amebociti che, una volta caricatisi di zinco, possono abbandonare i tessuti del mitilo per disperdersi nell'ambiente (George e Pirie, 1980).

In cefali (Mugil cephalus) iniettati nel seno branchiale con $CdCl_2$, il metallo marcato compariva nella cistifellea soprattutto durante le prime 3 h , una percentuale inferiore si ritrovava durante le successive 5h,

analogamente a quanto osservato nel ratto. La diminuita escrezione di Cd nella bile dopo le prime 3 h potrebbe essere collegata all'iniziata sintesi di metallotioneina nel fegato, con conseguente immobilizzazione del metallo negli epatociti. Diversamente dai mammiferi non si ha però comparsa di un complesso con il glutatione, il che spiegherebbe la % inferiore di Cd eliminata dal cefalo rispetto ai mammiferi (Wofford e Thomas, 1984). Dati di Scott e Major (1972) indicano che il Cu viene escreto in forma non solubile probabilmente nelle feci o legato a muco.

Nell'ecosistema acquatico marino un ruolo importante nella mobilizzazione dei metalli pesanti è sicuramente svolto anche dagli uccelli acquatici e dai mammiferi marini che d'altra parte non sono stati studiati in modo così approfondito come gli organismi dotati di branchie pur accumulando elevate quantità di questi elementi (Bull et al., 1977). Negli uccelli marini la ghiandola del sale secerne un fluido ad elevato contenuto di elettroliti che favorisce l'osmoregolazione. Un'analisi comparativa su

nove metalli pesanti (Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Mn, Ni, e Zn) determinati nella ghiandola del sale e nel fegato di Aythia marila, Anas rubripeps e Anas platyrhyncos fa ritenere che soprattutto nella prima specie la ghiandola del sale abbia anche la funzione di eliminare metalli pesanti (Burger e Gochfeld, 1985).

3) Immobilizzazione di metalli pesanti in forma atossica

a) Granuli. La presenza di elevate concentrazioni di metalli pesanti concentrati in granuli di diversa composizione chimica e struttura è stata dimostrata soprattutto nei Molluschi ed è conosciuta da lungo tempo (Vinogradov, 1953). E' questo uno dei motivi che insieme alla presenza di leganti specifici, permette a questi animali di accumulare elevate concentrazioni di metalli senza manifestare sintomi di tossicità acuta. Questo ha permesso di utilizzare con successo i molluschi come indicatori di radioisotopi immessi nell'ambiente dall'attività umana. In Argopecten sp. con studi di microscopia elettronica e sonda a raggi X sono state trovate delle concrezioni cristalline del diametro variabile da 5 a 20 μm contenute in un largo vacuolo apicale delle cellule epiteliali renali. I granuli sono composti soprattutto da calcio e fosforo, ma contengono pure manganese, zinco, rame, cromo e cadmio. Nelle due specie analizzate Argopecten irradians tipica dell'ambiente di estuario e in Argopecten gibbus, specie che si trova in mare aperto, sono state notate differenze nella concentrazione di cadmio, ferro, rame e cromo: queste potrebbero riflettere proprietà caratteristiche della specie e dell'ambiente (Carmichael et al., 1980). Mitili esposti a cadmio accumulano circa 60-70% del metallo come metallocomplessi proteici mentre il rimanente è isolato in strutture subcellulari di origine lisosomiale (lisosomi terziari). I lisosomi del rene dei mitili rappresentano in volume circa il 20% della cellula; sono costituiti in parte da elementi lipoproteici insolubili (lipofuscine) che contengono circa il 10% (su peso secco) di metalli; soprattutto ferro, zinco e calcio associati con zolfo e fosforo insieme a una matrice organica: sono generalmente indicati come granuli lipoproteici. Esperimenti eseguiti "in vitro" con lisosomi terziari purificati da Mytilus edulis hanno evidenziato la possibilità di legami reversibili tra metalli e leganti aventi una costante di stabilità relativamente debole (circa 5) che non consente pertanto lo spostamento da altri leganti più forti quali la metallotioneina (George, 1983). Mentre i granuli descritti precedentemente sono intracellulari e circondati da membrane, nel tessuto sottostante la membrana basale dell'epitelio intestinale di Echinodermi del genere Brissopsis e Echinocardium è stata osservata la presenza di granuli privi di membrana. I granuli sono costituiti soprattutto da fosfato ferrico e deriverebbero da processi ossidativi di sali di ferro ferroso ingeriti con il sedimento in condizioni riducenti. Forse lo strato di fosfato ferrico potrebbe avere la funzione di reagire con l'H_2S che si forma nell'intestino ad opera di batteri solfato riducenti (Buchanan et al., 1980). Granuli extracellulari privi di membrana contenenti piombo e calcio in

quantità equimolari sono stati riscontrati nella lamina basale dei capillari delle lamelle branchiali di Mytilus edulis esposto a 10 ppm Pb (Marshall e Talbot, 1979). Granuli contenenti metalli pesanti sono comunemente riscontrati nei Gasteropodi; nel gasteropode marino Littorina littorea, Mason e Nott (1981) hanno evidenziato due tipi di granuli. Un tipo svolgerebbe un ruolo importante nei processi di regolazione ionica e di controllo del pH e l'altro sarebbe legato ai processi di disintossicazione da metalli pesanti. Granuli di zinco fosfato si formano nelle cellule ipodermiche del crostaceo Balanus balanoides (White e Walker, 1981) mentre in un altro crostaceo, l'anfipode Corophium volutator sono presenti granuli contenenti rame e zolfo probabilmente a matrice organica (Icely e Nott, 1980). Concludiamo questa breve rassegna sui granuli ricordando che le cellule dell'emolinfa di ascidie (Ascidia mentula, Ascidiella aspersa) contengono granuli di diversa grandezza, che a volte invadono quasi completamente la cellula: sono composti da vanadio, zolfo e altre componenti inorganiche. Quando le cellule vengono lisate si ottengono dei valori di pH di circa 1, forse per la presenza di acido solforico. Questi valori di pH, estremamente acidi, avrebbero la funzione di mantenere il vanadio nella forma V. L'elemento esiste nell'acqua di mare come ione ortovanadato che entrando nell'organismo può essere successivamente ridotto a ione vanadile e a vanadio I impedendo che questo venga nuovamente scambiato all'esterno (Pirie e Bell, 1984).

b) Leganti specifici. Da un punto di vista puramente biochimico lo studio di leganti specifici è uno degli aspetti più interessanti concernenti il metabolismo dei metalli pesanti. Infatti in questo caso è possibile ottenere con un elevato grado di purezza molecole generalmente organiche che svolgono un ruolo importante nella chelazione dei metalli. Una volta purificate, tali molecole possono essere studiate con tecniche spettroscopiche per determinare la loro struttura e le loro caratteristiche chimiche che costituiscono degli aspetti essenziali per una completa comprensione del loro significato fisiologico. Anche tra gli organismi marini vi sono numerosi esempi; una delle molecole più studiate è senz'altro la metallotioneina inizialmente isolata dal rene di cavallo (Margoshes e Vallee, 1957) e successivamente caratterizzata da Kagi et al. (1960). Da allora questa proteina che, per essere considerata tale, deve avere un peso molecolare di 6.000-7.000, circa 30% di cisteina e nel caso di cadmio e zinco 7 atomi per molecola, è stata isolata e purificata in numerose specie di animali marini. La sua sintesi è facilmente inducibile nei tessuti parenchimatosi (fegato e rene) di organismi che vengono trattati con cadmio. Sicuramente una metallotioneina è stata isolata e purificata dal fegato di esemplari di Pleuronectes platessa iniettati con cadmio (Overnell e Coombs, 1979).

Dal crostaceo Cancer pagurus proveniente dalle isole Shetland, un'area probabilmente incontaminata, sorprendentemente è stata risolta una metallotioneina contenente 49% Cd e 49% Cu. L'elevato contenuto in rame in metallotioneine naturali non è usuale e potrebbe essere legato alla fisiologia di questo metallo nei crostacei. Dalla composizione amminoacidi-

ca, peso molecolare e caratteristiche spettroscopiche, la proteina sembra molto simile a quella dei vertebrati (Overnell e Trewhella, 1979).
Probabilmente una cadmiotioneina (manca per il momento la composizione amminoacidica) è stata isolata da un esemplare di narvalo Monodon monoceros, catturato vicino all'isola di Baffin (Wageman e Hobden, 1986) mentre nel leone marino sarebbe stata isolata una mercuriotioneina (Lee et al., 1977). Nonostante le raffinate conoscenze sulla struttura della metallotioneina, attualmente non si conosce ancora con certezza quale sia la sua funzione. Poichè la sua sintesi viene facilmente- indotta da metalli tossici quali il cadmio, il mercurio etc. con conseguente loro immobilizzazione in forma atossica, certamente la metallotioneina ha un ruolo importante nei processi di disintossicazione da metalli pesanti. Inoltre potrebbe, secondo alcuni ricercatori, svolgere una funzione primaria nell'omeostasi di metalli essenziali quali zinco e rame. Enzimi quali la fosfatasi alcalina e l'anidrasi carbonica, privati del metallo che funge da cofattore vengono riattivati facilmente da zincotioneina (Udom e Brady, 1980).

Oltre alla metallotioneina esistono altre metallo proteine che si differenziano da questa per composizione amminoacidica, peso molecolare etc. condividendo soltanto la capacità di legare un elevato numero di ioni metallici per molecola.

Esiste quindi un confine non completamente definito tra metallotioneina, proteine a basso peso molecolare con caratteristiche simili alla metallotioneina (George et al., 1979; Roejadi, 1980; Frankenne et al., 1980; Viarengo et al., 1980) ed altre completamente diverse (per esempio la componente contenente cadmio a peso molecolare 55.000 isolata dalla ghiandola digestiva di Pecten maximus (Stone et al., 1986); per una rassegna sull'argomento vedi Stone e Overnell, (1985). Se la funzione principale della metallotioneina non è definita risulta ancora più problematica l'interpretazione della funzione delle altre metalloproteine. In Pecten maximus dato il basso coefficiente di varianza trovato per il cadmio indice che il mollusco riesce a controllarne bene la sua concentrazione, gli autori ritengono che tale metallo possa avere un ruolo funzionale (Stone et al., 1986). Dalle uova dell'echinoderma Anthocidaris crassispina è stata isolata una zincoproteina a basso peso molecolare (3.900 dopo gelfiltrazione) che potrebbe funzionare da donatrice di zinco per metalloenzimi quali la DNA polimerasi (Ohtake et al., 1983). Diversi organismi acquatici rispondono all'esposizione a metalli pesanti producendo muco, per esempio Mytilus edulis, Murex trunculus etc. Lock e Van Overbeeke (1981) hanno studiato gli effetti del mercurio sulla produzione di muco da parte del teleosteo eurialino Salmo gairdneri; dai dati ottenuti viene prospettato che il muco svolga un ruolo protettivo nel sequestro ed allontanamento dei metalli.

c) Strutture inerti contenenti metalli pesanti. Un ruolo importante nel metabolismo dei metalli pesanti viene svolto senz'altro da alcune strutture che possono contenere elevate concentrazioni di tali elementi anche se la loro funzione principale non è quella di controllarne di-

rettamente la percentuale libera. Per esempio il polichete Nereis virens accumula circa il 40% di zinco e 50% di manganese nelle mandibole, ma probabilmente non con una funzione disintossicante bensì strutturale (Bryan, 1980). I mitili accumulano diversi metalli pesanti (zinco, ferro, rame etc.) nei filamenti che compongono il bisso, gli elementi provengono dai tessuti molli e non direttamente dall'acqua (Coombs e Keller, 1981). Nei crostacei soggetti a periodici cambiamenti dell'endoscheletro una quota rilevante di metalli viene persa ad ogni muta. Organismi dotati di endoscheletro osseo contengono in esso diversi elementi compresi lantanidi e attinidi.

CONCLUSIONI

Le strategie utilizzate dagli animali marini nel regolare e bloccare l'attività tossica dei metalli pesanti sono molteplici. Variano dipendentemente dalla specie e dal metallo; nell'ambito dello stesso organismo tessuti diversi possono presentare meccanismi di disintossicazione caratteristici. I sistemi coinvolti nel trasporto di questi elementi sono scarsamente compresi. Per alcuni metalli si conoscono delle proteine specifiche che li complessano, rendendoli inattivi, mentre alternativamente possono essere isolati in granuli.

Ancora non definiti rimangono i parametri che ne determinano le cinetiche di accumulo (salinità, temperatura, etc). Alcuni elementi quali il cadmio, anche se presenti in concentrazioni non pericolose in mare aperto, nelle zone di estuario possono raggiungere dei valori elevati. Va comunque osservato che proprio in uccelli marini pelagici sono state rilevate notevoli quantità di cadmio.

Concludendo, le ampie ricerche svolte in questo settore hanno dimostrato che non è possibile generalizzare meccanismi di disintossicazione verso i metalli pesanti. Come spesso accade in natura la "fantasia sperimentale" della materia vivente non termina di stupire.

BIBLIOGRAFIA

- AKBERALI H.B. and TRUEMAN E.R. (1985) - Effects of stress on marine bivalve molluscs - In: Advances in Marine Biology, 22 (Edited by Blaxter J.H.S., Russel F.S. and Yonge M.), pp. 101-198, Academic Press, London.
- BETZ A.L. and GOLDSTEIN G.W. (1986) - Specialized properties and solute transport in brain capillaries - Ann. Rev. Physiol. 48, 241-250.
- BRYAN G.W. and GIBBS P.E. (1980) - Metals in nereid Polychaetes: the contribution of metals in the jaws to the total body burden - J. Mar. Biol. Ass. U.K. 60, 641-654.
- BUCHANAN J.B., BROWN B.E., COOMBS T.L., PIRIE B.J. and ALLEN J.A. (1980) The accumulation of ferric iron in the guts of some spatangoid echinoderms - J. Mar. Biol. Ass. U.K. 60, 631-640.
- BULL K.R., MURTON R.K., OSBORN D., WARD P. and CHENG L. (1977) - High

levels of cadmium in Atlantic seabirds and sea-skaters - Nature 269 507-509.
- BURGER J. and GOCHFELD M. (1985) - Comparisons of nine heavy metals in salt gland and liver of greater scaup (Aythya marila), black duck (Anas rubripes) and mallard (A. platyrhynchos) - Comp. Biochem. Physiol. 81C, pp. 287-292.
- CARMICHAEL N.G., SQUIBB K.S. and FOWLER B.A. (1979) - Metals in the molluscan kidney: a comparison of two closely related bivalve species (Argopecten), using X-ray microanalysis and atomic absorption spectroscopy - J. Fish. Res. Board Can. 36, 1149-1155.
- CARMICHAEL N.G., SQUIBB K.S., ENGEL D.W. and FOWLER B.A. (1980) - Metals in the molluscan kidney: uptake and subcellular distribution of ^{109}Cd, ^{54}Mn and ^{65}Zn by the clam Mercenaria mercenaria - Comp. Biochem. Physiol. 65A, 203-206.
- CARPENE' E. and GEORGE S.G. (1981) - Absorption of cadmium by gills of Mytilus edulis (L.) - Mol. Physiol. *1*, 23-34.
- CARPENE' E., CATTANI O., HAKIM G. and SERRAZANETTI G.P. (1983) - Metallothionein from foot and posterior adductor muscle of Mytilus galloprovincialis - Comp. Biochem. Physiol. 74C, 331-336.
- COOMBS T.L. - Cadmium in aquatic organisms - In: The Chemistry, Biochemistry and Biology of Cadmium (M. Webb editor), pp. 93-132. Elsevier North Holland Biomedical Press, Amsterdam.
- COOMBS T.L. and KELLER P.J. (1981) - Mytilus byssal threads as an environmental marker for metals - Aquat. Toxicol. 1, 291-300.
- CORTESI P., FABBRI D., ISANI G., CATTANI O. and CARPENE' E. (1985) - Characterization of pyruvate kinase isolated from the adductor muscle of the mollusc Scapharca inaequivalvis - Comp. Biochem. Physiol. 81B, 123-129.
- DENNAI N., DHAINAUT-COURTOIS, BOUQUENEAU J.M. et NEJMEDDINE A. (1986) - Effets du cadmium et du mercure sur un ver marine (Nereis diversicolor O.F. Muller). Mécanismes de detoxication - C R. Acad. Sc. Paris, t.302, Série III, n° 13.
- DENTON G.R.W. and BURDON-JONES C. (1981) - Influence of temperature and salinity on the uptake, distribution and depuration of mercury, cadmium and lead by the black-lip oyster Saccostrea echinata - Mar. Biol. 64, 317-326.
- FAIR P.H. ans SICK L.V. (1984) - The role of digestion in the black sea bass, Centropristis striata, on the chemical speciation of organically bound cadmium - Comp. Biochem. Physiol. 79C, 265-270.
- FOWLER S.W., HEYRAUD M. and LA ROSA J. (1978) - Factors affecting methyl and inorganic mercury dynamics in mussels and shrimp - Mar. Biol. 46, 267-276.
- FRANKENNE F., NOEL-LAMBOT F. and DISTECHE A. (1980) - Isolation and characterization of metallothioneins from cadmium-loaded mussel Mytilus edulis - Comp. Biochem. Physiol. 64C, 179-182.
- GEORGE S.G. (1983) - Heavy metal detoxication in the mussel Mytilus edulis: composition of Cd-containing kidney granules (tertiary lysosomes) - Comp. Biochem. Physiol. 76C, 53-57.

- GEORGE S.G. and COOMBS T.L. (1977) - Effects of high stability iron-complexes on the kinetics of iron accumulation and excretion in Mytilus edulis (L.) - J. exp. mar. Biol. Ecol. 28, 133-140.
- GEORGE S.G., CARPENE' E., COOMBS T.L., OVERNELL J. and YOUNGSON A. (1979) - Characterization of cadmium-binding proteins from mussels, Mytilus edulis (L.), exposed to cadmium - Biochim. et biophys. Acta 580, 225-233.
- GEORGE S.G. and PIRIE B.J.S. (1980) - Metabolism of zinc in the mussel, Mytilus edulis (L.): a combined ultrastructural and biochemical study - J. Mar. Biol. Ass. U.K. 60, 575-590.
- ICELY D. and NOTT J.A. (1980) - Accumulation of copper within the "hepatopancreatic" caeca of Corophium volutator (Crustacea: Amphipoda) Mar. Biol. 57, 193-199.
- KAGY J.H.R., VALLEE B.L. and CARLSON J.M. (1960) - Metallothionein: a cadmium- and zinc-containing protein from equine renal cortex - J. Biol. Chem. 235, 3460-3465.
- KAY S.H. (1985) - Cadmium in aquatic food webs - Res. Rev. 96, pp. 1-41.
- LEE S.S., MATE B.R., VON DER TRENCH K.T., RIMERMAN R.A. and BUHLER D.R. (1977) - Metallothionein and the subcellular localization of mercury and cadmium in the California Sea Lion - Comp. Biochem. Physiol. 57C, 45-53.
- LOCK R.A.C. and VAN OVERBEEKE A.P. (1981) - Effects of mercuric chloride and methylmercuric chloride on mucus secretion in rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson - Comp. Biochem. Physiol. 69C, 67-73.
- MARGOSHES M. and VALLEE B.L. (1957) - A cadmium protein from equine kidney cortex - J. Am. Chem. Soc. 79, 4813-4814.
- MARSHALL A.T. and TALBOT V. (1979) - Accumulation of cadmium and lead in the gill of Mytilus edulis: X-ray microanalysis and chemical analysis Chem. Biol. Interactions 27, 111-123.
- MASON A.Z. and NOTT J.A. (1981) - The role of intracellular biomineralized granules in the regulation and detoxification of metals in Gastropods with special reference to the marine Prosobranch Littorina littorea - Aquat. Toxicol. 1, 239-256.
- NIMMO D.W.R., LIGHTNER D.V. and BAHNER L.H. (1977) - Effects of cadmium on the shrimps, Penaeus duorarum, Palaemonetes pugio, and Palaemonetes vulgaris - In: Physiological Responses of Marine Biota to Pollutants (edited by Vernberg F.J., Calabrese A., Thurberg F.P., Vernberg W.B.), pp. 131-184, Academic Press, New York.
- OHTAKE H., SUYEMITSU T. and KOGA M. (1983) - Sea urchin (Anthocidaris crassispina) egg zinc-binding protein - Biochem. J. 211, 109-118.
- OVERNELL J. and COOMBS T.L. (1979) - Purification and properties of plaice metallothionein, a cadmium-binding protein from the liver of the plaice (Pleuronectes platessa) - Biochem. J. 183, 277-283.
- OVERNELL J. and TREWHELLA E. (1979) - Evidence for the natural occurrence of (cadmium, copper)-metallothionein in the crab Cancer pagurus - Comp. Biochem. Physiol. 64C, 69-76.
- PFITZER E.A. (1972) - Concepts of environmental toxicology - In Metallic Contaminants and Human Health (edited by Lee D.H.K.) pp. 1-12.

- PHILLIPS D.J.H. (1976) - The common mussel Mytilus edulis as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. Effects of environmental variables on uptake of metals - Mar. Biol. 38, 59-69.
- PIRIE B.J.S, and BELL M.V. (1984) - The localization of inorganic elements, particularly vanadium and sulphur, in hemolymph from the Ascidians Ascidia mentula (Muller) and Ascidiella aspersa (Muller) - J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 74, 187-194.
- PROSI F. (1981) - In: Metal pollution in the aquatic environment (edited by Forstner and Wittmann G.T.W.), Springer Verlag, Berlin.
- ROESIJADI G. (1980) - The significance of low molecular weight, metallothionein - like proteins in marine invertebrates: current status - Mar. Environ. Res. 4, 167-179.
- SAMARAWICKRAMA G.P. (1979) - Biological effects of cadmium in mammals - In: The Chemistry, Biochemistry and Biology of Cadmium (edited by Webb M.), pp. 341-409, Elsevier, Amsterdam.
- SCOTT D.M., MAJOR C.W. (1972) - The effect of copper (II) on survival, respiration and heart rate in the common blue mussel Mytilus edulis - Biol. Bull. (Woods Hole) 143, 679-688.
- STONE H. and OVERNELL J. (1985) - Non metallothionein cadmium binding proteins - Comp. Biochem. Physiol. 80C, 9-14.
- STONE H.C., WILSON S.B. and OVERNELL J. (1986) - Cadmium binding components of scallop (Pecten maximus) digestive gland. Partial purification and characterization - Comp. Biochem. Physiol. 85C, 259-268.
- THOMAS P., BALLY M. and NEFF J.M. (1982) - Ascorbic acid status of mullet, Mugil cephalus Linn., exposed to cadmium - J. Fish Biol. 20, 183-196.
- UDOM A.O. and BRADY F.O. (1980) – Reactivation in vitro of zinc-requiring apo-enzymes by rat liver zinc-thionein - Biochem. J. 187, 329-335.
- VIARENGO A., PERTICA M., MANCINELLI G., ZANICCHI G. and ORUNESU M. (1980) - Rapid induction of copper-binding proteins in the gills of metal exposed mussels - Comp. Biochem. Physiol. 67C, 215-218.
- VINOGRADOV A.P. (1953) - The elementary composition of marine organisms - New Haven: Sears Foundation for Marine Research, Yale University, pp. 647.
- WAGEMANN R. and HOBDEN B. (1986) - Low-molecular weight metalloproteins in tissues of the narwhal (Monodon monoceros) - Comp. Biochem. Physiol. 84C, 325-344.
- WHITE K.N. and WALKER G. (1981) - Uptake, accumulation, and excretion of zinc by the barnacle, Balanus balanoides (L.) - J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 51, 285-298.
- WILLIAMS R.J.P. (1981) - Physico-chemical aspects of inorganic element transfer through membranes - Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 294, 57-74.
- WOFFORD H.W. and THOMAS P. (1984) - Interactions of cadmium with sulfhydryl-containing compounds in striped mullet (Mugil cephalus L.) - Mar. Environ. Res. 14, 119-137.
- ZWAAN de A., BONT de A.M.T. and VERHOEVEN A. (1982) - Anaerobic energy metabolism in isolated adductor muscle of the sea mussel Mytilus edulis L. - J. Comp. Physiol. 149, 137-143.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	97-122	1986

ASPETTI COMPARATI DEL METABOLISMO ANAEROBICO NEGLI ANIMALI MARINI

Paolo CORTESI

Dipartimento di Biochimica, Università di Bologna

Key words: anaerobic metabolism, marine animals, comparative aspects

ABSTRACT

Different adaptation capacities to anoxia in marine Vertebrates and Invertebrates are compared and main metabolic strategies are discussed. Sessile or few mobile marine animals can substain anoxia for long periods and show biochemical deviations from classical glycolisis. During the phylogenetic evolution these strategies are less carried out or totally lost.

RIASSUNTO

In generale Artropodi, Echinodermi e Vertebrati marini risultano poco resistenti all'anossia mentre Cnidari, Molluschi, Anellidi e Sipunculidi possono tollerare periodi più lunghi di anossia e presentare una ampia varietà e flessibilità delle vie metaboliche con deviazioni dalla glicolisi classica. Le principali strategie metaboliche anaerobiche prevedono un maggiore accumulo di riserve energetiche, l'accoppiamento della glicolisi col catabolismo dell'aspartato, la formazione di numerosi prodotti finali (lattato, opine, alanina, succinato, propionato, acetato, etanolo, CO_2 ecc.) con una maggiore resa di ATP, una forte riduzione dell'intensità metabolica, maggiore tolleranza all'acidosi ed un rapido recupero dopo l'anaerobiosi. La composizione dei prodotti finali dipende dalla specie, dai tessuti, dalle stagioni e dalla durata dell'anaerobiosi. Sono inoltre discusse le principali differenze biochimiche tra anaerobiosi ambientale e funzionale. Vengono infine sintetizzati i principali risultati del nostro gruppo di ricerca sul metabolismo anaerobico di Molluschi Bivalvi dell'Adriatico.

SUMMARY

Arthropoda, Echinodermata and Vertebrata are few tollerants to anoxia while Cnidaria, Mollusca, Anellida and Sipunculida can substain anoxia for longer periods. The latters are considered anaerobic facultatives and show a lot of variety and flexibility of metabolic pathways with biochemical deviation of the classical glycolisis. Main anaerobic metabolic strategies are high fuel stores, coupled glycogen-aspartate catabo-

lism, formation of different end products (lactate, opines, alanine, succinate and propionate) with increased ATP yeld, strongly reduced metabolic rate, big tolerance to acidosis and rapid recovery from anaerobic metabolism. The pattern of end products depends by species, tissues, seasons, duration and environmental conditions of anaerobiosis (air exposition or water anoxia). The biochemical differences between environmental and functional anaerobiosis are discussed. Main results of our research team on anaerobic metabolism of Adriatic Bivalves Molluscs are reported.

INTRODUZIONE

Gli animali marini vanno soggetti più frequentemente di quelli terrestri ad ampie fluttuazioni della disponibilità di ossigeno che può variare nell'acqua in funzione di diversi fattori (temperatura, salinità e presenza di sostanze organiche) creando condizioni di ipossia o di anossia. Inoltre situazioni anaerobiche si possono avere anche quando l'ossigeno presente nell'ambiente non è utilizzabile dall'organismo; è il caso degli animali della zona intertidale a respirazione branchiale durante l'esposizione all'aria nelle escursioni di marea e di quelli a respirazione polmonare durante l'immersione.

In generale si riscontra un'ampia gamma di resistenza all'anaerobiosi. I Mammiferi marini presentano infatti una tolleranza massima di 1-2 ore all'anossia e due possibili diversi adattamenti in funzione del tempo di apnea (Andersen, 1966; Kooymann et al., 1981). Nella foca Leptonychotes weddellii prevalgono immersioni di breve durata (20 minuti) con metabolismo totalmente aerobico a scopo alimentare ma sono possibili anche immersioni più lunghe (60 minuti) a scopo esplorativo. In questo ultimo caso mediante bradicardia, vasocostrizione ed ipoperfusione dei tessuti periferici durante l'immersione, vengono tuttavia mantenuti costantemente in condizioni aerobiche organi vitali quali cuore, cervello, surrenali e placenta mentre altri tessuti come quello muscolare realizzano esclusivamente un metabolismo anaerobico (Zapol, 1987).

Una condizione di anossia totale viene invece tollerata da Rettili e Pesci. La tartaruga marina Chelonia mydas presenta periodi di immersione di 6 ore di cui 5 sono in totale anaerobiosi (Berkson, 1966) ed è inoltre in grado di vivere sprofondata nel fango dei fondali marini da uno a tre mesi sviluppando processi metabolici anaerobici (Felger, 1976). Nei pesci marini sono registrate resistenze di alcune ore o pochi giorni a differenza del genere Carassius di acqua dolce che può resistere anche alcuni mesi (Blazka, 1958).

Tra gli Invertebrati risultano più resistenti all'anossia, con tempi di sopravvivenza di settimane e anche di uno-due mesi come Mytilus edulis e Cyprina islandica le specie sessili o poco mobili che vengono considerate euriossiche o anaerobiche facoltative appartenenti a Bivalvi, Anellidi, Cnidari, Sipunculidi, mentre le specie con intensa attività locomotoria vengono considerate stenossiche con sopravvivenze di pochi giorni o di ore (Cardium e Pecten fra i Bivalvi, Cefalopodi e Crostacei) (Hammen, 1976). Tra questi ultimi vi sono tuttavia eccezioni come Callianassa californiensis e Upogebia pugettensis che possono sopravvivere da 3 a 5

Tab. 1 - Sopravvivenza alla anossia in Molluschi Bivalvi dell'Adriatico.

Mese di Marzo			Mese di Settembre		
Anaerobiosi (giorni)	Venus gallina	Scapharca inaequivalvis	Anaerobiosi (giorni)	Venus gallina	Scapharca inaequivalvis
6	90%	100%	3	95%	100%
10	20%	100%	4	65%	100%
15	5%	100%	6	-	50%

giorni in totale anossia (Thompson e Pritchard, 1969). La capacità di sopravvivenza all'interno delle singole specie, è anche in funzione dei diversi periodi dell'anno. Ad esempio Venus gallina e Scapharca inaequivalvis dell'Adriatico risultano da nostre ricerche più resistenti alla anossia in marzo rispetto a settembre (Isani, 1987) (Tab. 1).

Alcuni Invertebrati bentonici esperimentano a causa del loro comportamento condizioni anaerobiche anche in presenza di normali concentrazioni di ossigeno. Ad esempio è stato osservato che il bivalve Arctica islandica si scava cunicoli ed in essi passa in anaerobiosi circa il 50% del suo tempo (Taylor, 1976). Nell'anellide Nereis virens in analoghe situazioni è stato messo in evidenza un ritmo circadiano di anaerobiosi (Scott, 1976).

Altri Invertebrati della zona intertidale al contrario sono in grado di evitare l'anaerobiosi durante l'esposizione all'aria nelle escursioni di marea, mediante la utilizzazione di ossigeno atmosferico (Cardium edule, Patella vulgata e varie specie del genere Littorina).

Per quanto riguarda gli adattamenti biochimici all'anaerobiosi negli animali marini sono state elaborate varie strategie relative all'accumulo di riserve, alla intensità e flessibilità metabolica, alla resa energetica ed al problema dell'acidosi.

In generale la maggior parte degli Invertebrati marini adattati all'anaerobiosi presenta una maggiore versatilità metabolica rispetto a Echinodermi, Crostacei e Vertebrati dove prevale in anaerobiosi quasi esclusivamente la produzione del lattato, pur essendo stati descritti anche tra i Vertebrati molteplici prodotti finali specialmente per quanto riguarda i Pesci (Tab. 2).

Oltre all'anaerobiosi ambientale, gli animali marini possono presentare infine in analogia con i terrestri, anche il quadro dell'anaerobiosi, funzionale da intensa attività muscolare legata a predazione o fuga. In questo caso il metabolismo anaerobico riguarda solo un tessuto e non l'animale in toto, è di breve durata e mostra interessanti differenze con la anossia ambientale che verranno discusse successivamente.

Tab. 2 - Principali differenze metaboliche nell'anaerobiosi ambientale di animali marini.

	VERTEBRATI	INVERTEBRATI
- Fonti di energia:		
1) Fosfoguanidina	Creatina fosfato	Arginina fosfato
2) Substrati	Glicogeno	Glicogeno e aspartato
- Vie metaboliche prevalenti	* Glicolisi classica	Glicolisi ramificata e accoppiata all'aspartato
- Prodotti finali prevalenti	* L-lattato	Alanina, opine, D-lattato succinato e propionato
- Meccanismi di formazione di ATP	* Fosforilazione a livello del substrato	1) Fosforilazione a livello del substrato 2) Fosforilazione ossidativa
- Resa di ATP/ unità glicosilica		più elevata

* Anche in Echinodermi e Artropodi

RISERVE ENERGETICHE UTILIZZABILI IN ANAEROBIOSI

Arginina fosfato

In sostituzione della creatina fosfato, tipica fosfoguanidina dei Vertebrati, particolarmente funzionale appare la utilizzazione di arginina fosfato negli Invertebrati anaerobi facoltativi perchè con la sua idrolisi può fornire oltre ad energia un substrato per la formazione di octopina, caratteristico prodotto finale di questi animali. La concentrazione di arginina fosfato può variare a seconda del tipo di muscolo e della specie. Nel muscolo adduttore dei Bivalvi tale composto risulta più abbondante nella componente "phasic" rispetto alla "catch" e nei Cefalopodi nelle fibre muscolari dello strato centrale del mantello; questa riserva energetica è più elevata in Molluschi molto mobili (Pecten maximus, Loligo vulgaris), più scarsa ih altri sedentari (Buccinum undatum) o sessili (Mytilus edulis) (Kreutzer et al., 1985).

Tipica riserva degli Anellidi è inoltre un'altra fosfoguanidina, la fosforiltaurociamina, particolarmente utilizzata in Arenicola marina nella anaerobiosi funzionale (Siegmund et al., 1985).

Glicogeno

Tale riserva negli animali acquatici più adattati all'anaerobiosi risulta più abbondante rispetto ai terrestri e localizzata non solo nel

fegato o nell'epatopancreas, ma anche in altri organi o tessuti. Nel cuore di tartaruga marina i livelli di glicogeno sono 4-5 volte più elevati di quelli dei Mammiferi acquatici. Oltre alle sedi e alla entità dell'accumulo varia anche il tipo di riserva accumulata; infatti assieme alle comuni ß-particelle aumentano le α-particelle, più grandi di diametro ed i complessi glicogeno-membrana o "glycogen bodies" osservati oltre che nel fegato, anche in altri tessuti come il cuore di foca o il muscolo di Dipnoi (Hochachka e Somero, 1984). Nei Bivalvi il glicogeno si accumula anche nel muscolo adduttore (in maggior misura nella componente "phasic") e nel mantello presentando un ciclo stagionale in rapporto alle varie fasi del ciclo riproduttivo (Gabbot, 1976). Nei Cefalopodi il glicogeno rappresenta la fonte principale di energia sia in anaerobiosi che in aerobiosi, in questo ultimo caso assieme alla prolina, a differenza di altri animali che utilizzano principalmente lipidi (Storey e Storey, 1983).

Aspartato

Negli Invertebrati marini in anaerobiosi, a differenza dei Vertebrati che utilizzano solo glicogeno, viene inoltre utilizzato anche aspartato largamente disponibile come tutto il pool di amminoacidi liberi. L'aspartato viene generalmente utilizzato nelle prime ore di anaerobiosi e risulta più scarso in animali meno resistenti all'anossia (Placopecten, Nereis, Crostacei) (de Zwaan e Putzer, 1985). Negli Invertebrati di acqua dolce in anaerobiosi, non essendo elevata la disponibilità di aspartato libero, viene utilizzato invece il malato presente in notevole quantità.

L'apporto percentuale di energia durante l'anaerobiosi da parte di ATP, di arginina fosfato e del catabolismo di riserve metaboliche varia negli Invertebrati marini a seconda delle specie e del tipo di anaerobiosi (de Zwaan e Putzer, 1985).

VIE METABOLICHE ANAEROBICHE E REGOLAZIONI ENZIMATICHE

I principali adattamenti metabolici all'anossia, particolarmente sviluppati negli Invertebrati marini riguardano l'accoppiamento della glicolisi con il catabolismo dell'aspartato e la presenza di un punto di ramificazione della via glicolitica a livello del fosfoenolpiruvato, in grado di portare alla formazione di molteplici profotti finali (fig. 1).

Questa ramificazione è soggetta a vari meccanismi di regolazione sia per azione di modulatori allosterici sia per processi di fosforilazione della piruvato cinasi (de Zwaan, 1977; de Zwaan e Dando, 1984). In particolare la piruvato cinasi del tessuto muscolare di Bivalvi presenta proprietà regolatorie simili all' isozima del fegato dei Vertebrati terrestri piuttosto che a quello del muscolo. Recentemente è stato inoltre messo in evidenza che anche l'aspartato può svolgere un ruolo nel modulare l'attivita della piruvato cinasi in Molluschi (Storey, 1986).
Altre interessanti differenze con i Vertebrati nei processi di regolazione della glicolisi anaerobica riguardano la fosforilasi (Ebberink et al., 1981) e la fosfofruttocinasi (de Zwaan, 1983).

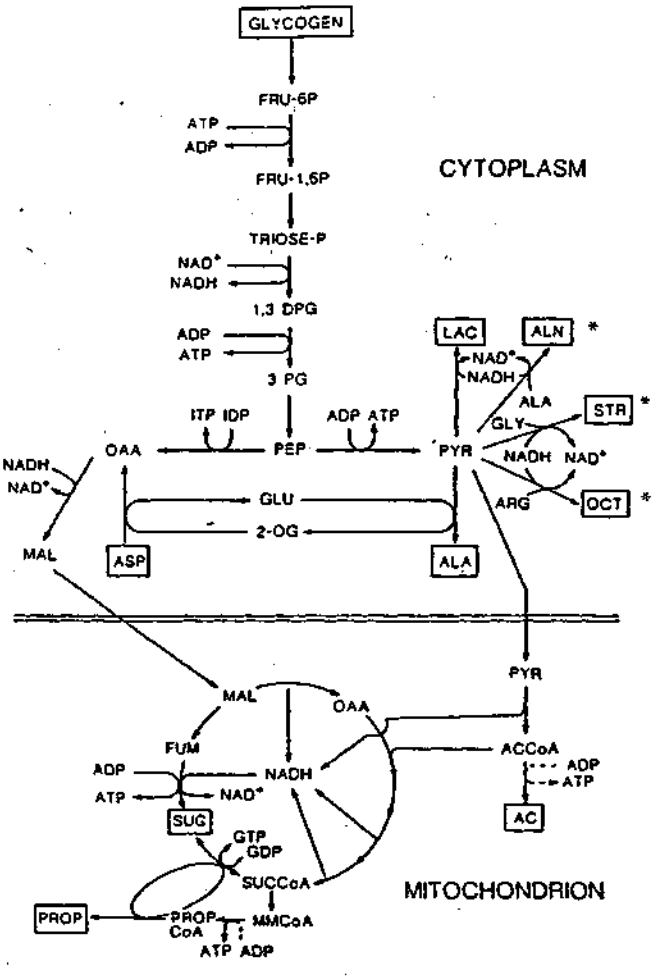


Fig. 1 - Schema del metabolismo energetico anaerobico in Molluschi Bivalvi. (Zurburg, 1981 rivisto dopo de Zwaan, 1987)
Ramificazione della glicolisi a livello del fosfoenolpiruvato (PEP). Substrati: GLYCOGEN = glicogeno; ASP = aspartato.
Prodotti finali: 1) via del piruvato (PYR): LAC = lattato; * opine, ALN = alanopina; STR = strombina; OCT = octopina; AC = acetato; 2) via dell'ossalacetato (OAA): SUC = succinato ; PROP = propionato.

La utilizzazione preferenziale di una delle due possibili vie metaboliche per la formazione dei prodotti finali può dipendere da vari fattori quali la durata dell'anaerobiosi, la stagione, i singoli tessuti, la specie o le condizioni ambientali (esposizione all'aria o immersione in acqua anossica) (de Zwaan, 1983).

PRODOTTI FINALI ANAEROBICI

a) Via del piruvato

Alanina.

Rappresenta il prodotto principale nelle prime ore di anaerobiosi in molti Invertebrati marini. Inizialmente si pensava che l'alanina si formasse unicamente nel citoplasma dal piruvato con donazione del gruppo aminico da parte dell'aspartato, mentre in Mytilus edulis, Busycon contrarium ed altri Molluschi i rapporti di substrati e prodotti, e gli studi con isotopi e inibitori metabolici fanno pensare alla sua formazione anche nel mitocondrio; in quest'ultimo caso l'aspartato donerebbe anche lo scheletro carbonioso (de Zwaan, 1986). Inoltre dalla L-alanina prodotta durante l'anaerobiosi, in Tapes philippinarum ed altri Bivalvi di zone salmastre o intertidali si forma D-alanina per la presenza dell'enzima racemasi (Matsushima et al., 1984). Fino ad ora questo ultimo prodotto finale è stato osservato unicamente in esemplari della infauna e mai nella epifauna, suggerendo l'ipotesi che la sua presenza sia legata ad un caratteristico habitat. A tal riguardo si può ricordare che l'ampia distribuzione di D-amminoacidi negli Invertebrati marini fa pensare a ruoli fisiologici e nutrizionali non ancora del tutto individuati (Preston, 1987).

Lattato.

Mentre nei Vertebrati marini, Echinodermi e Artropodi si forma L-lattato quale preponderante prodotto finale, negli altri Invertebrati prevale l'isomero D-lattato che risulta più scarso rispetto ad altri prodotti finali.
Utilizzando la stessa via del piruvato nel pesce di acqua dolce Carassius auratus è stata descritta inoltre la formazione di etanolo che presenterebbe il vantaggio di una facile escrezione non creando così particolari problemi di accumulo (Shoubridge e Hochachka, 1980). La capacità di produrre questo singolare prodotto finale, riscontrato finora molto raramente negli animali in anaerobiosi, sembra essere dipendente dalla temperatura (Van del Thillart et al., 1983).

Opine.

Caratteristici prodotti finali di Invertebrati marini, derivano dalla condensazione del piruvato con amminoacidi e, ad eccezione della octopina evidenziata per la prima volta nel Cefalopode Octopus octopodia (Morizawa, 1927), sono di recente individuazione: la strombina nel gasteropode Strombus gigas (Sangster et al., 1975); la alanopina nel Cefalopode Toda-

rodes pacificus (Sato et al., 1977). C'è da segnalare inoltre la identificazione ancora più recente di altre due opine anche se non è stato ancora studiato il loro eventuale accumulo in condizioni di ipossia od anossia. La tauropina è stata identificata nei gasteropodi Haliotis lamellosa del Mediterraneo e H. discus hannai dei mari giapponesi (Sato e Gäde, 1986). Nel piede del Bivalve Scapharca broughtonii è stata isolata la ß-alanopina in concentrazioni più di due volte maggiori rispetto alla octopina che prevale tra le altre opine (Sato et al., 1987). Nella formazione di ß-alanopina viene utilizzata come substrato ß-alanina presente, come amminoacido libero, in quantità molto più elevate rispetto ad altre specie di Molluschi. Pertanto in Scapharca laß-alanopina deidrogenasi potrebbe svolgere un importante ruolo fisiologico nel bilanciamento redox citoplasmatico durante l'anaerobiosi.

Da un'ampia ricerca effettuata da Livingstone et al. (1983), relativa a più di 100 specie di vari Phyla sulla distribuzione delle opine deidrogenasi, risulta che la strombina deidrogenasi essendo l'unico enzima di questo tipo presente nei Poriferi potrebbe essere ritenuta la più ancestrale (Tab. 3). In generale questi enzimi risultano contemporaneamente presenti in Phyla poco o mediamente evoluti, si riducono di numero nei più evoluti fino a mancare del tutto in Artropodi, Echinodermi e Cordati dove è presente unicamente lattico deidrogenasi con la identica funzione di riossidare il NADH riutilizzabile così in glicolisi.

Le singole opine deidrogenasi possono inoltre risultare variamente distribuite anche all'interno di una determinata classe. Ad esempio nei Molluschi Bivalvi la octopina deidrogenasi risulta assente nelle specie

Tab. 3 - Distribuzione delle opine deidrogenasi e della lattico deidrogenasi in animali (da Livingstone et al., 1983)

	StrDH	AlaDH	ODH	LDH
PORIFERI	+			+
CELENTERATI	+	+	+	+
MEMERTINI	+	+	+	+
SIPUNCULIDI	+	+	+	+
ANELLIDI	+	+		+
BRACHIOPODI	+	+	+	+
MOLLUSCHI	+	+	+	+
ECHINODERMI				+
ARTROPODI				+
CORDATI				+

StrDH, strombinadeidrogenasi; AlaDH, alanopinadeidrogenasi; ODH, octopina deidrogenasi ; LDH, latticodeidrogenasi.

totalmente sedentarie (Ostreidi), compare nei Mitilidi sessili e risulta più elevata in specie più attive (Tassodonti, Eterodonti e Adapedonti) o del tutto mobili (Pectinidi). Nei Gasteropodi tale enzima prevale soprattutto nei Neogasteropodi, è presente negli Archeo- e Mesogasteropodi mentre non compare in Opistobranchi e Polmonati.

La presenza della lattico deidrogenasi è, a differenza delle singole opine deidrogenasi, ubiquitaria pur presentando una evoluzione molecolare e di specificità.

Tra i fattori che possono spiegare la presenza delle opine deidrogenasi in animali marini e la loro assenza in animali di acqua dolce o terrestri, è stata citata la più ampia disponibilità di amminoacidi liberi, substrati di queste reazioni, nei tessuti degli animali marini; tale ipotesi tuttavia non spiega la scomparsa di questi enzimi in Artropodi, Echinodermi e Cordati marini. E' stato descritto anche un aumento della complessità molecolare enzimatica con il procedere dell'evoluzione. Dalle opine deidrogenasi più ancestrali, tutte monomeriche si passa infatti alla D-lattico deidrogenasi dimerica nei Molluschi e Policheti ed alla L-lattico deidrogenasi tetramerica in Artropodi, Echinodermi e Cordati.

La presenza contemporanea in una singola specie di più opine deidrogenasi potrebbe far pensare ad una suddivisione di compiti con specificità o per l'anaerobiosi funzionale o per quella ambientale evitando così una possibile inibizione da prodotto finale nel caso che i due tipi di anaerobiosi si susseguano tra loro come può avvenire negli animali della zona intertidale (Gäde e Grieshaber, 1986).

I possibili vantaggi nella produzione delle opine come alternativa alla formazione del lattato sono stati ampiamente descritti da Fields (1983).

b) Via dell'ossalacetato

Tale via rappresenta una vantaggiosa alternativa rispetto alla glicolisi classica anaerobica ed è resa possibile negli animali marini adattati all'anaerobiosi per la presenza ubiquitaria nei vari tessuti della fosfoenolpiruvato carbossicinasi che trasforma il fosfoenolpiruvato in ossalacetato a sua volta convertito in malato che entra nel mitocondrio e si collega al ciclo di Krebs (Fig. 1). Nei Vertebrati tale enzima è presente invece prevalentemente nel fegato e funziona unicamente nella direzione opposta durante il processo di gluconeogenesi.

Succinato

Negli Invertebrati marini in anaerobiosi la formazione di succinato per riduzione del fumarato è possibile tanto dall'aspartato che dal glicogeno, percorrendo un tratto del ciclo di Krebs in senso antiorario a differenza degli Invertebrati di acqua dolce in cui i precursori sono glicogeno e malato. Il succinato prodotto in misura rilevante in molti Invertebrati marini risulta scarso invece in Pectinidi, Cefalopodi, Artropodi e Vertebrati marini. La formazione di tale prodotto finale in Mytilus edulis, come in altri Invertebrati è in funzione della durata dell'anaerobiosi, risultando più elevata solo nel caso di anaerobiosi

prolungata (de Zwaan, 1983). Inoltre con l'impiego di inibitori specifici (aminoossiacetato per le transaminasi e mercaptopicolinato per la fosfoenolpiruvato carbossicinasi) è stato possibile osservare che in Mytilus edulis la via di formazione del succinato dipende dalla stagione; infatti la fonte di tale composto durante l'inverno è soprattutto l'aspartato mentre in estate prevale il glicogeno (de Zwaan et al., 1981).
Nei Vertebrati marini in anaerobiosi il succinato è stato soprattutto riscontrato nel fegato di Pesci (Anguilla anguilla, Van Waarde et al., 1983 e Platicthys flesus, Jorgensen e Mustafa, 1980) e nel sangue di Mammiferi marini (foca, leone marino, Hochachka et al., 1984).
La bassa produzione di succinato nei tessuti muscolari dei Vertebrati marini è dovuta alla quasi totale inattività della fosfoenolpiruvato carbossicinasi in questo tessuto dei Vertebrati (Crabtree et al., 1972). L'unica fonte di succinato risulta pertanto in questo caso l'aspartato.

Propionato

Il propionato può derivare in anaerobiosi dalla successiva trasformazione di succinato attraverso il succinilCoA, metilmalonilCoA e propionilCoA (Fig. 1) e presenta negli Invertebrati marini un tempo di latenza più lungo rispetto agli Invertebrati di acqua dolce. A tal riguardo la formazione di propionato sembra collegata alla posizione filogenetica e all'habitat della specie (de Zwaan, 1986). Tale prodotto finale presenta infatti dall'inizio dell'anaerobiosi una latenza lunga nei Gasteropodi marini, più breve nei lacustri mentre nei terrestri non viene formato. Nei Bivalvi marini in genere il propionato compare dopo un giorno di latenza con l'eccezione di due specie del genere Venus che non producono propionato neppure dopo 48 ore di anaerobiosi (Kluytmans e Zandee, 1983), mentre nei Bivalvi lacustri compare subito nelle prime ore di anossia.
La produzione di propionato sembra dipendere inoltre dalla temperatura ambientale risultando maggiore nel periodo estivo (Kluytmans et al., 1980). Il propionato infine presenta il vantaggio di essere facilmente escreto dall'animale non creando pertanto problemi legati a fenomeni di accumulo.
A tal riguardo lo stesso vantaggio presentano altri acidi grassi volatili, prodotti finali anaerobici di Invertebrati marini e di acqua dolce, quali acetato, butirrato, valerato ed i rispettivi ramificati, isobutirrato e isovalerato. Questi ultimi quattro composti tuttavia vengono prodotti in quantità minore con un ordine di grandezza una o due volte inferiore rispetto ad acetato e propionato (Van den Thillart e de Vries, 1985).

BILANCIO ENERGETICO DELLE VIE METABOLICHE ANAEROBICHE

Il vantaggio della formazione di succinato e propionato quali prodotti finali è una maggiore produzione di ATP rispetto al lattato ed alle opine. A differenza della glicolisi classica, in questo caso vi sono infatti due nuove possibilità di formazione di ATP.
La prima, fino al prodotto finale succinato, si realizza mediante una

fosforilazione ossidativa mitocondriale con una particolare catena respiratoria anaerobica che ha come accettore finale di elettroni il fumarato e conserva il primo sito di fosforilazione (Fig. 2) (Schroff e Schöttler, 1977; Holwerda e de Zwaan, 1979).

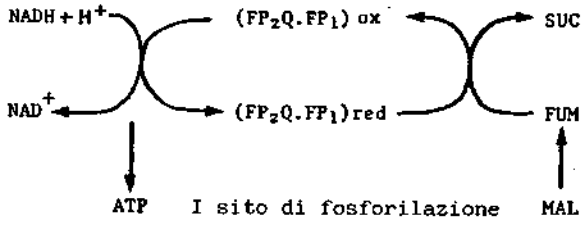


Fig. 2 - Fosforilazione ossidativa nella anaerobiosi di Invertebrati marini (de Zwaan et al., 1985)
MAL, malato; FUM, fumarato; SUC, succinato.

I coenzimi ridotti (NADH) che iniziano questa particolare catena respiratoria provengono dal ciclo di Krebs che negli animali marini adattati all'anaerobiosi può essere percorso in entrambe le direzioni (Fig. 1). In mitocondri isolati del mantello di Mytilus edulis in anaerobiosi su sette molecole di malato che entrano nel ciclo di Krebs, 5 vanno in senso antiorario fino alla formazione di succinato quale prodotto finale e 2 in senso orario con la produzione di NAD ridotto che serve appunto per ridurre il fumarato a succinato attraverso la catena respiratoria anaerobica (de Zwaan et al., 1981).

La seconda nuova possibilità di produzione di ATP rispetto alla glicolisi classica si ha quando il prodotto finale è il propionato mediante una fosforilazione a livello del substrato.

Pertanto la resa in ATP nel metabolismo anaerobico della maggior parte di Invertebrati marini può risultare anche due volte maggiore rispetto a quella di Crostacei, Echinodermi e Vertebrati in cui prevale come prodotto finale il lattato (Tab. 4).

In conclusione la via dell'ossalacetato rispetto alla glicolisi classica fornisce una maggiore resa energetica e può assicurare una più alta capacità di sopravvivenza durante l'anaerobiosi. Per alcune specie tuttavia tale strategia può non essere sufficiente. Infatti Kluytmans et al., (1983) esaminando in condizioni anaerobiche varie specie di Molluschi Bivalvi del Mediterraneo, riscontra i più alti livelli di succinato in Venus gallina e Tellina planata che presentano d'altra parte la mortalità più elevata.

Tab. 4 - Bilancio energetico delle vie metaboliche anaerobiche (semplificato e modificato da de Zwaan, 1983).

Via metabolica	ATP prodotti
UNITA' GLICOSILICA --------→LATTATO	3
UNITA' GLICOSILICA --------→OPINE	3
UNITA' GLICOSILICA --------→SUCCINATO	5
UNITA' GLICOSILICA --------→PROPIONATO	7

RIDUZIONE DELLA INTENSITÀ METABOLICA

Un'altra strategia sembra invece determinante nell'assicurare maggiori tempi di sopravvivenza in anaerobiosi ed è la capacità di diminuire notevolmente le attività fisiologiche e l'intensità metabolica con conseguente calo della domanda energetica. E' riportato un fattore di riduzione anche di 75 volte nei Molluschi e di circa 10 volte in Anellidi e Crostacei, nel passaggio da aerobiosi ad anaerobiosi per quanto riguarda l'intensità di turnover dell' ATP (de Zwaan e Van den Thillart, 1985). A tal riguardo può essere interessante notare che in Molluschi Bivalvi del Mediterraneo la minore riduzione di turnover di ATP si manifesta in Tellina planata (20% del valore aerobico) e in Venus gallina (6,4%) che non sopravvivono alla fine delle 48 ore di anaerobiosi sperimentale, mentre una riduzione più elevata si ha in Scapharca inaequivalvis (3%) e in Glycimeris pilosa (1,8%) che sopravvivono più a lungo (Kluytmans et al., 1983).

La riduzione della domanda energetica sembra avvenire in due tempi con intensità crescente con il progredire della anaerobiosi (de Zwaan e Putzer, 1985).

Per quanto riguarda l'apporto delle varie fonti energetiche, durante le prime ore di anaerobiosi, l'energia necessaria deriva sia dal catabolismo del glicogeno e dell'aspartato che dalle riserve di ATP e fosfoarginina, mentre nelle successive ore, quando ormai i fosfageni e l'aspartato sono stati consumati, l'energia deriva quasi esclusivamente dal catabolismo del glicogeno.

Anche nei Vertebrati marini è stata osservata una notevole depressione metabolica durante la anossia con un rallentamento del flusso glicolitico proporzionale alla durata di esposizione. Nei Mammiferi marini risulta difficile misurare l'entità di tale fenomeno pur tuttavia viene indicato un fattore di riduzione di 2-3 volte (Hochachka e Somero, 1984). Nelle tartarughe durante le comuni immersioni l'intensità metabolica può scendere al 20% del valore corrispondente ad una condizione aerobica con un fattore di riduzione di 5 volte, mentre nella fase di vita nel fango dei

fondali marini che può durare alcuni mesi si può avere una riduzione addirittura superiore a 20 volte instaurandosi un quadro vero e proprio di ibernazione (Penney, 1987). Nei Pesci si hanno soprattutto studi relativi a specie di acqua dolce come Carassius auratus che può resistere anche settimane e mesi all'anossia e presenta una riduzione dell'intensità metabolica di circa 5 volte. Per quanto riguarda le specie marine i dati sono scarsi e dipendenti dalle singole specie. In Anguilla anguilla (Van Vaarde et al., 1983) si ha una riduzione nel cuore e nel muscolo bianco rispettivamente di circa 10 e 5 volte mentre in Platichthys flesus (Jorgensen e Mustafa, 1980) nel cuore si ha una riduzione di 5 volte ed, al contrario nel muscolo bianco si avrebbe un aumento dell'intensità metabolica.

ANAEROBIOSI FUNZIONALE

Questo tipo di anaerobiosi si instaura in singoli tessuti sottoposti ad una intensa attività metabolica per movimenti di predazione, fuga , escavazione di cunicoli ecc.. Nelle specie particolarmente adattate alla anaerobiosi funzionale sono state osservate nei tessuti muscolari ipertrofia, variazione nel tipo di fibre, aumento nella concentrazione di substrati ed enzimi chiave del metabolismo anaerobico, prevalenza di particolari isozimi e maggiori capacità tampone (Hochachka et al., 1983). Sono stati a tal riguardo particolarmente studiati il muscolo della parete corporea di Anellidi e Sipunculidi, il muscolo retrattore di Gasteropodi, il muscolo adduttore di Bivalvi, il mantello di Cefalopodi e vari tipi di muscolo di Crostacei. Un'ampia rassegna del metabolismo energetico nei due tipi di anaerobiosi in Artropodi e Molluschi è stata recentemente effettuata da Gäde (1983a).

Le principali differenze con l'anaerobiosi ambientale sono riassunte nella tab. 5.

L'aumento della domanda energetica rispetto ad una condizione di riposo è stata calcolata di 20 volte nei Molluschi e di 60 volte nei Crostacei (de Zwaan e Putzer, 1985).

Nell'anaerobiosi funzionale la via preferenziale per la formazione di prodotti finali è quella del piruvato con formazione prevalente di opine nella maggioranza degli Invertebrati o di lattato in Crostacei, Echinodermi e Cordati. La concentrazione del prodotto finale risulta direttamente proporzionale al numero delle contrazioni ed alla capacità muscolare.

Per quanto riguarda le opine la predominanza dei singoli composti può essere collegata a differenti comportamenti delle specie. Nei Molluschi, ad esempio, nell'anaerobiosi funzionale di Gasteropodi più attivi, Pectinidi e Cefalopodi prevale la octopina, mentre in Strombidi vengono prodotte soprattutto strombina e alanopina.

All'interno di una singola specie vi può essere inoltre un diverso prodotto finale a seconda del tipo di anaerobiosi. In Cardium tuberculatum durante l'anaerobiosi funzionale è stata osservata la formazione prevalente di octopina, mentre durante l'anaerobiosi ambientale, viene prodotto soprattutto D-lattato (Meinardus e Gäde, 1986), in Arenicola marina

Tab. 5 - Principali differenze tra i due tipi di anaerobiosi.

Anaerobiosi ambientale	Anaerobiosi funzionale
1) Anossia causata da fattori esterni sull'animale "in toto"	1) Anossia nei tessuti muscolari per intensa attività dell'animale
2) tipica di animali sessili o poco mobili	2) tipica di animali con elevata capacità locomotrice
3) lunga durata (anche settimane e mesi)	3) breve durata (pochi minuti)
4) prodotti finali prevalenti: succinato > lattato e opine	4) prodotti finali prevalenti: lattato e opine > succinato
5) elevata resa in ATP/unità glicosilica	5) bassa resa in ATP/unità glicosilica
6) diminuita intensità metabolica (effetto Pasteur assente).	6) aumentata intensità metabolica (effetto Pasteur).

rispettivamente alanopina e strombina ed in Ensis directus octopina e strombina.

STRATEGIE PER ATTENUARE LA ACIDOSI

A differenza dell'anaerobiosi ambientale in cui il maggiore problema è costituito dal risparmio delle riserve energetiche, nell'anaerobiosi funzionale la difficoltà più seria è l'instaurarsi dell'acidosi dovuta alla idrolisi di ATP ed all'accumulo in quantità rilevanti di prodotti finali a causa dell'elevato aumento del flusso glicolitico. Nel passaggio da aerobiosi ad anaerobiosi nei fluidi extrapalleali di Mytilus edulis è stata osservata una diminuzione di pH di 1 unità (Wijsman, 1975) e più di recente nel cuore del gasteropode Busycon contrarium una diminuzione di pH di 0,2 unità (Ellington, 1983b). Nel sangue di foca è stata descritta una variazione del pH da 7,4 a 6,8 nel passaggio da aerobiosi ad anaerobiosi funzionale (Kooyman et al., 1980) ed analoghi valori sono stati riscontrati in tartaruga (Jackson e Silverblatt, 1974).
Nei Pesci la capacità tampone risulta proporzionale alla capacità anaerobica del tessuto muscolare. Nei tonni, dotati di velocità molto sostenuta, entrambe tali capacità presentano infatti livelli elevati, valori inferiori sono stati riscontrati in pesci di acque poco profonde mentre gli indici più bassi sono stati rilevati in pesci abissali dotati di

scarsa attività motoria (Castellini e Somero, 1981).
Varie strategie sono state individuate negli animali marini per attenuare il problema della acidosi da anossia.
Alcuni enzimi glicolitici presentano infatti, come adattamento all'anaerobiosi, pH ottimali più acidi rispetto ai Vertebrati terrestri. Inoltre il lattato del tessuto muscolare non diffonde nel sangue e negli altri tessuti a causa della ipoperfusione instauratasi.
Nel muscolo dei Pesci e in Mammiferi acquatici è stata riscontrata inoltre una elevata attività della AMP deaminasi con produzione di ammoniaca che neutralizza i protoni liberati dall'acido lattico mediante formazione di ioni ammonio (Driedzic e Hochachka, 1976).
Altre strategie contro l'acidosi sono inoltre l'idrolisi di fosfageni che consuma ioni H^+ (Hochachka e Mommsen, 1983) (creatina fosfato nei Vertebrati e arginina fosfato negli Invertebrati) e la presenza di elevate concentrazioni in Mammiferi acquatici dei dipeptidi muscolari anserina e carnosina che funzionano da tamponi peptidici mediante la istidina da essi contenuta che risulta un buon acido base generale al pH cellulare (Davey, 1960; Castellini, 1981). Nei Pesci analoga capacità tampone è data invece da elevate concentrazioni di istidina libera (Abe, 1981).
L'alta capacità tampone nelle tartarughe marine sembra dovuta a carbonato di calcio in dipendenza di elevati livelli di ioni calcio riscontrati nel sangue. Nei fluidi pericardici tale tampone non viene utilizzato nelle immersioni sperimentali di laboratorio ma verosimilmente dovrebbe avere un ruolo importante nelle anaerobiosi fisiologiche a lungo termine (Jackson e Silverblatt, 1974).
Negli Invertebrati è stata riscontrata un'alta capacità tampone nel muscolo pedale retrattore di Gasteropodi, nel mantello di Cefalopodi (mentre risulta più bassa nel muscolo della pinna), nel muscolo flessore addominale di Crostacei (più bassa nel muscolo degli arti). Depositi di carbonato di calcio solubilizzati durante la anaerobiosi come antiacidosici sono quelli della conchiglia di Molluschi (Crenshaw e Neff, 1969).
Un'altra strategia tipica degli Invertebrati è infine la produzione di prodotti finali volatili, facilmente escreti come propionato e acetato. A tal riguardo analogo vantaggio presenta la produzione di etanolo riscontrata in alcuni specie di acqua dolce del genere Carassius.

RECUPERO DOPO L'ANAEROBIOSI

Nella fase di recupero susseguente periodi di anaerobiosi, viene pagato un "debito di ossigeno" sia per saturare i liquidi corporei ed i pigmenti respiratori sia per ricostituire le riserve energetiche e metabolizzare i prodotti finali anaerobici precedentemente accumulati. In generale il ritorno alla normale situazione metabolica aerobica è più veloce negli organismi della zona intertidale, sottoposti ciclicamente a causa delle escursioni di marea a fasi alternate di aerobiosi ed anaerobiosi (Ellington, 1983a).
In alcuni Molluschi i livelli delle riserve energetiche raggiungono molto rapidamente i valori preanossici (Mytilus edulis Zurburg et al., 1982 e

Cardium edule, Gäde e Meinardus, 1981), mentre in altri occorrono tempi più lunghi (Mercenaria mercenaria, Korycan e Storey, 1983 e M. squamosus, Ellington, 1983).

Per quanto riguarda i prodotti finali anaerobici c'è da segnalare che nelle prime ore di recupero possono presentare un ulteriore aumento indicando una momentanea esaltazione del flusso glicolitico per soddisfare l'elevata domanda energetica eccedente la stessa capacità aerobica del tessuto. In questa fase vengono soprattutto prodotte con un accumulo preferenziale a seconda delle specie, acetato, opine o lattato piuttosto che succinato. Nelle prime ore di recupero infatti in Arenicola si accumula principalmente acetato, in Sipunculus, Mytilus e Strombus strombina, in Pecten e Clamys octopina e nei Crostacei lattato (de Zwaan e Putzer, 1985). Successivamente i prodotti finali anaerobici tendono a diminuire rapidamente o mediante escrezione (acetato e propionato, ed anche succinato in Anellidi) o mediante ossidazione in situ. A tal riguardo il succinato torna a livelli prossimi a quelli preanossici già dopo un'ora di recupero in Lima hians (Gäde, 1983b) mentre Mytilus edulis (Zurburg et al., 1982) richiede un tempo più lungo (da 2 a 6 ore al variare della durata dell'anaerobiosi precedente il recupero).

Nel Cefalopode Sepia officinalis, con sistema circolatorio ben sviluppato, è stato descritto un ciclo della octopina tra muscolo, mantello, sangue ed altri tessuti (Storey e Storey, 1983), del tutto analogo al ciclo di Cori relativo al lattato tra muscolo e fegato dei Vertebrati (Fig. 3).

In Sepia sarebbero infatti presenti nei vari tessuti differenti isozimi della octopina deidrogenasi che favorirebbero nel muscolo e nel mantello la sintesi di octopina successivamente idrolizzata nel cervello, cuore e branchie in arginina e piruvato convertito poi in glucosio. Trasportati

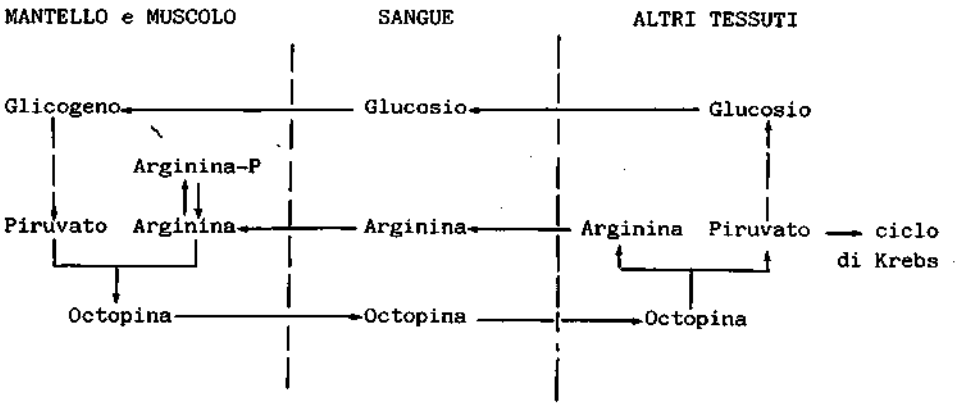


Fig. 3 - Ciclo di metaboliti in Cefalopodi nella fase di recupero dopo anaerobiosi (Storey e Storey, 1983).

di nuovo nel muscolo e nel mantello glucosio e arginina servirebbero a ricostituire le riserve di glicogeno e arginina fosfato.
Un'altra ipotesi sul destino di arginina durante il recupero prevede la trasformazione in prolina che successivamente può confluire nel ciclo di Krebs. Si costituirebbe così un ulteriore diretto legame tra metabolismo anaerobico e metabolismo ossidativo aerobico (Hochachka e Fields, 1983).

RICERCHE SUL METABOLISMO ANAEROBICO DI MOLLUSCHI BIVALVI DELL'ADRIATICO

Da alcuni anni è in corso da parte del nostro gruppo di ricerca una analisi comparata sul metabolismo anaerobico di due specie di Molluschi Bivalvi dell'Adriatico (Venus gallina, la comune vongola e Scapharca inaequivalvis, di recente insediamento) che mostrano una diversa capacità di adattamento e sopravvivenza all'anossia sperimentale, condizione analoga a quella che si può determinare in seguito ad intensi processi di eutrofizzazione (Isani, 1987) (Tab. 1).
Sono state messe in evidenza varie differenze tra le due specie in esame sia nell'accumulo di glicogeno, sia nelle caratteristiche cinetiche e regolatorie di alcuni enzimi chiave sia nella composizione dei prodotti finali anaerobici.
In particolare i livelli di glicogeno presentano in entrambe le specie fluttuazioni stagionali legate al ciclo riproduttivo ma risultano sempre più abbondanti in Venus rispetto a Scapharca maggiormente resistente all'anossia e pertanto, nell'ambito di queste due specie, tali riserve non sembrano essere un fattore limitante la capacità di sopravvivenza in assenza di ossigeno (Cattani et al., 1983 e 1986).
La piruvato cinasi di Scapharca presenta una brusca diminuzione di attività in anaerobiosi a differenza di quanto avviene in Venus dove rimane pressochè costante (Carpené et al., 1985); tale enzima risulta inoltre sempre in Scapharca più sensibile "in vitro" sia a processi di fosforilazione (Hakim et al., 1985) sia all'azione di modulatori allosterici (fruttosio 1-6 difosfato, alanina, ATP e ioni mono e bivalenti (Cortesi e Carpené 1981; Carpené et al., 1984). In Scapharca quindi la regolazione enzimatica risulterebbe più modulabile a livello del punto di ramificazione della glicolisi anaerobica (Cortesi et al., 1985).
Inoltre durante l'anaerobiosi in Scapharca inaequivalvis, a differenza del mitilo del Mare del Nord (Holwerda et al., 1983) e di quanto osservato precedentemente "in vitro", non sembrano funzionare meccanismi di regolazione della piruvato cinasi tramite processi di fosforilazione-defosforilazione, mentre viene ipotizzata una eventuale regolazione mediante variazioni dello stato di aggregazione dell'enzima (Isani, 1987).
In entrambe le specie dell'Adriatico, in condizioni anaerobiche, l'energia deriva quasi esclusivamente dal catabolismo a causa della scarsa entità delle riserve di ATP e di fosfoarginina a differenza della maggior parte dei Molluschi Bivalvi del nord Europa. In particolare nelle prime ore di anaerobiosi viene utilizzato principalmente aspartato e successivamente glicogeno.
Per quanto riguarda i prodotti finali anaerobici Scapharca presenta una

maggiore versatilità metabolica con formazione di succinato, alanina, octopina e alanopina/strombina mentre in Venus è stato osservato unicamente un accumulo di succinato, in quantità peraltro nettamente superiore a Scapharca (Carpené et al., 1981).
Nel muscolo adduttore di Scapharca, rispetto alla componente "catch", la "phasic" mostra una. maggiore disponibilità di ATP e un più alto potenziale glicolitico confermando la diversa specializzazione metabolica di questi due tipi di muscolo dei Bivalvi. Inoltre in anaerobiosi nelle due componenti muscolari si osserva la stessa composizione di prodotti finali che presentano tuttavia livelli più elevati nella componente "phasic" (de Zwaan, Cortesi et al., dati non pubblicati).
In Scapharca è stata inoltre studiata anche la fase di recupero successiva all'anaerobiosi. Il ripristino delle riserve energetiche (ATP e arginina fosfato) appare più lento rispetto a Molluschi Bivalvi del Mare del Nord, mentre per quanto riguarda i prodotti finali anaerobici precedentemente formati, il succinato viene rapidamente eliminato, l'alanina più lentamente e l'octopina al contrario continua ad aumentare nelle prime ore del recupero per l'elevata domanda energetica di questa fase, non completamente soddisfatta dal metabolismo aerobico (Isani, 1987).
In conclusione le maggiori riserve di glicogeno e il più intenso sfruttamento della via del succinato, che porta ad una più alta produzione di ATP, non assicurano tuttavia a Venus una migliore resistenza all'anaerobiosi. La maggiore sopravvivenza di Scapharca in condizioni anossiche sembrerebbe quindi, dai risultati finora acquisiti, collegarsi piuttosto ad una maggiore riduzione della domanda energetica.
I differenti adattamenti metabolici all'anaerobiosi evidenziati in esemplari di Venus e Scapharca, potrebbero essere collegati al diverso habitat di provenienza delle due specie in esame: Venus gallina è infatti autoctona dell'Adriatico mentre Scapharca inaequivalvis, comparsa nelle acque costiere dell'Adriatico solo recentemente, è di origine indopacifica.

CONCLUSIONI

In questa rassegna comparata sono state messe in evidenza le varie strategie metaboliche che permettono agli animali marini di sopravvivere in condizioni anaerobiche anche per periodi prolungati. Rispetto ai Vertebrati terrestri le principali strategie originali che permettono questo adattamento sono il maggior accumulo di riserve energetiche, una maggiore resa energetica per mole di substrato, una depressione metabolica con conseguente minore domanda energetica ed una maggiore capacità tampone.
In generale gli Invertebrati marini presentano in concomitanza con una maggiore capacità di sopravvivenza una più ampia flessibilità metabolica con molteplicità di prodotti finali, caratteristiche meno sviluppate o addirittura perse con il procedere dell'evoluzione verso i Vertebrati.
I più adattati all'anaerobiosi risultano animali sessili o poco mobili, mentre i più mobili, provvisti di minori adattamenti, hanno maggiori possibilità di fuga dalle zone anossiche.

Oltre a questi aspetti teorici relativi alla identificazione e comparazione di particolari modelli biochimici, lo studio del metabolismo anaerobico degli animali marini offre lo spunto per formulare interessanti correlazioni fisiopatologiche con altri organismi viventi.
I processi biochimico-fisiologici descritti nei Mammiferi acquatici in immersione sono stati recentemente trovati analoghi a quelli del feto umano durante lo stress anaerobico della nascita (Lagercrantz e Slotkin, 1986).

Nel settore clinico particolare interesse presenta lo studio degli adattamenti biochimici che permettono ad animali marini il normale funzionamento in anossia di organi vitali quali cuore (Collicut e Hochachka, 1977) e cervello (Lutz et al., 1985) ed in particolare la via che porta alla formazione di succinato con una resa maggiore di ATP. A tal riguardo anche nel cuore di ratto perfuso in anaerobiosi è stata osservata una rilevante produzione di succinato specialmente dopo l'aggiunta di intermedi del ciclo di Krebs al perfusato (Penney e Cascarano, 1970). Tale produzione può essere accoppiata al trasferimento di energia come la assunzione di ioni calcio da parte dei mitocondri del cuore (Schertzer e Cascarano, 1978).
Può suscitare l'invidia dei subacquei il fatto che nelle prime fasi di immersione della foca, la milza si contrae e rifornisce il sangue di globuli rossi ricchi di ossigeno, immagazzinato prima dell'apnea, fungendo da "autorespiratore contrattile" (Zapol, 1987).
Negli Invertebrati marini anaerobi facoltativi per la formazione di succinato e propionato con una maggiore resa di ATP, si realizza la stessa via metabolica riscontrata in batteri chemiotrofi e del rumine, in protozoi (Kröger, 1978) e in parassiti gastrointestinali dell'uomo quali Nematodi e Cestodi (Fairbairn, 1970). A tal riguardo il meccanismo d'azione di molti antielmintici prevede il blocco della fumarato reduttasi che catalizza proprio la formazione di succinato.
Per quanto riguarda le opine, oltre alla recentissima individuazione di alcune di esse è interessante notare che, nelle ricerche relative alla chemorecezione, la strombina disciolta nell'acqua presenta la caratteristica di attrarre i Pesci (Sangster, 1975).
Infine alcune opine prodotti finali fisiologici durante l'anaerobiosi di Invertebrati marini, sono state invece riscontrate in processi tumorali di alcuni vegetali (Otten et al., 1977).
Un importante obiettivo futuro collegato allo studio del metabolismo anaerobico potrebbe essere la determinazione nelle varie specie marine dell'apporto percentuale dei processi aerobici ed anaerobici per la produzione totale di energia, al variare delle concentrazioni di ossigeno disciolto come è già stato fatto per l'anellide di acqua dolce Lumbriculus variegatus (Putzer, 1985). Si potrebbero cosi ottenere i valori soglia di ipossia al di sotto dei quali l'animale passa ad un metabolismo totalmente anaerobico ed i valori minimi di ossigenazione dell'acqua richiesti per la ripresa di processi aerobici.
Inoltre per quanto riguarda la carenza di ossigeno particolare interesse ha suscitato lo studio delle caratteristiche molecolari della emoglobina

di Scapharca inaequivalvis che presenta rilevanti differenze con quella dei Vertebrati in grado di assicurare un funzionamento ottimale anche in condizioni di acidosi (Chiancone et al., 1982 e 1985) come può avvenire durante la fase di recupero dopo anaerobiosi. La presenza di tale pigmento respiratorio potrebbe inoltre favorire questa specie in condizioni di ipossia quali quelle determinate da processi di eutrofizzazione.
Infine la capacità di sopravvivenza all'anaerobiosi e le differenti vie metaboliche possono essere influenzate dalla presenza concomitante di altre condizioni sfavorevoli quali la eccessiva produzione di idrogeno solforato ad opera di batteri o l'inquinamento da prodotti chimici. Un altro obiettivo potrà essere quindi quello di esaminare l'incidenza di tali fattori sulla anaerobiosi delle varie specie marine.
A tal riguardo una ricerca triennale su Molluschi Bivalvi dell'Adriatico è stata recentemente approvata dalla CEE nell'ambito dei programmi relativi all'ambiente e prevede la collaborazione del nostro gruppo di ricerca con le Università di Utrecht, Odense e Ottawa.
Ricerche effettuate in aree di mare olandesi hanno messo in evidenza in esemplari di Mytilus edulis sottoposti ad anaerobiosi che il rapporto opine/succinato+propionato ed, in misura ancora più significativa i singoli livelli di propionato tendono ad aumentare nelle zone di mare più inquinate e pertanto tali parametri, confermati da ulteriori verifiche, potrebbero in futuro essere utilizzati quali indici biochimici di stress (de Zwaan e de Cock, 1987).

RINGRAZIAMENTI

Le ricerche sul metabolismo anaerobico di Molluschi Bivalvi nell'Adriatico sono state effettuate presso il Dipartimento di Biochimica dell'Università di Bologna ed il Centro Universitario di Studi e Ricerche sulle Risorse Biologiche Marine di Cesenatico con finanziamenti M.P.I. 40% e 60%. Si ringraziano i collaboratori del gruppo di ricerca, 0. Cattani, G. Isani, E. Carpené, G. Vitali, M. Marchiani e A. de Zwaan ed il Consorzio per il Centro Universitario di Cesenatico per la utilizzazione degli impianti di stabulazione e dei laboratori.

BIBLIOGRAFIA

- ABE H. (1981) Determination of L-histidine-related compounds in fish muscle using high-performance liquid chromatography - Nippon Suisan Gekkaishi 47, 139.
- ANDERSEN H.T. (1966) Physiological adaptations in diving Vertebrates Physiol. Rev. 46, 212-243.
- BLAZKA 0. (1958) The anaerobic metabolism of fish - Physiol. Zool. 31, 117-128.
- BERKSON -H. (1966) Physiological adjustments to prolonged diving in the Pacific green turtle (Chelonia agassizii) - Comp. Biochem. Physiol. 18, 101-119.
- CARPENE' E., CORTESI P. and ZURBURG W. (1981) Anaerobic metabolism in the Bivalves Scapharca inaequivalvis (Bruguière) and Venus gallina L. - Abstract of the third ESCPB Congress Noordwijkerhout - The Netherlands, p. 118, Pergamon Press, Oxford.
- CARPENE' E., CORTESI P., ISANI G. and CATTANI 0. (1984) Characteristics of pyruvate kinase isolated from the adductor muscle of the adriatic mollusc Venus gallina - Comp. Biochem. Physiol. 77B, 693-698.
- CARPENE' E., ZURBURG W., CORTESI P. ISANI G. and CATTANI 0. (1985) Effetti biochimici dell'anaerobiosi in Venus gallina L. e Scapharca inaequivalvis (Bruguière) - Boll. Soc. It. Biol. LXI, 707-714.
- CASTELLINI M.A. (1981) Biochemical adaptations for diving in marine mammals - Ph. D. Thesis - University of California, San Diego.
- CASTELLINI M.A. e SOMERO G.N. (1981) Buffering capacity of vertebrate muscle: correlations with potential for anaerobic function - J.Comp. Physiol. 143, 191-198.
- CATTANI O., CORNI M.G., CARPENE' E., ISANI G. and CORTESI P. (1983) Variazioni stagionali di glicogeno, lipidi e proteine in tessuti di Chamelea gallina (Bivalvia, Veneridae) in relazione al ciclo riproduttivo - Nova Thalassia, 6, 687.
- CATTANI O., CORNI M.G., CARPENE' E., ISANI G., VITALI G. e CORTESI P. (1986) Seasonal variations of glycogen, proteins and lipids in tissues of Scapharca inaequivalvis (Bruguière) compared to reproductive cycle - Nova Thalassia, in pubblicazione.
- CHIANCONE E., VECCHINI P., VERZILI D., ASCOLI F. and ANTONINI E. (1981) Dimeric and tetrameric hemoglobins from the mollusc Scapharca inaequivalvis -Structural and functional properties - J. Mol. Biol. 152, 577-592.
- CHIANCONE E., BOFFI A., VERZILI D. e ASCOLI F. (1985) Proprietà delle emoglobine del mollusco Scapharca inaequivalvis in rapporto con le condizioni ecologiche del Mare Adriatico - Atti 1° Simposio di Biochimica Marina, Cesenatico, pagg. 13-22.
- COLLICUTT J.M. and HOCHACHKA P.W. (1977) The anaerobic oyster heart: coupling of glucose and aspartate fermentation - J. Comp. Physiol. 115, 147-157.
- CORTESI P. and CARPENE' E. (1981) Anaerobic metabolism on Venus gal-

lina and Scapharca inaequivalvis (Bruguière). Effects of modulators on pyruvate kinase and phosphoenolpyruvate carboxykinase - Oceanis 7, 599-612.
- CORTESI P., FABBRI D., ISANI G., CATTANI O. and CARPENE' E. (1985) Characterization of pyruvate kinase isolated from the adductor muscle of the mollusc Scapharca inaequivalvis - Comp. Biochem. Physiol. 81B, 123-129.
- CRENSHAW M.A. and NEFF J.M. (1969) Decalcification of the mantle-shell interface in molluscs- Am. Zool. 9, 881-885.
- DAVEY C.L. (1960) The significance of carnosine and anserine in striated skeletal muscle - Arch. Biochem. Biophys. 89, 303-308.
- de ZWAAN A. (1977) Anaerobic energy metabolism in bivalve molluscs - Oceanogr. Mar. Biol. 15, 103-187.
- de ZWAAN A. (1983) Carbohydrate catabolism in bivalves. In "The Mollusca" (Hochachka P.V. ed.) vol. 1, 137-175, Academic Press N.Y..
- de ZWAAN A. (1986) In "Metazoan life without oxygen, anoxybiosis in metazoan phyla: Mollusca" (Bryant C. ed.), Croomthelm LDT Publishers Kent, England (in press).
- de ZWAAN A. and DANDO P.R. (1984) Phosphoenolpyruvate-pyruvate metabolism in Bivalve Molluscs -Mol. Physiol. 5, 285-310.
- de ZWAAN A., HOLWERDA D.A., KLUYTMANS J.H. and ZANDEE D.I. (1985) Anaerobic ATP generation in intertidal Bivalves - Atti 1° Simposio Biochimica marina - Cesenatico - Editoriale Grasso, p. 23-50.
- de ZWAAN A. and PUTZER V. (1985) Metabolic adaptations of intertidal invertebrates to environmental hypoxia (a comparison of environmental anoxia to exercise anoxia). In "Physiological adaptation of marine animals" (Lawerack M.S. ed.) Vol. 39. Symposia of the Society for Experimental Biology, 33-62. The Company of Biologist Limites, Dep. of Zool., Univ. Cambridge.
- de ZWAAN A. and VAN DER THILLART G. (1985) Low and higher power output modes of anaerobic metabolism: invertebrate and vertebrate strategies. In "Circulation, Respiration and Metabolism". (Gilles R. ed.), 166-192, Springer Verlag, Berlin.
- de ZWAAN A. and de KOCK W.C. (1987) The development of a general biochemical stress index. Fourth International Symposium on Responses of Marine Organisms to Pollutants, Woods Hole, Massachussetts (in press).
- de ZWAAN A., HOLWERDA D.A. and VEENHOF P.R. (1981) Anaerobic malate metabolism in mitochondria of the sea mussel Mytilus edulis L. - Mar. Biol. Lett. 2, 131-140.
- de ZWAAN A., de BONT A.M.T. and HEMELRAAD J. (1983) The role of phosphoenolpyruvate carboxykinase in the anaerobic metabolism of the sea mussel Mytilus edulis L. - J. Comp. Physiol. 153, 267-274.
- DRIEDZIC W.R. and HOCHACHKA P.W. (1976) Control of energy metabolism in fish white muscle- Am. J. Physiol. 230, 579-582.
- EBBERINK R.H.M., SALIMAS M. and ZANDEE D.I. (1981) Control of glycogenolysis during contraction in the adductor muscle of Mytilus edu-

lis - Abstract of the 3rd Congress of E.S.C.P.B., Noordwijkerhout - The Netherlands, 114-115, Pergamon Press.
- ELLINGTON W.R. (1983a) The recovery from anaerobic metabolism in invertebrates - J. Exp. Zool. 228, 431-444.
- ELLINGTON W.R. (1983b) Phosphorus nuclear magnetic resonance studies of energy metabolism in molluscan tissue: effect of anoxia and ischemia on intracellular pH and high energy phosphates in the ventricle of the whelk, Busycon contrarium, - J. Comp. Physiol. 153, 159-166.
- FAIRBAIRN D. (1970) Biochemical adaptation and loss of genetic capacity in helminth parasites - Biol. Rev. 45, 29-72.
- FIELDS J.H.A. (1983) Alternatives to lactic acid: possible advantages - J. Exp. Zool. 228, 445-457.
- FELGER R.S., CLIFTON K. and REGAL P.J. (1976) Winter dormancy in sea turtles: independent discovery and exploitation in the Gulf of California by two local cultures - Science 191, 283-285.
- GABBOT P.A. (1976) Energy metabolism. In "Marine mussels, their ecology and physiology (Bayne B.L. ed.), 293-355 - Cambridge University Press, Cambridge.
- GÄDE G. (1983a) Energy metabolism of Arthropodes and Mollusks during environmental and functional anaerobiosis - J. Exp. Zool. 228, 415-429.
- GÄDE G. (1983b) Energy production during anoxia and recovery in the adductor muscle of the file shell, Lima hians - Comp. Biochem. Physiol. 76B, 73-77.
- GÄDE G. and MEINARDUS G. (1981) Anaerobic metabolism of the common cockle, Cardium edule. V. Changes in the level of metabolites in the foot during aerobic recovery after anoxia - Mar. Biol. 65, 113-116.
- GÄDE G. and GRIESHABER M.K. (1986) Pyruvate reductases catalyze the formation of lactate and opines in anaerobic invertebrates - Comp. Biochem. Physiol. 83B, 255-272.
- HAKIM G., CARPENE' E., CORTESI P. and ISANI G. (1985) Regulation by phosphorylation-dephosphorylation of pyruvate kinase in Venus gallina and Scapharca inaequivalvis - Comp. Biochem. Physiol. 80B, 109-112.
- HAMMEN C.S. (1976) Respiratory adaptation: invertebrates. In "Estuarine processes" Vol. I, Uses, stresses and adaptation to the estuary, p. 347-355 - Academic Press, New York.
- HOCHACHKA P.W. (1980) "Living without oxygen". Harward University Press - Cambridge.
- HOCHACHKA P.W. and MOMMSEN T.P. (1983) Protons and anaerobiosis - Science 219, 1391-1397.
- HOCHACHKA P.W. and FIELDS J.H.A. (1983) Arginine, glutamate and proline as substrates for oxidation and for glycogenesis in cephalopod tissues - Pacific Science 36, 325-336.
- HOCHACHKA P.W. and SOMERO G.N. (1984) Biochemical adaptation. Princeton University Press - Princeton.
- HOCHACHKA P.W., OWEN T.G., ALLEN J.F., and WHITLOW G.C. (1974)

Multiple endproducts of anaerobiosis diving vertebrates - Comp. Biochem. Physiol. 50B, 17-22.
- HOCHACHKA P.W., FIELDS J.H.A, and MOMMSEN T.P. (1983) Metabolic and enzyme regulation during rest-to-work transition: a mammal versus mollusc comparison in "The Mollusca" (Hochachka P.W. ed.) Vol. 1, 55-89 - Academic Press, New York.
- HOLWERDA D.A. and de ZWAAN A. (1979) Fumarate reductase of Mytilus edulis L. - Mar. Biol. Lett. 1, 33-40.
- HOLWERDA D.A., VEENHOF P.R., VAN HEUGTEN H.A.A. and ZANDEE D.I. (1983) Regulation of mussel pyruvate kinase during anaerobiosis and temperature acclimation by covalent modification - Mol. Physiol. 3, 225-234.
- ISANI G. (1987) Metabolismo anaerobico in Molluschi Bivalvi dell'A¬ driatico. Tesi Dottorato di Ricerca in Biochimica, Università di Bologna.
- JACKSON D.C. and SILVERBLATT G. (1974) Respiration and acid-base status of turtles following experimental dives - Am. J. Physiol. 226, 903-909.
- JORGENSEN J.B. and MUSTAFA T. (1980) The effect of hypoxia on carbo-hydrate metabolism in flaunder (Platichthys flesus L.) I. Utilization of glycogen and accumulation of glycolytic end products in various tissues - Comp. Biochem. Physiol. 67A, 243-248.
- KLUYTMANS J.H. and ZANDEE D.I. (1983) Comparative study of the formation and excretion of anaerobic fermentation products in bivalves and gastropods - Comp. Biochem. Physiol. 75B, 729-732.
- KLUYTMANS J.H., ZANDEE D.I., ZURBURG W. and PIETERS H. (1980) The influence of seasonal changes on energy metabolism in Mytilus edulis L. - III. Anaerobic energy metabolism - Comp. Biochem. Physiol. 67B, 307-315.
- KLUYTMANS J.H., de BONT A.M.T., KRUITWAGEN E.C.J., RAVESTEIN H.J.C. and VEENHOF P.R. (1983) Anaerobic capacities and anaerobic energy production of some mediterranean bivalves - Comp. Biochem. Physiol. 75B, 171-179.
- KOOYMAN G.L., WAHRENBROCK E.A., CASTELLINI M.A., DAVIES R.W. and SINETT E.E. (1980) Aerobic and anaerobic metabolism during voluntary diving in Weddell seals; evidence of preferred pathway from blood chemistry and behaviour - J. Comp. Physiol. 138, 335-346.
- KOOYMAN G.L., CASTELLINI M.A. and DAVIES R.W. (1981) Physiology of diving in marine mammals - Ann. Rev. Physiol. 43, 343-356.
- KORYCAN S.A. and STOREY K.B. (1983) Organ-specific metabolism during anoxia and recovery from anoxia in the cherrystone clam Mercenaria mercenaria - Can. J. Zool. 61, 2674-2681.
- KREUTZER U., SIEGMUND B. and GRIESHABER M.K. (1985) Role of coupled substrates and alternative end products during hypoxia tolerance in marine invertebrates - Mol. Physiol. 8, 371-392.
- KROGER A. (1978) Fumarate as terminal acceptor of phosphorylative electron transport - Biochim. Biophys. Acta 505, 129-145.

- LAGERCRANTZ H. and SLOTKIN T.A. (1986) The "stress" of being born - Scientific american 254, 92-100.
- LIVINGSTONE D.R., de ZWAAN A., LEOPOLD M. and MARTEYN E. (1983) Studies on the phylogenetic distribution of pyruvate oxydoreductases Biochem. Syst. Ecol. 11, 415-425.
- LUTZ P.L., ROSENTHAL M. and SICK T.J. (1985) Living without oxygen: turtle brain as a model of anaerobic metabolism - Mol. Physiol. 8, 411-425.
- MATSUSHIMA O., KATAYAMA H., YAMADA K. and KADO Y. (1984) Occurrence of free D-alanine and alanine racemate activity in bivalve molluscs with special reference to intracellular osmoregulation - Mar. Biol. Lett. 5, 217-225.
- MEINARDUS G. and GÄDE G. (1986) The pyruvate branchpoint in the anaerobic energy metabolism of the jumping cockle Cardium tuberculatum L.: D-lactate formation during environmental anaerobiosis versus octopine formation during exercise - Exp. Biol. 45, 91-110.
- MORIZAWA K. (1927) The extractive substances in Octopus octopodia - Acta Sch. Med. Univ. Imp. Kioto 9, 285-298.
- OTTEN L.A.B.M., VREUGDENHIL D. and SCHILPEROORT R.A. (1977) Properties of D(+)-lysopine dehydrogenase from crown gall tumour tissue - Biochim. Biophys. Acta 485, 268-277.
- PENNEY G. (1987) Frogs and turtles: different ectotherm overwintering strategies - Comp. biochem. Physiol. 86A, 609-616.
- PENNEY D.G. and CASCARANO J. (1970) Anaerobic rat heart. Effects of glucose and tricarboxylic acid cycle intermediates on metabolism and physiological performance - Biochem. J. 118, 227-231.
- PRESTON R.L. (1987) Occurrence of D-amino acids in higher organisms: a survey of the distribution of D-amino acids in marine invertebrates - Comp. Biochem. Physiol. 87B, 55-62.
- PUTZER V. (1985) Biochemische anpassung von Lumbriculus variegatus an okologische und physiologische sauerstofflimitierung. Dissertation Universitat Innsbruck.
- SANGSTER A.W., THOMAS S.E. and TINGLING N.L. (1975) Fish attractants from marine invertebrates: arcamine from Arca zebra and strombine from Strombus gigas - Tetrahedron 31, 1135-1137.
- SATO M e GÄDE G. (1986) Rhodoic acid dehydrogenase: a novel amino acid-linked dehydrogenase from muscle tissue of Haliotis species - Naturwissenschaften 73, 207.
- SATO M., SATO Y. and TSUCHIYA Y. (1977) Studies on the extractives of molluscs. I. α-Iminodipropionic acid isolated from the squid muscle extracts - Nippon Suisan Gakkaishi 43, 1077-1079.
- SATO M., TAKAHARA M., KANNO N., SATO Y. and ELLINGTON W.R. (1987) Isolation of a new opine, ß-alanopine, from the extracts of the muscle of the marine bivalve mollusc, Scapharca broughtonii - Comp. Biochem. Physiol. 88B, 803-806.
- SCHERTZER H.G. and CASCARANO J. (1978) Anaerobic rat heart: mitochondrial role in calcium uptake and contractility - J. Exp. Zool.

207, 337-350.
- SCOTT D.M. (1976) Circadian rhythm of anaerobiosis in a polychaete annelid - Nature 262, 811-813.
- SCHROFF G. and SCHÖTTLER U. (1977) Anaerobic reduction of fumarate in the body wall musculature of Arenicola marina (Polychaeta) - J. Comp. Physiol. 116, 325-336.
- SHOUBRIDGE E.A. and HOCHACHKA P.W. (1980) Ethanol: novel end product of vertebrate anaerobic metabolism - Science 209, 308-309.
- SIEGMUND B., GRIESHABER M., REITZE M. and ZEBE E. (1985) Alanopine and strombine are end products of anaerobic glycolysis in the lugworm, Arenicola marina L. (annelida, Polychaeta) - Comp. Biochem. Physiol. 82B, 337-345.
- STOREY K.B. (1986) Aspartate activation of pyruvate kinase in anoxia tolerant mollusca - Comp. Biochem. Physiol. 83B, 807-812.
- STOREY K.B. and STOREY J.M. (1983) Carbohydrate metabolism in Cephalopod Molluscs. In "The Mollusca" (Hochachka P.V. ed.) - Vol. 1, 91-136 - Academic Press, New York.
- TAYLOR A.C. (1976) Burrowing behaviour and anaerobiosis in the bivalve Arctica islandica (L.) - J. Mar. Biol. Ass. U.K. 56, 95-109.
- THOMPSON R.K. and PRITCHARD A.W. (1969) Respiratory adaptations of the two burrowing crustaceans Callianassa californiensis and Upogebia pugettensis - Biol. Bull. 136, 274-287.
- VAN DEN THILLART G., VAN BERGE HENEGOUWEN M. and KESBEKE F. (1983) Anaerobic metabolism of goldfish Carassius auratus (L.): ethanol and CO_2 excretion rates and anoxia tolerance at 20, 10 and 5°C - Comp. Biochem. Physiol. 76A, 295-300.
- VAN DEN THILLART G. and DE VRIES I. (1985) Excretion of volatile fatty acids by anoxic Mytilus edulis and Anodonta cygnea - Comp. Biochem. Physiol. 80B, 299-301.
- VAN WAARDE A., VAN DEN THILLART G. and KESBEKE F. (1983) Anaerobic energy metabolism of the european eel, Anguilla anguilla L. - J. Comp. Physiol. 149, 469-475.
- WIJSMAN T.C.M. (1975) pH fluctuations in Mytilus edulis L. in relation to shell movement under aerobic and anaerobic conditions - Proc. 9th Europ. mar. biol. Symp. (Barnes H. ed.), Aberdeen University Press, 139-149.
- ZAPOL W.M. (1987) Diving adaptations of the Weddell seal - Scientific american 256, 80-85.
- ZURBURG W. (1981) Environmental influences on the energy metabolism in different organs of Mytilus edulis L. - Ph.D. thesis, University of Utrecht, Utrecht.
- ZURBURG W., de BONT A.M.T. and de ZWAAN A. (1982) Recovery from exposure to air and the occurrence of strombine in different organs of the sea mussel Mytilus edulis - Mol. Physiol. 2, 135-147.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	123-130	1986

PEPTIDI BIOATTIVI IN INVERTEBRATI MARINI

Lucio Cariello
Stazione Zoologica di Napoli, Villa Comunale, Napoli

Key words: Peptides; Biological active peptides; Invertebrates peptides.

ABSTRACT - Peptides play an important role in the behaviour and in the physiology of marine invertebrates. This paper represents an overview on this field.

RIASSUNTO

Negli ultimi anni molti studiosi hanno concentrato la loro attenzione sul significato fisiologico dei peptidi negli organismi. Alcune nuove tecniche (HPLC e FAB - mass spectrometry) hanno permesso la purificazione e la determinazione delle strutture chimiche di numerosi peptidi la cui funzione è di notevole importanza in diversi processi biochimici. Particolare interesse ha suscitato la presenza negli invertebrati di peptidi identici a quelli rinvenuti nell'uomo in cui essi sono preposti al controllo o alla modulazione di delicati meccanismi fisiologici.

Questa relazione illustra le attuali conoscenze su questi composti isolati e caratterizzati da invertebrati marini con specifico riferimento a quelli la cui funzione fisiologica è stata accertata in modo incontrovertibile. Sono trattati in dettaglio i risultati finora ottenuti nel caso dei Crostacei e dei Molluschi e i risultati noti sui peptidi neurotossici caratterizzati da invertebrati marini.

Vengono inoltre brevemente discusse le prospettive della ricerca in questo campo.

SUMMARY

Recent major advances in methodology (HPLC and FAB-mass spectrometry) have greatly enlarged not only the list of active peptides but also the spectrum of their activities and their way of operation. The finding of the presence in Invertebrates of the same peptides as in Vertebrates gave a great impulse in studying the physiological role played by those substances in more simple animals. This review shows the present knowledge on the bioactive peptides isolated and characterized from marine invertebrates with particular emphasis on those from Crustacean and Molluscs and on the neurotoxic peptides.

Negli ultimi dieci anni notevoli progressi sono stati fatti nella conoscenza dei peptidi connessi ad attività biologiche negli organismi. In particolare gli studi fatti sulle strutture chimiche, il significato biologico e il grado di attività di questi messaggeri chimici si sono sviluppati in parallelo nei Vertebrati e negli Invertebrati. In entrambi i casi la presenza di determinati peptidi era stata inizialmente dimostrata per mezzo di procedimenti istologici ed istochimici che sebbene selettivi, certamente non sono determinanti a causa della loro non elevata specificità. La sempre più avanzata tecnica di separazione di molecole, come la cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC), ha permesso negli ultimi anni di purificare sostanze presenti anche nell'ordine di picomoli, e le sempre più raffinate tecniche di indagine sulle strutture molecolari, spettrometria di massa a bombardamento atomico (FAB-mass spectrometry), ha portato alla caratterizzazione di molti peptidi in special modo di quelli che mostravano la capacità di agire come ormoni. L'avere peptidi purificati ha reso possibile la preparazione di anticorpi, sia monospecifici che monoclonali, che sono poi stati utilizzati nelle tecniche immunocitochimiche per la determinazione quantitativa mediante i saggi radioimmunologici.

I risultati sinora ottenuti sul rinvenimento e la fisiologia dei peptidi negli invertebrati indicano che si possono distinguere due gruppi indipendenti di peptidi che Greenberg e Price (1983) hanno chiamato nativi e naturalizzati. I primi sono stati identificati mediante la loro capacità di modificare o regolare noti processi fisiologici e biochimici e il loro effetto, utilizzato come saggio biologico, è servito per la loro purificazione. I cosiddetti naturalizzati sono quelli identificati principalmente attraverso la loro reazione positiva con gli antisieri ottenuti da peptidi noti, isolati da Vertebrati. Di questi non si conoscono le funzioni o quest'ultime risultavano differenti da quelli dei peptidi nativi.

In questa breve rassegna mi limiterò a riassumere le conoscenze attuali su quei peptidi da invertebrati marini il cui ruolo fisiologico è stato incontrovertibilmente provato, rimandando ad altri autori per un esame più generale dei peptidi rinvenuti in tutti gli invertebrati (Frontali e Gainer, 1977; Hayes, 1980; Greenberg e Price, 1983).

I risaltati finora ottenuti negli studi su invertebrati marini sono abbastanza limitati. Negli invertebrati filogeneticamente più bassi pochissimi sono i casi di rinvenimento di peptidi la cui funzione fisiologica è accertata. Posso citare il caso dell'Hydra, cnidario di acqua dolce, da cui è stato isolato l'undecapeptide "Head activator factor", che induce la formazione della testa e delle gemme (Burnett et al., 1964; Lentz, 1965; Schaller e Gierer, 1973; Schaller e Bodenmüller, 1981). E' interessante notare che un peptide simile è stato rinvenuto nell'ipotalamo di ratto, ma la sua funzione è allo stato attuale sconosciuta.

La maggior parte delle nostre attuali conoscenze riguardano i Molluschi e gli Artropodi. Ciò, a mio avviso, perchè in questi organismi si

sono maggiormente condotti studi interdisciplinari tra comportamentisti, biologi marini, genetisti, fisiologi e biochimici.

Nei Crostacei è molto diffusa l'abilità di mimetizzarsi con l'ambiente circostante mediante il cambiamento del colore del loro corpo. Questo meccanismo è regolato attraverso i cromatofori, cellule ipodermiche specializzate che contengono granuli di pigmento. E* chiaro che quando il pigmento è disperso nella cellula questa risulta colorata mentre avviene il contrario quando il pigmento è concentrato nei granuli. Questa regolazione è fatta dal "red-concentrating hormon", un peptide formato da otto aminoacidi (Edman et al., 1958; Joseffson e Kleinholz, 1964; Kleinholz e Kimball, 1965; Joseffson, 1967; Fernlung, 1967; Fernlund e Joseffson, 1972; Christensen et al., 1978; Christensen et al., 1979).

Da notare che questo octapeptide ha una sequenza molto simile allo "adipokinetic hormone", presente nella Locusta migratoria (Mayer e Candy, 1969; Broomfield e Hardy, 1977; Stone et al., 1976) e al "Compound II" che è stato isolato dal lobo ghiandolare del corpus cardiacum di Schistocerca e dal cervello di Apis millifera (Carlsen et al., 1979; Van Norstrand et al., 1980) nonchè al "neurohormone D" isolato da Periplaneta (Baumann e Gersch, 1982).

Nonostante la similitudine chimica, questi peptidi esplicano ruoli fisiologici notevolmente diversi, il che dimostra ancora una volta che anche la cellula bersaglio, il recettore, ha un ruolo fondamentale nella risposta fisiologica.

Gli occhi dei Crostacei sono riconducibili a due tipi fondamentali: l'occhio mediano e l'occhio composto. L'occhio mediano, impari, è una struttura larvale poco perfezionata che in alcuni gruppi si mantiene anche nella età adulta. L'occhio composto, pari, esclusivo degli adulti, risulta dalla giustapposizione di un certo numero di unità visive, gli ommatidi che sono morfologicamente simili, ma non uguali a quelli degli insetti. Gli ommatidi posseggono tre gruppi di pigmenti chiamati distali, prossimali e riflettenti. Tutti e tre mostrano movimenti fotomeccanici e quelli più studiati sono i distali. Il movimento consiste nel proteggere i componenti fotosensitivi degli ommatidi dalla luce intensa e di scoprirla al buio o alla luce di bassa intensità. Queste migrazioni sono controllate da fattori ormonali chiamati "Light-adapting hormone", LAH e "Dark-adapting hormone" DAH, la cui natura peptidica è stata confermata nel 1971; infatti dagli estratti di occhi di Pandalus borealis, è stato purificato un octapeptide di cui è stata resa nota la sequenza e che svolge le stesse funzioni dei due LAH e DAH (Fernlund, 1976).

Ancora peptidi sono i fattori attivi che inibiscono la muta e che regolano le variazioni circadiane delle attività ritmiche del sistema nervoso dei Crostacei (Rao, 1965; Aréchiga et al., 1974).

Tra i Molluschi uno degli animali più studiati dal punto di vista comportamentale, fisiologico e biochimico è l'Aplysia. E' questo un esempio di studio interdisciplinare che ha portato un notevole contributo alla comprensione di meccanismi comportamentali, all'anatomia funzionale del sistema nervoso e alla neurochimica.

Le cellule a sacco che sono situate nel ganglio addominale comprendono circa 400 neuroni accoppiati elettricamente che normalmente sono silenti. Quando taluni stimoli colpiscono il bersaglio, due peptidi, le "protein A" e "B", inducono le cellule a sacco ad emettere numerosi peptidi in circolo (Heller et al., 1980; Scheller et al., 1982). Gli effetti di questi peptidi su alcuni neuroni del ganglio addominale si possono raggruppare in quattro categorie: inibizione dei movimenti lenti, momentanea eccitazione, eccitazione prolungata e incremento dell'attività di spasmodica eccitazione. Il meccanismo con cui agiscono i peptidi in questo sistema è notevolmente complesso. Infatti vi è una struttura gerarchica nel sistema peptidergico dell'Aplysia nel quale le cellule primarie neurosecretorie possono alterare l'attività delle cellule secretorie secondarie che successivamente rilasciano peptidi che modificano altri neuroni. Un peptide rilasciato fa scattare una serie di eventi a catena in cui sono coinvolti molti neuroni e il rilascio da parte di questi ultimi di numerosi altri peptidi e trasmettitori. E' stato visto per esempio che prima di deporre le uova l'Aplysia ha una serie di comportamenti specifici che sono preparatori alla deposizione.

Queste azioni sono tutte regolate dai due peptidi precedentemente menzionati, e cioè protein A e B, i quali mediante eventi a cascata inducono altri neuroni contenuti nelle cellule a sacco a rilasciare il peptide ELH (egg laying hormone) (Chin et al., 1979) che induce la deposizione delle uova. Precedentemente si pensava che questa deposizione era dovuta all'azione stimolatoria sulle ghiandole atriali dell'inserzione del pene durante la copulazione.

Un discorso a parte meritano i peptidi neurotossici che molti invertebrati marini utilizzano come armi di difesa e di offesa. Infatti questi peptidi svolgono una funzione al di fuori dell'organismo che li produce e hanno effetto sull'organismo in cui vengono iniettati. Quasi tutti i Cnidari posseggono cellule specializzate chiamate nematocisti; questi corpiccioli contengono numerose sostanze tossiche quali ammine terziarie e quaternarie ed alle quali era stata attribuita l'attività paralizzante che risultava negli animali catturati. I risultati degli ultimi dieci anni hanno dimostrato in molti casi che l'azione paralizzante è dovuta a piccoli peptidi. E' questo il caso dell'Anemonia sulcata da cui sono stati caratterizzati quattro peptidi di peso molecolare tra 2000 e 5000 D, di cui sono note le strutture e le loro azioni farmacologiche (Cariello e D'Aniello, 1975; Wunderer et al., 1976; Beress et al., 1977; Wunderer e Eulizt, 1978; Rathmayer, 1979); come pure l'azione paralizzante delle attinie del genere Condylactis (Shapiro, 1968; Beress et al., 1976) e di alcune specie di Anthopleura (Tanaka et al., 1977; Norton et al., 1978) è dovuta a peptidi. Recentemente il nostro gruppo ha isolato la neurotossina contenuta nelle nematocisti di Calliactis parasitica, l'attinia che viene trasportata dal paguro dopo che egli stesso l'ha aiutata a sistemarsi sul guscio di Murex in cui il paguro stesso si è inserito.

Anche in questo caso si tratta di un peptide la cui sequenza è in corso di studio (Cariello et al., risultati non ancora pubblicati).

Ancora più interessante è il caso delle tossine di Conus. I Conidi posseggono un apparato velenifero assai complesso e molto perfezionato. L'apparato consiste infatti di una vera e propria macchina bellica che non solo sintetizza il veleno, ma fabbrica frecce avvelenate e possiede potenti organi di propulsione per scagliarle sulla preda. Esso è formato essenzialmente di tre parti principali: il bulbo, il dotto e la radula. Il bulbo, che è più voluminoso, è un organo muscolare assai robusto che delimita una sottile cavità rivestita da cellule epiteliali. Si credeva che esso fosse il luogo di produzione del veleno. Si è visto invece che il veleno si forma nel lungo dotto ripiegato e viene espulso dalla contrazione del bulbo. Il dotto può essere lungo anche diversi centimetri e sbocca nella parte superiore dell'esofago detta faringe. Il terzo organo si chiama radula perchè corrisponde all'organo boccale munito di denti chitinosi degli altri gasteropodi. In effetti si tratta di un organo cavo nel quale si formano le frecce. Esso è situato nella parte anteriore dell'apparato velenifero e di norma è formato da una parte più grossa a fondo cieco e da una parte più piccola che sbocca nella faringe proprio davanti alla apertura del dotto. Nella prima si generano le frecce che successivamente passano nella parte più piccola, pronte per essere scagliate col veleno. La radula può essere perciò considerata una piccola faretra. Le frecce sono strutture chitinose molto sottili e lunghe diversi millimetri. Sono acuminate proprio come frecce e sono cave con due piccole aperture situate alla base e vicino alla punta. Probabilmente esse si riempiono di veleno quando passano nella faringe, ma il veleno aderisce anche su tutta la superficie esterna. La bocca possiede una proboscide assai estensibile che è l'organo di presa e di cattura. Di norma è quasi invisibile essendo tutta contratta e retratta su se stessa ma al momento della cattura si distende fulmineamente e diventa quasi altrettanto lunga dell'animale. Le frecce avvelenate vengono espulse violentemente a distanza ravvicinata attraverso la proboscide e si configgono nel corpo della preda. Questa, che può essere anche assai più mobile del predatore (come nel caso dei pesci), viene immobilizzata quasi istantaneamente e inghiottita tutta intera. Recentemente sono state isolate e sequenziate le sostanze velenose contenute in quest'apparato. Anche queste sono peptidi con peso molecolare compreso tra 1500 e 4000 Dalton. E, come per l'apparato velenifero, anche il meccanismo fisiologico di questi peptidi è costituito da una complessa strategia. Infatti, il veleno contiene diverse classi di peptidi tossici (co¬notossine) che aggrediscono una serie di successivi bersagli fisiologici nel sistema neuromuscolare dei pesci. I peptidi includono un gruppo che agisce a livello presinaptico che impediscono l'entrata di calcio nel terminale nervoso ed il rilascio di acetilcolina e blocca i canali del sodio nel muscolo ed un terzo gruppo che direttamente abolisce il potenziale di azione muscolare. Il fatto che questi peptidi inibiscono sequenzialmente vari stadi nella trasmissione neuromuscolare suggerisce che la loro azione è sinergica (Olivera et al., 1985).

In questa relazione non ho citato un'altra moltitudine di peptidi che

sono stati rinvenuti o messi in evidenza negli invertebrati marini mediante metodi immunocitologici in quanto non è ancora nota una loro azione fisiologica, come per esempio tutta la classe dei peptidi oppioidi o vasopressine, sostanza P-simile ed ancora altri (Mancillas et al., 1981; Jaros e Keller, 1984; Kiehling et al., 1984; Gerges e Dubois, 1984; Leung e Stefano, 1984; Fingerman et al., 1985; Piccoli et al., 1985; Cariello et al., 1986).

Considerando però che per molti di essi anche nei vertebrati non è ancora accertato il loro ruolo fisiologico, ritengo che proprio lo studio di questi peptidi in organismi più semplici, come gli invertebrati marini, potrà dare un notevole contributo alla comprensione della biochimica e della fisiologia di questi composti nei vertebrati ed in particolare nell'uomo, in cui perfino gli stati d'ansia sono regolati da un peptide di cinque amminoacidi.

BIBLIOGRAFIA

H. ARECHIGA, A. HUBERMAN, E. NAYLOR - 1974 - Hormonal modulation of Circadian neural activity in Carcinus maerras (L.). Proc. R. Soc. London, Ser. B., 187, 299-313.

E. BAUMANN, M. GERSCH - 1982 - Purification and identification of neurohormone D, a heart accelerating peptide from the corpora cardiaca of the cockroach, Periplaneta americana. Insect. Biochem., 12, 7-14.

R. BERESS, L. BERESS, G. WUNDERER - 1976 - Purification and characterization of four polypeptides with neurotoxic activity from Condylactis aurantiaca. Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem., 357, 409-414.

C.E. BROOMFIELD, P.M. HARDY - 1977 - The synthesis of locust adipokinetic hormone. Tetrahed. Lett., 25, 2201-2204.

A.L. BURNETT, N.A. DIEHL, F. DIEHL - 1964 - The nervous system of Hydra. II. The control of growth and regeneration by neurosecretory cells. J. Exp. Zool., 157, 227-235.

L. CARIELLO, L. ZANETTI, A. SPAGNUOLO, L. NELSON - 1986 - Effects of opioids and antagonists on the rate of sea urchin sperm progressive motility. Biol. Bull., 171, 208-216.

L. CARIELLO, A. D'ANIELLO - 1975 - Isolation and characterization of four toxic protein fractions from the sea anemone Anemonia sulcata. Toxicon, 13, 353-357.

J.B. CARLSEN, W.S. HERMAN, M. CHRISTENSEN, L. JOSEFSSON - 1979 - Characterization of a second peptide with adipokinetic and red pigment-concentrating activity from the locust corpora cardiaca. Insect Biochem., 9, 497-501.

A.Y. CHIN, M.W. HUNKAPILLER, E. HELLER, D.K. STUART, L.E. HOOD, F. STRUMWASSER - 1979 - Purification and primary structure of the neuropeptide egg laying hormone of Aplysia californica. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 76, 6656-6660.

M. CHRISTENSEN, J. CARLSEN, L. JOSEFSSON - 1978 - Structure-function studies on red pigment-concentrating hormone. The significance of the terminal residues. Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem., 359, 813-818.

M. CHRISTENSEN, J. CARLSEN, L. JOSEFSSON - 1979 - Structure-function studies on red pigment-concentrating hormone. II. The significance of the C-terminal tryptophan amide. Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem., 360, 1051-1060.
P. EDMAN, R. FÄNGE, E. ÖSTLUND - 1958 - Isolation of the red pigment concentration hormone of the crustacean eyestalk. In "Zweites Internationales Symposium fiber Neurosekretion" edito da W. Bargmann, E. Hanström e B. Sharrer, Springer Verlag, Berlin and New York, 119-123.
P. FERNLUND - 1976 - Structure of a light adapting hormone from the shrimp, Pandalus borealis. Biochim. Biophys. Acta, 439, 17-25.
P. FERNLUD - 1974 - Synthesis of the red pigment concentrating hormone of the shrimp, Pandalus borealis. Biochem. Biophys. Acta, 371, 312-322.
P. FERNLUND, L.H. JOSEFSSON - 1972 - Crustacean color-change hormone. Amino acid sequence and chemical synthesis. Science, 177, 173-175.
M. Fingerman, M.M. HANUMANTE, G.K. KULKARNI, R. IKEDA, L.L. VACCA - 1985 - Localization of substance P-like, leukine-enkephalin-like, methionine¬enkephalin-like, and FMLF amide-like immunoreactivity in the eyestalk of the fiddler crab, Uca pugilator. Cell Tissue Res., 241, 473-477.
N. FRONTALI, H. GAINER - 1971 - Peptides in invertebrate nervous systems. In: "Peptides in neurobiology", edito da H. Gainer, Plenum Press, 259-294.
D. GERGES, M.P. DUBOIS - 1984 - Methionine-enkephalin-like immunoreactivity in the nervous ganglion and the ovary of a protochordate, Ciona intestinalis. Cell Tissue Res., 236, 165-170.
J.M. GREENBERG, D.A. PRICE - 1983 - Invertebrate neuropeptides: native and naturalized. Ann. Rev. Physiol., 45, 271-288.
L.W. HAYNES - 1980 - Peptide neuroregulators in invertebrates. Prog. Neurobiol., 15, 205-245.
E. HELLER, L.K. KACZMAREK, M.W. HUNKAPILLER, L.E. HOOD, F. STRUMWASSER - 1980 - Purification and primary structure of two neuroactive peptides that cause bag cell afterdischarge and egg-laying in Aplysia. Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 77, 2328-2332.
P.P. JAROS, R. KELLER - 1984 - Localization of leu-enkephalin-like material in the brain and neurohaemal organs of the Branchyuran Carcinus maenas and the Astacidean Orconectes limosus. Gen. Comp. Endocrinol., 46, 466-467.
L. JOSEFSSON - 1967 - Separation and purification of distal retinal hormone and red pigment concentrating hormone of the crustacean eyestalk. Bioch. Biophys. Acta, 148, 300-303.
L. JOSEFSSON, L.G. KLEINHOLZ - 1964 - Isolation and purification of hormones of the crustacean eyestalk. Nature, 201, 301-302.
C. KIEHLING, R. MARTIN, R. GEIS, U. BICKEL, K.H. VOIGHT - 1984 - Cardio¬excitatory and opioid activity in extracts from nerve tissue of Octopus vulgaris. Gen. Comp. Endocrinol., 53, 467-468.
L.H. KLEINHOLZ, F. KIMBALL - 1965 - Separation of neurosecretory pigmentary-effector hormones of the crustacean eyestalk. Gen. Comp. Endocrinol., 5, 336-341.
T.L. LENTZ - 1965 - Hydra: induction of supernumerary heads by isolated neurosecretory granules. Science, 150, 633-635.

M.K. LEUNG, G.B. STEFANO - 1984 - Isolation and identification of enkephalins in pedal ganglia of Mytilus edulis (Mollusca). Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 81, 955-958.
J.R. MANCILLAS, J.F. McGINTY, A.I. SELVERSTON, H. KARTEN, F.E. BLOOM - 1981 - Immunocytochemical localization of enkephalin and substance P in retina and eyestalk neurones of lobster. Nature, 293, 576-578.
R.J. MAYER, D.J. CANDY - 1969 - Control of hemolymph lipid concentration during locust flight. An adipokinetic hormone from the corpora cardiaca. J. Insect Physiol., 15, 611-620.
T.R. NORTON, M. KASHIWAGI, S. SHIBATA - 1978 - Anthropleurin A, B and C, cardiotonic polypeptides from the sea anemones. In "Drugs and food from the sea" edito da P.N. Kaul e C.J. Sinderamann, University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, 37-50.
B.M. OLIVERA, W.R. GRAY, R. ZEIKUS, J.M. McINTOSH, J. VARGA, J. RIVIER, V. DE SANTOS, L.J. CRUZ - 1985 - Peptide neurotoxins form fish-hunting cone snails. Science, 230, 1338-1343.
R. PICCOLI, D. MELCK, A. SPAGNUOLO, S. VESCIA, L. ZANETTI - 1985 - Endogenous opioids in marine invertebrates. Comp. Biochem. Physiol., 80c, 237-240.
K.R.RAO - 1985 - Isolation and partial characterization of the moult¬inhibiting hormone of the crustacean eyestalk. Experientia, 21, 593-594.
W. RATHMAYER - 1979 - Sea anemone toxins: tools in the study of excitable membranes. In "Advances in Cytopharmacology", 3, 335-344. Edito da B. Ceccarelli e F. Clementi. Raven Press, New York.
H.C. SCHALLER, H. BODENMÜLLER - 1981 - Isolation and amino acid sequence of a morphogenetic peptide from Hydra. Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 78, 7000-7004.
H.C. SCHALLER, A. GIERER - 1973 - Distribution of the head activating substance in Hydra and its localization in membranous particles in nerve cells. J. Embryol. Exp. Morphol., 29, 39-52.
R.H. SCHELLER, R. KALDANY, T. KREINER, A.C. MAHON, J.R. NAMBU, M. SCHAEFER, R. TAUSSIG - 1984 - Neuropeptides: mediators of behavior in Aplysia. Science, 225, 1300-1308.
J.V. STONE, W. MORDUE, K.E. BATLEY, H.R. MORRIS - 1976 - Structure of locust adipokinetic hormone, a neurohormone that regulate lipid utilization during flight. Nature, 263, 207-211.
M. TANAKA, M. HANIU, K.T. YASUNOBU, T.R. NORTON - 1977 - Aminoacid sequence of the Anthopleura xanthogrammica heart stimulant, anthopleurin A., Biochem. 16, 204-208.
M.D. VAN NORSTRAND, J.B. CARLSEN, L. JOSEFSSON, W.S. HERMAN - 1980 - Studies on a peptide with red pigment-concentration and hyperglycemic activity form the cephalic endocrine system of the honeybee, Apis mellifera. Gen. Comp. Endocrinol. 42, 526-533.
G. WUNDERER, M. EULITZ - 1978 - Amino-acid sequence of toxin I from Anemonia sulcata. Eur. J. Biochem., 89, 11-17.
G. WUNDERER, H. FRITZ, E. WACHTER, W. MACHLEIDT - 1976 - Amino-acid sequence of a coelenterat toxin: Tonin II from Anemonia Sulcata. Eur. J. Bioch., 68, 193–198.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	131-136	1986

VARIAZIONE DEL CONTENUTO LIPIDICO E DEL QUADRO ELETTROFORETICO DELLE LIPOPROTEINE NEL PLASMA DI SPIGOLE (Dicentrarchus labrax L.) SOTTOPOSTE A DIGIUNO.

A. Santulli, A. Curatolo, A. Modica e V. D'Amelio*

Istituto di Biologia Marina, Consorzio Libera Università di Trapani - (*) Istituto di Istologia ed Embriologia, Facoltà di Scienze, Università di Palermo.

Key words: Dicentrarchus labrax; lipid metabolism; lipoprotein pattern.

ABSTRACT - Sea bass lipoprotein pattern, its lipid composition and variations of lipid plasma content and lipoprotein pattern during short-term fasting. Hypothesis on lipid delivering and transport mechanism.

RIASSUNTO

Il tracciato elettroforetico delle lipoproteine plasmatiche di spigola (Dicentrarchus labrax L.) è caratterizzato dalla presenza di quattro frazioni. Lo studio delle variazioni, dopo un pasto normale, del contenuto lipidico plasmatico, del quadro elettroforetico e della composizione lipidica percentuale delle frazioni elettroforetiche, ha consentito di stabilire alcune delle relazioni esistenti tra i lipidi plasmatici e le lipoproteine. Sulla base di queste osservazioni, viene proposto un meccanismo per il trasporto dei lipidi nel sangue della spigola.

SUMMARY

Four fractions have been visualized in the electrophoretic pattern of plasma lipoproteins of sea bass. Study of lipid plasma content and lipoprotein pattern variations during short-term fasting and of lipid composition of lipoprotein fractions, allow us to infere some relationship between lipid transport and lipoprotein fractions. On these bases, a mechanism for delivering and transport of lipid in sea bass has been suggested.

La richiesta crescente di miglioramento della produttività in acquacoltura stimola gli studi concernenti la fisiologia e la biochimica delle specie ittiche allevabili. Queste conoscenze possono essere proficuamente utilizzate per avere indicazioni sullo stato fisiologico e nutrizionale dei pesci (Hilge, 1979; Fletcher, 1984).

In particolare, molti sforzi sono stati rivolti allo studio dei meccanismi di digestione, trasporto ed accumulo dei lipidi (Lee and Sinnhuber, 1972; Robinson and Mead, 1973; Kayama and Iijima, 1976; Cowey and Sargent, 1977; Cowey and Sargent, 1979; Jezierska et al., 1982; Iijima et al., 1985), in quanto, come è noto, la beta-ossidazione degli acidi grassi costituisce la maggiore fonte di energia metabolica, specialmente nelle specie carnivore (Watanabe, 1982).

I pesci posseggono un meccanismo di assorbimento e trasporto dei lipidi alimentari abbastanza diverso da quello dei mammiferi (Cowey and Sargent, 1979). I trigliceridi, una volta assorbiti, vengono idrolizzati dalle lipasi del fluido intestinale e liberati come NEFA (Kayama and Iijima, 1976), mentre nei mammiferi i trigliceridi sono risintetizzati e trasportati come chilomicroni (Green and Glickman, 1981).

Recentemente, alcuni autori (Sheridan and Friedlander, 1985) hanno suggerito che nei pesci, nelle prime ore dopo il pasto, una parte dei trigliceridi alimentari viene trasportata come chilomicroni.

In questa comunicazione vengono descritte le variazioni del quadro elettroforetico delle lipoproteine plasmatiche di spigole, di un anno di età, osservabili dopo un pasto standard e durante il digiuno. Sulla base delle determinazioni biochimiche dei livelli dei lipidi plasmatici e della composizione lipidica delle lipoproteine si è tentato di stabilire il meccanismo di assorbimento e trasporto dei lipidi in questa specie.

Da un lotto di 500 spigole (classe 0+, peso corporeo umido 27.5 + 7.6 g·), dopo un pasto normale con mangime secco pellettato, sono stati catturati gruppi di dieci esemplari, ad intervalli prestabiliti (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 ore). Il sangue è stato prelevato con puntura intracardiaca su EDTA (10 mg/mi) e centrifugato a 3.000 rpm per 10 minuti a 4°C. Sono stati, quindi, determinati i contenuti plasmatici di acidi grassi non esterificati (NEFA), fosfolipidi (PL), trigliceridi (TG) e colesterolo totale (TC), utilizzando i kit commerciali della Boheringer Biochemia Robin.

Il massimo livello dei NEFA viene raggiunto a 6 ore dal pasto e decresce rapidamente nelle sei ore successive.

I fosfolipidi, dopo un minimo a 3 ore, risalgono rapidamente a 6 ore e restano costanti fino a 48 ore, quando cominciano a risalire lievemente.

I trigliceridi diminuiscono nel plasma a 3 ore dopo il pasto, recuperando un massimo di concentrazione a 24 ore e rimanendo, sostanzialmente invariati, a questi livelli per tutto il periodo della sperimentazione.

I livelli plasmatici di colesterolo totale, al contrario, dopo lievi fluttuazioni durante le prime ore successive al pasto, mostrano una lieve ma costante diminuzione durante il digiuno.

Ricerche attualmente in corso hanno dimostrato che il pattern elettroforetico delle lipoproteine plasmatiche varia notevolmente durante

l'anno e in funzione dello stato di maturità. Per questo motivo la sperimentazione in oggetto è stata effettuata in un breve periodo di tempo e su animali ancora immaturi. Pertanto le variazioni osservate sono da imputare esclusivamente a fenomeni digestivi.

L'analisi elettroforetica delle lipoproteine plasmatiche di spigola su gel di agarosio, colorato con Sudan black, permette di identificare tre frazioni principali (fig. 1 A), che, in accordo con la nomenclatura utilizzata per le lipoproteine umane e sulla base della loro diversa mobilità elettroforetica, sono state denominate, a partire dall'origine, beta, pre-beta e alfa (fig. 1 A).

Rispetto a quelle umane, le lipoproteine della spigola mostrano una maggiore mobilità elettroforetica. Inoltre, nel plasma umano la frazione più abbondante è costituita dalle beta, mentre nella spigola dalle alfa.

Tre ore dopo il pasto, una nuova frazione, denominata alfa I, compare nel quadro elettroforetico, con una mobilità intermedia tra le pre-beta e le alfa (fig. 1 B).

A tempo 0, che corrisponde a 24 ore dal pasto, la frazione alfa I è assente (fig. 1 A). Questa discrepanza, come altre differenze esistenti tra il pattern a tempo 0 e a 24 ore, a nostro avviso, è giustificata dal fatto che, in considerazione dei tempi tecnici necessari per effettuare i prelievi di sangue, il tempo zero corrisponde a trenta minuti dal pasto.

A questo punto sono già innescati i meccanismi fisiologici dello assorbimento, che, allo stato attuale, noi non siamo in grado di evidenziare.

FIGURA 1 - Tracciato elettroforetico delle lipoproteine plasmatiche di spigola, ottenuto su gel di agarosio e colorato con Sudan black, a tempo zero (A) e a 24 ore dall'ultimo pasto (B).

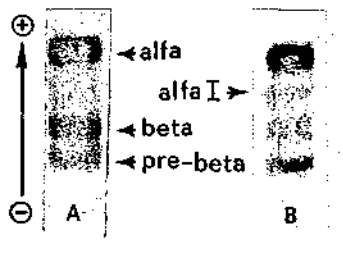


TABELLA I - Composizione lipidica percentuale delle frazioni elettroforetiche delle lipoproteine plasmatiche di spigola. Dopo la corsa elettroforetica, il gel è stato tagliato in strisce da 2 mm ed ogni striscia è stata omogenata in Tris 0.15 M pH 7.5. Sull'omogenato è stato determinato il contenuto delle varie classi lipidiche.

LIPIDI	PESO %			
	Beta	Pre-beta	alfa I	Alfa
colesterolo totale	25.3	4.4	21.9	10.4
trigliceridi	57.8	40.5	21.9	15.8
fosfolipidi	9.9	34.8	19.2	53.8
NEFA	4.2	20.2	36.9	20.5

La tabella I mostra la composizione lipidica percentuale, a 24 ore dal pasto, delle frazioni elettroforetiche.

Le componenti lipidiche principali della frazione beta sono rappresentate dai trigliceridi (58%) e dal colesterolo totale (25%). I trigliceridi rappresentano il 40% e i fosfolipidi il 34% dei lipidi contenuti nella frazione pre-beta. La frazione alfa I é quella più ricca di NEFA (37%). La classe lipidica più abbondante nella frazione alfa é quella dei fosfolipidi (54%) e dei NEFA (20%).

L'analisi dei contenuti lipidici e del tracciato elettroforetico suggeriscono alcune considerazioni sulle relazioni esistenti tra questi due parametri.

Nelle prime ore dopo il pasto si assiste ad un incremento del contenuto plasmatico di NEFA. Questo fenomeno é in concomitanza con la comparsa delle alfa I, che costituiscono la frazione più ricca di NEFA.

I fosfolipidi, più abbondanti nella frazione alfa (Tab. I), raggiungono il massimo di concentrazione 6 ore dopo il pasto ($P < 0.05$), in concomitanza con il massimo della frazione deputata al loro trasporto.

Dodici ore dopo il pasto il livello dei trigliceridi comincia ad aumentare e raggiunge il massimo a 24 ore ($P < 0.05$), mantenendo un andamento simile alle variazioni della frazione beta, in cui sono maggiormente contenuti (Tab. I).

Le lievi variazioni dei livelli di colesterolo totale e la sua omogenea distribuzione nelle frazioni elettroforetiche (Tab. I), non permettono di correlare le variazioni di questa classe lipidica con qualche frazione elettroforetica. Da notare, comunque, lo scarso contenuto di colesterolo della frazione beta (Tab. I).

Sulla base di queste osservazioni può essere proposto in via preliminare un meccanismo di trasporto dei lipidi nella spigola, simile a quello proposto da altri autori per la trota (Sheridan and Friedlander, 1985).

Subito dopo il pasto, nel plasma vengono convogliati i NEFA, provenienti dall'idrolisi dei trigliceridi alimentari, trasportati dalla alfa e alfa I lipoproteine.

In un secondo tempo, gli acidi grassi vengono ricostituiti nell'epitelio intestinale e trasportati come fosfolipidi e trigliceridi dalle alfa e beta lipoproteine.

I fosfolipidi e i trigliceridi, presenti nel plasma durante il digiuno, possono derivare dalla mobilizzazione dei lipidi di deposito. L'aumento dei fosfolipidi, evidente verso la fine della sperimentazione, potrebbe essere l'elemento a favore di questa ipotesi. Un evento simile, ascritto alla mobilizzazione dei lipidi di deposito stimolata dal digiuno, é stato osservato nella trota (Bilinsky and Gardner, 1968).

BIBLIOGRAFIA

E. BILINSKY, I.J. GARDNER - 1968- Effect of starvation on free fatty acids level in blood plasma and muscular tissues of rainbow trout (Salmo gairdnerii). - J. Fish. Res. Bd. Can., 25, 1555-1560.

C.B. COWEY, J.R. SARGENT - 1977- Lipid nutrition in fish. - Comp. Biochem. Physiol., 57, 269-273.

C.B. COWEY, J.R. SARGENT - 1979- Nutrition. - In "FISH PHYSIOLOGY", (W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett, Eds.) pp. 1-69. Academic Press, New York.

D.J. FLETCHER - 1984- Plasma glucose and plasma fatty acids levels in Limanda limanda (L.) in relation to season, stress, glucose lodas and nutritional state. - J. Fish Biol., 25, 629-648.

P.H.R. GREEN, R.M. GLICKMAN - 1981- Intestinal lipoprotein metabolism. J. Lipid Res., 22, 1153-1173.

V. HILGE - 1979- Influence of dietary protein and fat levels on some blood parameters in young mirror carp, Cyprinus carpio L. - Proc. World Symp. on Finfish nutrition and Fish feed technology, 2, 173-178.

N. IIJIMA, M. KAYAMA, M. OKAZAKI, I. HARA - 1985- Time course change in carp plasma lipoprotein after forced-feeding with soybean oil. - Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 467-471.

B. JEZIERSKA, J.R. HAZEL, S.D. GERKIG - 1982- Lipid utilization during starvation in the rainbow trout, Salmo gairdnerii Richardson, with attention to fatty acids. - J. Fish Biol., 21 681-692.

M. KAYAMA, N. IIJIMA - 1976- Studies on lipid transport mechanism in the fish. - Bull. Jap. Soc. Sci. Fish,., 42, 987-996.

J.J. LEE, R.O. SINNHUBER - 1972- Lipid requirements. In "FISH NUTRITION" (J.E. Halver Ed.), pp. 145-180. Academic Press, New York.

J. S. ROBINSON, J. F. MEAD - 1973- Lipid absorption and deposition in raimbow trout. - Can. J. Biochem., 51, 1050-1058.

M.A. SHERIDAN, K.L. FRIEDLANDER - 1985- Chylomicrons in serum of postprandial steelhead raimbow trout (Salmo gairdnerii). - Comp. Biochem. Physiol., 81., 281-284.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato svolto presso l'Istituto di Biologia Marina del Consorzio per il Libero Istituto di Studi Universitari della Provincia di Trapani, con un finanziamento della SIGMA- TAU (Industrie Farmaceutiche Riunite S.p.A.).

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	137-142	1986

ALCUNI ASPETTI DEL SISTEMA DETOSSIFICANTE MIXED FUNCTION OXIDASES IN ORGANISMI MARINI.

C. Fossi, C. Leonzio e S. Focardi

Dipartimento di Biologia Ambientale, Università di Siena, via delle Cerchia 3, 53100 Siena.

Key words: Pollution; Detoxication; Mixed Function Oxidase.

ABSTRACT - The activity of mixed function oxidases system and the forms of the cytochrome P-450 in marine organisms from different areas of the Tyrrhenian Sea are reported.

RIASSUNTO

E' stata determinata l'attività mixed function oxidases (MFO) in organismi marini appartenenti a diversi gruppi sistematici e provenienti da varie zone del Mar Tirreno. I risultati evidenziano forti differenze all'interno di uno stesso gruppo, anche se i valori ritrovati nei pesci e negli uccelli sono, in linea generale, superiori a quelli degli invertebrati. L'attività MFO in alcune specie provenienti da aree a diverso grado di contaminazione confermano l'inducibilità di questo sistema enzimatico e indicano la possibilità di utilizzarlo come indice per valutare il livello di contaminazione e di degrado ambientale.

SUMMARY

The activity of mixed function oxidases system (MFO) has been determined in marine organisms belonging to different taxonomic groups collected in various zones of the Tyrrhenian Sea. There is a marked difference within samples of the same group, and the values recorded for fish and birds were notably higher than invertebrates. The results obtained for some species coming from areas at different level of pollution, confirm the induction of the MFO system and indicate the possibility of using it as an index for the evaluation of the levels of environmental contamination.

INTRODUZIONE

Gli organismi marini sono in grado di rispondere ad insulti ambientali di natura chimica con vari meccanismi difensivi (BEND et al., 1977). Uno dei più importanti, fra quelli devoluti alla biomodificazione degli xenobiotici liposolubili e quindi alla detossificazione, è il sistema multienzimatico microsomale mixed function oxidase (MFO), localizzato nel reticolo endoplasmico del fegato e di altri tessuti (KAPPAS & ALVARES, 1975). E' questo un sistema citocromo P-450 dipendente, caratterizzato da una notevole inducibilità da parte del substrato; alte concentrazioni di contaminanti liposolubili nell'ambiente marino determinano infatti l'incremento della sua attività (KURELEC et al., 1979; LIVINGSTONE, 1985).

Scopo di questa indagine è stato quello di studiare il sistema MFO sia dal punto di vista filogenetico, sia in relazione allo stato di inquinamento ambientale. A tal fine sono stati determinati alcuni aspetti della sua attività e sono state isolate elettroforeticamente le forme del citocromo P-450 in specie animali marine rappresentative di vari Phyla. Le specie studiate appartengono a diversi gruppi sistematici (anellidi, molluschi, crostacei, pesci cartilaginei, pesci ossei, uccelli) e provengono da zone del Mar Tirreno caratterizzate da diversi livelli di contaminazione.

MATERIALI E METODI

Per la determinazione dell'attività MFO e delle diverse forme del citocromo P-450, il fegato o l'epatopancreas, a seconda della specie, sono stati omogenizzati in tampone fosfato a pH 7,4 e centrifugati a 12000 g per 10 minuti; la frazione microsomale è stata isolata mediante gel filtrazione del sopranatante (PYYKKO, 1983). L'attività MFO è stata valutata con il test dell'epossidazione dell'aldrina (WOLFF et al., 1979) e con il test della dealchilazione della 7-etossiresorufina (POHL & FOUTS, 1980). Le attività NADH-citocromo c reduttasi, NADPH-citocromo c reduttasi e NADH-ferricianide reduttasi sono state determinate secondo il metodo descritto da LIVINGSTONE & FARRAR (1984). Per la separazione delle diverse forme del citocromo P-450 le proteine microsomali, quantificate con il Bio Rad Protein Assay, sono state sottoposte ad elettroforesi su SDS-`Poliacrilammide (gradiente 4%-l6%) come descritto da LAEMLI (1970). Tutte le attività enzimatiche sono espresse in nmol sub./mg proteine microsomali/min.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati relativi all'attività aldrina-epossidasi nelle diverse specie studiate e provenienti da ambienti scarsamente antropizzati sono riportati in Tabella 1. I valori riscontrati nei pesci e negli uccelli, sono in linea generale più elevati di quelli degli altri gruppi. Questo risultato, in accordo con quelli riportati da PAYNE (1977), BEND et al. (1977) e KNIGHT et al. (1981), indica una maggiore presenza di questo tipo

Tabella 1 - Valori dell'attività aldrina epossidasi (nmol sub./mg proteine microsomali/min) nelle varie specie.

Specie	Attività	Specie	Attività
Uccelli		Crostacei	
Larus cachinnans	1,72	Carcinus mediterraneus	0,017
Larus ridibundus	0,55	Palaemon adspersus	0,015
Podiceps nigricollis	0,24		
		Anellidi	
Pesci		Spirographis spallanzani	0,027
Mugil cephalus	0,23		
Blennius pavo	0,11	Molluschi	
Gobius niger	0,09	Mytilus galloprovincialis	0,082
Scymnorhinus licha	0,05	Aplysia depilans	0,019
Scyliorhinus stellaris	0,03		

di attività detossificante nei gruppi più evoluti. Dalla Tabella 1 risultano altresì evidenti notevoli differenze all'interno di uno stesso gruppo sistematico. Organismi infatti quali il gabbiano reale e il gabbiano comune fra gli uccelli, il cefalo fra i pesci ossei ed il mitilo fra i molluschi presentano valori basali di attività MFO superiori a quelli di altre specie dello stesso gruppo e sembrano quindi i più adatti alla vita in ambienti contaminati.

Differenze fra i gruppi sistematici vengono evidenziate anche dall'indagine elettroforetica della frazione microsomale (Figura 1). Nell'area di peso molecolare delle forme del citocromo P-450 (45.000 - 60.000 Dalton) si nota un aumento delle bande elettroforetiche nei vertebrati rispetto agli invertebrati: mentre nel gabbiano reale sono distinguibili cinque isoforme, nel mitilo se ne osservano solo due.

Per alcune delle specie studiate è stata effettuata una valutazione dell'influenza dell'ambiente sui livelli di attività MFO. A tale scopo sono stati esaminati mitili in tre zone della laguna di Orbetello poste a diversa distanza dal collegamento con il mare e quindi verosimilmente ad un diverso livello di inquinamento (Figura 2). Ambedue i test utilizzati (aldrina, EROD) evidenziano un incremento dei valori delle attività nelle zone poste in prossimità degli effluenti domestici della cittadina. Anche esemplari di Mugil cephalus provenienti da tre diverse aree del litorale tirrenico mostrano variazioni significative nell'attività MFO e nelle attività rigeneranti (Tabella 2). Differenze simili di attività MFO sono state riscontrate in due specie di Laridi, il gabbiano reale e il gabbiano comune, legati, per la loro alimentazione, a due diversi ambienti: discarica cittadina e laguna salmastra costiera (FOSSI et al., 1986; FOSSI et al., in press).

I risultati di questa indagine sembrano quindi indicare che lo studio del sistema MFO negli organismi marini può rappresentare una valida chiave di interpretazione di fenomeni di "adattamento" e di "opportunismo" in

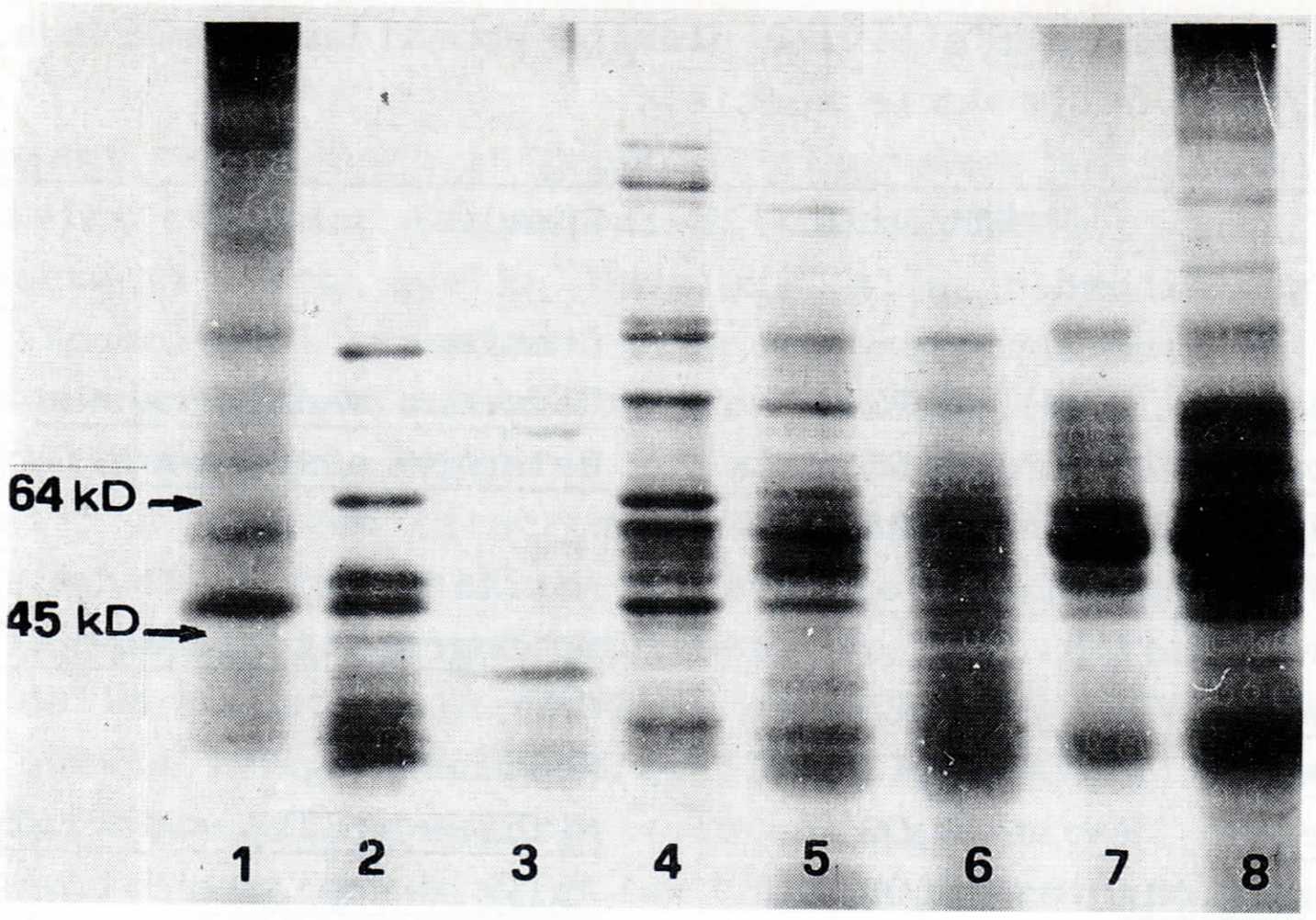


Figura 1 - Elettroforesi (SDS-Poliacrilammide, gradiente 4%-16%) delle proteine microsomali epatiche di M. galloprovincialis (1), A. depilans (2), C. mediterraneus (3), S. canicula (4), G. niger (5), M. cephalus (6), L. ridibundus (7), L. cachinnans (8).

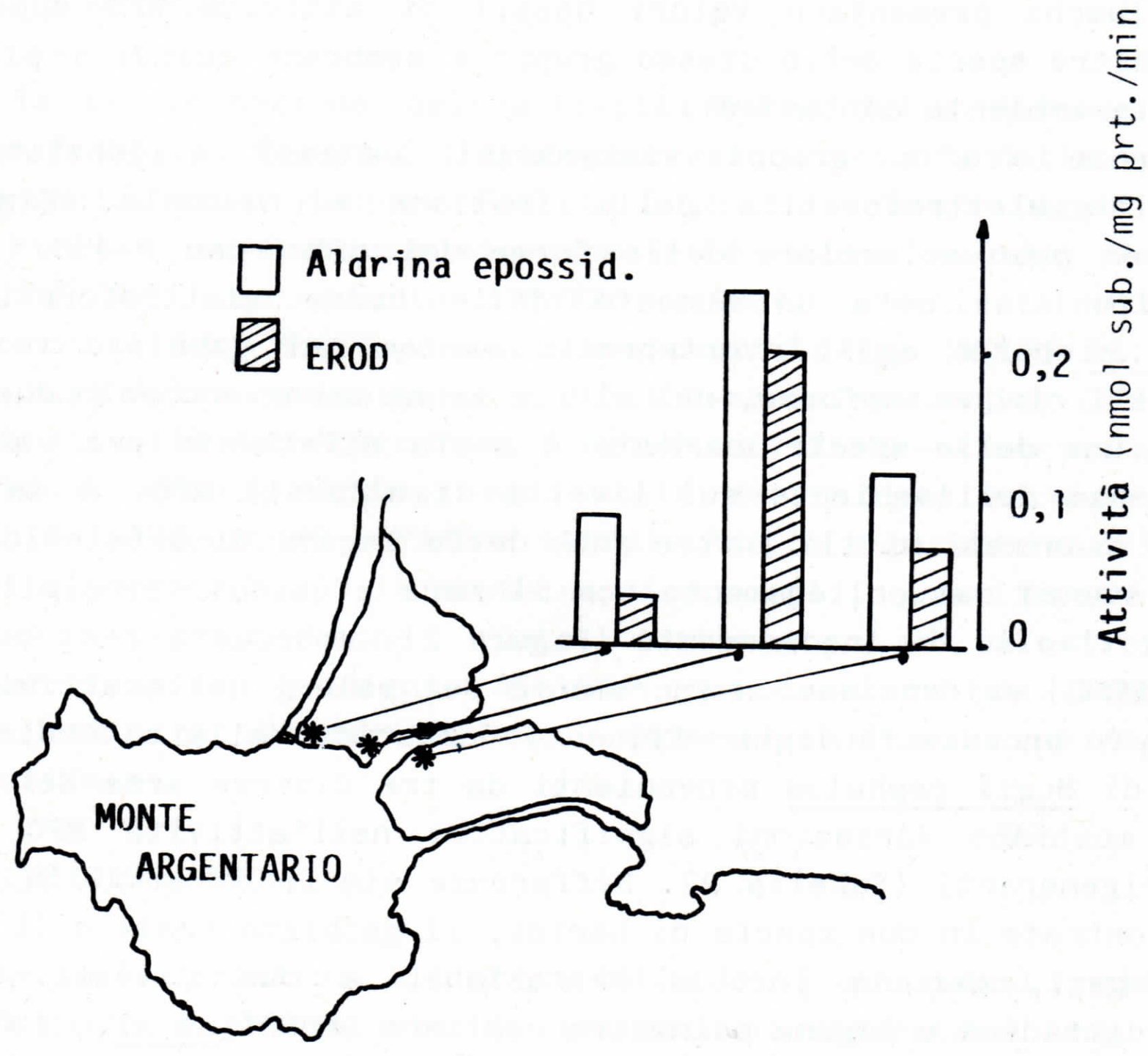


Figura 2 - Attività MFO di M. galloprovincialis in tre zone della laguna di Orbetello.

Tabella 2- Attività MFO (nmol sub./mg proteine microsomali/min) in Mugil cephalus in tre località del litorale tirrenico (n = numero di campioni; x = media; DS = deviazione standard).

Località	n	Test	Attività x	Attività DS
Livorno	3	aldrina epossidasi	0,68	0,52
La Spezia	5	aldrina epossidasi	0,41	0,48
		NADPH-cit c reduttasi	54,30	8,11
		NADH-cit c reduttasi	88,52	58,27
		NADH-ferric reduttasi	3150	1143
Orbetello	10	Aldrina epossidasi	0,23	0,10
		NADPH-cit c reduttasi	15,22	5,71
		NADH-cit c reduttasi	30,55	29,08
		NADH ferricianide reduttasi	1067	382

zone fortemente contaminate e può essere utilizzato, in alcune specie guida, come un vero e proprio "indice di stress" (BAYNE et al., 1976), per valutare il livello di contaminazione e di degrado ambientale.

BIBLIOGRAFIA

B.L.BAYNE, D.R. LIVINGSTONE, M.N.MOORE, J.WIDDWS - 1976 - A cyto- chemical and biochemical index of stress in Mytilus edulis L. - Mar. Pollut. Bull., 7, 221-224.

J.R. BEND, M.O.JAMES, P.M. DANSETTE - 1977 - In vitro metabolism of xenobiotics in some marine animals - Ann.N.Y.Acad.Sci., 298, 505-521.

C.FOSSI, C. LEONZIO, S. FOCARDI - 1986 - Increase of organochlorines and MFO activity in water birds wintering in an italian lagoon - Bull. Environ. Contam. Toxicol., 37, 538-543.

C.FOSSI, C. LEONZIO, S.FOCARDI - Mixed function oxidase activity and cytochrome P-450 forms in black-headed gulls feeding in different areas - Mar.Pollut.Bull., in press.

A.KAPPAS, A.P.ALVARES - 1975 - How the liver metabolizes foreign substances - Sci. Americ., 232, 22-31.

G.C.KNIGHT, C.H.WALKER, D.C.CABOT, M.P.HARRIS - 1981 - The activity of two hepatic microsomal enzymes in sea birds - Comp.Biochem.Physiol., 68C, 127-132.

B. KURELEC, Z. MATIJASEVIC, M. RIJAVEC, M. ALACEVIC, S. BRITVIC, W.E.G. MULLER, R.K.ZHAN - 1979 - Induction of BPMO in fish and the salmonella test as a tool for detecting mutagenic/carcinogenic xenobiotics in the aquatic environment - Bull. Environ. Contam. Toxicol., 21, 799-807.

U.K. LAEMLI - 1970 - Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of Bacteriophage T4 - Nature, 227, 680-685.

D.R. LIVINGSTONE - 1985 - Responses of the detoxication/toxication enzyme system of molluscs to organic pollutants and xenobiotics - Mar. Pollut. Bull., 16, 158-164.
D.R. LIVINGSTONE, S.V. FARRAR - 1984 - Tissue and subcellular distribution of enzyme activities of mixed function oxygenase and benzo(a)pyrene metabolism in the common mussel Mytilus edulis L. - The Sci. Total Environ., 39, 209-235.
J.F. PAYNE - 1977 - Mixed function oxidases in marine organisms in relation to petroleum hydrocarbon metabolism and detection - "Mar. Pollut. Bull., 8, 112-116.
R.J. POHL, J.R. FOUTS - 1980 - A rapid method for assaying the metabolism of 7-ethoxyresorufin by microsomal subcellular fractions - Analyt. Biochem., 107, 150-155.
K. PYYKKO - 1983 - Characterization and stability of rat liver microsomes isolated by rapid gel filtration method - Acta Pharmacol. Toxicol., 52, 39-46.
T. WOLFF, E. DEML, H. WANDERS - 1979 - Aldrin epoxidation, a highly sensitive indicator specific for cytochrome P-450 dependent mono- oxygenase activities - Drug Metab. Dispos., 7, 301-305.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	143-148	1986

STUDIO DEL BIOACCUMULO DI CADMIO, MERCURIO E PIOMBO NEL FEGATO E NEL MUSCOLO DI XIPHIAS GLADIUS L. (MAR TIRRENO)

R. Perdicaro, R. Sequi e A. La Posta

Laboratorio Centrale di Idrobiologia - Via del Caravaggio, 107 - 00147 ROMA

Key words: Heavy metals; Bioaccumulation; Body size; Xiphias gladius L.

ABSTRACT - Hg, Pb and Cd levels in Xiphias gladius L. catched in Tyrrenian Sea in 1985 are reported.

RIASSUNTO

E' stata accertata una proporzionalità diretta altamente significativa del tipo $Y = a X^b$ (Y = contenuti metallici e X = lunghezza mascellare inferiore) per il mercurio e il cadmio in entrambi i tessuti analizzati.

Si riportano i contenuti medi in mg/Kg(p.u.) nel fegato: Cd=1.82, Hg=1.92 e Pb=0.33 e nel muscolo: Cd=0.016, Hg=1.31 e Pb=0.38.

SUMMARY

A direct proportionality, highly significant ($Y = a X^b$ were Y = metal contents and X = body size in cm of body length) was pointed out for mercury and cadmium in both analyzed tissues.

The average contents in mg/Kg(w.w.) are in liver: Cd=1.82, Hg=1.92 and Pb=0.33 and in muscle: Cd=0.016, Hg=1.31 and Pb=0.38.

INTRODUZIONE

Scopo principale di questa ricerca è l'analisi delle correlazioni tra la taglia corporea e le concentrazioni di mercurio, piombo e cadmio nel fegato e nel muscolo di Xiphias gladius L. (pesce spada), per verificare se all'accrescimento corporeo corrisponde un incremento del bioaccumulo, confermando quanto riportato in letteratura per questa specie e per alcune altre specie ittiche marine (Barber et al., 1972; Cumont et al., 1972; Forrester et al., 1972; Cross et al., 1973; Mears e Eisler, 1977; Metayer et al., 1982; Crescenti et al., 1985).

Sono state inoltre messe a confronto le concentrazioni di ciascun metallo nei due tessuti analizzati e le concentrazioni dei diversi metalli nello stesso tessuto.

Nell'ambito della fauna ittica marina, Xiphias gladius, i tunnidi e

i selaci di grandi dimensioni presentano le massime capacità di concentrare il mercurio nel proprio organismo. Questo viene attribuito alla loro collocazione ai vertici della catena trofica marina e alla loro longevità (Eisler, 1981). I livelli di mercurio nelle specie ittiche mediterranee risultano all' incirca doppie o triple, a parità di taglia, rispetto alle stesse specie che vivono in Oceano Atlantico (Baldi et al., 1978; Renzoni et al., 1978; Viviani, 1983).

Gli altri metalli presi in esame (cadmio e piombo) presentano invece le massime bioaccumulazioni nelle specie ittiche planctofaghe collocate più in basso nella catena trofica marina (Viviani, 1983).

Mercurio, piombo e cadmio sono i soli metalli pesanti per i quali non sia stata ancora riscontrata alcuna funzione nella fisiologia degli organismi vegetali o animali, nei confronti dei quali esplicano invece la massima azione tossica (Eisler, 1981).

MATERIALI E METODI

La ricerca è stata condotta sul pescato di una campagna di pesca condotta, con la rete flottante, nel Basso Tirreno (tra Ustica e Palermo) nel giugno 1985. In totale sono stati catturati 46 esemplari; su 43 è stato campionato il muscolo e su 32 anche il fegato.

Sugli esemplari, appena catturati, sono stati determinati il sesso e la taglia; quest'ultima con due misure di lunghezza: la lunghezza postor-

Funzioni	n	r	%
Tutti gli esemplari (maschi + femmine)			
$Hg(t.e.) = 4.12\ 10^{-6}\ L^{2.60}$	32	0.57	99.9
$Hg(t.m.) = 2.38\ 10^{-3}\ L^{1.27}$	43	0.42	99
$Cd(t.e.) = 4.54\ 10^{-5}\ L^{2.13}$	32	0.47	99
$Cd(t.m.) = 3.37\ 10^{-6}\ L^{1.67}$	43	0.41	99
Soltanto gli esemplari di sesso maschile			
$Hg(t.e.) = 5.04\ 10^{-9}\ L^{4.04}$	24	0.68	99.9
$Hg(t.m.) = 1.07\ 10^{-4}\ L^{1.93}$	33	0.57	99.9
$Cd(t.e.) = 3.65\ 10^{-6}\ L^{2.65}$	24	0.48	95
$Cd(t.m.) = 2.26\ 10^{-7}\ L^{2.26}$	33	0.45	95

Tabella 1A - Relazioni paraboliche tra taglia (L), espressa in cm di L.M.I., e contenuti epatici (t.e.) e muscolari (t.m.) di mercurio e cadmio espressi in mg/Kg (p.u.).

Tutti gli esemplari (maschi + femmine)			
$Hg(t.m.) = 0.77 + 0.365\ Hg(t.e.)$	32	0.89	99.9
$Cd\ (t.m.) = 2.82\ 10^{-3} + 0.010\ Cd\ (t.e.)$	32	0.24	80

Tabella 1B - Relazioni lineari tra contenuti epatici (t.e.) e muscolari (t.m.) espressi in mg/Kg (p.u.).

Sono inoltre indicati, in entrambe le tabelle, il numero delle coppie di dati (n), il coefficiente di correlazione (r) e il livello di significatività (%). Nella esecuzione dei calcoli, i contenuti metallici inferiori al limite di rivelabilità sono stati considerati pari al limite stesso.

bitale (L.P.O.) dalla parte posteriore del globo oculare al centro del lobo caudale e la lunghezza mascellare inferiore (L.M.I.) dall'apice della mandibola al centro del lobo caudale (F.A.O., 1981, 1985).

Il muscolo è stato campionato con un carotatore in PVC sugli animali eviscerati, sempre nello stesso punto nella parte interna del cavo addominale. In particolare, per quanto riguarda il mercurio, è stato dimostrato (Freeman e Home, 1973) che il punto in cui viene praticato il prelievo non risulta essere critico, essendo questo metallo distribuito in maniera omogenea nel tessuto muscolare di Xiphias gladius. I campioni sono stati immediatamente congelati a - 20°C.

Il piombo e il cadmio sono stati mineralizzati in recipienti di teflon chiusi ermeticamente (4 h a 90°C) con acido cloridrico e acido nitrico nel rapporto di 2/1 e il mercurio secondo la metodica ufficiale (G.U. n.218 del 30.7.71 e n.328 del 28.12.71). Il dosaggio dei metalli è stato eseguito con lo spettrofotometro ad assorbimento atomico, con il fornetto di grafite(gas argon) per il piombo e il cadmio e con il sistema dei vapori freddi per il mercurio (idruro di boro e sodio come riducente). In tutti i casi si è operato con il metodo delle aggiunte standard (spettrofotometro Perkin Elmer mod. 5000 Zeeman con MHS 20 e campionatore automatico).

Tutti gli esemplari (maschi + femmine)

	43 camp. muscolo				32 camp. fegato			
	M	SD%	Int. Var.		M	SD%	Int. Var.	
L.	131	18	90	172	132	17	97	172
Hg	1.31	64	0.32	5.46	1.92	111	0.33	11.7
Cd	0.016	88	<0.005	0.065	1.82	66	0.17	4.43
Pb	0.38	168	<0.03	3.14	0.33	127	<0.03	2.08

Esemplari di sesso maschile

	33 camp. muscolo				24 camp. fegato			
	M	SD%	Int. Var.		M	SD%	Int. Var.	
L.	123	16	90	167	123	15	96	167
Hg	1.28	70	0.35	5.46	2.03	121	0.33	11.7
Cd	0.016	94	<0.005	0.065	1.60	68	0.17	4.40
Pb	0.33	179	<0.03	3.14	0.36	133	<0.03	2.08

Esemplari di sesso femminile

	10 camp. muscolo				8 camp. fegato			
	M	SD%	Int. Var.		M	SD%	Int. Var.	
L.	158	7	140	172	159	7	140	172
Hg	1.41	45	0.32	2.44	1.60	27	0.72	1.99
Cd	0.017	59	<0.005	0.042	2.48	56	0.81	4.43
Pb	0.55	140	<0.03	2.17	0.23	61	<0.03	0.40

Tabella 2 - Medie(M), deviazioni standard relative(SD%), numero di dati(n) e intervalli di variabilità(Int. Var.) della L.M.I. in cm e dei contenuti metallici in mg/Kg (p.u.). Nella esecuzione dei calcoli, i contenuti metallici inferiori al limite di rivelabilità sono stati considerati pari al limite stesso.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La L.M.I. dei 46 esemplari catturati è compresa tra 90 e 172 cm; soltanto 11 esemplari su 46 sono di sesso femminile.

Le due misure di taglia: L.P.O. e L.M.I. si correlano perfettamente secondo la funzione lineare: L.M.I. (cm) = 0.898 L.P.O. (cm) - 3.8 con n = 46 e r = 0.99.

La relazione tra L.M.I. in cm (Y) e la concentrazione dei metalli in mg/Kg (p.u.) nel fegato e nel muscolo (X) è stata analizzata sia con rette ($Y = a + bX$) che con parabole ($Y = a X^b$) linearizzate con l'ausilio dei logaritmi ($\ln Y = \ln a + b \ln X$). Le parabole hanno sempre fornito livelli di significatività più elevati.

Poichè, com'è noto, la velocità di crescita degli esemplari di sesso femminile è superiore (F.A.O., 1981; 1985; Cavaliere, 1963), l'analisi delle correlazioni è stata condotta, oltre che sull'intero lotto, anche separatamente sugli esemplari appartenenti ai due sessi.

I coefficienti di regressione sono sempre positivi. I livelli di significatività sono molto alti per mercurio e cadmio nell'intero lotto e negli esemplari di sesso maschile (tab. 1A) e irrilevanti per il piombo e per gli esemplari di sesso femminile; rappresentati questi ultimi da un numero esiguo di campioni: 8 di fegato e 10 di muscolo.

Il calcolo della regressione lineare ha permesso inoltre di evidenziare una proporzionalità diretta tra i contenuti epatici e muscolari di mercurio e cadmio con significatività altissima per il primo (99.9%) e relativamente bassa (80%) per il secondo (tab. 1B); nessun legame significativo è invece emerso nei riguardi del piombo.

Non è stata rilevata nessuna proporzionalità significativa tra le concentrazioni dei tre metalli in ciascuno dei due tessuti analizzati (Perdicaro e Sequi, 1984; Perdicaro 1984; 1985).

I dati medi di concentrazione (tab. 2) sono in buon accordo con i dati di letteratura, numerosi per quanto riguarda il mercurio ma quasi inesistenti per il piombo e il cadmio (Bernhard e Zattera, 1975; Eisler, 1981; Holden, 1973; Renzoni et al., 1981). Il piombo non manifesta predilezioni tra i due tessuti analizzati; il mercurio è presente nel fegato con concentrazioni medie pari a 1.5 volte quelle riscontrate nel muscolo (fig. 1); infine il cadmio si accumula preferenzialmente nel fegato con rapporti pari o superiori a 100/1 rispetto al muscolo.

Per quanto riguarda l'aspetto igienico-alimentare, il limite di 0.7 mg/Kg (p.u.) fissato dalla legge n. 283/62 e segg. per il mercurio nel pesce spada congelato o comunque conservato viene superato da 39 esemplari sui 43 analizzati (Loi, 1985).

Assunzioni massime settimanali di 0.3 mg di mercurio, 3.0 mg di piombo e 0.5 mg di cadmio per un adulto di 60 Kg di peso sono raccomandate dalla F.A.O./W.H.O. nelle "Provisional tolerable weekly intake" - PTWI - (O.M.S., 1972). Secondo questo criterio e sulla base dei contenuti muscolari emersi nella presente ricerca, le PTWI si raggiungono con le seguenti aliquote di muscolo di pesce spada: 0.23 Kg con riferimento al mercurio, 7.9 Kg con riferimento al piombo e 31 Kg con riferimento al cadmio.

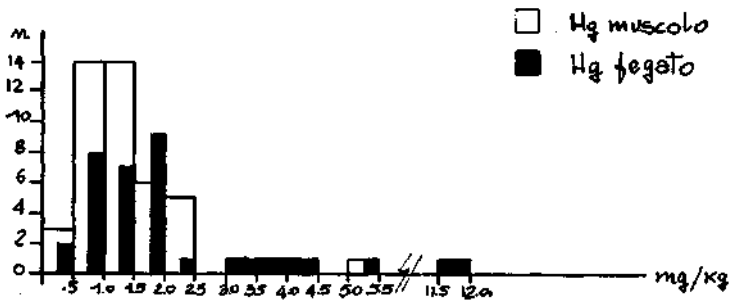


Figura 1 - Istogrammi di frequenza; in ascissa i contenuti di mercurio in mg/Kg(p.u.) e in ordinata il numero degli esemplari.

CONCLUSIONI

Sono state messe in evidenza proporzionalità dirette altamente significative tra la taglia e i contenuti di mercurio e di cadmio nei due tessuti analizzati. Per gli stessi metalli è stata anche accertata una proporzionalità diretta tra contenuti epatici e muscolari. Soltanto il piombo sembra essere distribuito in maniera casuale.

Per quanto attiene i contenuti medi, sono stati confermati gli alti livelli di mercurio e il bioaccumulo preferenziale del cadmio nel fegato.

BIBLIOGRAFIA

F. BALDI, A. RENZONI, M. BERNHARD -1978 - Mercury concentration in pelagic fishes (anchovy, mackarel and sardine) from the Italian coast and Strait of Gibraltar. IV J. Etud. Poll., 251-254.

R.T. BARBER, A. VIJAYAKUMAR, F.A. CROSS - 1972 - Mercury concentrations in recent and ninety-year-old benthopelagic fish - Science - 175, 951-952.

M. BERNHARD, A. ZATTERA - 1976 - I maggiori contaminanti dell'ambiente marino - CNEN RT/BIO (76) 15.

A. CAVALIERE - 1963 - Studi sulla biologia e pesca di Xiphias gladius L. - Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 18, 143-170.

N. CRESCENTI, S. MARTELLA, G. MARTINO - 1985 - Concentrazione di cadmio e piombo in alcuni organi (cervello, fegato, gonade e muscolo) di Lepidopus caudatus (Eupharasen, 1788) in relazione ad alcuni fattori biotici. Primi risultati - Oebalia, vol.XI, N.S., 115-125.

F.A. CROSS, L.H. HARDLY, N.Y. JONES, R.T. BARBER - 1973 - Relation between total body weight and concentrations of Manganese, Iron, Copper, Zinc and Mercury in white muscle of bluefish (Pomatus saltatrix) and a Batial-Demersal fish (Antimora rostrata) - J. Fish. Res. Board Can., 30, 1287-1291.

G. CUMONT, G. VIALLEX, H. LELIEVRE, P. BOBENRIETH - 1972 - Contamination des poissons de mer par le mercure - Rev Intern. Océanog. Med., - XXVIII, 95-127.

R. EISLER - 1981 - Trace metal concentrations in marine organisms - Pergamon Press, New York.

F.A.O. - 1981 - Synopsis of the biology of the Swordfish, Xiphias gladius Linnaeus - F.A.O. Fisheries Synopsis, No.127.

F.A.O. Species catalogue - 1985 - Billfishes of the world, FIR/S 125 vol.5.
H.C. FREEMAN, D.A. HORNE - 1973 - Sampling the edible muscle of the swordfish (Xiphias gladius) for the total mercury analysis - J. Fish. Res. Board Can. 30, 1251-1252.
C.R. FORRESTER, K.S. KETCHEN, C.C. WONG - 1972 - Mercury content of spiny dogfish (Squalus acanthias) in the Strait of Georgia, British Columbia - J. Fish. Res. Board Can., 29, 1487-1490.
A.V. HOLDEN - 1973 - Mercury in fish and in shellfish. A review - J. Fd Technol., 8, 1-25.
P. LOI - 1985 - Il mercurio nel pescato alimentare - Il Pesce, 3, 51-60.
H.C. MEARS, R. EISLER - 1977 - Trace metals in liver from Bluefish, Tautog and Tilefish in relation to body length - Chesapeake Science, 18(3), 315-318.
C. METAYER, J.C. AMIARD, C. AMIARD TRIQUET - 1982 - Accumulation de quelques elements traces metalliques (Cd, Pb, Cu et Zn) chez la sole (Solea solea) et la filet (Platichtys flesus): variations en function de l'age et organotrophisme - Rev. Int. Océanog. Méd., LXVI-LXVII, 33-45.
O.M.S. - 1972 - Evalutation de certains additifs et de contaminants: mercury, plomb et cadmium - Serie dei rapporti tecnici, n° 505.
R. PERDICARO - 1984 - Studio del bioaccumulo di cadmio, cromo, ferro, mercurio, nichelio, piombo e rame in tre specie di molluschi bivalvi (Crassostrea gigas, Ostrea edulis e Venerupis decussata) in allevamento in un parco sperimentale sito nella Laguna di Venezia - Riv. Idrobiol., 23, 129-143.
R. PERDICARO - 1985 - Bioaccumulo di alcuni metalli pesanti in tre specie di molluschi bivalvi in allevamento in un parco sperimentale sito nella Laguna di Venezia - Oebalia, XI - 3 N.S., 879-881
R. PERDICARO, R. SEQUI - 1984 - Variazioni individuali dei contenuti di cadmio, rame e piombo nel tessuto muscolare del mantello di Sepia officinalis L. - Nuovi annali di igiene e microbiologia, XXX(2), 151-160.
A. RENZONI, M. BERNHARD, R. SARA', M. STOEPPLER - 1978 - Comparison between the Hg body burden of Thynnus tunnus from the Mediterranean and the Atlantic - IV J. Etud. Poll., 255-260.
A. RENZONI, E. BACCI, C. LEONZIO - 1981 - Concentrazione di metalli in tracce in organismi del Mar Tirreno - Quad. Lab. Tecnol. Pesca, 3 (1 suppl.), 649-655.
R. VIVIANI - 1983 - Qualità del prodotto allevato in rapporto all'ambiente - Convegno sui rapporti dell'acquacoltura in Italia, Regione Veneto, (E.S.A.V.) - Chioggia Sottomarina 9-11.5.83, 33-43.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	149-154	1986

PRIMI RISULTATI SUL TRASFERIMENTO DI RADIONUCLIDI ARTIFICIALI IN ALCUNI TRATTI DELLA RETE ALIMENTARE ADRIATICA, DOPO L'INCIDENTE DI CHERNOBYL

L. Tassi Pelati, S. Albertazzi

Istituto di Zoologia - Facoltà di scienze - Università di Parma

Key words: food-chains; Chernobyl; radionuclides transfer; Adriatic Sea.

ABSTRACT - New radionuclides from Chernobyl cloud in some steps of pelagic and benthic food-chains of Adriatic Sea near Trieste and Ancona.

RIASSUNTO

Il 7 e l'8 maggio 1986 a Trieste e ad Ancona sono stati prelevati campioni di acqua di mare e di organismi caratteristici di alcuni tratti di catene alimentari pelagiche e bentoniche. Si è trovato che, subito dopo Chernobyl, la radiocontaminazione marina, dovuta ai gamma emettitori, era maggiore a Trieste che ad Ancona. Gli organismi dei primi livelli trofici avevano più elevate concentrazioni rispetto a quelli dei livelli trofici successivi o situati a maggiori profondità. Abbiamo dimostrato che il trasferimento di radio attività lungo le catene alimentari dipende dalle caratteristiche dei radionuclidi e dalla ecofisiologia degli organismi.

SUMMARY

Some sea water and organism samples were collected at Trieste and at Ancona on 7th and 8th May 1986. The organisms are typical of some steps of pelagic and benthic food-chains. Immediately after Chernobyl the marine radiocontamination due to gamma emitters resulted higher at Trieste than at Ancona. The organisms of the first trophic levels showed higher concentrations than those of subsequent steps or living at lower depths. We proved that the radio activity transfer through the food-webs depends both on the radionuclides features and on the ecophysiology of the organisms.

1 - INTRODUZIONE

L'incremento della radioattività ambientale causato dall'incidente di Chernobyl è stato osservato da noi direttamente sui primi campioni di fallout raccolti tra la fine di aprile e l'inizio di maggio 1986. Dal 29 aprile al 2 maggio la sola deposizione di Cs-137 a Parma è stata di 555 *MBq/Km*^{2}.

La portata dell'evento ha dato l'opportunità di approfondire lo studio del trasporto biologico dei radionuclidi lungo le catene alimentari marine. Si è considerato il mare Adriatico dove tra il 1979 ed il 1984 sono stati ottenuti numerosi risultati sul contenuto di radioattività naturale ed artificiale in organismi pelagici e bentonici (Tassi Pelati et al. 1982; Triulzi et al. 1986).

2 - MATERIALI E METODI

A Trieste il 7 maggio 1986 sono stati prelevati campioni di: acqua di mare, zooplancton, Sardina pilchardus, Mytilus galloprovincialis, Enteromorpha compressa, Enteromorpha linza, Patella aspera.

Ad Ancona l'8 maggio 1986 sono stati prelevati campioni di: acqua di mare, zooplancton, Sardina pilchardus, Mytilus galloprovincialis, Ulva lactuca, Sepia officinalis, Gobius niger, Venerupis aureua.

L'acqua di mare è stata sottoposta a spettrometria gamma diretta, ma per una più precisa determinazione del suo contenuto di radiocesio è stata trattata con il metodo dell'Ammonio Molibdo Fosfato (AMP).

La spettrometria gamma è stata effettuata con rivelatori al Ge-Li. Gli organismi sono stati analizzati allo stato fresco. Nei molluschi è stata considerata solo la parte molle, nei pesci sia la parte edule, sia gli organi interni.

I metodi radiochimici e radioanalitici applicati per differenti campioni biologici ed ambientali sono descritti in lavori precedenti (Tassi Pelati et al. 1980, 1982).

3 - RISULTATI E DISCUSSIONE

In Tab. I vengono riportati i risultati ottenuti per i campioni di Trieste.

Si osserva che gli organismi dei primi livelli trofici concentrano la maggiore varietà di radionuclidi. Il loro trasferimento agli organismi dei livelli trofici successivi avviene con una riduzione delle attività. La capacità di concentrazione è molto elevata nell'alga, e nell'ambito del

genere Enteromorpha, le due specie considerate hanno attività significativamente diverse.

Tab. I - Radioattività artificiale in campioni prelevati a Trieste 11 2 maggio 1986.

Nuclide	t½		Bq/m³ Acqua di mare	Bq/kg fresco Plancton	Sardina viscere	Pilchardus p.edule	Mytilus galloprovincialis	Enteromorpha compressa	Enteromorpha linza	Patella aspera
95 Zr	65	g	- - - -	15±4	16±6	- - -	31±7	4108±82	843±33	194±27
95 Nb	35	g	- - - -	34±4	12±3	- - -	24±6	5006±63	965±25	201±10
103 Ru	39,6	g	1733±199	617±10	294±9	23±1	765±12	27467±105	5295±41	1133±15
106 Ru	372	g	- - - -	216±24	106±23	- - -	152±30	8112±259	1500±109	295±42
129m Te	34	g	- - - -	235±9	139±38	18±9	- - -	7637±423	1247±150	344±68
129 Te	69	m	- - - -	237±3	157±35	42±17	269±71	3998±263	799±111	590±129
131 I	8,04	g	5658±379	232±8	70±5	20±1	123±6	8453±69	2019±24	168±6
132 I	2,30	g	- - - -	1035±43	403±18	35±3	404±18	11504±112	2540±49	993±31
134 Cs	2,09	a	456±19	27±3	31±4	11±2	9±4	1439±42	293±15	40±7
136 Cs	13,2	g	108±18	- - - -	- - -	3±1	- - -	491±39	- - -	- - -
137 Cs	30,2	a	884±22	42±5	59±5	23±2	20±5	2436±51	518±22	83±8
140 Ba	12,8	g	- - - -	68±12	29±11	- -	36±13	4977±154	1056±63	177±28
140 La	40,2	a	780±239	88±10	51±6	3±1	72±10	4693±111	1060±42	148±12
141 Ce	33	g	- - - -	53±4	19±4	- -	46±5	4036±50	1009±23	153±8
144 Ce	284	g	- - - -	32±11	- - -	- -	20±13	3629±137	618±56	123±22
144 Nd	11,1	g	- - - -	- - - -	- - -	- -	- - -	808±71	180±23	28±11
239 Np	2,4	g	- - - -	- - - -	- - -	- -	- - -	16241±297	268±88	68±37

m=minuti , o=ore , g=giorni , a=anni , - - - inferiore ai limiti di rivelazione

I risultati ottenuti per i campioni di Ancona sono riportati in Tab. II. Sono presenti un minor numero di radionuclidi e le attività sono inferiori a quelle dei campioni di Trieste.

L'aumento di radioattività verificatasi in Adriatico dopo Chernobyl può essere stimato dal confronto con nostri dati ottenuti dalle ricerche svolte in anni precedenti (Tassi Pelati et al. 1982, Triulzi et al. 1986).

Tab. II - Radioattività artificiale in campioni prelevati ad Ancona l'8 maggio 1986.

Nuclide	t½		Bq/m3 Acque di mare	Plancton	Bq/kg fresco Sardina pilchardus viscere	p.edule	Mytilus galloprovincialis	Ulva lactuca	Sepia officinalis	Gobius niger	Venerupis aurea
95 Zr	65	g	- - -	27±9	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
95 Nb	35	g	- - -	38±7	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
103 Ru	39,6	g	126±42	156±8	133±7	- - -	27±11	19±2	0.7±0.4	2.6±0.7	15±2
129 Te	69	m	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	44±13	- - -	- - -	- - -
131 I	8,04	g	600±97	51±8	47±13	- - -	15±2	110±7	1.2±0.5	- - -	- - -
132 I	2,30	o	- - -	254±52	- - -	- - -	32±9	227±83	- - -	- - -	- - -
134 Cs	2,09	a	23±3	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
136 Cs	13,2	g	9±3	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
137 Cs	30,2	a	74±42	25±6	10±3	1.7±0.7	0.5±0.2	1.9±0.5	0.3±0.2	1.1±0.5	- - -
140 La	40,2	o	- - -	34±10	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
141 Ce	33	g	- - -	26±5	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -

m=minuti , o=ore , g=giorni , a=anni , - - - inferiore ai limiti di rivelazione

La Tab. III riporta, ad esempio, il confronto tra i livelli di attività di Cs-137 determinati in campioni simili prima e subito dopo l'incidente di Chernobyl.

Tab. III - Attività di Cs-137 nel Mare Adriatico prima e subito dopo Chernobyl

	Adriatico 79-84 min	max	Trieste	Ancona
Acqua di mare (Bq/m3)	3	7	884	74
Plancton (Bq/kg fresco)	0,05	0,32	42	25
Sardina pilchardus "	0,20	0,40	23	1,7
Mytilus galloprovincialis "	0,10	0,18	20	0,5

Relativamente ad altri radionuclidi, il confronto delle attività può essere fatto per campioni di zooplancton.

In Tab. IV sono riportate le concentrazioni di alcuni radionuclidi presenti sia nel campione di plancton di Trieste del maggio 1986, sia in un campione, con il più elevato contenuto di radioattività, prelevato nel nord Adriatico dopo l'esplosione nucleare cinese del 1980 (Tassi Pelati et al., 1982).

Tab. IV - Radioattività di un campione di plancton prelevato a Trieste nel maggio '86 e di uno del nord Adriatico prelevato nel novembre 1980 (Attività in Bq/kg fresco).

sigla campione	Zr-95	Nb-95	Ru-103	Cs-137	Ce-141	Ce-144
PL/TS/06.86	15	34	817	42	53	32
PL/AO/107.80	1,4	2,9	0,8	0,2	1,9	1,2

Anche se molti dei nuovi radionuclidi decadono rapidamente pensiamo sia possibile seguire il trasferimento di quelli più persistenti in diversi tratti della rete alimentare marina.

I primi risultati ottenuti su organismi marini appartenenti ad alcuni tratti di catene alimentari pelagiche e bentoniche hanno dimostrato che alle date di prelievo, e cioè nei primi giorni di maggio 1986

la radiocontaminazione è stata più elevata a Trieste che ad Ancona. Lo stato chimico-fisico dei radionuclidi e le caratteristiche ecofisiologiche degli organismi considerati hanno influenzato il trasporto della radioattività nei differenti punti della rete alimentare marina.

Si esprime viva gratitudine al Prof. M. Specchi ed al Dott. C. Froglia per la loro preziosa collaborazione, che ha permesso di realizzare tempestivi e simultanei campionamenti.

La ricerca è stata svolta con finanziamenti MPI 40% e *60%.*

BIBLIOGRAFIA

- *L. TASSI PELATI, L. MIRABILE, L. SCAGLIA, S. ALBERTAZZI - 1980 - La misura quantitativa di radionuclidi in campioni ambientali - Atti del Simposio sulle Metodologie Radiometriche e Radiochimiche della Radioprotezione - Pavia 28-29 aprile 1980, 67-81.*

- *L. TASSI PELATI, C. TRIULZI, S. ALBERTAZZI - 1982 - Risultati preliminari sulla radioattività di campioni biologici ed ambientali prelevati nell'Alto Adriatico (1979-80-81) - Convegno CNR delle U.O. "Risorse biologiche ed Inquinamento marino", Roma 10-11 novembre 1981, 875-890.*

- *L. TASSI PELATI, S. ALBERTAZZI, M. SPECCHI, S. FONDA UMANI - 1982 - Presence of natural and artificial radionuclides in zooplankton samples collected in the north Adriatic sea in November 1980 - Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata, v.l, 2, 111-120.*

- *C. TRIULZI, L. TASSI PELATI, S. ALBERTAZZI and A. MORANI - 1986 - Presenza e distribuzione di Cs-137 e di radioattività naturale nel mar Adriatico (1979-1984) - Atti 1° Simposio U.O. ASCOP, (in stampa).*

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	155-162	1986

NEMATOCISTI E TOSSINE DI PELAGIA NOCTILUCA (FORSKÅL).

F. Quadrifoglio*, M. Avian**, P. Del Negro***, T. Princi****, M. Scuka**, E. Gavinelli*, L. Rottini Sandrini**.

* Dipartimento di Biochimica, Biofisica e Chimica delle Macromolecole, Università di Trieste.

** Dipartimento di Biologia, Università Di Trieste, e CIMAM-L.B.M., Trieste.

*** Istituto di Farmacologia, Università di Trieste, e CIMAM-L.B.M., Trieste.

**** Istituto di Fisiologia, Università di Trieste.

KEYWORDS: Pelagia noctiluca; nematocysts; toxins.

ABSTRACT

The isolation of the cnidocysts of Pelagia noctiluca, their purification from the tentacles, the separation of the capsular fluid and the toxic activity that this fluid exhibits on laboratory animals, are here discussed.

RIASSUNTO

Le cnidocisti di Pelagia noctiluca sono state purificate dai tentacoli e successivamente analizzate al microscopio elettronico a scansione per determinare la loro morfologia: sono state identificate cinque differenti strutture del filamento, mentre le capsule presentano quattro forme. Successivamente, dalla preparazione purificata di cnidocisti é stato estratto il fluido capsulare. Sia il fluido in toto che i vari pools ottenuti mediante frazionamento su colonna, sono stati sperimentati su animali da laboratorio, per evidenziare l'attività neurotossica e per identificare le frazioni attive. Risultano attivi, a livello sinaptico di placca, i pools con p.m. da 44 a 66 Kdal, in questa prima fase sperimentale.

SUMMARY

The cnidocysts of Pelagia noctiluca, purified from the marginal tentacles, were analysed under the S.E.M. in order to determine the morphological types, which are five in our samples, instead of three described in previous investigations. The capsular fluid including the toxic activities was extracted from the purified preparation of cnidocysts, and fractionated by means of column chromatography. Both the fluid in toto that the fraction pools were

tested on laboratory animals in order to demonstrate the neurotoxic activity on the neuromolecular synapsis and on the myocardium, and to identify the active fractions. This first series of experiments shows that the active pools have m.w. of 44-66 Kdal.

INTRODUZIONE

Le caratteristiche chimiche e strutturali delle cnidocisti e del loro increto sono state oggetto di numerose ricerche, principalmente negli Idrozoi ed Antozoi (Rees, 1966; Muscatine & Lenhoff, 1974; Burnett & Calton, 1977; Tardent, 1983). Per quanto riguarda gli Scifozoi, i dati disponibili riguardano solamente poche specie, quali Chironex fleckeri (Freeman & Turner, 1969; Keen & Crone, 1969), o Crysaora quinquecirrha (Blanquet, 1972; Calton & Burnett, 1983). Recentemente la presenza di grandi quantità di Pelagia noctiluca (Semaeostomeae, Pelagiidae) lungo le coste del Mediterraneo ha permesso di riprendere lo studio sulle metodiche di isolamento, sulla struttura e meccanismi di scarica delle cnidocisti di Pelagia noctiluca (Salleo, 1984; Salleo et al., 1986). Anche i danni dermatologici da contatto sono stati studiati, sia su animali da laboratorio (Della Loggia, 1984; Del Negro et al., 1986 a) che su uomo (Scarpa, 1984).
Nella presente nota sono state analizzate:

a) La morfologia dei vari tipi di cnidocisti di Pelagia noctiluca.
b) Le tecniche di separazione del fluido capsulare dalle cnidocisti,
c) L'attività tossica che tale fluido ha su animali da esperimento.

MATERIALI E METODI

Purificazione delle cnidocisti: Le cnidocisti sono state isolate dai tentacoli di Pelagia noctiluca, tolti in vivo da circa 700 meduse prelevate da sciamature costiere e portate immediatamente in laboratorio, come descritto in Del Negro et al., (1986 b).

Analisi morfologica delle cnidocisti: Le cnidocisti sono state fissate con glutaraldeide al 2% e paraformaldeide allo 0.7% in tampone cacodilato 0.1 M a pH 7.3, contenente $CaCl_2$ 2 mM, per 1h e 30' a temperatura ambiente; sono poi state postfissate in OsO_4 all'1% nello stesso tampone per 1h a temperatura ambiente. Dopo serie ascendente di acetone, i preparati sono stati disidratati sotto CO_2 al punto critico, metallizzati con oro-palladio, ed osservati al microscopio elettronico a scansione Philips PSEM 400.

Separazione del fluido capsulare: Aliquote della preparazione di cnidocisti sono state portate a 0°C, ed il contenuto omogeneizzato in potter di vetro in bagno refrigerato per periodi di 30" con intervalli di 2 min. Dopo avere controllato al microscopio la percentuale di rottura delle cnidocisti (50-60%), l'omogenato é stato poi centrifugato a 20,000 rpm per 30' a 4°C. I surnatanti sono stati liofilizzati o usati come tali per i saggi in toto.

Separazione delle frazioni: Il liofilizzato sciolto in acqua bidistillata (1 mg/mi) *é* stato frazionato a 4°C su una colonna (2.5X100 cm) riempita con Sephadex G-75, usando come eluente acqua bidistillata. Le frazioni raccolte sono state analizzate allo spettrofotometro, accorpate in pools, congelate e liofilizzate. E' stata inoltre effettuata un'elettroforesi SDS-PAGE con i

pools relativi all'eluizione PN III (Fig. 6), per determinarne i pesi molecolari.

Saggio dell'attività del fluido capsulare sul miocardio: A cinque ratti adulti di ambo i sessi, del peso medio di 300 g (250-350 g), sono stati somministrati il supernatante in toto ed i pools per via endovenosa nella vena giugulare. Prima della somministrazione del secreto, i ratti sono stati anestetizzati mediante somministrazione per via intraperitoneale di 1 ml di Ketamina (soluz. 50 mg/mi). Per procedere alla registrazione elettrocardiografica sono stati inseriti due aghi in corrispondenza dell'inserzione degli arti anteriori (I^{a} derivazione standard degli arti) (Valora & Fidanza, 1963), prendendo i valori di controllo della frequenza cardiaca prima di somministrare la sostanza in esame.

Saggio dell'attività del fluido capsulare sulla sinapsi neuromuscolare: Sia il fluido in toto che i pools sono stati saggiati nel preparato nervo sciatico-muscolo sartorio di Rana esculenta, isolato secondo le metodiche usuali. Tale preparato é stato immerso in sol. fisiologica tamponata a pH 7.4; il blocco parziale della trasmissione neuromuscolare è stato raggiunto con la diminuzione della concentrazione di Ca^{++} nel mezzo esterno a 1 mM e con aggiunta di Mg^{++} (5-10 mM). Si é poi proceduto alla registrazione del potenziale di placca (e.p.p.) e della corrente di placca (e.p.c.) con microelettrodi di vetro di 5-10 MΩ, riempiti con KCl 3 M (Fatt & Katz, 1951). La tecnica usata per la registrazione dell'e.p.c. é quella del "voltage clamp" (Takeuchi & Takeuchi, 1959).

RISULTATI

Morfologia delle cnidocisti: Precedenti lavori (Weill, 1934; Russell, 1970) indicano la presenza di tre forme di cnidocisti: atrica haploneme, in due dimensioni, 7x3 µm e 17x12 µm, holotrica haploneme e microbasica eterotrica eurytele. L'analisi del preparato delle cnidocisti purificate, sia chiuse che scaricate, ha rivelato la presenza di cinque diverse forme di cnidocisti, e rispettivamente (secondo la classificazione di Mariscal, 1974):

a) Eterotrica microbasica eurytele, con parte prossimale del filamento differenziata, recante tre serie elicoidali di spine, e la restante parte distale del filamento con tre serie elicoidali di piccoli uncini (Fig. 1).
b) I^{a} olotrica isorhiza haploneme, con filamento omogeneo, recante tre serie elicoidali di piccoli uncini (Fig. 2, a).
c) I^{a} atrica isorhiza haploneme, strutturalmente simile alla precedente, ma con filamento privo di uncini, con triplice serie elicoidale di leggere sculture a "V" il cui apice é rivolto verso la capsula. Distinguibile dalla precedente solo al microscopio elettronico a scansione (Fig. 3), qui descritta per la prima volta.
d) II^{a} olotrica isorhiza haploneme, definita precedentemente al microscopio ottico come atrica, presenta invece tre serie elicoidali di piccoli uncini (Fig. 4, a).
e) II^{a} atrica isorhiza haploneme, con diametro maggiore della capsula compreso tra 3 ed 8 µm, e filamento perfettamente liscio. Tale tipo corrisponde alla piccola atrica haploneme già descritta (Fig. 4, b).

Le cnidocisti osservate presentano un'apertura all'estremità distale del fi-

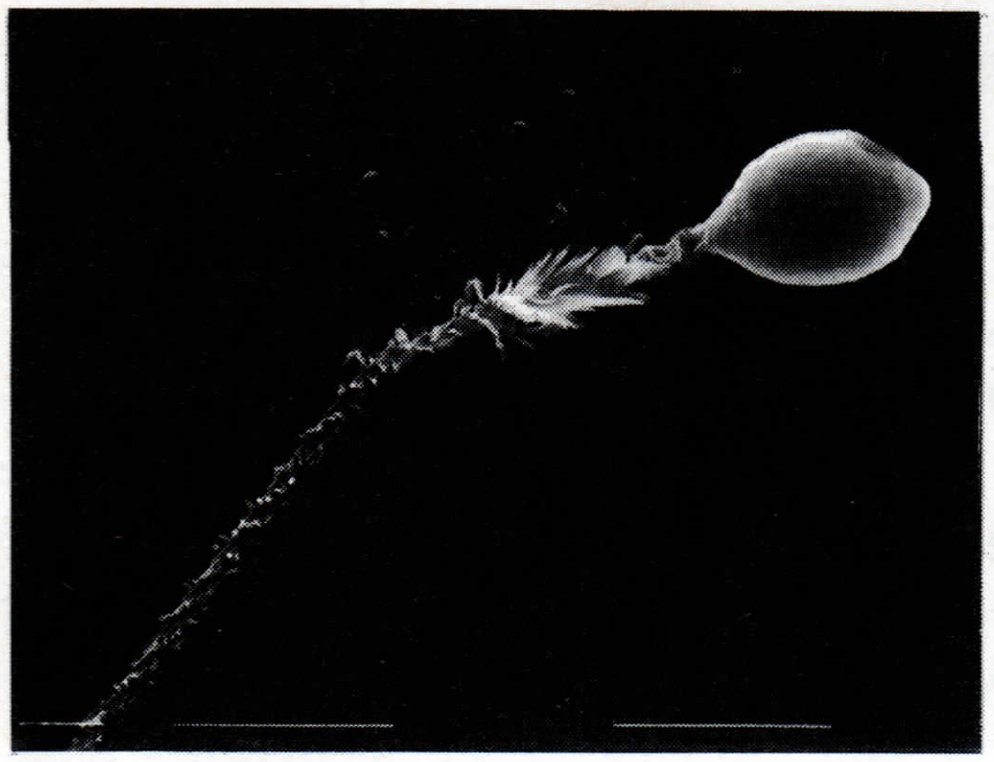


Fig. 1. Cnidocisti Eterotrica Microbasica Eurytele (— = 10 μm).

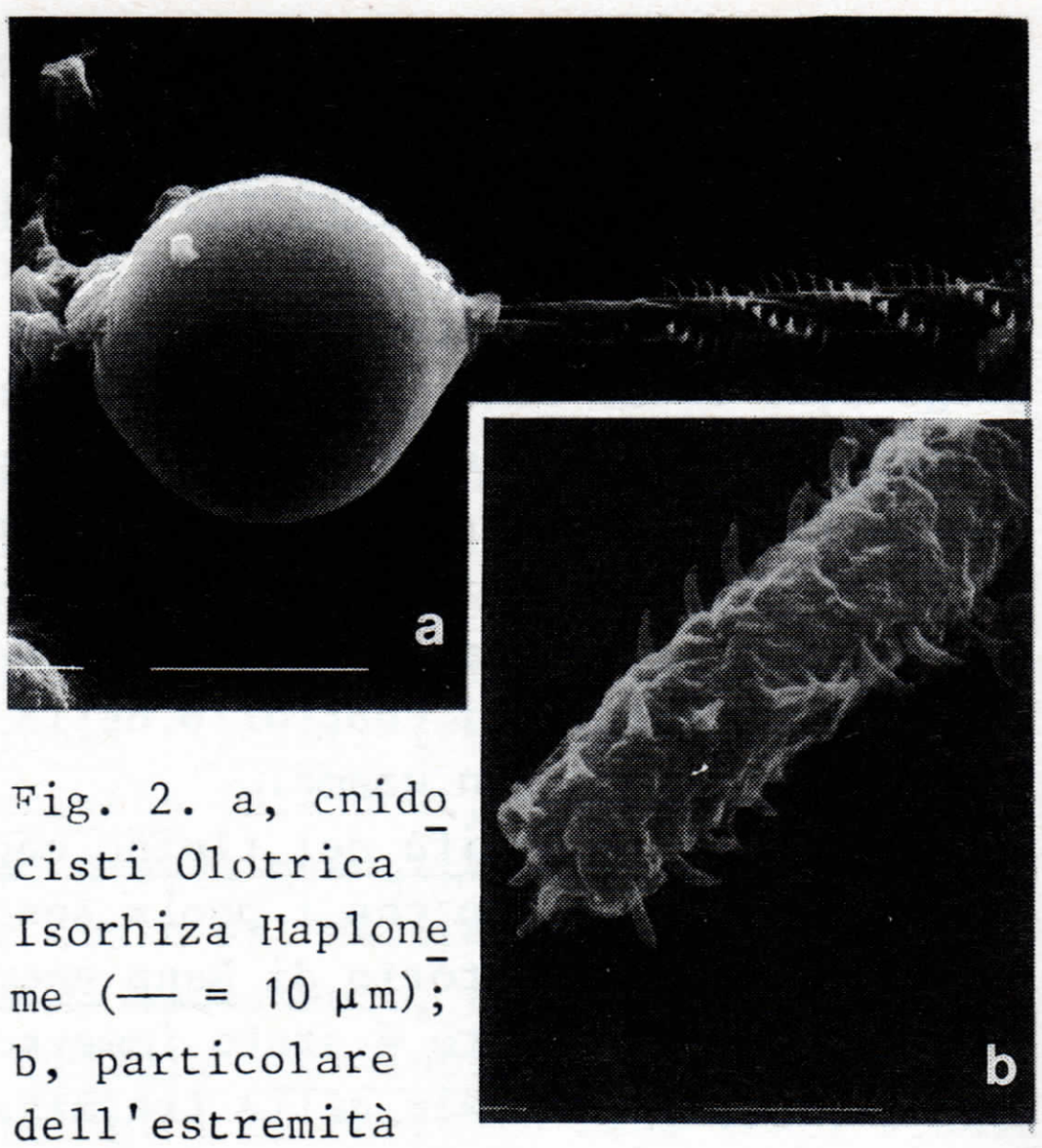


Fig. 2. a, cnidocisti Olotrica Isorhiza Haplonеme (— = 10 μm); b, particolare dell'estremità distale del filamento (— = 1 μm).

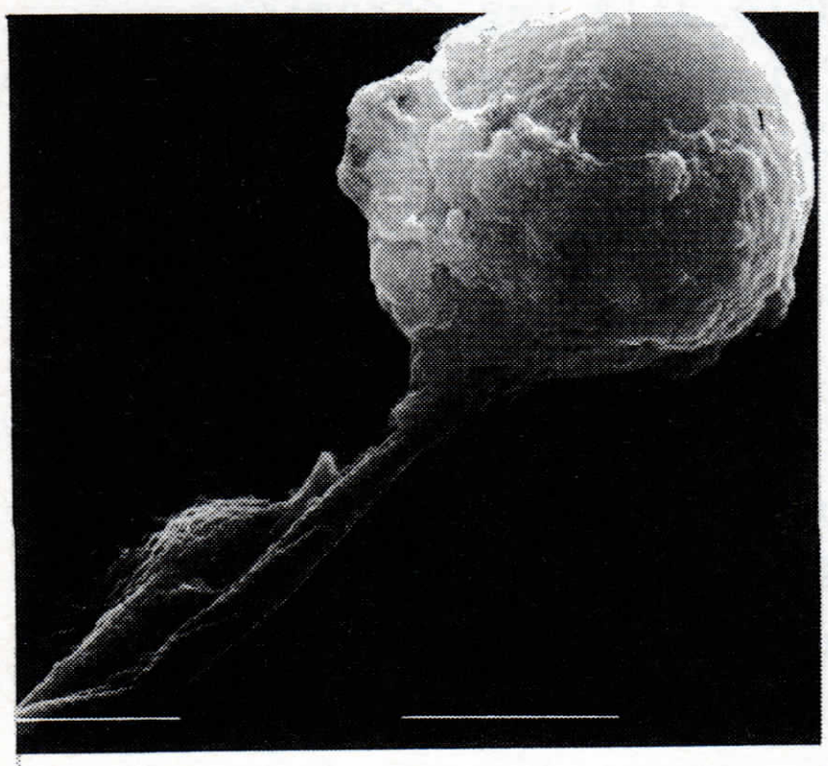


Fig. 3. I^a Atrica Isorhiza Haploneme (— = 10 μm).

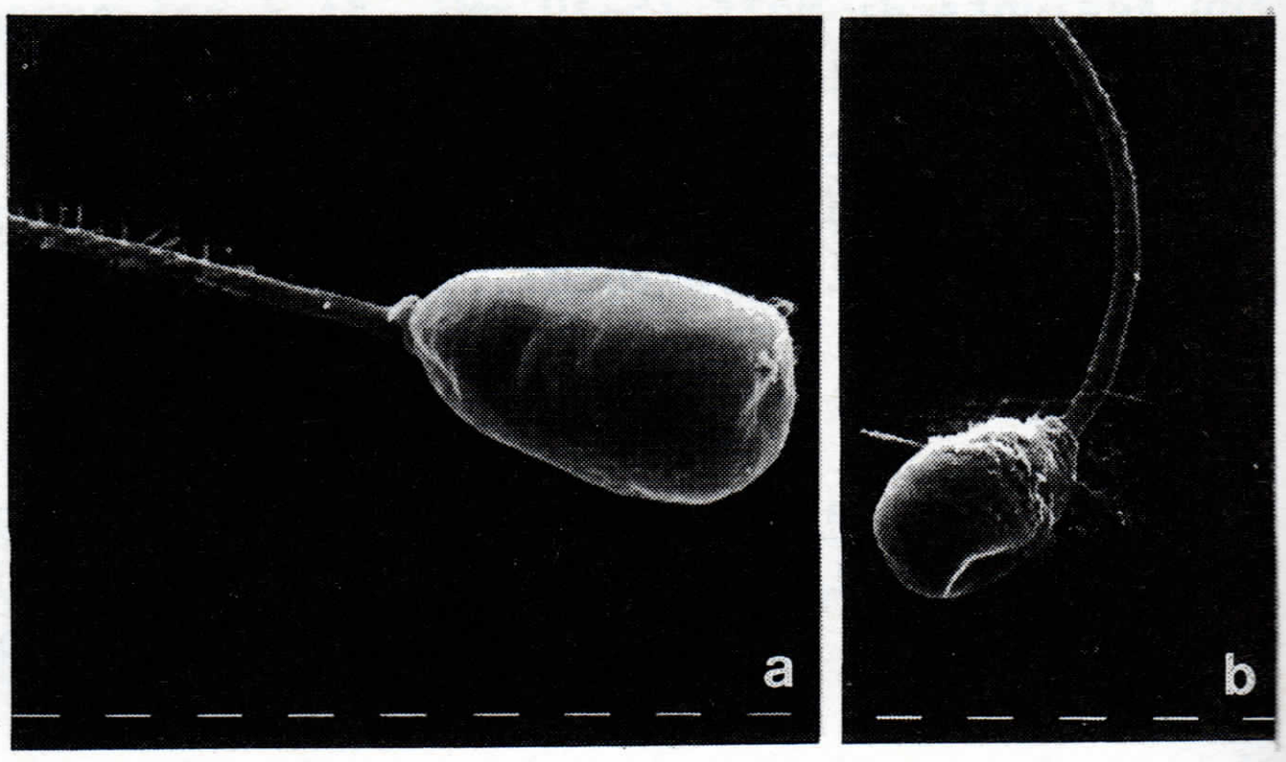


Fig. 4. a, II^a Olotrica Isorhiza Haploneme (— = 1 μm); b, II^a Atrica Isorhiza Haploneme (— = 1 μm).

lamento (Fig. 3, b) (Stomocnidae). La distribuzione quantitativa nel preparato purificato di queste forme di cnidocisti é il seguente: tipo a 90%; tipo b 7%; tipo d 2%; tipo c ed e < 1% rispettivamente.

Frazioni del surnatante: Tutti i profili di eluizione (Figg. 5, 6) esibiscono due picchi di assorbimento; il primo rappresenta molecole proteiche (Salleo et al., 1986) con peso molecolare compreso tra 44 e 66 Kdal, il secondo molecole a basso peso molecolare, < 2 Kdal. I due picchi sono separati da una serie di frazioni a basso assorbimento a tutte le lunghezze d'onda (220, 260, 280, 310 nm). Di conseguenza i pools usati per i saggi comprendono sopratutto le frazioni relative a questi due picchi, e rispettivemente:

PN II: 17-19, 20-21, 22-24, 25-26, 27-28, 29-32, e 51-55, 56-58, 59-65, 66-69.

PN III: 24-34, 35-48, 49-80, 81-98, 99-104, 105-112, 113-128, 129-140.

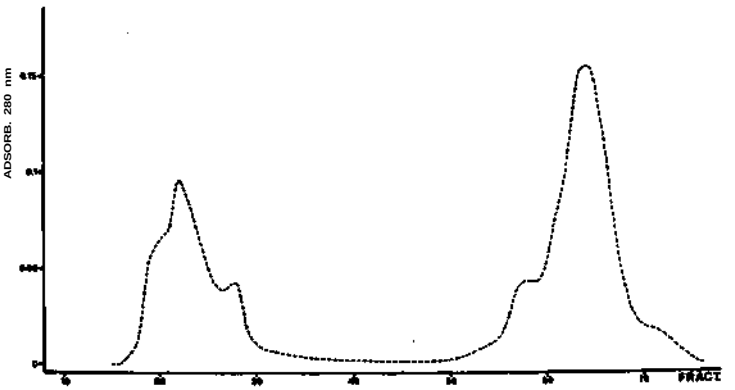


Fig. 5. Profilo di eluizione dell'estratto purificato di cnidocisti (PN II).

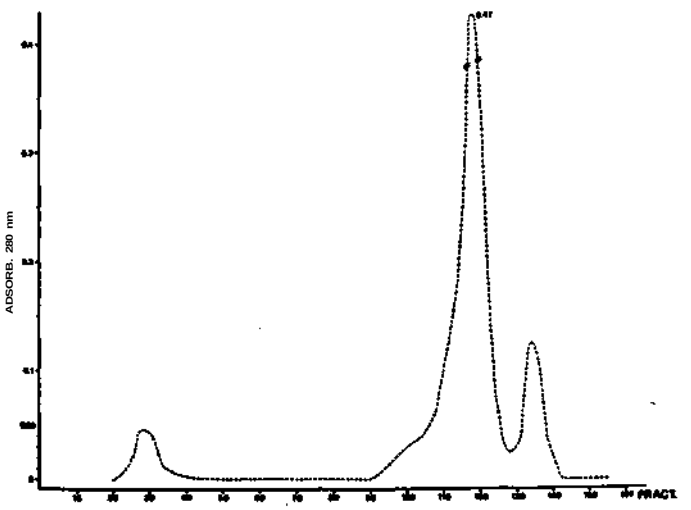


Fig. 6. Profilo di eluizione dell'estratto purificato di cnidocisti (PN III).

I pools liofilizzati utilizzati per gli esperimenti sono stati disciolti in PBS tamponato 0.1 M a pH 7.4.

Effetti sul miocardio; Il surnatante in toto ed i pools 20-21, 22-24, ed in parte il 51-55 dell'eluato PN II hanno determinato un aumento della frequenza cardiaca, contenuto nei limiti fisiologici, mentre non si sono notate sostanziali alterazioni degli altri parametri elettrocardiografici. In Tab. I sono riportati i valori di frequenza cardiaca. In un solo esperimento, e quindi non significativo, il ratto in cui é stato inoculato il pool 22-24 é morto per blocco atrio-ventricolare dopo 2'30" dalla somministrazione.

Effetti sulla trasmissione sinaptica: Dopo aggiunta del fluido in toto

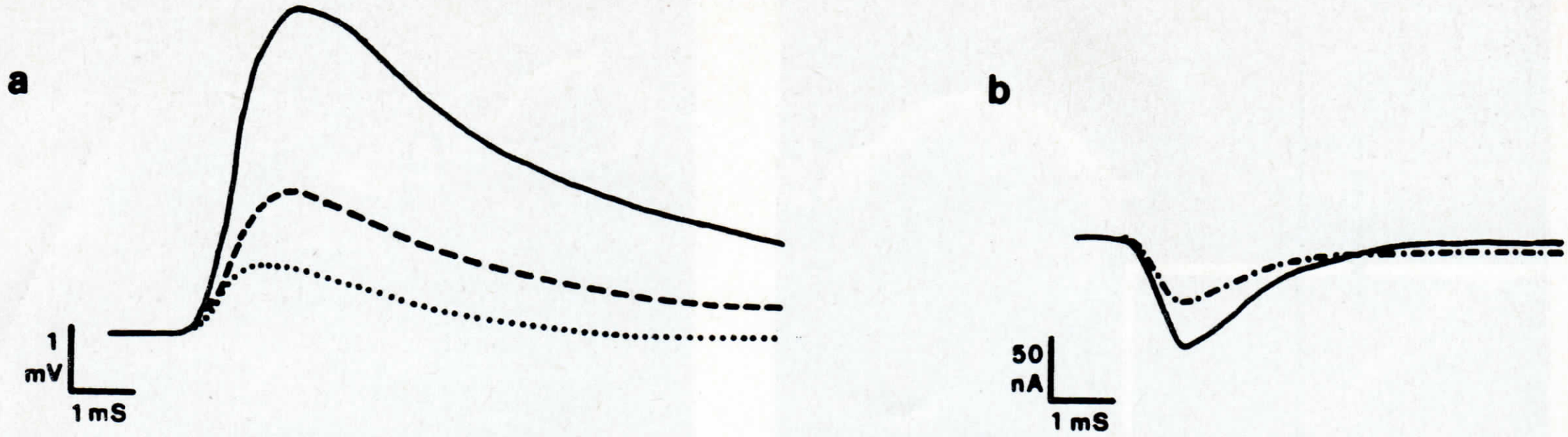


Fig. 7. a, registrazione del potenziale di placca (e.p.p.); potenziale di membrana a riposo: 75 mV. b, registrazione della corrente di placca (e.p.c.); potenziale di membrana a riposo: 70 mV. (———)=Controllo; (— — —)=10' dopo immissione del fluido capsulare; (·····)= 45' dopo immissione del fluido; (-·-·-)=30' dopo immissione del fluido.

si é notata già dopo 10' una marcata diminuzione dell'ampiezza dell'e.p.p.. Questo effetto sull'ampiezza aumenta notevolmente a 45' (Fig. 7, a). Si é notato pure un effetto sul decorso temporale, sia sulla fase ascendente che nella fase discendente. Registrando l'e.p.c. si sono osservati effetti simili a quelli sopra descritti (Fig. 7, b).

Altri esperimenti sono stati condotti usando i pools di frazioni (eluato PN III, pools da 24-34 a 113-128, Fig. 6). Gli effetti non sono stati così evidenti come per il fluido non frazionato; tuttavia i pools 24-34, 35-48 e in parte il 49-80, 81-98 hanno modificato l'attività sinaptica del preparato.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti sia riguardo le cinque differenti forme di cnidocisti trovate che l'effetto neurotossico dimostrato dal fluido capsulare, di-

Tab. I. Valori di frequenza cardiaca (F.C.)(battiti/min) all'inoculazione del fluido capsulare e sue frazioni.

SOSTANZA INOCULATA		F. C. DI CONTROLLO	F. C. MINIMA	F. C. MASSIMA
FLUIDO IN TOTO		300	272	430
POOL 20-21		214	200	230
POOL 22-24	I° exp	214	214	250
	II° exp	375	330	375
POOL 26-28		250	250	250
POOL 51-55		300	372	285
POOL 56-58		300	330	330
POOL 59-65		300	330	330

mostrano che Pelagia noctiluca presenta le strutture e le sostanze adatte a catturare a paralizzare la preda. L'identificazione delle tossine prodotte dalle cnidocisti rappresenta quindi una tappa fondamentale per studiare gli effetti neurotossici e citotossici da esse causati.

Questa prima serie di esperimenti evidenzia che:

- Il surnatante non frazionato dimostra un'attività tossica, particolarmente a livello di sinapsi neuro-muscolare. Meno evidente l'effetto sul miocardio, anche se si riscontrano delle variazioni della frequenza cardiaca.
- I pools sperimentati non hanno dato invece un chiaro risultato. Sembra tuttavia che la/le tossine siano da ricercarsi nel I° picco di assorbimento dei profili di eluizione (Fig. 5, 6) corrispondenti a macromolecole di probabile natura proteica (Salleo et al., 1986), dal peso di 44-66 Kdal. Tutte le frazioni relative al II° picco di assorbimento non hanno dato alcuna alterazione dei valori fisiologici.

Quindi la disparità dell'effetto tossico osservabile in meduse integre, dal surnatante in toto, e dai pools, potrebbe essere così interpretata:

1) La tossicità prodotta dalle meduse vive ed integre, può essere causata non solo da tossine presenti nelle cnidocisti, ma anche da componenti tissutali, come é già stato dimostrato in altre specie (Mariscal, 1974).
2) Il processo di isolamento del fluido dalle cnidocisti, ed il suo frazionamento, possono causare una perdita quantitativa dei principi tossici. Infatti, pur avendo utilizzato i tentacoli di circa 700 meduse, le quantità di surnatante in toto e delle frazioni utilizzate per i vari esperimenti erano sempre comprese tra 50 e 100 µg di liofilizzato. E' quindi auspicabile che disponendo di una maggior quantità delle frazioni, gli esperimenti possano essere più risolutivi.

La futura linea di ricerca si propone quindi di ottimizzare i passaggi di purificazione e frazionamento ed identificare le frazioni responsabili dell'attività neurotossica, purificarle e determinarne la struttura e le caratteristiche.

BIBLIOGRAFIA

R. Blanquet - 1972 - A toxic protein from the nematocysts of the Scyphozoan Chrysaora quinquecirrha. Toxicon, 10, 103-109.

J.W.Burnett, G.J.Calton - 1977 - Review article. The chemistry and toxicology of some venomous pelagic Coelenterates. Toxicon, 15, 177.

G.J.Calton, J.W.Burnett - 1983 - Partial purification and characterization of the alkaline protease of sea nettle (Chrysaora quinquecirrha) nematocysts venom. Comp. Biochem. Physiol., 74C, 2, 361-364.

R.Della Loggia - 1984 - Nouvelles techniques pour les essais des activities biologiques dans la separation et l'identification des principes dermatotoxiques des Méduses. Proc. of the Workshop on jelly-fish blooms in the Mediterranean, Athens Oct.-Nov. 1983, UNEP ed., 75-77.

P.Del Negro, M. Sciancalepore, G. Mulas - 1986a - Studi preliminari sulla dermotossicita da Pelagia noctiluca nell'animale da esperimento. Atti Accad. Sci. Ist. Bologna, in press.

P.Del Negro, A.Tubaro, R.Della Loggia, L.Rottini Sandrini - 1986b- Isolamento di nematocisti da Pelagia noctiluca. Atti XVIII° Congr. Naz. S.I.B.M.,

Cesenatico, sett. 1986, Nova Thalassia, in press.
P. Fatt, B. Katz - 1951 - An analysis of the end-plate potential recordered with an intracellular electrode. J. Physiol., 115, 320-370.
S.E. Freeman, R.J. Turner - 1969 - A pharmacological study of the toxin of a Cnidarian, Chironex fleckeri Southcott. Br. J. Pharmac., 35, 510-520.
T.E.B. Keen, H.D. Crone - 1969 - Dermatonecrotic properties of extracts from the tentacles of the cnidarian Chironex fleckeri. Toxicon, 7, 173-180.
R.N. Mariscal - 1974 - Nematocysts. In Coelenterate biology, edited by L.Muscatine & H.M. Lenhoff, Acad. press, London & New York, 129-178.
L.Muscatine, H.M.Lenhoff, edited by - 1974 - Coelenterate biology, reviews and new perspectives. Acad. press, London & New York, 501 pp.
W.J.Rees, edited by - 1966 - The Cnidaria and their evolution. Acad. press, London & New York, 449 pp.
F.S.Russell - 1970 - The Medusae of the British Isles. II. Pelagic Scyphozoa with a supplement to the first volume on Hydromedusae. Cambridge Univ. press, 284 pp.
A. Salleo - 1984 - Discharge mechanism of the nematocysts of Pelagia noctiluca. In: Toxins, Drugs and Pollutans in Marine Animals. Bulis et al. ed., Springer Verlag, Berlin, 64-76.
A. Salleo, L. Calabrese, D. Barra, G. La Spada - 1986 - Characterization of protein components of the capsule fluid and of the capsule wall of the nematocysts of Pelagia noctiluca. Proc. of the Workshop on jellyfish in the Mediterranean Sea, Trieste, sett. 1984. Nova Thalassia, in press.
C.Scarpa - 1984 - On skin injuries provoked by Coelenterata and Echinodermata. Proc. of the Workshop on jelly-fish blooms in the Mediterranean, Athens, Oct.-Nov. 1983, UNEP ed., 95-97.
P.Tardent, T. Holstein - 1982 - Morphology and morphodynamics of the stenotele nematocysts of Hydra attenuata Pall. (Hydrozoa, Cnidaria). Cell. Tissue Res., 224, 268-290.
A.Takeuchi, N.Takeuchi - 1959 - Active phase of frog's endplate potential. J. Neurophysiol., 22, 395-411.
N.Valora, A. Fidanza - 1963 - L'elettrocardiogramma del ratto. V. Idelson ed., Napoli, 159 pp.
R.Weill - 1934 - Contribution a l'etude des Cnidaires et de leurs nématocystes. I. Recherches sur les nématocystes (Morphologie - Physiologie - Développement). II. Valeur taxonomique du cnidome. Trav. Stn. Zool. Wimereux., 10, 1-347 & 11, 349-701.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	163-169	1986

INDAGINE PRELIMINARE SULLA PRESENZA DI METALLOTIONEINE NELLO SVILUPPO EMBRIONALE DI Paracentrotus lividus.

G. Belmonte°, B. De Petrocellis*, A. Capasso*, P. De Prisco*, E. Parisi*, M. Grasso°.

° Laboratorio di Biol. Anim., Centro di Biologia, Università di Lecce
* Ist. di Biochim. delle Proteine ed Enzimol. CNR, c/o Staz. Zool. Napoli

KEYWORDS: Metallothioneins/Sea Urchin embryo.

RIASSUNTO

Le Metallotioneine (MT) presenti negli estratti cellulari di uova ed embrioni del riccio di mare Paracentrotus lividus sono state frazionate mediante cromatografia per gel filtrazione su colonne di Sephadex G-75. I risultati mostrano che nelle uova non fecondate la Zn-tioneina e la Cu-tioneina sono entità cromatografiche distinte. Durante lo sviluppo embrionale, il contenuto delle metallotioneine diminuisce; infatti, allo stato di pluteo Cu e Zn sono associati alla frazione proteica di alto peso molecolare non corrispondente a nessuna delle metallotioneine note. Negli embrioni trattati con Cd^{++}, il metallo è stato trovato in corrispondenza del picco della Zn-tioneina, ciò suggerisce che sia questa la proteina responsabile della neutralizzazione del Cd^{++}. Prove di tossicità mostrano che gli embrioni iniziano a diventare sensibili all'azione del Cd solo dopo lo stadio di blastula, ossia dopo che si è verificato il calo del contenuto di metallotioneine.

SUMMARY

The metallothioneins extracted from eggs and embryos of the sea urchin Paracentrotus lividus have been fractioned by gel filtration chromatography on Sephadex G-75. The results show that in the unfertilized eggs Zn-thionein and Cu-thionein are chromatographically distinct entities. During embryonic development, the content of both metallothioneins decreases; indeed, at the pluteus stage, Cu and Zn are recovered in a high molecular weight protein fraction that does not correspond to any of the known metallothionein. In embryos treated with Cd^{++}, the metal is eluted as a peak corresponding to that of Zn-thionein, thus suggesting that the latter is the protein responsible for the neutralization of Cd^{++}. The toxicity test showed that embryos become sensitive to increasing concentrations of Cd only after the drop in the metallothionein content.

INTRODUZIONE

Le Metallotioneine (MT) costituiscono una classe di proteine ubiquitariamente presenti fra gli Eucarioti, caratterizzate da un'elevata capacità di legare metalli pesanti, da un elevato contenuto in Cisteina (fino a 32 moli %) e da un peso molecolare piuttosto ridotto (6-7 KDa) (Kagi e Nordberg, 1979).

Il ruolo che queste proteine svolgono negli organismi viventi non è stato ancora chiarito definitivamente. Per la loro capacità di accumularsi nei tessuti e negli organismi esposti a contaminazione da metalli pesanti, le MT sono ritenute potenti disintossicanti biologici, la cui principale funzione sarebbe quella di creare una protezione contro gli effetti tossici di tali metalli sequestrandone gli ioni dal mezzo cellulare (Karin, 1985; Beach e Palmiter, 1981).

Secondo alcuni autori, il ruolo fisiologico delle MT sarebbe piuttosto riconducibile al controllo intracellulare dell'omeostasi di Zn e Cu. Particolarmente interessante, in questo contesto, è l'osservazione che il livello di trascrizione dei geni per le Mt varia nel corso dello sviluppo embrionale del topo (Andrews et al., 1984). Ciò potrebbe essere messo in relazione a quanto affermato da alcuni A. circa il controllo che il pool intracellulare di Zn eserciterebbe sulla proliferazione cellulare (Grummt et al., 1986).

Gli organismi marini costituiscono un interessante materiale per lo studio delle MT anche in relazione ai problemi sollevati dall'inquinamento ambientale. Il presente studio sulle MT del riccio di mare è stato intrapreso per i seguenti motivi:

1) Lo sviluppo embrionale di questa specie presenta due fasi nettamente distinguibili tra di loro, di cui la prima caratterizzata da un'elevata velocità di proliferazione cellulare, e la seconda dalla prevalenza di eventi morfogenetici e differenziativi (Parisi et al., 1978). Ciò rende possibile un'eventuale correlazione tra presenza di MT e velocità di divisione cellulare.

2) La somministrazione di Zn durante le prime fasi dello sviluppo provoca alterazioni morfologiche consistenti in una crescita sproporzionata dell'ectoderma a scapito del meso e dell'entoderma (Animalizzazione) (Lallier, 1975).

3) I geni per le MT risultano espressi già durante i primi stadi dello sviluppo embrionale (Nemer et al., 1984).

MATERIALI E METODI

I ricci di mare Paracentrotus lividus sono stati forniti dalla Stazione Zoologica.

Le uova e gli embrioni sono stati concentrati per centrifugazione a bassa velocità (circa 200xg), lavati con soluzione salina isotonica e quindi omogenizzati in tampone TRIS HCl 10 mM pH 8,5 contenente Fenilmetilsulfonilfluoruro (PMSF) 0,1 mM, come inibitore delle proteasi.

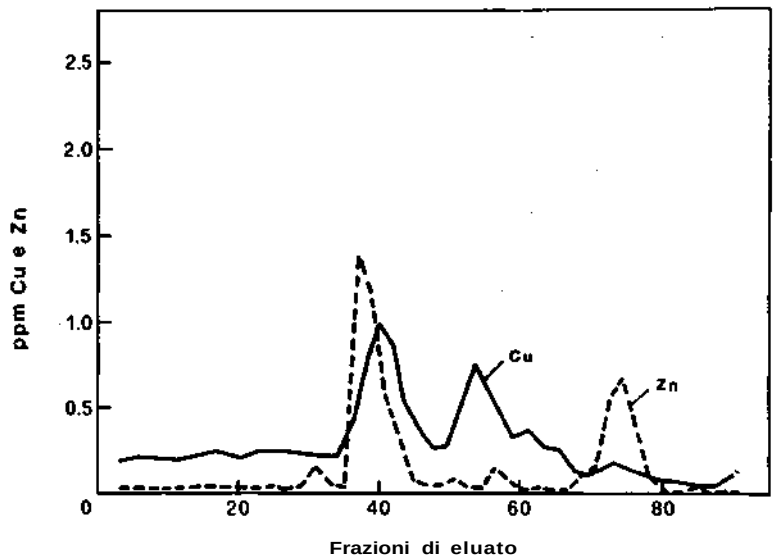


Figura 1 - Profilo cromatografico del Cu e dello Zn legati alla frazione proteica estratta da uova non fecondate

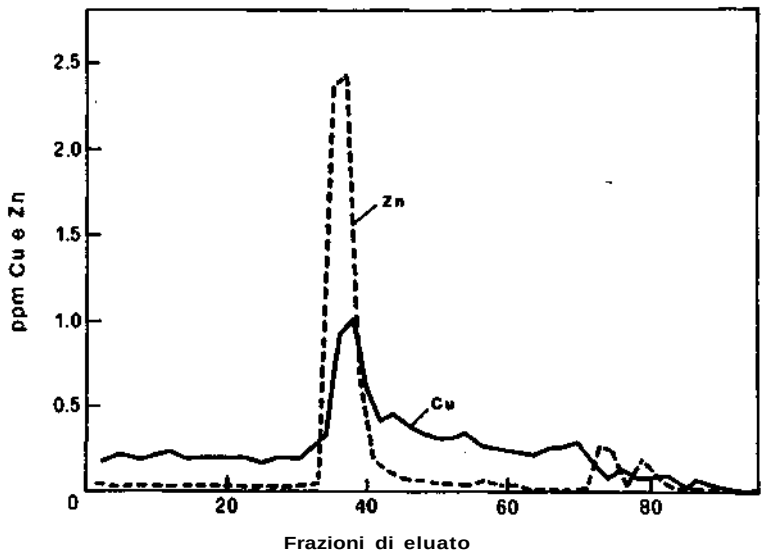


Figura 2 - Profilo cromatografico del Cu e dello Zn legati alla frazione proteica estratta da embrioni allo stadio di pluteo

L'omogenato è stato centrifugato a l6.000xg per 30 min e successivamente a l75.000xg per 1 ora. L'estratto cellulare così preparato è stato diluito ad una concentrazione proteica di 6 mg/ml e aliquote di 5 ml sono state frazionate su colonna di SEPHADEX G-75. L'eluato è stato analizzato allo spettrofotometro per l'analisi della frazione proteica e in PES (Plasma Emission Spectrometry) per quantificare i metalli pesanti ad essa legati.

RISULTATI

La fig 1 mostra il profilo della colonna relativo all'estratto da uova non fecondate. Il primo picco in ordine di eluizione è eterogeneo in composizione e contiene sia Cu che Zn. Un secondo picco eluito a circa metà volume contiene solo Cu; e l'ultimo contiene a sua volta solo Zn.

Il profilo cromatografico ottenuto dall'estratto da plutei (fig. 2) differisce chiaramente dal primo in quanto le componenti di peso molecolare apparente più basso risultano nettamente ridotte.

Embrioni incubati per 10 ore in presenza di $CdCl_2$ hanno fornito un profilo cromatografico (fig. 3) il quale mostra che questo ione viene legato da una MT con lo stesso peso molecolare apparente di quella che lega lo Zn.

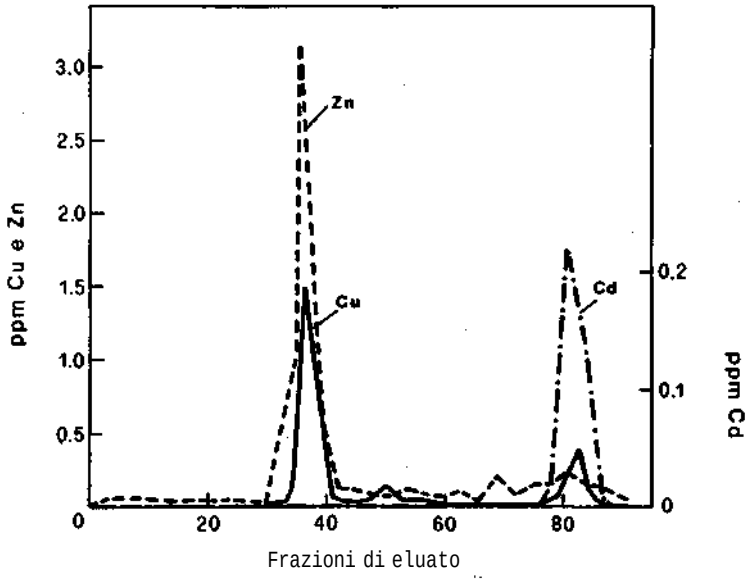


Figura 3 - Profilo cromatografico di Cu, Zn e Cd legati alla frazione proteica estratta da embrioni allo stadio di blastula lasciati sviluppare in presenza di 10 p.p.m. di $CdCl_2$.

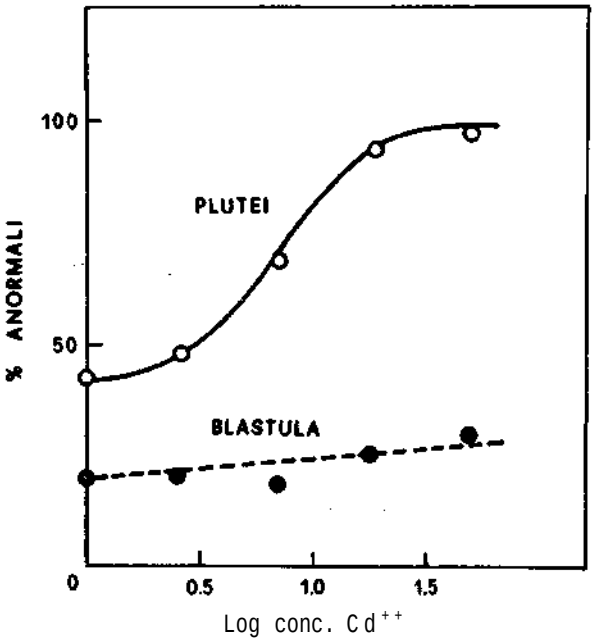


Figura 4 - Percentuale di embrioni anormali in funzione di dosi crescenti di Cd^{++}.

La sensibilità degli embrioni di P. lividus ai metalli pesanti tossici come il Cd è stata successivamente provata in un esperimento tendente a mettere in evidenza una correlazione tra percentuale di embrioni anormali e dose di metallo tossico somministrato (fig. 4).
Il risultato conseguito mostra che gli embrioni di riccio di mare sono sensibili ai metalli pesanti solo agli stadi successivi alla blastula, con una correlazione dose-effetto tipica che è dimostrata dall'andamento sigmoidale del grafico relativo.

DISCUSSIONE

Le uova di Paracentrotus lividus contengono due MT in grado di legare, rispettivamente, Cu e Zn. Negli embrioni lasciati sviluppare per varie ore in presenza di Cd , il metallo è stato rinvenuto associato alla frazione proteica che era in grado di legare lo Zn. Ciò lascia supporre che Cd e Zn competano per la stessa proteina. Al termine del periodo di segmentazione, e fino allo stadio di pluteo, il contenuto delle MT subisce una drastica diminuzione, come dimostrato dal fatto che sia Zn sia Cu sono presenti solo nella frazione proteica avente peso molecolare superiore a quello riportato per le MT. Tali differenze possono essere messe in relazione alla diversa velocità di proliferazione cellulare che

caratterizza le diverse fasi dello sviluppo. Una vasta serie di studi ha dimostrato, infatti, che l'uovo non fecondato, sebbene sia in uno stato quiescente, contiene quasi tutti i metaboliti e gli enzimi necessari ad affrontare la rapida successione di divisioni cellulari che ha inizio subito dopo la fecondazione per protrarsi fino allo stadio di blastula (De Petrocellis et al., 1974; Giudice, 1986).

Sebbene il ruolo fisiologico delle MT non sia stato ancora definitivamente chiarito, evidenze di vario genere suggeriscono il coinvolgimento di queste proteine nel processo di replicazione del DNA. Di particolare interesse in tale contesto è la recente osservazione secondo cui lo Zn avrebbe un ruolo importante nella regolazione del livello intracellulare del diadenosintetrafosfato, un metabolita in grado di indurre la replicazione del DNA in cellule quiescenti (Grummt, 1986).

Il calo del livello intracellulare di MT sembra ben correlarsi ai risultati delle prove di tossicità al Cd^{++}. Gli embrioni, infatti, sono insensibili all'effetto del metallo pesante fino allo stadio di gastrula; solo ad iniziare da questo stadio è possibile riscontrare evidenti segni di anomalia negli embrioni trattati con dosi crescenti di Cd. Una possibile interpretazione di questi dati potrebbe essere che le MT presenti nell'uovo costituiscano una difesa sufficiente solo fino allo stadio di blastula; col diminuire del livello intracellulare di MT, aumenterebbe la sensibilità degli embrioni ai metalli pesanti. Di ciò dovrebbe essere tenuto conto nei casi di impiego dell'embrione di riccio di mare come organismo sentinella nella valutazione del grado di inquinamento ambientale. Un corretto impiego di tale sistema, infatti, non dovrebbe prescindere da una attenta valutazione della sensibilità agli xenobiotici presentati dagli embrioni a stadi diversi di sviluppo.

BIBLIOGRAFIA

G.K. ANDREWS, E.D. ADAMSON, L. GEDAMU - 1984 - The ontogeny of expression of murine metallothionein: comparison with the -fetoprotein gene. - Dev. Biol., 103, 294-303.

L.R. BEACH, R.D. PALMITER - 1981 - Amplification of the metallothionein-I gene in cadmium-resistant mouse cell. - Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 78, 2110-2114.

B. DE PETROCELLIS, P. GRIPPO, A. MONROY, E. PARISI, M. ROSSI - 1974 - Comparative aspects of the biochemistry of fertilization: regulatory mechanism of DNA synthesis. In "Physiology and genetics of reproduction" (part B), E.M. COUNTINHO, F. FUCHS ed., 35-54.

G. GIUDICE - 1986 - "The sea urchin embryo. A developmental biological system" - Springer-Verlag.

F. GRUMMT, C. WEINMANN-DORSCH, SCHNEIDER-SCHAULIES, A. LUX – 1986 - Zinc as a second messenger of mitogenic induction. Effects on diadenosine tetraphosphate and DNA synthesis. - Expl. Cell Res., 163, 191-200.

J.H.R. KAGI, M. NORDBERG - 1979 - Metallothionein: Proceedings of the 1st International Meeting on metallothionein and other low molecular weight metal-binding proteins. - Experientia, Suppl. 34, Bikhauser Verlag, Basel.

M. KARIN - 1985 - Metallothioneins: proteins in search of function. Cell,

41, 9-10.
H. LALLIER - 1975 - Animalization and vegetalization. In "The sea urchin embryo", G.CZIHAK ed, Springer-Verlag, 473-509.
M. NEMER, E.C. TRAVAGLINI, E. RONDINELLI, J. D'ALONZO - 1984 - Developmental regulation, induction and embryonic tissue specificity of sea urchin metallothionein gene expression. - Dev. Biol., 102, 471-482.
E. PARISI, S. FILOSA, B.DE PETROCELLIS, A. MONROY - 1978 - The pattern of cell division in the early development of the sea urchin Paracentrotus lividus. - Dev. Biol., 65, 38-49.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	171-175	1986

BIODISPONIBILITA' DEL MERCURIO DAL SEDIMENTO: RUOLO SVOLTO DALLE PRATERIE DI POSIDONIA OCEANICA

B.E. Maserti, R. Ferrara, P. Paterno

CNR - ISTITUTO DI BIOFISICA, Via S.Lorenzo, 26 - 56100 - PISA

Key words: mercury, sediment, Posidonia oceanica

ABSTRACT - A study on the interaction of Posidonia oceanica and sediment rich in mercury is in progress to evaluate the role of this phanerogam in mobilizing the metal in the marine environment.

RIASSUNTO

E' stato iniziato uno studio sulla interazione delle praterie di Posidonia oceanica e il sedimento ricco di mercurio per valutare il ruolo di questa fanerogama nella mobilizzazione del metallo. La Posidonia oceanica raccolta nella zona di mare antistante ad una industria produttrice di soda, su sedimento con alti livelli di mercurio (1.2 µg/g, p.s.), presenta elevate concentrazioni del metallo nella parte verde della foglia (0.13 µg/g, p.u.) e nel rizoma (0.17 µg/g, p.u.). Al contrario piante di Posidonia oceanica provenienti dalla zona di controllo (mercurio nel sedimento 0.04 µg/g, p.s.) presentano rispettivamente valori di mercurio di 0.025 µg/g, p.u. e di 0.02 µg/g, p.u.

SUMMARY

A study on the interaction of Posidonia oceanica and the sediment rich in mercury is in progress to evaluate the role of this phanerogam to mobilize the metal in the marine environment. Posidonia oceanica collected opposite a chlor-alkali plant with a high level of mercury in the sediment (1.2 µg/g, d.w.) presents an high mercury concentration in the green part of the leaves (0.13 µg/g f.w.) and in the rhizome (0.17 µg/g, f.w.). On the contrary Posidonia oceanica from the control area (mercury in sediment 0.04 µg/g, d.w.) presents mercury values of 0.025 ug/g> f.w., respectively.

INTRODUZIONE

Allo stato attuale delle conoscenze sul ciclo biogeochimico del mercurio nel Mediterraneo, si è ritenuto necessario intraprendere uno studio

sulle interazioni tra organismi bentonici e sedimento marino (Ferrara and Maserti, 1986). E' nota infatti la presenza nel Bacino del Mediterraneo di larghe aree di mineralizzazione, ricche di giacimenti di cinabro che da sole costituiscono il 60-65% delle riserve mondiali; il solfuro di mercurio, difficilmente solubile nelle acque, precipita nei sedimenti marini attraverso 1 naturali processi di trasporto formando depositi del metallo di notevole consistenza. Per questo motivo, come è noto dalla letteratura (Baldi et al., 1982), i sedimenti di molte zone costiere del Mediterraneo presentano elevate concentrazioni di mercurio che viene rilasciato lentamente nel tempo all'ambiente marino. In mare aperto i sedimenti presentano invece, valori paragonabili a quelli misurati negli Oceani (Rae and Aston, 1981).

Tenendo presente che la maggior parte degli organismi bentonici vive sui sedimenti costieri, non si possono trascurare i possibili effetti sulla mobilizzazione del mercurio indotta dalla interazione tra questi organismi ed il sedimento ricco di mercurio.

A questo scopo è stato intrapreso uno studio sulla presenza e l'assunzione del metallo nella fanerogama marina Posidonia oceanica.

La scelta di questo organismo è legata alla sua vasta diffusione e alla notevole produttività: inoltre le praterie di Posidonia oceanica costituiscono un interessante ecosistema poiché la pianta offre riparo e cibo per gli animali sia direttamente sia sotto forma di detriti che vengono depositati o nella prateria o in ecosistemi adiacenti (Ott. 1980).

MATERIALI E METODI

La Posidonia oceanica è stata raccolta in due aree di studio durante i mesi di Aprile e Giugno 1986 a profondità di circa 8-10 m.

La pianta è stata lavata e le foglie suddivise in parte verde e parte basale non fotosintetizzante. I rizomi sono stati analizzati separatamente.

La pianta è stata mineralizzata con una miscela di acido nitrico e solforico (1:1) a 120°C per un'ora sotto riflusso ed analizzata mediante Spettroscopia ad Assorbimento Atomico.

Il sedimento è stato mineralizzato con la stessa miscela di acidi ed analizzato con la metodica precedentemente descritta.

L'acqua di mare è stata filtrata e fotoossidata per 15' a pH 1 ed il livello di mercurio totale disciolto è stato determinato, previa preconcentrazione su trappole ad oro, per mezzo di Spettroscopia di Fluorescenza Atomica (Seritti et al., 1980).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dai dati della letteratura recentemente raccolti e pubblicati dalla UNEP-FAO-WHO (1983), risulta evidente l'elevato livello di mercurio riscontrabile nei sedimenti costieri del Mediterraneo (0.5-5.1 µg/g p.s.). Livelli ancora più elevati sono stati osservati vicino ad industrie produttrici di soda (fino a 15 µg/g p.s.) e alla foce di fiumi provenienti da aree ad alta mineralizzazione (fino a 7 µg/g). Benché questi ultimi dati si riferiscano a zone di ridotte dimensioni, il livello di mercurio nei sedimenti costieri risulta elevato rispetto a quello trovato nei sedimenti raccolti al largo in zone a notevole profondità (range di concentrazione 0.02-0.08 µg/g p.s.).

Le aree di studio da noi prescelte sono situate rispettivamente, una

di fronte ad una industria produttrice di soda (Rosignano Solvay -Livorno), con livelli di mercurio nei sedimenti compresi fra 0.4-1.2 µg/g p.s. e l'altra al largo della Corsica con basse concentrazioni di mercurio nei sedimenti a livello di background (0.04-0.6 µg/g p.s.).

Nella tabella 1 sono riportate le concentrazioni di mercurio misurate nella parte verde e nella parte basale della foglia e nel rizoma di Posidonia oceanica raccolta nelle due aree esaminate.

Nella stessa tabella sono riportati anche i livelli del metallo disciolto nelle acque e di quello presente nei sedimenti campionati nelle stesse zone.

La relazione osservata fra concentrazione di mercurio nel sedimento e quella presente nella parte verde delle foglie della fanerogama marina è rappresentata nella fig. 1.

Dall'esame dei risultati delle misure effettuate su questo organismo bentonico e sull'ambiente circostante si possono trarre le seguenti considerazioni:

- L'assunzione del mercurio in Posidonia oceanica, osservata anche da Augier et al. (1980), appare correlata al livello di mercurio presente nel sedimento.

- Una distribuzione di mercurio è presente nella Posidonia oceanica raccolta nelle aree studiate: i livelli più' alti sono stati osservati nei rizomi e nella parte verde della foglia dove l'attività fotosintetica è più intensa. I valori più bassi sono stati misurati nella parte basale.

- Poiché la concentrazione della forma disciolta del mercurio nell'acqua di mare è simile per le due aree esaminate, l'assunzione di mercurio in Posidonia oceanica sembra avvenire principalmente attraverso l'apparato radicale.

	ROSIGNANO Solvay		CORSICA	
	n	Hg	n	Hg
Parte verde della foglia	20	0.13 µg/g	7	0.025 µg/g
Parte basale della foglia	20	0.05 "	7	0.003 "
Rizoma	20	0.17 "	7	0.02 "
Sedimento	10	1.2 µg/g	5	0.04 µg/g
Acqua di mare	20	8.1 ng/1	10	7.5 ng/1

TABELLA 1 - Concentrazione media di mercurio nella Posidonia oceanica (µg/g p.u.), sedimenti (µg/g p.s.) ed acqua di mare (ng/l) campionati nelle due aree esaminate

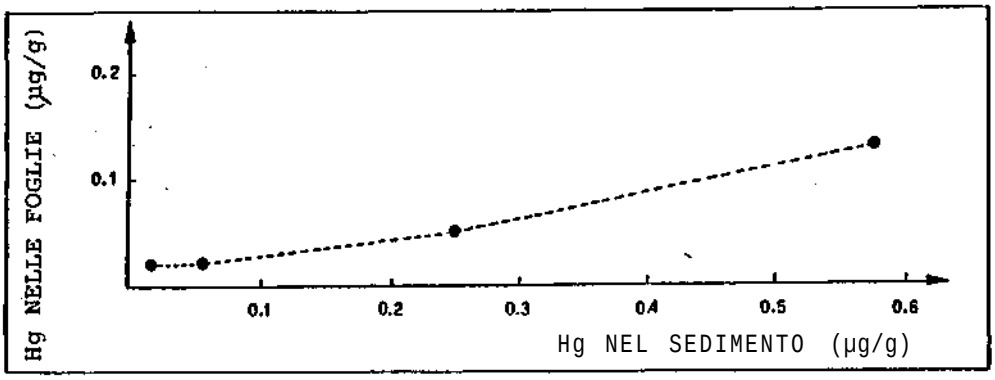


FIGURA 1 - Relazione tra la concentrazione di mercurio nelle foglie di Posidonia oceanica e nel sedimento

Questa è probabilmente la principale via di assunzione del mercurio in questa pianta ma non è possibile escludere che il metallo possa essere assimilato molto più lentamente anche dall'acqua attraverso le foglie.

I nostri risultati sembrano evidenziare la capacità della Posidonia oceanica di mobilizzare il mercurio dal sedimento. Questo fatto potrebbe rappresentare uno dei modi attraverso il quale il metallo, reso così biodisponibile, passa nel successivo livello trofico.

Questo processo potrebbe giocare un ruolo importante nel ciclo biogeochimico del mercurio nel Mediterraneo in considerazione dell'elevata estensione delle aree costiere e della conseguente abbondanza di organismi bentonici presenti nel Bacino stesso.

BIBLIOGRAFIA

H. AUGIER, G. GILLES & RAMANDA - 1983 - L 'Herbier de Posidonia oceanica et la pollution par le mercure sur le litoral des bouches-du-Rhone et du Var (France) - The First International Workshop Posidonia oceanica Beds, Porquerolles, France, 399-406.

F. BALDI & R. BARGAGLI - 1982 - Chemical leaching and specific surface area measurements of marine sediments in the evaluation of mercury contamination near cinnabar deposits - Mar. Environ. Res. 6, 69-82.

R. FERRARA & B.E. MASERU - 1986 - Mercury in the Mediterranean Basin - Mar. Poll. Bull. 17, n. 12, 533-534.

J. OTT - 1980 - Growth and production in Posidonia oceanica (L) Delile P.S.Z.N.I. - Marine Ecology 1, 47-64.

J.H. RAE & S.R. Aston - 1981 - Mercury in coastal and estuarine sediments of the northeastern Irish Sea - Mar. Poll. Bull. 12, n. 11, 367-371.

A. SERITTI, A. PETROSINO, R. FERRARA & C. BARGHIGIANI, - 1980 - A contribution to the determination of reactive and total mercury in sea water - Environ. Technol. Letters 1, 50-57.

UNEP/FAO/WHO - 1983 - Athens, UNEP, DOC. UNEP/WG 91/5 p. 49.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	177-185	1986

VARIABILITÀ ELETTROFORETICA NEL GRUPPO DI SPECIE MARINE EUPLOTES CRASSUS - MINUTA - VANNUS (CILIOPHORA, HYPOTRICHIDA)

A. Valbonesi, C. Ortenzi, P. Luporini

Dipartimento di Biologia Cellulare, Università di Camerino, 62032 Camerino (MC), Italia.

Key words: Ciliate, Euplotes, Isozymes.

ABSTRACT- Electrophoretic variations relative to five enzyme systems were observed in 19 wild strains belonging to the group of marine species Euplotes crassus-mimita-yannus.

RIASSUNTO

E' stata studiata la mobilità elettroforetica di cinque sistemi enzimatici (tetrazolio ossidasi, amilasi, malico deidrogenasi, enzima malico e fosfatasi acide) di 19 ceppi di Euplotes marini preliminarmente classificati come E. crassus (9 ceppi), E. minuta (3 ceppi) ed E. vannus (7 ceppi), sulla base dell'analisi dei parametri morfologici classici e dei risultati di test di accoppiamento. Confrontando due a due i pattern elettroforetici dei vari ceppi abbiamo calcolato i coefficienti di similarità elettroforetici in base alla formula S=numero di bande comuni/numero di confronti. I valori minimi intraspecifici di S sono stati 0,56 in E. crassus, 0,53 in E. minuta e 0,33 in E. vannus. I valori massimi interspecifici di S sono stati 0,10 nel confronto E. crassus - E. minuta, 0,15 in quello E. crassus - E. vannus e 0,10 in quello E. minuta - E. vannus.

Questi valori sono stati presi a sostegno della conclusione che E. crassus, E. minuta ed E. vannus sono tre valide specie biochimicamente ben separate.

SUMMARY

The electrophoretic mobilities of five enzyme systems (i.e., tetrazolium oxidase, amylases, malic dehydrogenase, malic enzyme, and acid phosphatases) were studied in 19 marine strains of Euplotes preliminarily classified as E. crassus (9 strains), E. minuta (3 strains), and E. vannus (7 strains), on the basis of the analysis of their gross morphology and results of cross-mating tests. Similarity coefficients (S=No. of common bands/No of comparisons) were estimated from pairwise comparisons in all the possible combinations of the electrophoretic patterns. The minimum intraspecific S values were 0.56 in E. crassus, 0.53 in E. minuta, and 0.33 in E. vannus. The maximum interspecific S

values were 0.10 in the comparison E. crassus - E. minuta, 0.15 in that E. Crassus - E. vannus, 0.10 in that E. minuta - E. vannus.

These values were considered consistent with the conclusion that E. crassus, E. minuta, and E. vannus represent evolutionary entities biochemically sharply separated from each other.

INTRODUZIONE

Il genere Euplotes Ehrenberg 1831 comprende 51 ben descritte specie (Curds, 1975). Esse sono largamente diffuse negli ambienti interstiziali di zone litorali, sia marine che di acqua dolce.

La tassonomia di Euplotes é stata fino ad ora basata quasi esclusivamente sull'analisi di pochi caratteri morfologici e condotta su campioni di ridotte dimensioni. Solo recentemente sono state intraprese analisi elettroforetiche relative ad alcuni sistemi enzimatici (Machelon & Demar, 1984; Génermont et al., 1985; Valbonesi et al., 1985). In accordo con Tuffrau (1960) i caratteri morfologici di maggior valore diagnostico sono: 1) conformazione del sistema argentofilo della faccia dorsale delle cellule (dato dalla fitta rete fibrillare cementante gli alveoli sottostanti la membrana plasmatica); 2) numero delle cinezie (cioè delle linee longitudinali dorso-laterali costituite dalle sedi di impianto delle ciglia); 3) numero e posizione dei cirri fronto-ventrali; 4) forma del macronucleo in fase G1 del ciclo cellulare.

Lavori di analisi morfometrica hanno però dimostrato che questi caratteri sono molto variabili non solo nell'ambito della specie, ma del clone stesso (Frankel, 1975; Gates, 1978; Gates & Curds, 1979; Laloë, 1979; Machelon et al., 1984). Pertanto, il loro valore diagnostico è scarso e l'assegnazione di un campione di Euplotes ad una determinata specie può risultare ambigua. Ne é esempio la situazione tassonomica del diffusissimo gruppo di specie marine Euplotes crassus Dujardin 1841, E. minuta Yocom 1930 ed E. vannus Muller 1786, per le quali é stato anche proposto di abolire questa triplice distinzione a favore del riconoscimento dell'unica specie E. vannus, quella di più antica definizione (Gates, 1978). Tutte e tre queste specie hanno una identica architettura dacché mostrano 10 cirri fronto-ventrali con simile disposizione, un sistema argentofilo di tipo singolo ed un macronucleo a forma di C; la loro identificazione è basata essenzialmente sul numero delle cinezie, sulla forma e sulle dimensioni del corpo cellulare (Tuffrau, 1960; Curds, 1975). Inoltre, le interazioni coniugative di queste tre specie sono uniformemente controllate da sistemi multipli di mating type ereditati per mezzo di una serie di alleli con dominanza scalare al locus genetico mat (Heckmann, 1963, 1964; Nobili, 1966; Nobili & Luporini, 1967; Luporini & Dini, 1977; Dini & Luporini, 1985).

Noi ci siamo chiesti se criteri biochimici possano essere più rilevanti di quelli morfologici al fine di una migliore definizione dello status di specie di Euplotes crassus, E. minuta ed E. vannus. A questo scopo abbiamo analizzato elettroforeticamente gli enzimi tetrazolio ossidasi (OXI), amilasi (AMY), malico deidrogenasi (MDH), enzima malico (ME), e fosfatasi acida (ACP), di un complesso di 19 ceppi selvatici preliminarmente identificati come rappresentanti delle tre specie sulla base dei classici criteri morfologici e dei risultati dei test di accoppiamento.

I dati ottenuti indicano una netta separazione biochimica tra ceppi delle tre specie.

MATERIALI E METODI

I 19 ceppi analizzati sono tutti derivanti da singoli individui isolati da campioni di sabbia e acqua prelevati a profondità di 10-50 cm nelle località indicate in Tabella 1. Essi sono stati cibati con Dunaliella tertiolecta cresciuta in acqua di mare naturale sterilizzata ed arricchita con terreno di Walne, ed identificati tassonomicamente previa colorazione argentica.

Gli estratti enzimatici sono stati usualmente preparati da colture di 2 litri contenenti circa 5 x 10^3 cellule/ml previamente lavate e messe a digiuno per 1 giorno. Le cellule sono state concentrate con centrifugazione a 700 g per 5 minuti, risospese a 4 °C in un corrispondente volume di tampone (0,18 M EDTA, 1 mM ditiotreitolo, 0,2 M Tris, pH 7,4), e solubilizzate per mezzo di ultrasuoni. Rimossi i residui membranosi con centrifugazione a 27.000 g per 40 minuti a 4 °C, il sopranatante con gli estratti enzimatici é stato recuperato e mantenuto a -80 °C (senza apprezzabile perdita di attività enzimatica per almeno 1 mese). Campioni di 40-50 µl, contenenti una quantità di proteina corrispondente a 320-400 µg di albumina, sono stati normalmente corsi su gel verticali discontinui di poliacrilammide al 5-15%, pH 8-8,6. La corsa é stata effettuata a voltaggio costante di 200 Volts, per 5 ore e a 4 °C. Per tampone di corsa sono stati usati glicina 0,4 M e Tris 5 x 10^{-2} M a pH 8,4. I gel sono stati colorati per i vari enzimi secondo le metodiche standard riportate in dettaglio in Valbonesi et al. (1985).

RISULTATI

I cinque pattern enzimatici espressi dai 19 ceppi esaminati (9 di E. Crassus, 3 di E. minuta e 7 di E. vannus) sono illustrati dai diagrammi riportati in Fig. 1. Allo scopo di facilitare il confronto fra i vari pattern, i diagrammi sono stati arbitrariamente suddivisi in successivi settori di attività enzimatica (indicati con A, B, C, e D) a partire dall'origine della corsa elettroforetica.

OXY. Questo enzima mostra due bande principali di- attività, una più debole nel settore B e l'altra molto spessa nel settore D. Nei ceppi di E. crassus ed in quelli di E. minuta le due bande migrano piuttosto uniformemente, ma nei ceppi di E. vannus esse sono apprezzabilmente più veloci ed usualmente accompagnate da bande secondarie.

AMY. Mentre i ceppi di E. crassus sono tutti contraddistinti da una coppia di bande intense tra loro molto ravvicinate nel settore A, i ceppi di E. minuta e quelli di E. vannus mostrano una situazione più eterogenea. I ceppi di E. minuta producono tutti una debole banda in B ed un ceppo (Lbg) una intensa banda in C. I ceppi di E. vannus producono una banda intensa nel settore B ed una-tre bande di diversa intensità nel settore D.

MDH. Il pattern elettroforetico di questo enzima é omogeneamente costituito nei ceppi di E. crassus da una spessa banda di attività che si colloca nel settore B e da tre-quattro bande secondarie distribuite in tutti gli altri settori. Nei pattern dei ceppi di E. minuta, tra loro piuttosto eterogenei, mancano sia una banda principale che attività nel settore B. Il pattern mostrato dai ceppi di E. vannus é invece caratterizzato da una attività concentrata nei settori C e D rivelata da una

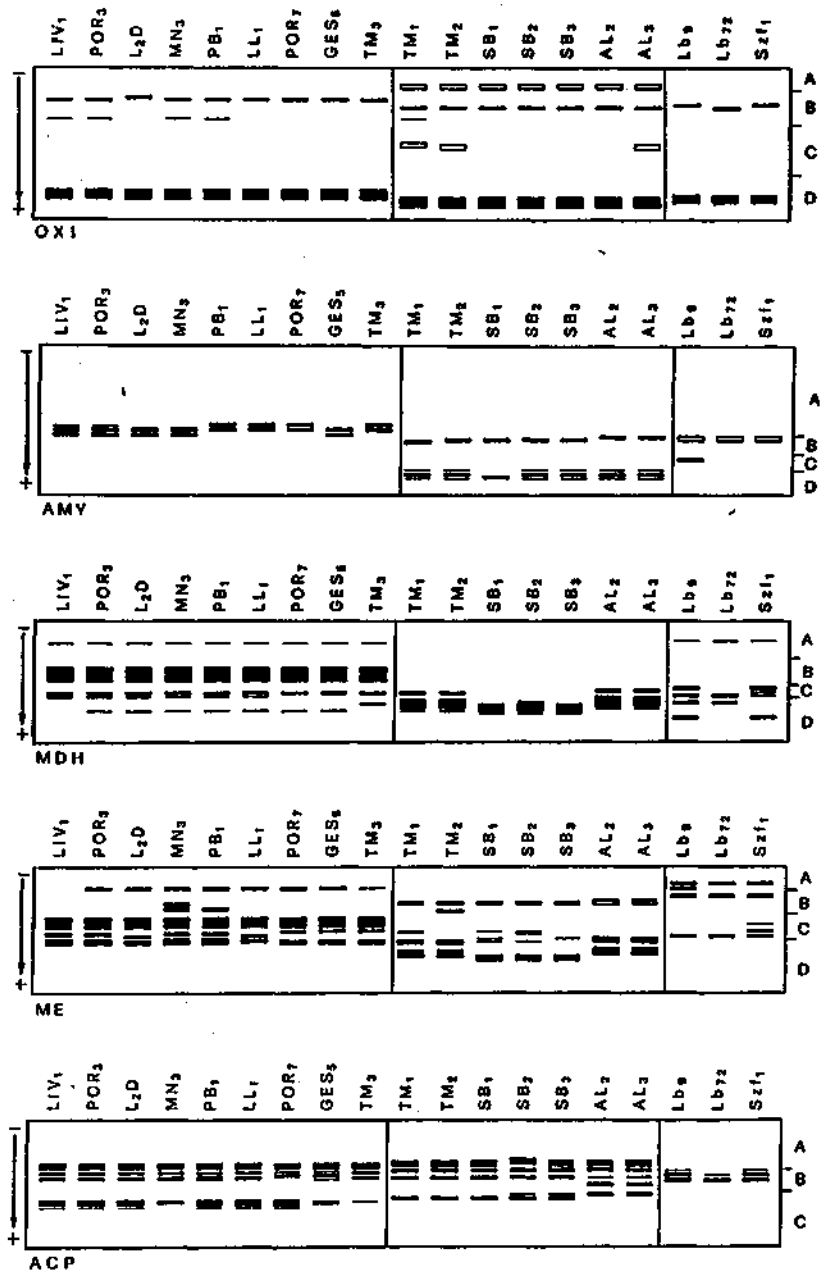


Figura 1. Diagrammi delle mobilità elettroforetiche dei cinque enzimi studiati. I rettangoli pieni e le linee indicano bande intensamente colorate (isoenzimi presumibilmente molto attivi); i rettangoli vuoti indicano bande debolmente colorate (isoenzimi presumibilmente meno attivi).

banda principale ed una-due bande secondarie. Tra ceppi provenienti da diverse località si può apprezzare una diversa mobilità dell'intero complesso di bande.

ME. Nei ceppi di E. crassus l'attività dell'enzima malico si concentra fondamentalmente in una banda molto lenta nel settore A ed in una tripletta di bande tra loro diverse in intensità, due localizzate nel settore C ed una in posizione molto prossimale nel settore D. Tre-quattro bande di attività caratterizzano pure i pattern elettroforetici dei ceppi di E. minuta. Tuttavia esse si dimostrano di uguale intensità e preferenzialmente localizzate nei settori più alti del gel. Nei ceppi di E. vannus l'enzima malico produce pattern più eterogenei che nelle altre due specie che sono distinguibili per la presenza di solo una-due bande principali, di regola localizzate nel settore D, e di due-tre bande secondarie. Come nel caso dell'enzima malico deidrogenasi, si nota che le divergenze nell'ambito dell' E. vannus sono maggiori fra ceppi di diversa provenienza geografica.

ACP. Il pattern di questo enzima appare simile nei ceppi di E. crassus ed E. vannus per una tripletta di bande nel settore A. Tuttavia la banda più veloce di questa tripletta è usualmente meno attiva nei ceppi di E. vannus, che possono essere distinti dai ceppi di E. crassus anche per una minore attività nel settore C. Nei ceppi di E. minuta il pattern é unico, dacchè é formato da una-due bande principali ed una secondaria, tutte molto ravvicinate fra loro e sistemate a cavallo dei settori A e B.

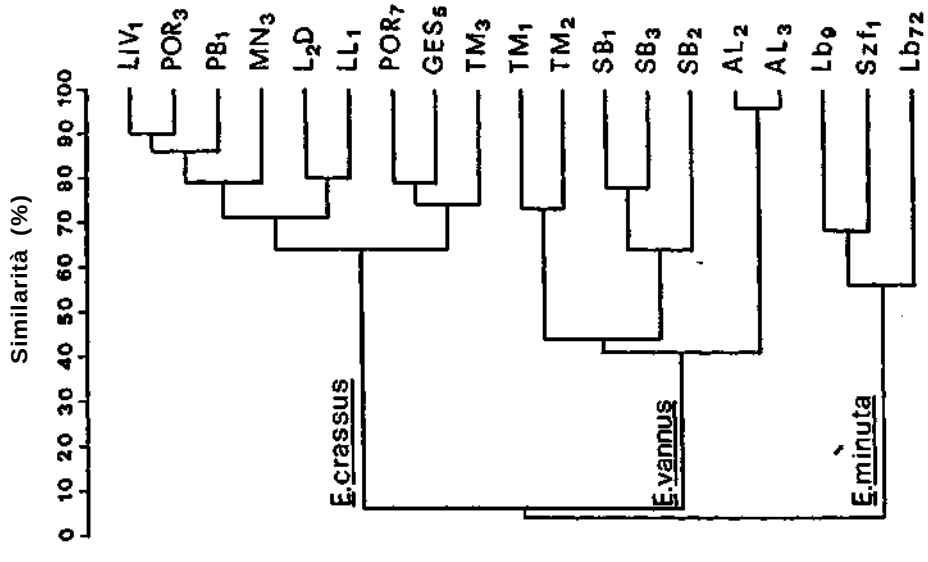


Figura 2. Raggruppamento dei 19 ceppi ottenuto elaborando, con il metodo UPGMA, i coefficienti di similarità riportati in Tabella 2.

Al fine di dare una dimensione ai livelli di similarità biochimica tra i 19 ceppi analizzati sono stati confrontati, due

a due in tutte le combinazioni, le mobilità elettroforetiche dei cinque sistemi enzimatici considerati come un unico pattern. I coefficienti di similarità sono stati calcolati secondo la formula S=numero di bande comuni/numero di confronti, ed i valori riportati nella Tabella 2. Mentre S varia da 0,00 a 0,10 nei confronti tra ceppi di E. crassus ed E. minuta, da 0,00 a 0,15 in quelli tra ceppi di E. crassus ed E. vannus e da 0,03 a 0,10 in quelli tra ceppi di E. minuta ed E. vannus, nei confronti intraspecifici S varia da 0,56 a 0,90 in E. crassus, da 0,53 a 0,68 in E. minuta, e da 0,33 a 0,95 in E. vannus. Quindi, il valore interspecifico massimo (0,15) è meno della metà del valore minimo intraspecifico (0,33), che per di più si riscontra solo nel confronto tra i ceppi di E. vannus AL_3 e TM_1 tra loro allopatrici.

Elaborando i coefficienti di similarità riportati in Tabella 2 secondo il metodo UPGMA ("unweighted pair-group arithmetic average clustering", Sneath & Sokal, 1973), si ottiene il dendrogramma mostrato in Fig. 2. Si nota che i ceppi di E. crassus e quelli di E. vannus si fondono tra loro a livello del 6% di similarità e questi, a loro volta, si fondono con i ceppi di E. minuta a livello del 4,5%. I livelli di fusione intraspecifica sono invece di un fattore mediamente dieci volte più alto: il 65% di similarità esiste tra i ceppi di E. crassus, il 56% tra i ceppi di E. minuta, ed il 41% tra i ceppi di E. vannus.

CONCLUSIONI

I dati presentati ci portano a concludere che E. crassus, E. minuta ed E. vannus sono specie ben separate biochimicamente. Questa separazione contrasta con la somiglianza di aspetto che ne rende difficile la definizione del morfotipo e, quindi, dello status tassonomico di specie a livello morfologico. Il conservativismo fenotipico che E. crassus, E. minuta, ed E. vannus mostrano indurrebbe a postulare, in prima approssimazione, una loro recente origine comune. Invece, questo conservativismo nasconde una diversificazione genetico-molecolare ormai netta e consolidata.

Il risultato di questo lavoro può essere preso ad ulteriore esempio di un fenomeno di portata biologica generale, di come cioè, instauratasi una diversità biochimica di base, si possano costruire organismi unicellulari la cui architettura appare molto simile all'occhio dell'uomo.

BIBLIOGRAFIA

C.R. CURDS -1975- A guide to the species of the genus Euplotes (Hypotrichida, Ciliatea) - Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.). 28, 1-61.

F. DINI, P. LUPORINI -1985- Mating-type polymorphic variation in Euplotes minuta (Ciliophora: Hypotrichida) - J. Protozool., 32. 111-117.

J. FRANKEL -1975- An analysis of the spatial distribution of ciliary units in a ciliate, Euplotes minuta - J. Embryol. Exp. Morph., 33, 553-580.

M.A. GATES -1978- Morphometric variation in the hypotrich ciliate genus Euplotes - J. Protozool., 25, 338-350.

M.A. GATES, C.R. CURDS -1979- The dargyrome of the genus Euplotes (Hypotrichida, Ciliophora) - Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.), 35, 127-134.

J. GENERMONT, V. MACHELON, D. DEMAR -1985- The "vannus" group Of genus Euplotes. Sibling species and related forms; evolutionary significance and taxonomical implications - Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., 92, 53-65.

K. HECKMANN -1963- Paarungssystem und genabhängige Paarungstypdifferenzierung bei dem hypotrichen Ciliaten Euplotes vannus O.F. Müller - Arch. Protistenk., 106, 393-421.

K. HECKMANN -1964- Experimentelle Untersuchungen an Euplotes crassus. I. Paarungssystem, Konjugation und Determination der Paarungtypen - Z. Vererbungls., 95, 114-124.

F. LALOË -1979- Contribution a l'étude de la variabilité intraspécifique pour le nombre de cinéties dorsales et de cirres caudaux chez une espèce du complexe Euplotes vannus (Ciliés Hypotriches) - Arch. Zool, exp. gén., 20, 109-129.

P. LUPORINI, F. DINI -1977- The breeding system and the genetic relationship between autogamous and non-autogamous sympatric populations of Euplotes crassus (Dujardin) (Ciliata, Hypotrichida) - Monit. Zool. Ital. n.s.. 11, 119-154.

V. MACHELON, C. DEMAR -1984- Electrophoretic variations among the genus Euplotes (Ciliata, Hypotrichida): comparative data for the sibling species complex Euplotes vannus and survey of infrageneric variability - J. Protozool., 31, 74-82.

V. MACHELON, J. GENERMONT, Y. DATTEE -1984- A biometrical analysis of morphological variation within a section of genus Euplotes (Ciliata, Hypotrichida) with special reference to the E. vannus complex of sibling species - Origins of life, 13, 249-267.

R. NOBILI -1966- Mating types and mating type inheritance in Euplotes minuta Yocom (Ciliata Hypotrichida) - J. Protozool., *13*, 38-41.

R. NOBILI, P. LUPORINI -1967- New mating types and the problem of one or more syngens in Euplotes minuta Yocom (Ciliata Hypotrichida) - Atti ASS. Genet. Ital., 12, 345-360.

P.H.A. SNEATH, R.R. SOKAL -1973- Numerical Taxonomy; the principles and practice of numerical classification, w.H. Freeman, San Francisco, 573 pp.

M. TUFFRAU -1960- Revision du genre Euplotes, fondée sur la comparaison des structures superficielles - Hydrobiologia, 15, 1-77.

A. VALBONESI, C. ORTENZI, P. LUPORINI -1985- Electrophoretic comparison between Euplotes vannus and E. crassus strains - Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., 92, 67-73.

Tabella 1

Ceppi di Euplotes analizzati.

Ceppo	Luogo e data di raccolta	Specie morfologica
GES_5	Gesira (Somalia), Ottobre, 1983	E. crassus
L_2D	(a)	E. crassus
LIV_1	Livorno, Maggio, 1979	E. crassus
LL_1	San Terenzio (SP), Giugno, 1977	E. crassus
MN_3	Montecristo (LI), Giugno, 1978	E. crassus
PB_1	Piombino (LI), Agosto, 1978	E. crassus
POR_3	Porto Recanati (MC), Settembre, 1978	E. crassus
POR_7	Porto Recanati (MC), Luglio, 1984	E. crassus
TM_3	Torre Mileto (FG), Luglio, 1979	E. crassus
AL_2	Alghero (SS), Settembre, 1985	E. vannus
AL_3	Alghero (SS), Settembre, 1985	E. vannus
SB_1	Santa Barbara (U.S.A.), Maggio, 1985	E. vannus
SB_2	Santa Barbara (U.S.A.), Maggio, 1985	E. vannus
SB_3	Santa Barbara (U.S.A.), Maggio, 1985	E. vannus
TM_1	Torre Mileto (FG), Luglio, 1979	E. vannus
TM_2	Torre Mileto (FG), Agosto, 1984	E. vannus
Lb_9	(b)	E. minuta
Lb_{72}	(b)	E. minuta
Szf_1	Sciacca (TP), Ottobre, 1982	E. minuta

(a), Clone ottenuto dall'incrocio di ceppi selvatici raccolti a Livorno nel Marzo del 1978.

(b), Cloni ottenuti dall'incrocio di ceppi selvatici raccolti a San Terenzio (SP) nell'Agosto del 1978.

Tabella 2
Coefficienti di similarità tra i pattern elettroforetici dei 19 ceppi analizzati.

	LIV_1	POR_3	L_2D	MN_3	PB_1	LL_1	POR_7	GES_5	TM_3	TM_1	TM_2	SB_1	SB_2	SB_3	AL_2	AL_3	Lb_9	Lb_{72}	Szf_1
LIV_1	—	0.90	0.64	0.73	0.81	0.71	0.59	0.59	0.62	0.12	0.09	0.06	0.06	0.03	0.00	0.00	0.03	0.04	0.03
POR_3		—	0.73	0.82	0.90	0.81	0.68	0.68	0.64	0.15	0.11	0.06	0.05	0.06	0.00	0.00	0.06	0.03	0.06
L_2D			—	0.65	0.65	0.80	0.59	0.75	0.57	0.12	0.12	0.06	0.06	0.03	0.00	0.00	0.09	0.07	0.09
MN_3				—	0.82	0.65	0.56	0.68	0.57	0.15	0.14	0.09	0.08	0.06	0.03	0.03	0.06	0.03	0.06
PB_1					—	0.81	0.68	0.61	0.64	0.15	0.11	0.06	0.05	0.03	0.00	0.00	0.06	0.03	0.06
LL_1						—	0.75	0.67	0.70	0.12	0.12	0.06	0.05	0.03	0.00	0.00	0.06	0.07	0.09
POR_7							—	0.79	0.74	0.09	0.09	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.10	0.04	0.10
GES_5								—	0.74	0.12	0.12	0.10	0.09	0.09	0.03	0.03	0.10	0.03	0.10
TM_3									—	0.09	0.09	0.07	0.09	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.07
TM_1										—	0.73	0.44	0.43	0.38	0.34	0.33	0.06	0.06	0.06
TM_2											—	0.46	0.44	0.46	0.36	0.39	0.06	0.07	0.09
SB_1												—	0.64	0.78	0.39	0.38	0.07	0.08	0.10
SB_2													—	0.64	0.50	0.48	0.06	0.07	0.09
SB_3														—	0.45	0.44	0.07	0.08	0.07
AL_2															—	0.95	0.03	0.03	0.03
AL_3																—	0.03	0.03	0.03
Lb_9																	—	0.59	0.68
Lb_{72}																		—	0.53
Szf_1																			—

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	187-195	1986

SEASONAL VARIATIONS OF GLYCOGEN, PROTEINS AND LIPIDS IN TISSUES OF Scapharca inaequivalvis (Bruguière) FOR THE REPRODUCTIVE CYCLE

Cattani O.*, Corni M.G.**, Carpené E.*, Isani G.*, Vitali G.* Cortesi P.*

* Dipartimento di Biochimica, Università di Bologna
** Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale, Università di Bologna.

KEYWORDS: Scapharca inaequivalvis, reproductive cycle, glycogen, proteins lipids.

ABSTRACT

Seasonal variations of glycogen, proteins and lipids in posterior adductor muscle, mantle, gonads and viscera were determined in specimens of Scapharca inaequivalvis (Brug.) (Bivalvia, Arcidae) collected in the subtidal area off the Cesenatico coast (North Adriatic Sea). Only glycogen and lipid contents showed a trend clearly correlated with the reproductive cycle of the species.

SUMMARY

The monthly contents of glycogen, proteins and lipids in posterior adductor muscle, mantle, gonads and viscera of Scapharca inaequivalvis (Brug.) (Bivalvia, Arcidae) were related with the reproductive cycle which showed six months of evident activity from May to October. Levels of these energy reserves (expressed as % of dry weight) presented these decreasing trends: proteins> glycogen > lipids.

The proteins, though showing considerable variations did not follow seasonal trends; glycogen content variation, on the contrary, were clearly correlated with the reproductive cycle. Minima were evident in the period of full gonadal maturity in July and August (stages: II, III), and maxima in the phase of reproductive rest and initial gametogenesis (stages: 0, I).

Lipids content in the gonads showed the highest values in the stages II and III, thus constituting the main reserves of mature gametes, whereas the other tissues in the same period showed minima levels. This could indicate a mobilization of the lipids to the gonads and/or their use as energy during the phase of greatest gametogenetic activity.

No seasonal trend of the dry weight of the examined tissues was observed.

RIASSUNTO

Vengono riportati i livelli di glicogeno, proteine e lipidi determinati in muscolo adduttore posteriore, mantello, gonadi e visceri di esemplari di. Scapharca inaequivalvis (Brug.) (Bivalvia, Arcidae) prelevati mensilmente in un'area di mare dell'Adriatico settentrionale di fronte a Cesenatico. Le concentrazioni di tali composti di riserva (espresse in % di peso secco) hanno evidenziato in tutti i tessuti esaminati il seguente andamento decrescente: proteine > glicogeno > lipidi. Le proteine, pur dimostrando variazioni apprezzabili, non seguono andamenti stagionali, contrariamente a ciò che si verifica per il glicogeno, le cui fluttuazioni sono chiaramente correlate con il ciclo riproduttivo. I minimi si presentano nel periodo della maturità gonadica in luglio ed agosto (stadi II e III) ed i massimi nella fase di riposo riproduttivo.
I lipidi totali mostrano, nelle gonadi, i massimi valori negli stadi II e III, rappresentando la principale riserva dei gameti maturi, mentre gli altri tessuti, in questo periodo, presentano i livelli minimi. Ciò potrebbe indicare una mobilizzazione dei lipidi verso le gonadi o una loro utilizzazione a scopo energetico durante la fase di massima attività gametogenetica. Non è stato evidenziato un ciclo stagionale del peso secco dei tessuti esaminati.

INTRODUCTION

Several authors (Ansell, 1974; Giese, 1969; Gabbot, 1975; Taylor and Venn, 1979; Zandee et al., 1980b; Bodoy, 1980, 1983; Sundet and Vahl, 1981) have correlated seasonal variations in the biochemical composition of the tissues with the reproductive cycle in many Bivalvia. Gonadal growth requires energy and therefore a mobilization of nutrients from ingestive food or from reserves previously stored in tissues. Such energy reserves, among which glycogen has a predominant role, are usually synthesized during the non-reproductive period and utilized in the subsequent phases of gametogenetic maturation (Gabbot, 1975; Lubet and Le Feron de Longcamp, 1969; Zandee et al., 1980b). The reproductive pattern in any case may be influenced or modified by external parameters such as temperature and food supply. Lubet (1959) showed the action of these parameters as synchronizers, lengthening or shortening the phases of gametogenesis in Mytilus. In other cases the synchronism between gonad maturation and food abundance does not promote a great accumulation energy stores because the nutrients directly derive from food. On the other hand, among the species having wide geographic distribution, those specimens living in the northern seas, where food is present only during limited periods of the year, accumulate greater reserves (Ansell and Bodoy, 1979).

In this work we have discussed the interaction among the metabolism of energy reserves (glycogen, total lipids and proteins), environmental parameters, and the reproductive cycle in Scapharca inaequivalvis (Brug.), an indopacific species only recently introduced into the Adriatic sea (Ghisotti e Rinaldi, 1976).

MATERIALS AND METHODS

Samples of Scapharca inaequivalvis (Brug.) were collected monthly between April 1984 and March 1985 from a subtidal area in front of Cesenatico (Adriatic Sea). Animals were selected according to shell length (from 30 to 55 mm).

Biochemical data were correlated with the reproductive cycle.

The gonadal maturative aspects of the two sexes, examines in about fifty specimens, were differentiated by means of Lubet's scale (1959) modified and related to histological patterns (fixations in Bouin's fluid and formalin 10%, inclusion in paraffin, sections of 8 µm, staining with haemalum-eosin). The differentiated growth of reserve tissues was observed from the hystomorphological viewpoint. In Arcidae and Mitilidae these tissues consist of two kinds of elements: Langer's cells, rich in glycogen, and adipogranulous cells (Lubet et al., 1976; Bayne et al., 1982).

Samples of 50-60 specimens divided in three pools were used for biochemical analyses and soft tissues were separated in four components (gonads, muscle, mantle and viscera). After dissection, tissues were immediately frozen in liquid nitrogen and then lyophilised.

Glycogen was determined by Van Handel's method (1965), lipid by Folch's et al. method (1957), proteins by Bradford's method (1976).

Groups of ten specimens were taken for the determination of dry weight and ashes.

RESULTS

Hydrological data, relative to water temperature, salinity and chlorophyll "a" as an indicative parameter of food availability, are reported in fig. 1.

The gonadal cycle is shown in fig. 2. During April-May specimens are mainly either at rest (reproductive stasis: stage 0) or at gametogenesis onset (stage I). In June, among the numerous specimens in active gametogenesis, some are sexually mature and others show gonadal acini partially or completely empty (prevalent stages II, III, III A). Gametogenesis with partial or total spawning is intense in the majority of specimens during July, August and September (prevalent stages: III A, B and D). In October-November many specimens are in reproductive stages; some of them show residual activity and others have just spawned (prevalent stage: 0). From December to March stasis is almost general; however, a male in a precocious stage of gametogenesis was observed in January. The infragonadic reserve tissue is evident among the acini during stages 0, I and II initial (spermatocytes are prevalent on sperms; previtellogenesis in females). It becomes atrophic during stage II final (abundant sperms; vitellogenesis in females) and during III A, B and D stages. Some reserve elements appear among immature acini and at the beginning of each recovering stage (III C).

Dry weight, ashes, and levels of glycogen, proteins, lipids expressed as % of dry weight, are reported in figs. 3 and 4. Glycogen levels in muscle (5.0-12.0%), in mantle (7.0-12.0%) and in viscera (7.0-19.9%) always

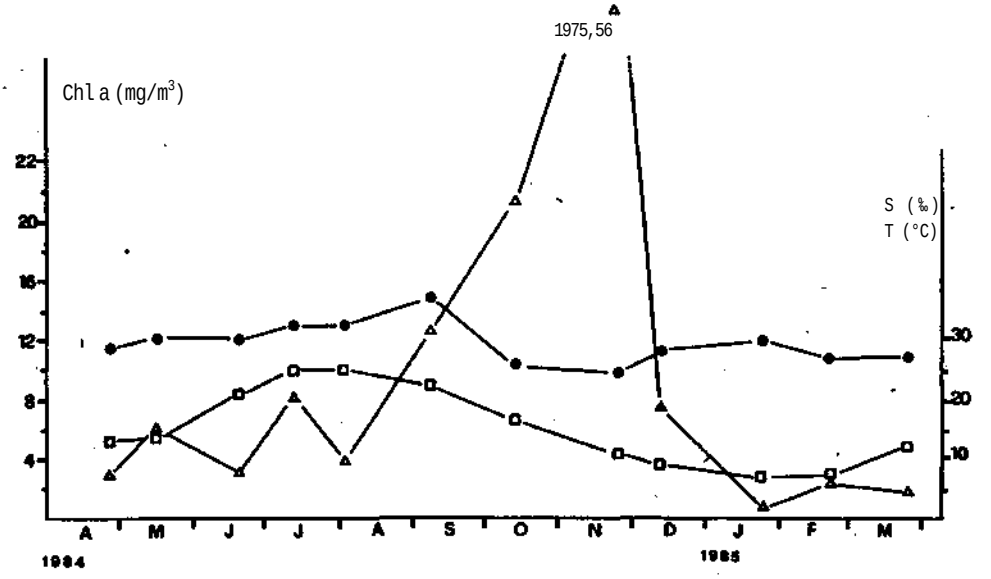


Fig. 1 - Seasonal variations of temperature, salinity and chlorophyll "a" in water sample drawn from the Adriatic off the Cesenatico coast.

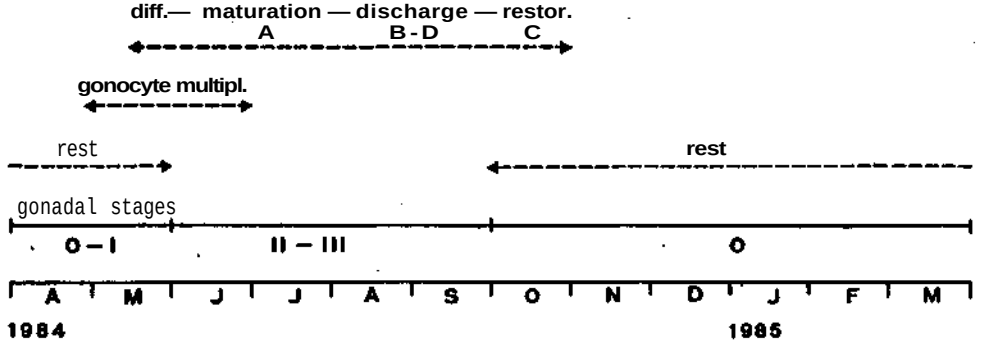


Fig. 2 - Gonadal cycle of Scapharca inaequivalvis (Brug.): 0, rest; I, gonocyte multiplication; II, differentiation until maturative stages (vitellogenesis in females, abundant sperms in males); III, maturation (A), discharge (B-D), restoration (C). The restoration occurs between each discharge of gametes: III B (partial) and III D (total); (Lubet, 1959, modified).

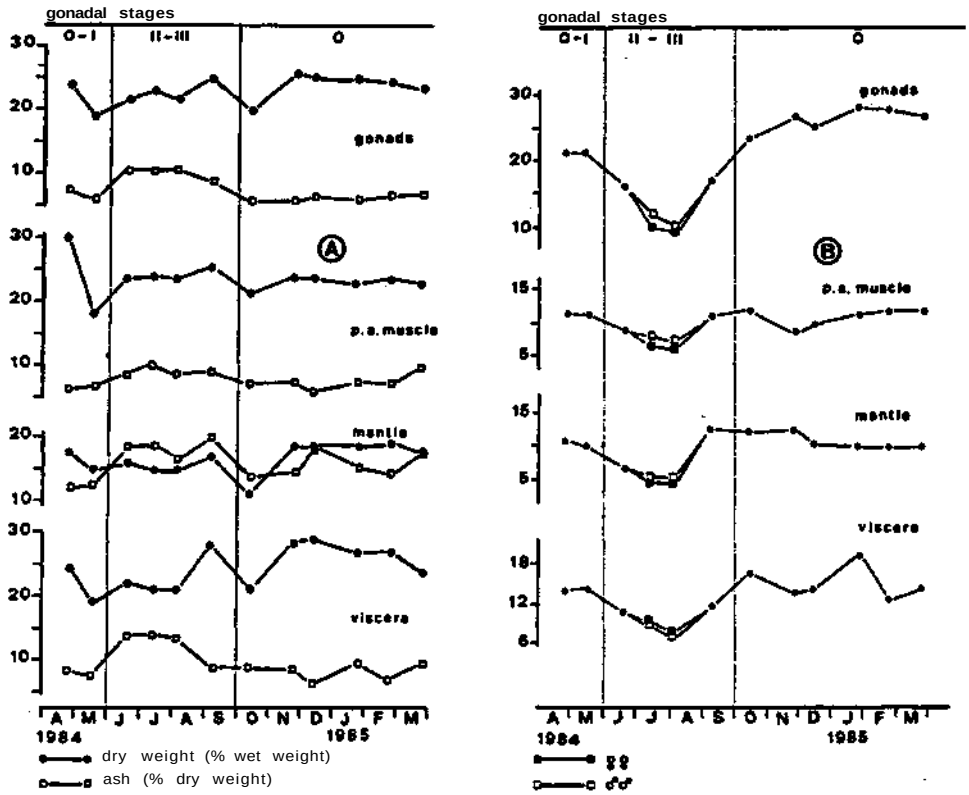


Fig. 3 - Seasonal changes in dry weight, ashes (A), and in glycogen content (B) in tissues of Scapharca inaequivalvis (Brug.). For the gonadal stages see fig. 2.

remain at values lower than in the gonads which present a minimum in August (10.0%) and a peak in January (27.4%) according to the sequence: gonads> viscera > mantle > muscle (fig. 3B). There are no significant difference in glycogen content between males and females.

Protein content changes from 38.0 to 63.0% in muscle, from 30.0 to 47.0% in mantle, from 32.0 to 51.0% in gonads and from 26.0 to 45.0% in viscera (fig. 4A). Therefore the following decreasing sequence occurs: muscle> gonads > mantle > viscera. Although all tissues show fluctuations in protein content, a seasonal cycle is not evident.

Lipid content in gonads fluctuates from 4.0 to 10.5%, in muscle from 1.7 to 4.7%, in mantle from 2.7 to 6.3%, in viscera from 10.5 to 20.4% according to the sequence: viscera> gonads> mantle> muscle (fig. 4B).

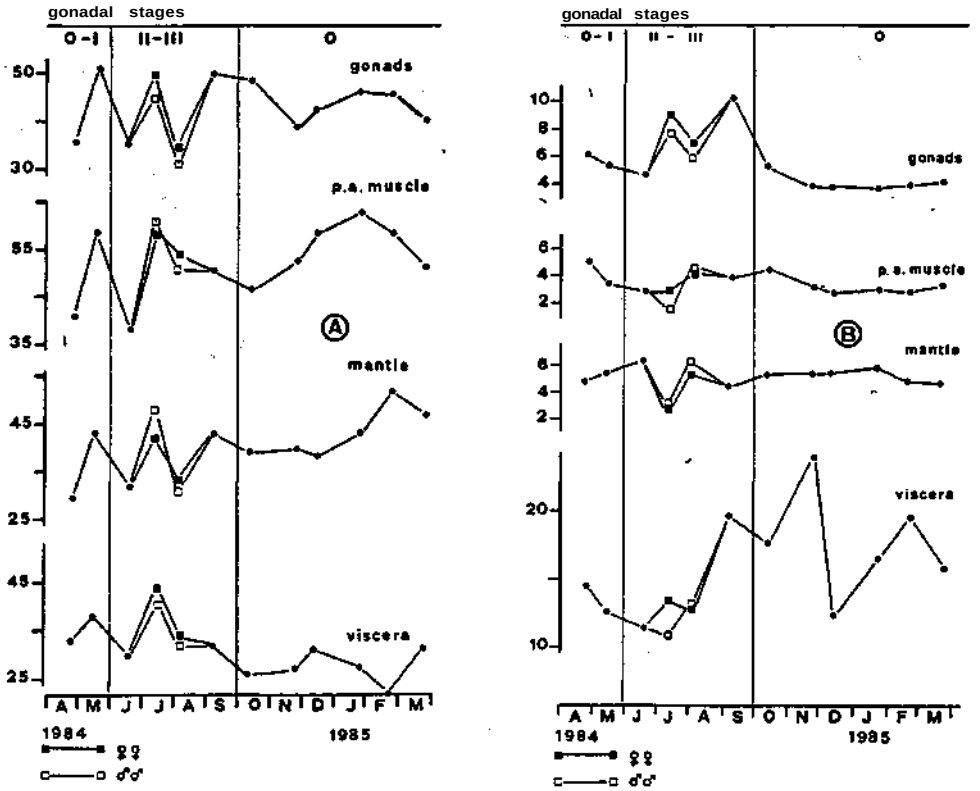


Fig. 4 - Seasonal changes in protein (A) and lipid content (B) in tissues of Scapharca inaequivalvis (Brug.). For the gonadal stages see fig. 2.

Concerning dry weight and ashes, the highest percentage of organic material is present in the muscle (21.7% in October; 19.5% in April). Mantle shows the lowest levels (11.0% in October; 19.5% in February). The gonads (13.3 in May; 25.8% in December) show intermediary values between those of muscle and mantle (Fig. 3A).

The ashes do not show evident seasonal fluctuation in muscle (6.0-10.0%) or in gonads (6.0-11.0%). Seasonal differences and higher values (12.0-20.0%) are present, on the other hand, in mantle. Ash values fluctuate in viscera between 6.0 and 15.0%; it is possible, however, that the levels observed in the latter tissue have been influenced by the exterior contribution due to the diet (Fig. 3A).

DISCUSSION

The reproductive cycle, estimated on the basis of dominant stages, schematically includes about six months of more or less intense gameto-genetic activity (from May to October) followed by about six months of general inactivity, with rare exceptions. The infragonadic reserve tissue, which shows a general cyclic trend opposite that of the gonad, probably supports acinus renewal and gametogenesis onset to stage II initial. Gametogenesis completion seems also to be supported by the glycogen content from other tissues. Glycogen seasonal cycle occurs in gonads, muscle, mantle and viscera with evident minimum during the period of intense gametogenesis (from June to September) followed by rapid reintegration of reserves during reproductive stasis.

A similar cycle was observed in Chamelea gallina, a bivalve studied in the same sea area with glycogen levels in mantle and muscle two or three times higher than in Scapharca (Cattani et al., 1983-84). In Chamelea the gonads were not separated from viscera, thus it was not possible to compare these tissues in the two species. A comparison with a species from the north european seas shows that in Mytilus edulis (Zandee et al., 1980b) the posterior adductor muscle presents glycogen values of 10-20% higher, therefore, than in Scapharca. In mantle of Mytilus there are particularly high values (up to 40%). However we must take into account that such a tissue also includes gonads in this species. On the other hand Pectinidae of the north european sea (Comely, 1974; Ansell, 1974; Taylor and Venn, 1979; Sundet and Vahl, 1981) show glycogen levels lower than in Scapharca, with remarkable protein consumption to provide for energetic requirements The seasonal fluctuations of lipid content show a different trend in the gonads compared to the other tissues. Whereas lipid concentration in the gonads are high from June to September, there is on the other hand, in this phase a more or less evident decrease in muscle, mantle and at least until August, in viscera. Peaks registered in the gonads are coincident with the period of main gametogenetic activity (intense spermatogenesis in males, vitellogenesis in females). This maximum, which shows a decrease due to massive spawning, is followed by a relatively stable concentration for all the reproductive stasis (stage 0) and for precocious gametogenesis stages (I and II initial). During the most intense gametogenetic activity lipid levels are high in the gonads, although the infragonadic tissue is atrophic. It suggests a metabolic pathway converting carbohydrates to lipids then utilized as gamete energy reserve (Gabbot, 1976). An analogous inverse relation between lipid and glycogen trend was observed in the mantle of Mytilus edulis which includes the gonads (Lubet and Le Feron de Longcamp, 1969). During the main gametogenetic activity in the other examined tissues, lipid levels show the lowest values. This may indicate lipid mobilization to the gonad and/or their utilization for energy.

In September the viscera show an anomalous lipid peak probably due to an increased food supply. In fact there was a very high phytoplankton bloom (fig. 1) from August to November (chlorophyll "a": 1975.56 mg/m^3). A similar correlation registered in Mytilus edulis suggests a balance

between an exogenous source (diet) and endogenous tissue reserves for egg lipids (Waldock and Holland, 1979).

Protein content in Scapharca shows a marked variation without a clear seasonal cycle. An analogous situation was described in Chamelea gallina from the same sea area (Cattani et al., 1983-84), whereas in the North Sea Mytilus a protein decrease is observed from autumn to winter (Zandee et al., 1980b). An evident annual cycle of muscle protein was observed on the contrary in Chlamys opercularis from the Firth of Clyde (Taylor and Venn, 1979). In this last species protein seasonal minima of tissues are coincident, as for glycogen, with the phase of the highest gonadal maturity. In this species the fluctuation of protein and lipid contents in the gonads is strictly correlated with the gametogenetic cycle showing the importance of these two components in gamete production, whereas the glycogen content is constant.

The values of dry weight and ashes in Scapharca, don't show clear seasonal changes. Generally Bivalvia show well defined seasonal cycles of dry weight values correlated with glycogen and protein levels. Such a trend is also present, although not very evident, in Chamelea from the Adriatic Sea as well as from the Marseille Gulf (Bodoy, 1983).

REFERENCES

A.D. ANSELL - 1974 - Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve Chlamys septemradiata from the Clyde Sea area - Mar.Biol., 25, 85-89.

A.D. ANSELL, A. BODOY - 1979 -Comparison of events in the seasonal cycle for Donax trunculus and Donax vittatus in european Waters, pp. 191-198, in E. NAYLOR, R.G. HARTNOLL, ed., Cyclic fenomena in marine plants and animals. Oxford, Pergamon Press.

B.L. BAYNE, A. BUBEL, P.A. GABBOTT, D.R. LIVINGSTONE, D.M. LOWE, M.N. MOORE - 1982 - Glycogen utilization and gametogenesis in Mytilus edulis L. - Mar.Biol. Lett., 3, 89-105.

A. BODOY -1980 - Croissance et variations de la composition biochimique du bivalve Spisula subtruncata (Da Costa) dans le golfe de Marseille. - Thethys, 9, 345-354.

A. BODOY - 1983 - Croissance et variations saisonnières de la composition biochimique de Venus gallina dans le golfe de Marseille (Méditerranée occidentale) - Tethys, 11, 57-66.

M. BRADFORD - 1976 - A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding - Anal. Biochem., 72, 248-254.

0. CATTANI, M.G. CORNI, E. CARPENE', G. ISANI, P. CORTESI - 1983-84 - Variazioni stagionali di glicogeno, lipidi e proteine in tessuti di Chamelea gallina (Bivalvia, Veneridae) in relazione al ciclo riproduttivo Nova Thalassia, 6, 687.

C.A. COMELY -1974 -Seasonal variations of the flesh weight and biochemical content of the scallop Pecten maximus, in the Clyde Sea area - J. Cons. int. Explor. Mer, 35, 281-295.

J. FOLCH, M. LEES, G.H. SLOANE STANLEY - 1957 - A simple method for the

isolation and purification of total lipids from animal tissue - J. Biol. Chem., 226, 497-509.
P.A. GABBOTT - 1975 - Storage cycle in marine bivalve molluscs. A hypothesis concerning the relationship between glycogen, metabolism and gametogenesis, pp. 191-211, in H. BARNES ed., Ninth european marine biology Symposium. Aberdeen, Univ. Press.
P.A. GABBOTT - 1976 - Energy metabolism, pp. 293-355, in B.L. BAYNE ed., Marine mussels. Their ecology and physiology. Cambridge, Univ. Press.
A.C. GIESE - 1969 - A new approach to the biochemical composition of the mollusc body - Oceanogr.Mar.Biol., 7, 175-229.
F. GHISOTTI, E. RINALDI - 1976 - Osservazioni sulla popolazione di Scapharca insediatasi in questi ultimi anni su un tratto di litorale romagnolo - Conchiglie, 12, 183-185.
P. LUBET - 1959 - Recherches sur le cycle sexuel et l'èmission des gamètes chez le Mytilidés et les Pectinides - Rev.Trav.Inst.Pêches Marit., 23, 389-548.
P. LUBET, D. Le FERON de LONGCAMP - 1969 - Etudes des variations annuelles des constituants lipidiques chez Mytilus edulis L. de la baie de Seine (Calvados) - C.R. Soc. Biol. , 163, 1110-1112.
P. LUBET, P. HERLIN, M. MATHIEU, F. COLLIN - 1976 - Tissu de reserve et cycle sexuel chez les lamellibranches - Haliotis, 7, 59-62.
J.H. SUNDET, O. VAHL - 1981 - Seasonal changes in dry weight and biochemical composition of the tissues of sexually mature and immature iceland scallops Chlamys islandica - J.Mar.Biol.Assoc.UK, 61, 1001-1010.
A.C. TAYLOR, T.J. VENN - 1979 - Seasonal variation in weight and biochemical composition of the queen scallop, Chlamys opercularis, from the Chlamys opercularis, from the Clyde Sea area - J.Mar.Biol.Assoc.UK, 59, 605-621.
E. VAN HANDEL - 1965 - Estimation of glycogen in small amounts of tissues Anal. Biochem., 11, 256-265.
M.J. WALDOCK, D.L. HOLLAND - 1979 - Seasonal changes in the triacylglycerol fatty acids of the mantle tissue of the mussel Mytilus edulis L. - Biochem. Soc. Trans., 7, 898-900.
D.I. ZANDEE, J.H. KLUYTMANS, W. ZURBURG, H. PIETERS - 1980b - Seasonal variations in biochemical composition of Mytilus edulis with reference to energy metabolism and gametogenesis - Nath. J. Sea Res., 14, 1-29.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	199-219	1986

ADATTAMENTO FISIOLOGICO E COMPETIZIONE INTERSPECIFICA TRA LE MICROALGHE IN FUNZIONE DEI NUTRIENTI

Serge Y. Maestrini° e Anna Maria Spanò*

° C.R.E.M.A. - L' Houmeau, Case 5, 17137 Nieul-sur Mer, Francia.
* Istituto Superiore di Sanità, viale Regina Elena, 299-00161 Roma, Italia.

Key words: Microalgae, competition, physiological bases, nutrients.

ABSTRACT - An overview of key adaptations and species competition among microalgal populations to the role of nutrients is reported.

RIASSUNTO

Viene riportata una rassegna degli adattamenti chiave che regolano la competizione tra le microalghe in funzione dei nutrienti. Illustrando come esempi alcuni esperimenti effettuati, si vuole mostrare come si suppone che tali adattamenti agiscano nelle condizioni naturali.

SUMMARY

An overview of key adaptations and species competition among microalgal populations to the role of nutrients is reported; the aim of this article is to show few case studies, how they are suspected to be involved in the natural conditions.

INTRODUZIONE

Il successo di ciascuna specie, nell'ambiente acquatico naturale, è il risultato della sua capacità di adattarsi velocemente a tutto l'insieme dei fattori fisici, chimici e biologici che sono in continua variazione. Numerose ricerche sui cicli annuali e sulla distribuzione geografica hanno fornito esempi di evidenti successioni di specie. Le fluttuazioni annuali e geografiche sono state attribuite dagli ecologi ad alcuni "fattori limitanti" ambientali dato che gli studi effettuati sulle colture hanno dimostrato che le microalghe hanno esigenze specifiche per quel che riguarda la temperatura, la luce, la salinità ed i nutrienti. Si suppone che quei fattori che influenzano la distribuzione delle specie agiscano anche sulla loro presenza temporanea all'interno di un'area.

Il recente sviluppo di colture intensive usate per l'acquacoltura ha

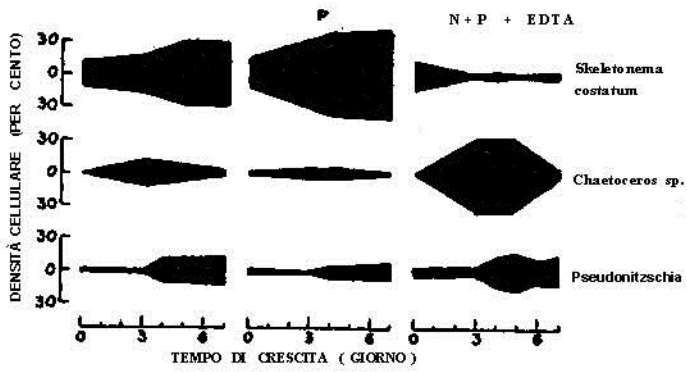


Figura 1. Evoluzione delle rispettive densità cellulari (per cento del numero totale), in funzione del tempo di crescita, delle principali specie di una popolazione di fitoplancton coltivata in acqua di fondo di Cabo Frio (Brasile), rispettivamente: non arricchita, arricchita con fosforo (P), arricchita con azoto (N) + fosforo (P) + sostanze chelanti (EDTA). (Adattato da E. Gonzales-Rodriguez, S. Y. Maestrini, J.L. Valentin, D. Rivera-Tenembaum - 1985 - Oceanologica Acta, 8: 441-452.

focalizzato l'attenzione su un aspetto particolare della naturale competizione interspecifica: l'adattamento ad un drastico cambiamento entro una micronicchia (Figura 1). Sebbene osservazioni ed esperimenti abbiano ampiamente documentato la successione specifica che avviene entro le popolazioni algali, spesso non è chiaro quale meccanismo permetta alle specie dominanti di prendere il sopravvento su quelle vicine e quale invece ostacoli la completa eliminazione delle specie dominate.

Una rassegna delle risposte fisiologiche delle alghe non potrebbe essere esauriente, dato che si hanno notevoli variazioni all'interno dei taxa. Lo scopo di questo articolo è quindi di dare una visione generale degli adattamenti chiave e di mostrare, usando come esempi esperimenti effettuati da vari Autori, in che modo si suppone che tali adattamenti agiscano nelle condizioni naturali.

1. MACRONUTRIENTI INORGANICI

Le alghe hanno bisogno di nutrienti per crescere, perciò la proporzione in cui essi arrivano alla macchina cellulare influenza molto il loro tasso di crescita. Comunque non è vero che "più nutrienti ci sono più è

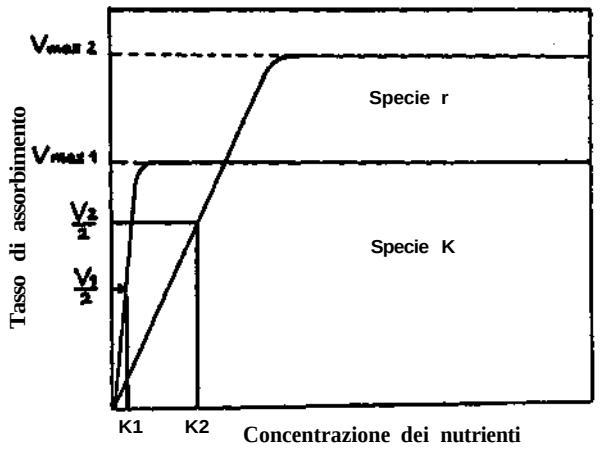


Figura 2. Tasso di assorbimento dei nutrienti in funzione della concentrazione ambientale. (Modello di R.C. Dugdale - 1967).

veloce la crescita" perchè c'è un limite, descritto da un modello matematico (iperbole) virtualmente identico a quello di Michaelis e Menten (1913) usato per rappresentare la cinetica degli enzimi. In accordo con tale modello le alghe hanno la capacità di assumere abbastanza velocemente i nutrienti da un terreno ricco ma anche di catturarli quando sono presenti in concentrazioni molto basse (Figura 2).

Dugdale (1967) mise in evidenza il concetto di vantaggio ecologico che un'alga può avere in seguito ad una serie di adattamenti fisiologici rappresentati da una costante (K) di semisaturazione con valori minimi e da un tasso di crescita (μmax) con valori massimi. Egli suppose che in un ambiente oligotrofico le specie con μmax più basso avessero anche il valore di K minimo che permetterebbe loro di competere con le specie che hanno valori di velocità di assorbimento (Vmax) alti. Al contrario le acque eutrofiche dovrebbero essere abitate per lo più da specie a crescita veloce dato che, essendo i nutrienti più abbondanti, la capacità di assorbirli a basse concentrazioni non è poi così importante; in questo caso perciò la selezione naturale tende a favorire le specie in grado di dividersi rapidamente.

Un anno dopo il lavoro di Dugdale, tale modello fu applicato, confrontando i valori di K e di Vmax, da Eppley e Coastworth (1968), Eppley et al. (1969) ed Eppley e Thomas (1969). Questi Autori ipotizzarono che la successione stagionale delle specie dominanti, che avviene in seguito alla diminuzione della concentrazione del nutriente limitante, dovrebbe essere regolata da valori di K sempre più bassi. Essi poi misurarono i

valori delle costanti cinetiche di 16 specie di fitoplancton in coltura ed effettuarono i calcoli combinando i valori di K e di Vmax per l'azoto con irradiazione e temperatura. I risultati ottenuti dimostrarono, come previsto, che la diatomea costiera Asterionella japonica aveva il valore di K più alto per l'assorbimento dell'azoto (1,3 µg-at.l^{-1}) di quello di una specie isolata come il Chaetoceros gracilis che vive in mare aperto (0,3 µg-at.l^{-1}). In generale gli Autori osservarono che con la diminuzione dei valori di K per NO_3 in parallelo avviene una successione di nicchie acquatiche naturali, dette: pozze di acque dolci, acque di estuario, costiere ed oceaniche. Ovviamente ciò rispecchia un adattamento dovuto al diminuire della quantità di azoto nelle acque. Altri esperimenti hanno dimostrato che il K per NO_3 delle popolazioni naturali presenti in mare aperto è di circa 0,2 µM.l^{-1}, mentre quello per le popolazioni costiere è di 1 µM.l^{-1} (MacIsaac e Dugdale, 1969). Inoltre ceppi delle stesse specie mostrano valori di K per NO_3 di circa 0,25 µM.l^{-1} quando isolati dal Mar dei Sargassi, e tra 1,6 e 1,8 µM.l^{-1} quando isolati da estuari (Carpenter e Guillard, 1971; Guillard et al., 1973).

Tutto questo porta logicamente alla conclusione che in una coltura mista o in una nicchia naturale le specie con il K più basso eliminano le specie vicine laddove le concentrazioni dei nutrienti sono basse, mentre le specie con una crescita rapida hanno il sopravvento nei terreni arricchiti. Rimane da verificare se è vero questo stato di cose sul quale esistono molte speculazioni teoriche e molti modelli ma pochi esperimenti.

Tilman (1976, 1977), per esempio, ha previsto il risultato della competizione tra le diatomee di acqua dolce Asterionella formosa e Cyclotella meneghiniana che competono per il fosfato e per il silicio. I tassi di crescita (µmax) delle due specie non hanno differenze significative, tuttavia A. formosa ha un valore di K per il fosforo più basso di quello di C. meneghiniana, mentre per quel che riguarda il silicio la differenza dei valori è opposta (Tabella 1).

Tabella 1. Valori della costante K (µmax.l^{-1}) per il fosforo (PO_4) ed il silicio (SiO_4) delle diatomee Asterionella formosa e Cyclotella meneghiniana.

Specie	P	Si
A. formosa	0.04	3.9
C. meneghiniana	0.25	1.4

Da tali valori cinetici costanti e specifici, l'Autore stabilì la serie delle condizioni nutritive che permettono all'uno o all'altro dei competitori di dominare in equilibrio usando il modello dell'iperbole sia con l'equazione di Monod (1942), modello ad uno scompartimento, sia con quella di Droop (1974), modello a due scompartimenti. Ambedue i modelli prevedevano che C. meneghiniana sarebbe stata dominante quando la crescita delle due specie fosse limitata per il Si, mentre sarebbe avvenuto il contrario con A. formosa nel caso del P come limitante. L'Autore constatò anche che le due specie coesistevano in equilibrio quando ognuna era limitata da un nutriente diverso. Una serie di esperimenti a lungo termine in colture semicontinue e molto diluite, permisero all'Autore di dimostrare che le previsioni erano valide. Inoltre l'equazione semplice di Monod era in accordo con i dati sperimentali dell'abbondanza relativa delle due specie lungo un gradiente naturale di Si e P presente nel lago da cui erano stati isolati i due ceppi; la varianza prevista dalla suddetta equazione spiegava il 75% della varianza osservata. Il "luxury uptake" apparentemente non influenzò il risultato previsto per la competizione eccetto per i rapporti limite o per le quantità a lento flusso. Un veloce rimpiazzamento nutritivo era quindi un fattore che eliminava il ruolo del "luxury uptake" e perciò la dimostrazione di Tilman è in parte annullata per le popolazioni naturali. Nondimeno il suo grande contributo è stato quello di aver messo in evidenza l'importanza delle proporzioni relative piuttosto che delle concentrazioni dei nutrienti che determinano le interazioni tra le specie, cosa che non avevano fatto gli Autori precedenti.

Mikelson et al. (1979) effettuarono un eperimento sulla competizione tra le diatomee Chaetoceros septentrionalis, Skeletonema costatum e Thalassiosira gravida cresciute in colture continue, limitate per l'azoto (NH_4); essi volevano stimare il cambiamento relativo, se ce ne fosse stato uno, delle costanti di crescita specifiche ottenute dalle singole specie chemiostatiche che potrebbe avvenire quando due specie si trovano nello stesso terreno di coltura. Inoculando un piccolo campione di una coltura algale invadente in una residente (2-90%), essi dimostrarono che sia C. septentrionalis che S. costatum rapidamente dominarono T. gravida (Tabella 2). Al contrario quest'ultima specie non era in grado di crescere nelle colture residenti delle altre due. Il comportamento di colture miste di C. septentrionalis e di S. costatum è in relazione alle proporzioni iniziali. Per esempio, la popolazione residente (98%) sopprimeva l'invadente e le due specie potevano coesistere se le biomasse relative erano uguali. Inoltre stress dovuti alla temperatura (27 °C) favorivano la crescita delle specie meno abbondanti. In questo caso perciò si possono stabilire due modelli di dominanza: uno basato sulle differenti capacità fisiologiche di competere per la spartizione dei nutrienti e l'altro relativo alle specie che competono con uguale successo, in cui la dominanza avviene solo quando un fattore addizionale è dannoso per una speeie e favorisce l'altra. Infine Mikelson et al. calcolarono le costanti cinetiche con l'equazione di Monod (1942) e con il modello di Droop (1974). I confronti effettuati con i dati della letteratura e quelli ottenuti dalle colture monoalgali, dimostrarono che non c'erano notevoli differen-

Tabella 2. Tipi di competizione tra le diatomee Chaetoceros septentrionalis, Skeletonema costatum e Thalassiosira gravida.

Specie	Tipo di competizione	Particolari
C. septentrionalis	**dominanza su T. gravida**	**In tutti i casi**
S. costatum		
C. septentrionalis	**equilibrio con S. costatum**	**La dominanza se c'è, è causata da fattori addizionali.**

ze tra le due serie di dati. Questo lavoro quindi conferma che le cinetiche di crescita specifiche possono essere usate come base di previsione del risultato della competizione tra due specie di alghe, in accordo con la teoria descritta per i batteri da Veldkamp e Jannash (1972) e da Jannash e Mateles (1974).

Tali cinetiche dei nutrienti però non spiegavano la sopravvivenza delle popolazioni di T. gravida in natura, sebbene i modelli siano validi per le colture. In realtà questo è il problema: sulla base di una conoscenza generale ci si aspetterebbe che una specie, che è più abile nello assorbire ed usare il nutriente limitante, sostituisca tutte le altre. Se questo fondamento logico fosse corretto, il principio di esclusione competitiva sarebbe valido: in tutti gli habitat acquatici ci sarebbero poche specie ed in ogni nicchia ecologica una sola. Questo non è ovviamente vero: nelle acque marine e dolci ci sono di solito molte decine di specie in apparente equilibrio competitivo. La violazione di questo principio logico è stata denominata "il paradosso del plancton" da Hutchinson (1961).

Per spiegare tale fenomeno Hutchinson stesso puntualizzò che le condizioni naturali non sono mai stabili così a lungo da permettere alle specie più efficienti di eliminare, prima di perdere la dominanza, quelle che hanno meno successo in quel momento. Infatti la verità è che nulla è stabile, per quel che riguarda sia le alghe che l'ambiente acquatico.

I meccanismi principali della variabilità fisiologica

(i) I nutrienti che limitano la crescita variano a seconda delle specie e degli ambienti.

Droop (1974) ha dimostrato che c'è un "minimum cell quota", k_Q, specifico per ciascun elemento, che permette la riproduzione di una cellula:

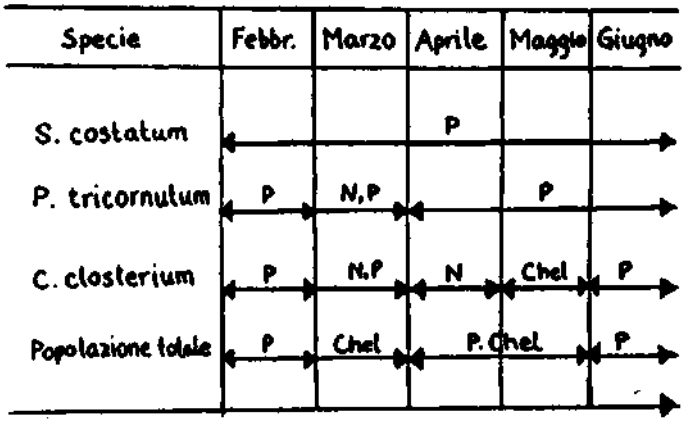


Figura 3. Successione temporale dei nutrienti e limitazione della biomassa delle diatomee Cylindroteca closterium, Phaeodactylum tricornutum, Skeletonema costatum e della popolazione totale presenti nelle acque oligotrofiche della "Calanque d'EnVau", presso Marsiglia, Francia. Chel= sostanze chelanti. (Adattato da Berland et al., 1978).

k_{QN}, k_{QP}, k_{QSi}... La grandezza della biomassa potenziale è data dalla riserva del nutriente disponibile Q rispetto al fabbisogno.

$$k_{Q1} \qquad k_{Qn}$$

dove 1= nutriente liminante; n= nutriente non limitante.

Così più nutrienti ci sono più biomasse si hanno. In una popolazione mista tutte le specie si dividono lo stesso Q_N, Q_P, Q_{Si} ecc., mentre il rapporto Q/k_Q può essere diverso a seconda delle specie; perciò molti nutrienti nello stesso tempo possono limitare differenti tassi di crescita.

Inoltre, come dimostra il modello di simulazione di Petersen (1975), un equilibrio plurispecifico implica che: (a) ciascuna specie è più adatta delle altre ad assumere almeno uno dei nutrienti presente in quantità limitante; (b) ciascuna specie è meno efficiente nell'utilizzare, ad una bassa concentrazione, il nutriente non limitante richiesto in maggiori quantità per continuare a crescere; (c) l'insieme delle rispettive capacità delle alghe è in competizione; (d) perciò il numero delle specie coesistenti non può superare il numero totale dei nutrienti limitanti; (e) e

Tabella 3. Nutrienti da aggiungere alle acque dei golfi nord-patagonici per ottenere la dominanza di alcune alghe nelle colture di grande volume (Chapy-Roubaud et al., 1983).

Specie da favorire	Nutrienti da aggiungere
Nitzschia longhissima	**Fe o P**
Rhizosolenia fragilissima	**Vitamine**
Thalassiosira hyalina	**Vitamine**
Thalassiosira nitzchioides	**EDTA**
Thalassiosira aestivalis	**EDTA**

quindi le acque oligotrofiche potrebbero ospitare più specie di quelle eutrofiche; (f) una drastica dominanza può essere il risultato sia di una mancanza sia di un pesante arricchimento di un singolo nutriente; (g) la invasione di una specie più abile ad utilizzare tutti i nutrienti presenti a livelli molto bassi, può rimpiazzare tutti i competitori residenti.

Esistono alcune piccole prove sperimentali atte a verificare se le numerose speculazioni teoriche si riscontrano o meno con la realtà. Un esperimento di cinque mesi, per esempio, è stato effettuato da Berland e al. (1978) sull'evoluzione dei fattori che limitano la crescita a seconda del periodo dell'anno (Figura 3). Essi dimostrarono che, nello stesso ambiente acquatico, alcune specie, come Skeletonema costatum, sono controllate tutto l'anno dal fosforo, mentre le altre specie sono limitate nello stesso modo, od in successione, dal fosforo, dall'azoto e da sostanze chelanti. Inoltre esperimenti effettuati con acque costiere della Patagonia del nord, hanno portato alla conclusione che la dominanza di alcune specie può essere ottenuta tramite l'aggiunta di micronutrienti (Tabella 3).

(ii) Le alghe si adattano ad una mancanza di cellule aumentando la loro capacità di assorbimento.

Nel 1968 Droop dimostrò che: $\mu = umax\ (1 - k_Q/Q)$. Cioè, quando la "cell quota" (k_Q) diminuisce, aumenta il tasso specifico di crescita (μ). In seguito Mccarthy e Goldman (1979) e Goldman et al. (1979) asserirono che la capacità di crescita aumenta in modo tale per cui le alghe non sono limitate dai nutrienti (Figura 4).
Però c'è un limite a questo aumento come dimostrarono Collos e Slawyk (1980) (Figura 5).

(iii) Le alghe si adattano cambiando la loro capacità di assorbimento.

Studiando l'assorbimento della vitamina B_{12} e del PO_4 del flagellato Pavlova lutheri, Droop (1974) dimostrò che la capacità specifica di crescita è funzione della concentrazione dei nutrienti e suggerì

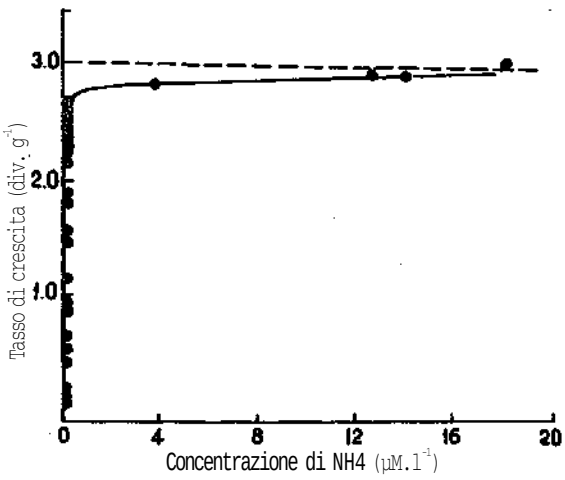


Figura 4. Tasso di crescita (divisione per giorno) della diatomea Thalassiosira pseudonana 3-H in funzione della concentrazione dell'azoto (NH_4) nel terreno di coltura. (Adattato da J.C. Goldaman e J.J. McCarthy, 1978 Limnolog. Oceanogr. 23: 695-730).

$$\mu = \mu_{max} (1 - k_Q/Q)$$

$$\mu = \mu_{max} (Q - k_Q/Q)$$

$$\mu Q = \mu_{max} (Q - k_Q)$$

$$\mu Q = f(Q)$$

che le alghe si possono adattare alle condizioni esterne cambiando (shifting) da "fast-adapted cells" a "slow-adapted cells" e viceversa. Quindi le stesse specie possono mostrare due serie di costanti cinetiche abbastanza differenti. Le cellule "fast-adapted", che appaiono solo nei terreni ricchi di nutrienti, hanno un alto k_Q e si dividono molto velocemente. Quelle "slow-adapted" invece sono cellule comuni, con il k_Q e velocità di divisione bassi (Figura 6). Harrison et al. (1976) e Conway et al. (1976) confermarono questa ipotesi dimostrando che la diatomea Skeletonema costatum può avere ambedue gli stati fisiologici. Le cosiddette costanti cinetiche sono dunque variabili.

Yoder (1979) confrontò il tasso di divisione delle popolazioni naturali di Skeletonema costatum, cresciute in borse di dialisi, e quello previsto dal modello matematico basato sui dati di laboratorio dei ceppi di coltura e provò la validità del modello suggerendo che le alghe rimangono

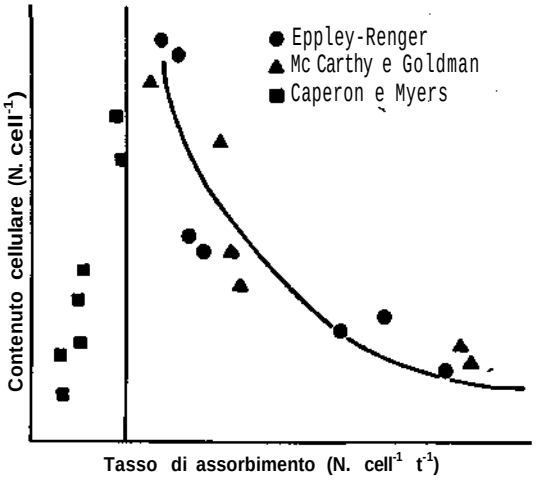


Figura 5. Tasso di assorbimento dell'azoto della diatomea Thalassiosira pseudonana in relazione al contenuto cellulare. (Dati di Caperon e J. Meyer, 1972- Deep Sea Res., 19: 619-632; R. W. Eppley e E. H. Renger, 1974- J. Phycol. 10): 15-23; J.J. McCarthy e J.C. Goldman, 1979- Science, 203: 670-672). (Adattato da Collos e Slawyk, 1980).

fisiologicamente immutate durante il mantenimento in coltura. Il fenomeno è perciò adattativo e reversibile. Esso dà un forte vantaggio a quelle specie che hanno la stessa risposta fisiologica: (1) cellule con crescita veloce nei terreni arricchiti (r-specie); (2) cellule che assumono i nutrienti a basse concentrazioni in acque povere (k-specie). Ma questo è ancora un argomento di ricerca e di discussione.

(iv) Luxury uptake

In questo caso le cellule accumulano i nutrienti in quantità maggiore del necessario. Tale fenomeno è stato studiato soprattutto per quel che riguarda il PO_4 e la vitamina B_{12}. I vantaggi sono teoricamente diversi: le cellule accumulano una riserva di un nutriente necessario per ulteriori divisioni e non più disponibile nell'ambiente esterno oppure impediscono alle specie in competizione di servirsi di tali nutrienti di cui avrebbero bisogno. In questo campo, però, non ci sono ricerche che confrontano le diverse reazioni delle specie.

(v) Le alghe si spostano in modo diverso da una sorgente di azoto all'altra.

Diversi Autori, iniziando da Chick (1903), hanno dimostrato che l'assimilazione dal NO_3 è impedita dall'NH_4 a causa della inibizione della ni-

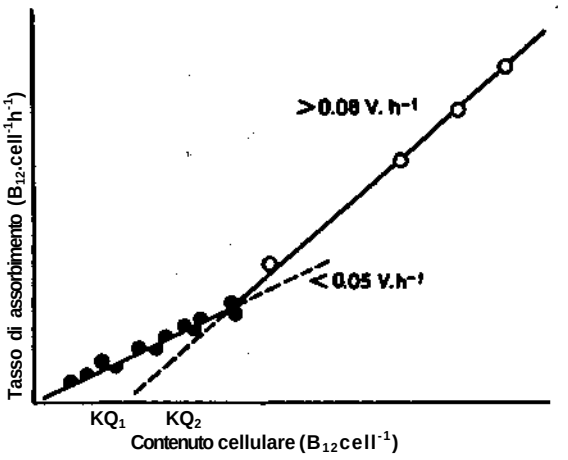


Figura 6. Tasso di assorbimento della vitamina B_{12} in relazione al contenuto cellulare, del flagellato Pavlova lutheri in coltura continua (chemostat) con diluizione di volume maggiore di 0,08 e minore di 0,05 per ora. k_0= minimum cell quota. (Adattato da Droop, 1974).

trato-reductase (vedi e.g. Syrett, 1981).
Sulla base di lavori condotti con alcune specie di fitoplancton, Eppley et al. (1969) dimostrarono che il limite di assorbimento per ambedue le sostanze era di circa 1 $\mu M.l^{-1}$ NH_4. Poi McCarthy ed Eppley (1972) stabilirono che una sostanza organica con azoto, cioè l'urea, viene assorbita con l'ammonio, prima del nitrato, però meno velocemente. Tuttavia altri Autori, Christiansen (1983) e Price et al. (1985), sospettarono che questa regola fosse probabilmente osservata in modo diverso. Difatti Maestrini et al. (1982-1986) e Robert et al. (1986) evidenziarono che le microalghe tycobentoniche, specialmente i ceppi dei bacini utilizzati per l'allevamento delle ostriche, possono assorbire simultaneamente ammonio, nitrato ed urea, purchè la concentrazione dell'ammonio non sia maggiore di 28 μMl^{-1} circa; il nitrato, però, viene assorbito più velocemente dell'urea, al contrario dei risultati pubblicati sul fitoplancton. Inoltre essi dimostrarono che l'esaurimento successivo delle tre fonti di azoto, ammonio, nitrato ed urea, portava ad una successione di specie dominanti: prima fiorivano diatomee del tipo Nitzschia closterium, poi, con l'esaurimento dell'NH_4 e del NO_3, era favorita la crescita di N. ovalis; infine si moltiplicavano le Peridinee assorbendo l'urea rimasta (Figura 7).

I ceppi che sono in grado di utilizzare simultaneamente diverse fonti di nutrienti sono avvantaggiati; il tasso di assorbimento è quindi quello di crescita poichè è funzione della concentrazione esterna dei nutrienti

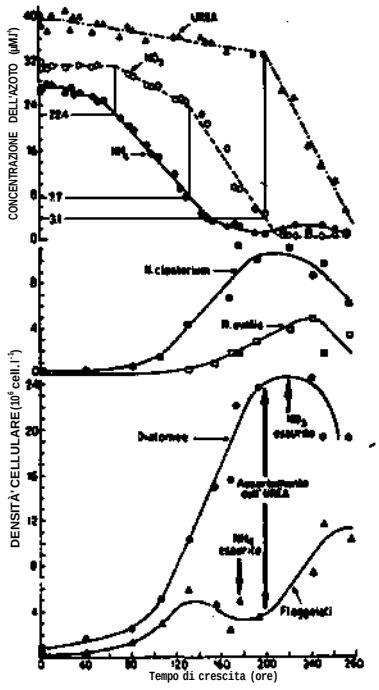


Figura 7. Evoluzione, in funzione della crescita, della concentrazione di nitrato, ammonio ed urea (in alto) e della densità cellulare di alghe flagellate, di diatomee (in basso) e delle specie Nitzschia closterium e Nitzschia ovalis appartenenti ad una popolazione naturale presente in bacini di coltivazione della costa atlantica e coltivate in volume medio. (Adattato da S.Y. Maestrini et al., 1986 e da J.M. Robert et al. 1986).

($V = v_{max}\ S\ /\ K_s + S$; Dugdale, 1967); perciò le specie che riescono ad accumulare tali nutrienti si moltiplicano più velocemente. Analogamente la capacità di assimilare una vasta gamma di sostanze organiche può essere la causa della dominanza di specie più versatili.

2. NUTRIENTI ORGANICI

E' ben documentata la capacità di molte microalghe di usare differenti nutrienti organici nelle colture di laboratorio. Comunque le cinetiche di tale assorbimento spesso sembrano essere abbastanza inadeguate per la bassa concentrazione dei composti organici che si trovano nell'ambiente naturale degli oceani. Gli alti valori di K_S portano alla conclusione che le alghe non possono competere con i batteri, per lo meno nelle acque oligotrofiche. Invece nelle acque eutrofizzate e nei bacini utilizzati per la acquacoltura, dove la densità di materiale particellare e la concentrazione di sostanze organiche disciolte sono altissime, l'assorbimento di nutrienti organici può anche avere un ruolo importante nella produzione delle microalghe (Robert et al., 1979; Maestrini e Robert, 1981).

Tabella 4. Concentrazione del fosforo organico in alcune acque costiere e valori del k_m per l'assorbimento del fosforo organico di diverse specie di fitoplancton. Pop. nat = popolazione naturale.

Origine o specie	Fosforo ($\mu M.l^{-1}$)	Autori
	Concentrazione nelle acque	
California coast	0,12-0,70	Solorzano e Strickalnd (1968)
Chesapeake Bay	0,12-0,53	Taft et al. (1975-1977)
Seto Island	x: 0,75	Matsuda et al. (1975)
Wadden sea	x: 0,30	De Jonge e Postma (1974)
	Costante K	
Pop. nat. Chesapeake Bay	0,5	Taft et al. (1975)
Asterionella japonica	0,12	Thomas e Dodson (1968)
Ceratium furca	0,15	Qasim et al. (1973)
Scenedesmus sp.	0,6	Rhee (1973)
Thalassiosira pseudonana	0,6	Perry (1976)

Inoltre l'eterotrofia nelle alghe è facoltativa e dipende molto dalle condizioni generali e cambia anche a seconda degli elementi forniti sotto forma organica: C, N e P; fino ad ora però non è stata formulata nessuna teoria che spieghi tale fenomeno.

Carbonio

Da campioni di sedimento raccolti durante la spedizione Galathea nel 1951, Wood (1956) scoprì che le diatomee bentoniche si adattano a vivere a grandi profondità; da ciò diversi esperimenti dimostrarono che molte alghe possono crescere al buio totale se al terreno viene aggiunto un composto organico (Lewin, 1953; Cheng e Antia, 1970; Murray et al., 1970). L'adattamento dalla sorgente energetica della luce a quella del C può essere una chiave per il vantaggio ecologico di alghe che si trovano al di fuori della zona eufotica, in acque buie e profonde o in fanghi ricchi di materia organica. Esse possono rimanere vive per un lungo periodo fino a che non rioccupano la zona luminosa. Ciò fu dimostrato da Vincent e Goldman (1980) nel lago Tahoe, dove Monoraphidium contortum e Friedmania sp. possono assumere nutrienti organici e vivere al buio vicino al fondo. Comunque solo dall'1,5 al 15% del carbonio viene assimilato; l'eterotrofia quindi aiuta le cellule a mantenersi in "buona salute" ma non contribuisce in modo significativo alla crescita.

Fosforo

Generalmente si ritiene che il fosforo sia presente in quantità sufficienti nelle acque marine, eccetto per le aree ristrette, come per esempio il Mar Mediterraneo (Berland et al., 1980). Al contrario nei laghi esso è spesso il primo nutriente limitante; in più le alghe devono competere con i batteri per il PO_4. Harrison et al. (1977) affermarono che oltre il 50% del PO_4 è associato a particelle di grandezza inferiore ad 1 µm. Ad ogni modo la capacità delle alghe di immagazzinare il P di solito è notevole.

La riserva di polifosfati aumenta fortemente la capacità di sopravvivenza delle alghe e le aiuta a competere con successo con i batteri nei quali tale proprietà è ben sviluppata. Ad ogni modo, in condizioni ecologiche particolari, i composti organici possono essere usati come fonte alternativa di P. L'importanza ecologica di tale riserva di P è stata prevista da Steiner nel 1938.

Il lavoro chiave in questo campo è stato comunque quello di Kuenzler e Perras (1965) che dimostrò che 27 ceppi di alghe producono una fosfatasi, che idrolizza i fosfoesteri, la cui attività varia a seconda delle specie. Poi Kuenzler (1970) verificò l'importanza di tali composti nella successione delle specie in un ecosistema sperimentale. Egli scoprì che Cyclotella cryptica, Phaedactylum tricornutum, Dunaliella tertiolecta, Chlorella sp., Rhodomonas lens, Hemiliana (= Coccolithus) huxley e Synechococcus sp. sono in grado di crescere su terreni filtrati di colture di altre specie; però solo le diatomee sono efficaci nell'assorbire il fosforo organico. Al contrario, D. tertiolecta e Synechococcus, che possiedono una fosfatasi interna ma non una esterna, e Chlorella e Rhodomonas, che non hanno né l'una nè l'altra, assorbono solo il PO_4 rimasto e perciò crescono pochissimo. Infine il k_m delle specie in grado di assorbire il fosforo organico è molto compatibile con le concentrazioni naturali di diverse acque costiere (Tabella 4), fornite dalle poche misure disponibili, cosa che dà a queste specie un vantaggio notevole sulle altre alghe.

Azoto

L'azoto è il nutriente più importante poichè, sotto forma inorganica, si trova in piccole quantità nel mare (Tabella 5). Per distinguere le specie avvantaggiate dall'eterotrofia azotata da quelle che invece non lo sono, per lo meno quattro tipi di informazioni simultanee sono necessarie. Eseguendo esperimenti con ceppi axenici si deve: (i) dimostrare la presenza dell'equipaggiamento biochimico e provare (ii) che le rispettive affinità permettano l'assorbimento in situ. Con le misure effettuate in situ bisogna fare (iii) una descrizione analitica delle concentrazioni ambientali e delle percentuali di riserva dei substrati utilizzabili (i substrati non conosciuti possono avere un ruolo importante) e per finire, (iv) stimare il contributo relativo delle sorgenti di materia organica dissolta ed inorganica.

Numerosi esperimenti hanno dimostrato che le alghe sono in grado di usare composti organici come unica fonte di N (Figure 8 e 9); (Teneretz, 1912; Syrett, 1962; Guillard, 1963; Lewin, 1963; Antia et al., 1975). In base a questa capacità si può comunque provare a stabilire se alcune specie hanno

Tabella 5. Concentrazioni usuali (µM) delle riserve di carbonio, azoto e fosforo che si trovano nelle acque di mare e quantità relative (C/N/P) normalmente presenti nelle microalghe in condizioni eutrofiche (Redfield, 1934).

Elemento	Acqua di mare tipo	µM	Alghe (at/at)
C		2000	106
N	oligotrofiche	3	16
	costiere	15	
	upwelling	40	
	paludi	80	
P	oligotrofiche	0,5	1
	eutrofiche	2-3	

la possibilità di di sopraffare e poi di dominare le altre. La specie Hemiselmis virescens Droop rappresenta un'eccezione curiosa, perchè non assume NO_3 mentre cresce benissimo in presenza di urea o altre sostanze organiche; questo fenomeno può spiegare il perchè essa è limitata alle pozze d'acqua degli scogli.

Per quest'ultimo caso la letteratura non è così vasta come per il precedente. Sono stati effettuati esperimenti solo con l'urea in quanto è stato possibile osservarne grandi concentrazioni in molte aree. Per sempio, Mccarthy (1972) dimostrò che le diatomee marine Cyclotella nana, Ditylum brigtwelli, Lauderia sp., Skeletonema costatum e Thalassiosira fluviatilis hanno valori di K di assorbimento dell'urea che vanno da 0,42 a 0,70 µg-at.l^{-1}. In più i valori di K di assorbimento di Skeletonema costatum e di Ditilum brightwelli non sono in realtà diversi da quelli osservati per l'ammonio. Nelle acque costiere della California, McCarthy scoprì inoltre che l'urea, specialmente negli strati superiori di quelle stazioni in cui il contenuto di nitrati era molto basso, poteva costituire il 30-35% dell'azoto totale assunto. Nelle acque inquinate di una baia delle isole Hawaii, Harvey e Caperon (1976), videro che l'assorbimento medio dell'urea era del 53,5% fino ad arrivare, in alcune stazioni, al 100%.

Stima e contributo relativo delle sorgenti di materia organica dissolta ed inorganica.

Healey (1977) osservò che le microalghe di acqua dolce Scenedesmus quadricaudata e Pseudoanabaena catenata non si comportano nello stesso modo quando hanno a disposizione sia l'urea che l'ammonio. Quando i due substrati sono presenti insieme si ha una velocità di assorbimento dell'urea maggiore di quella dell'ammonio per P. catenata, mentre generalmente avviene il contrario per S. quadricaudata. L'introduzione dell'ammonio nelle colture di S. quadricaudata inibisce fortemente l'assorbimento dell'urea, mentre l'urea diminuisce leggermente quello dell'ammonio. Per P. catenata

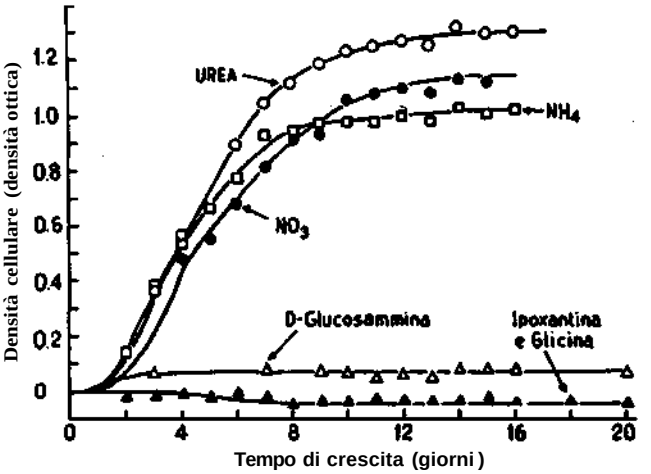


Figura 8. Evoluzione della densità della popolazione in funzione del tempo di Agmellum quadriplicatum coltivata in presenza di NO_3, NH_4, glicina, ipoxantina od urea come uniche fonti di azoto. (Adattato da Antia et al., 1975.

avvenne l'opposto. In base a tali risultati, Butler et al. (1979) affermarono che alcune specie di microalghe utilizzano direttamente parte dell'azoto organico dissolto e che la popolazione di fitoplancton cambia fonte di nutrimento quando il nitrato è esaurito, per cui le specie in grado di utilizzare altre forme di azoto diventano dominanti.

3. COMPETIZIONE INTERSPECIFICA PER LE VITAMINE

La competizione delle alghe per l'assorbimento delle vitamine presenta alcuni aspetti particolari; infatti alcune alghe, come Phaeodactylum tricornutum, possono assorbire vitamine di cui non hanno bisogno (Droop, 1962. Altre invece sono in grado di produrre un fattore (binding factor) che lega le molecole delle vitamine (Droop, 1968; Pinner e Altmeyer, 1969) ed aiuta a mantenere la dominanza dato che gli altri auxotrofi non possono assumere le vitamine sequestrate. Inoltre l'aggiunta di vitamina B_{12} nelle acque in cui crescono Thalassiosira, Porosira e Chaetoceros aumenta il tasso di crescita di queste alghe, benchè tali specie producano esse stesse la vitamina B_{12}. Il ruolo delle vitamine nella competizione interspecifica non è mai stato chiaramente stabilito. Menzel e Spaeth (1962) dimostrarono però che nel Mar dei Sargassi, nel periodo della fioritura primaverile, dominalo le specie di diatomee dipendenti dalla vitamina B_{12}, mentre in un secondo periodo, durante la fioritura estiva, domina Hemiliana huxleyi che è solamen-

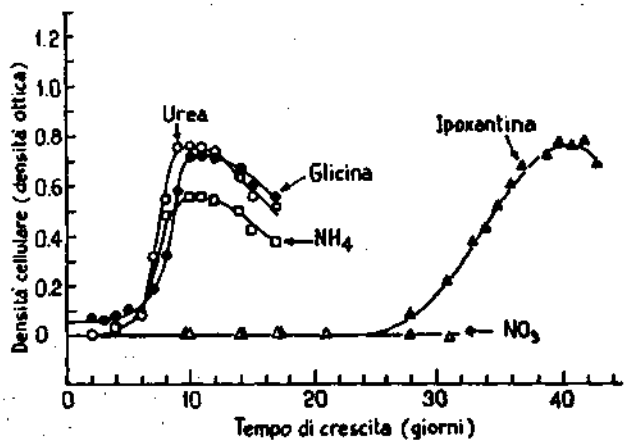


Figura 9. Evoluzione, in funzione del tempo di crescita, della densità della popolazione di Hemiselmis virescens coltivata in presenza di NO_3 NH_4, glicina, ipoxantina od urea come uniche fonti di azoto. N.B. Questa specie di flagellato è l'unico conosciuto che non cresce con il nitrato. (Adattato da Antia et al., 1975).

te tiamina-dipendente.

4. CONCLUSIONI

Sono numerosissimi i meccanismi fisiologici usati simultaneamente dalle microalghe per rispondere ai cambiamenti dell'ambiente. Il successo di ciascuna specie quindi è il risultato della sua capacità di utilizzare più velocemente le possibilità offerte dall'habitat. Oggigiorno il termine di "guerra fisiologica" appare più reale di quello di "guerra chimica" molto usato negli anni sessanta (Sieburth, 1962).

BIBLIOGRAFIA

ANTIA N.J., BERLAND B.R., BONIN D.J., MAESTRINI S.Y. -1975- Comparative evaluation of certain organic and inorganic sources of nitrogen for phototropic growth of marine microalgae. J. Mar. Biol. Assoc., 55: 519-539.

BERLAND B.R., BONIN D.J., MAESTRINI S.Y. -1978- Facteurs limitant la production primaire des eaux oligotrophes d'une aire côtière méditerranéenne (Canque d'En-Vau, Marseille). Int. Revue Gesamten Hydrobiol., 63: 501-503.

BERLAND B.R., BONIN D.J., MAESTRINI S.Y. -1980- Azote ou phosphore? Considerations sur le "paradoxe nutritionel" de la mer Méditerranée. Oceanologica Acta, 3: 135-141.
BUTLER B.R., KNOX S., LIDDICOAT M.I. -1979- The relationship between inorganic and organic nutrients in sea water. J. Mar. Biol. Assoc., 59: 239-250.
CARPENTER E.J., GUILLARD R.R.L. -1971- Intraspecific differences in nitrate half-saturation constants for three species of marine phytoplankton. Ecology, 52: 183-185.
CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L.J., MAESTRINI S.Y. -1983- Nutrient enrichments of waters of "Golfo de San Jose" (Argentina, 42°S), growth and species selection of phytoplankton. P.S.Z.N.I.: Marine Ecology, 4: 1-18.
CHENG J.Y., ANTIA N.J. -1970- Enhancement by glycerol of phototrophic growth of marine planktonic algae and its significance to the ecology of glycerol pollution. J. Fish. Res. Board Can., 27: 335-346.
CHICK H. -1903- A study of an unicellular green alga, occurring in polluted water, with special reference to its nitrogenous metabolism. Proc. R. Soc, 71: 458-476.
COLLOS Y., SLAWYK G. -1980- Nitrogen uptake and assimilation by marine phyto plankton. In P. Falkowsky (ed.) Primary productivity in the sea. Plenum Press, New York: 195-211.
CONWAY H.L., HARRISON P.J., DAVID C.O. -1976- Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. II. Transient response of Skeletonema costatum to a single addition of the limiting nutrient. Mar. Biol., 43: 33-43.
DE JONGE V.N., POSTMA H. -1974- Phosphorus compounds in the Dutch Wadden Sea Neth. J. Sea Res. 8: 139-153.
DROOP M. R. -1962- Organic micronutrients. In R.A. Lewin (ed.). Physiology and biochemistry of algae. Academic Press, New York: 141-159.
DROOP M.R. -1968- Vitamin B_{12} and marine ecology. IV. The kinetics of uptake, growth and inhibition in Monochrysis luthery., J. Mar. Biol. Assoc., 48: 689-733.
DROOP M.R. -1974- The nutrient status of algal cells in continuous culture. J. Mar. Biol. Assoc 54: 825-855.
DUGDALE R.C. -1967- Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification and significance. Limnol. Oceanogr., 12: 685-695.
EPPLEY R.W., COATSWORTH J.L. -1968- Uptake of nitrate and nitrite by Ditylum brightwelli, kinetics and mechanisms. J. Phycol., 4: 151-156.
EPPLEY R.W., COATSWORTH J.L., SOLORZANO L. -1969- Studies on nitrate reductase in marine phytoplankton. Limnol. Oceanogr. 14: 194-205.
EPPLEY R.W., THOMAS W.H. -1969- Comparison of half-saturation constants for growth and nitrate uptake of marine phytoplankton. J. Phycol., 5: 375-379.
EPPLAY R.W., ROGERS J.N., MCCARTHY J.J. -1969- Half-saturation constants for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. Limnol. Oceanogr., 14: 912-920.
GOLDMAN J.C., MCCARTHY J.J., PEAVEY D.G. -1979- Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. Nature, 279: 210-15.
GUILLARD R.R.L. -1963- Organic sources of nitrogen for marine centric diatoms In C.H. Oppenehimer (ed) Symposium on marine microbiology. C.C. Thomas, Springfield, IL: 93-104.

GUILLARD R.R.L., KILHAM P., JACKSON T.A. - Kinetics of silicon-limited growth in the marine diatom Thalassiosira pseudonana Hasle and Heimdal (=Cyclotella nana Hustedt). J. Phyloc., 9: 233-237.
HARRISON P.J., CONWAY H.L., DUGDALE R.C. -1979- Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. I. Cellular chemical composition and steady-state growth kinetics of Skeletonema costatum. Mar. Biol., 35: 177-186.
HARRISON W.G., AZAM F., RENGER E.H., EPPLEY R.W. -1977- Some experiments on phosphate assimilation by coastal marine plankton. Mar. Biol., 40; 9-18.
HARVEY W.A., CAPERON J. -1976- The rate of utilization of urea, ammonium and nitrate by natural populations of marine phytoplankton in an eutrophic environment. Pac. Sci., 30: 329-340.
HEALEY F.P. -1977- Ammonium and urea uptake by some freshwater algae. Can. J. Bot., 55: 61-69.
HUTCHINSON G.E. -1961- The paradox of the plankton. Am. Nat., 95: 137-145.
JANNASH H.W., MATELES R.I. -1974- Experimental bacterial ecology studied in continuous culture. In Rose A.H. and Tempest (ed.) Advances in microbial physiology, Academic Press, London, 11: 165-212.
KRISTIANSEN S. -1983- Urea as nitrogen source for the phytoplankton in the Oslofjord. Mar. Biol., 74: 17-24.
KUENZLER E.J., PERRAS J.P. -1965- Phosphates of marine algae. Biol. Bull., 128: 271-284.
KUENZLER E.J. -1970- Dissolved organic phosphorus excretion by marine phytoplankton. J. Phycol., 6: 7-13.
LEWIN J.C. -1953- Heterotrophy in diatoms. J. Gen Microbiol. 9: 305-313.
LEWIN J.C. -1963- Heterotrophy in marine diatoms. In C.H. Oppenheimer (ed.) Symposium on marine microbiology, C.C. Thomas, Springfield, IL: 229-235.
MACISAAC J.J., DUGDALE R.C. -1969- The kinetics of nitrate and ammonia uptake by natural populations of marine phytoplankton. Deep-Sea Res., 16: 45-57.
MAESTRINI S.Y., ROBERT J.M. -1981- Rendements d'utilization des sels nutritifs et variations de l'état des cellules de trois Diatomées de claires à huître de Vendée. Oceanologica Acta, 4: 13-21.
MAESTRINI S.Y., ROBERT J.M., TRUQUET I. -1982- Simultaneous uptake of ammonium and nitrate by oyster-pond algae. Mar. Biol. Lett. 3: 143-153.
MAESTRINI S.Y., ROBERT J.M., LEFTLEY J.W., COLLOS Y. -1986- Ammonium threshold for simultaneous uptake of ammonium and nitrate by oyster-pond algae. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 102: 75-98.
MATSUDA O., ENDO T., KOYAMA H. -1975- On the balance and seasonal variation of dissolved and particulate phosphorus in eutrophicated coastal environment J. Fish. Anim. Hub., 14: 217-240.
MCCARTHY J.J. -1972- The uptake of urea by marine phytoplankton. J. Phycol., 8: 216-222.
MCCARTHY J.J., EPPLEY R.W. -1972- A comparison of chemical, isotopic and enzymatic methods for measuring nitrogen assimilation of marine phytoplankton Limnol. Oceanogr., 17: 371-382.
MCCARTHY J.J., GOLDMAN C. -1979- Nitrogenous nutrition of marine phytoplankton in nutrient depleted waters. Science, 203: 670-672.
MENZEL D.W., SPAETH J.P. -1962- Occurrence of vitamin B_{12} in the Sargasso Sea

Limnol. Oceanogr., 7: 151-154.
MICHAELIS L., MENTEN M.M.L. -1913- Die Kinetik der Invertinwirkung. Biochem. Z., 49: 333-369.
MIKELSON M., MASKE H., DUGDALE R.C. -1979- Nutrient-determined dominance in multispecies chemostat cultures of diatoms. Limnol. Oceanogr., 24:298-315.
MONOD J. -1942- Recherches sur la croissance des cultures bacteriennes. Deuxième éd. Herman, Paris, 210 pp.
MURRAY D.R., GIOVANNELLI J., SMILLIE R.M. -1970- Photoassimilation of glycolate, glycine and serine by Euglena gracilis. J. Protozool., 17: 99-104.
PERRY M.J. -1976- Phosphate utilisation by an oceanic diatom in phosphorus-limited chemostat culture and in the oligotrophic waters of the Central North pacific. Limnol. Ocenogr., 21: 88-107.
PETERSEN R. -1975- The paradox of plankton: anequilibrium hypothesis. Am. Nat., 109: 35-49.
PINTNER I.J., ALTMEYER V.L. -1979- Vitamin B_{12}-binder and other algal inhibitors. J. Phycol., 15: 391-398.
PRICE N.M., COCHLAN W.P., HARRISON P.J. -1985- Time course of uptake of inorganic and organic nitrogen by phytoplankton in the Strait of Georgia: comparison of frontal and stratified communities. Mar. Ecol. Progr. Serv. 27: 39-53
QASIM S.Z., BHATTATHIRI P.M.A., DEVASSY V.P. -1973- Growth kinetics and nutrient requirements of two tropical marine phytoplankters. Mar. Biol., 21: 299-304.
REDFIELD A.C. -1934- On the proportions of organic derivates in sea water and their relation to the composition of plankton. In James Johnstone Memorial Volume, The University Press, Liverpool: 176-192.
RHEE G.Y. -1973- A continuous culture study of phosphate uptake, growth rate and polyphosphate in Scenedesmus sp. J. Phycol., 9: 495-506.
ROBERT J.M., MAESTRINI S.Y., BAGES M., DRENO J.P., GONZALES-RODRIGUEZ E. -1979- Estimation, au moyen de tests biologiques, de la fertilité pour trois diatomées des eaux de claires à huitres de Vendée. Oceanologica Acta, 2:275-286
ROBERT J.M., VINCENDAU M.L., MAESTRINI S.Y., MARION M. -1986- Prises simultanées de l'azote mineral et de l'urée par les algues unicellulaires des claires ostreicoles: effet de la source d'azote sur la nature du peuplement. C.R. Acad. Sc. Paris, Tome 303, série III, 5: 167-170.
SIEBURTH J.M. -1962- Biochemical warfare among the microbes of the sea. Honours lecture, Univ. Rhode Island, Kingston. 13 pp.
SOLORZANO L., STRICKLAND D.H. -1968- Polyphosphate in sea water. Limnol. Oceanogr., 13: 515-518.
STEINE M. -1938- Zur Kenntnis des Phosphatkreislaufes in Seen. Naturwissrnchaften, 26: 723-724.
SYRETT P.J. -1962- Nitrogen assimilation. In R.A. Lewin (ed.) New York: 171-178.
SYRETT P.J. -1981- Nitrogen metabolism in microalgae. In T. Platt (ed.) Physiologiacal bases of phytoplankton ecology. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci., 210: 182-210.
TAFT J.L., TAYLOR W.R., MCCARTHY J.J. -1975- Uptake and release of phosphorus by phytoplankton in the Cesapeake Bay estuary. Mar. Biol., 33: 21-32.
TERNETZ C. -1912- Beiträge zur Morfologie und Physiologie der Euglena gracilis. Klebs. Jahr. Wiss. Bot., 51: 435-514.

THOMAS W.H., DODSON A.N. -1968- Effects of phosphate concentration on cell division rates and yeld of tropical oceanic diatom. Biol., Bull., 134: 199-208.
TILMAN D. -1977- Resource competition between planktonic algae: an experimental and theoretical approach. Ecology, 58: 338-348.
TITMAN D. -1976- Ecological competition between algae: experimental confirmation of resource-based competition theory. Science, 192: 463-465.
VELDKAMP H., JANNASH W. -1972- Mixed culture studies with the chemostat. J. Appl. Chem. Biotechnol., 12: 105-123.
VINCENT W.F., GOLDAMAN C.R. -1980- Evidence for algal heterotrophy in Lake Tahoe, California-Nevada. Limnol. Oceanogr., 25: 89-99.
WOOD E.J. -1956- Diatoms in the ocean deeps. Pac. Sci., 10: 377-381.
YODER J.A. -1979- A comparison between the cell division rate of natural populations of the marine diatom Skeletonema costatum (Grenville) Cleve grown in dyalysis culture and that predicted from a mathematical model. Limnol. Oceanogr., 24: 97-106.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	221-235	1986

Michael Stachowitsch
Institut fur Zoologie
Universität Wien
A-1090 Wien
Austria

The Gulf of Trieste: a sensitive ecosystem

key words: mass mortality, oxygen deficiency, benthos, sublittoral zone, North Adriatic Sea, biomass, stability, eutrophication

ABSTRACT

Despite relative great fluctuations of many physical parameters, the deeper sublittoral bottoms of the Gulf of Trieste are characterized by stable, high biomass macroepifauna communities. In September 1983, one of the most highly developed and wide-ranging communities, the Ophiothrix-Reniera-Microcosmus community, suffered mass mortality. The sequence of community deterioration is reported and the decrease in living biomass calculated. Within only four days, the macroepifauna biomass decreased by over 90% in the central region. This event, whose immediate cause is oxygen deficiency, is compared with mortalities in other shallow seas and the rapidity of community destruction stressed. The mortality in 1983 is only one in a series of such events in the North Adriatic within the last decade. A specific combination of factors, both natural and anthropogenic, appear to be necessary in order to trigger such catastrophes. Recolonization in the Gulf of Trieste requires several years, and the consequences of repeated mortalities for the ecosystem are discussed.

SUMMARY

Macroepibenthic mortality during an oxygen deficiency event in the Gulf of Trieste in 1983 proceeded very rapidly. Based on diver-taken notes and underwater photographs, the mortality rate of the 37 species contributing at least 0.1% to epibenthic biomass was calculated. The cumulative reduction of living biomass was 20% on Day 1, 57% on Day 2, 80% on Day 3, and 92% on Day 4. Of the three ecologically dominant groups (sponges, brittle stars, ascidians), sponges were the first to die. This was accompanied by behavioral modifications and subsequent death in brittle stars. Ascidians were the most tolerant. The aggregation of epifauna into multi-species clumps may accelerate community deterioration. After one week, only isolated anemones and sipunculids were observed. The sequence of emergence and mortality of infauna species is reported. Recurring hypoxia in the Gulf and the similarity between this event and other regions with periodic oxygen depletion justifies the classification of the Gulf of Trieste as a sensitive ecosystem.

INTRODUCTION

It is one of the fundamental principles of ecological theory that ecosystems do not remain stationary: the interaction between organisms and the environment implies mutual modification. Such change occurs on a number of levels, ideally resulting in long-term successional changes in which a number of transitory seral stages lead to a more stable climax stage. On a short-term scale, this gradual change will be superimposed by seasonal or annual fluctuations of biological communities in response to a spectrum of physical parameters. Finally, a third aspect - that of radical disruption - may play a role in community development. While in terrestrial biotopes such disruptions are obvious, environmental catastrophes in the marine environment may not be immediately apparent and thus often elude more detailed analysis.

It is becoming increasingly evident that mass mortalities in the marine environment are not isolated events. The immediate causes of such disruptions are varied and include storms, salinity changes due to freshwater inflow, temperature changes, pollution by toxic substances, and oxygen deficiency. Oxygen deficiency has recently been cited as the immediate cause of mass mortality events in the New York Bight (SWANSON & SINDERMANN, 1979), the Mediterranean Sea (ZARKANELLAS, 1979), the inner German Bight (RACHOR & ALBRECHT, 1983; DETHLEFSEN & WESTERN¬HAGEN, 1983), the Chesapeake Bay (OFFICER et al., 1984), and Scandinavian waters (ROSENBERG, 1986). A more detailed analysis of these events reveals that, despite hypoxia as a well-defined immediate cause, a series of less well understood successive or concurrent events are involved in triggering such catastrophes. Eutrophication is one elusive process frequently cited as a contributing factor in both short- and long-term changes in community structure (beyond natural variability) or as altering the direction of community development.

Such a complex of processes appears to be involved in the mass mortalities observed in the North Adriatic Sea by FEDRA et al. (1976), STEFANON & BOLDRIN (1977), STACHOWITSCH (1984), MONTANARI et al. (1984), VUKOVIČ et al. (1984), and FAGANELI et al. (1985). This paper describes the mass mortality event in one of the most well developed and extensive communities, the Ophiothrix-Reniera¬Microcosmus community, in the Gulf of Trieste and provides information on the condition and stability of this vital region.

MATERIAL AND METHODS

The ranges and borders of benthic communities in the Gulf of Trieste were charted and defined in 1974-1976 by means of an underwater TV camera sled (FEDRA et al., 1976; FEDRA, 1978). Long-term research concentrated on the Ophiothrix-Reniera¬Microcosmus (O-R-M) community. Here, SCUBA diver taken samples were collected on a regular basis and time-lapse camera studies (FEDRA & MACHAN, 1979; STACHOWITSCH, 1979a), artificial substrate experiments (STACHOWITSCH, unpubl.), oxygen measurements (OTT & FEDRA, 1977), and ecological studies (WURZIAN, 1977, 1984; STACHOWITSCH, 1977) carried out.

During the mortality event of September 1983, 12 positions were visited in order to determine the area affected; one site (Pos. 1, Fig. 1) was revisited six times in order to better document the sequence of mortality. Only data from the central region of the O-R-M community (Pos. 1,2,3,7,9,10) were used in calculating the decrease in living biomass (Fig. 2). Thirty-seven species are known to contribute at least 0.1% to the total macroepifaunal biomass (390g ww/m^2) in this central region (FEDRA et al., 1976). These were arranged singly or in groups according to the accuracy with which mortality could be established (Table 1). The decrease in biomass of the

individual species or species groups was calculated in 25% increments (initial value: 100% = 390 g ww/m^2).

The following criteria were employed to determine mortality:

1. diver-taken notes
2. quantitative evaluation of stress behavior as well as dead and decaying organisms based on over 300 photographs (NIKONOS II and IV - A cameras equipped with a specially designed electronic flash and a NIKON SB-101 flash, respectively).
3. Mortality rates of representative species or related taxa (denoted with asterisk in Table 1) were used for those species not specifically observed in 1983. Thirteen species or species groups were evaluated.

Temperature and oxygen measurements in 1985 and 1986 were carried out with a WTW OXI 191 oxygen meter, EOT 190 sensor calibrated to a salinity of 35‰, and a BR 190 battery-operated stirrer.

RESULTS

In September 1983, oxygen deficiency conditions destroyed the wide-ranging, high biomass macroepifauna O-R-M community on the deeper sublittoral soft bottoms in the Gulf of Trieste. The structure of this community may play a role in the course of this event: biomass is distributed in the form of multi-species clumps (aggregations of sessile and motile organisms) originally forming on mollusc shell fragments, hermit crab shells, or other small secondary hard bottom elements. The three ecological dominants, the brittle star Ophiothrix quinquemaculata, the sponge genus Reniera, and the ascidian genus Microcosmus, make up 79% of the total biomass; along with additional sponges (12%) and ascidians (7%), they determine the structure of these multi-species clumps. The intervening sediment areas are characterized by a comparatively low biomass consisting of mobile deposit feeders and predators. Functionally, the benthos can be described as a suspension feeding community.

On September 12, first signs of unusual conditions were noticed during ongoing research at Pos. 1 (Fig. 1). At this time, both the sessile and motile epifauna as well as infauna species were already affected. Community deterioration proceeded very rapidly and was characterized by a rapid drop in living biomass in the first few days (Fig. 2).

In the following, each day is characterized by daily and cumulative percent reduction in living biomass, percent living biomass remaining, overall impression, and behavior and mortality values of individual species or species groups. Numbers in parentheses after a species or group indicate the percentage of individuals that died on that particular date. The macroepifauna species are discussed in the approximate order of their importance in biomass, followed by information on infauna groups.

Day 1 (biomass reduction, 20%) (cum. red., 20%) (living, 80%)

The benthos was characterized by dead and dying benthic fish, mainly Gobius jozo, by eviscerated holothurians, the emergence of several infauna species, and by flakes of organic material on the sediment surface. The multi-species clumps, especially those formed by sponges, were covered by a layer of whitish grey mucus strands. While the sponges were largely recognizable under the mucus strands and retained their color, many of the associated vagile species left their refuges and were visible on the sponge surface or entangled in the strands. A sponge mortality of 50% was therefore assumed for Day 1. The associated forms visible on the photographs included small shrimp, Pisidia longicornis (50%), Pilumnus spinifer (50%), amphipods, and nemerteans; according to the analysis of photographs, some species,

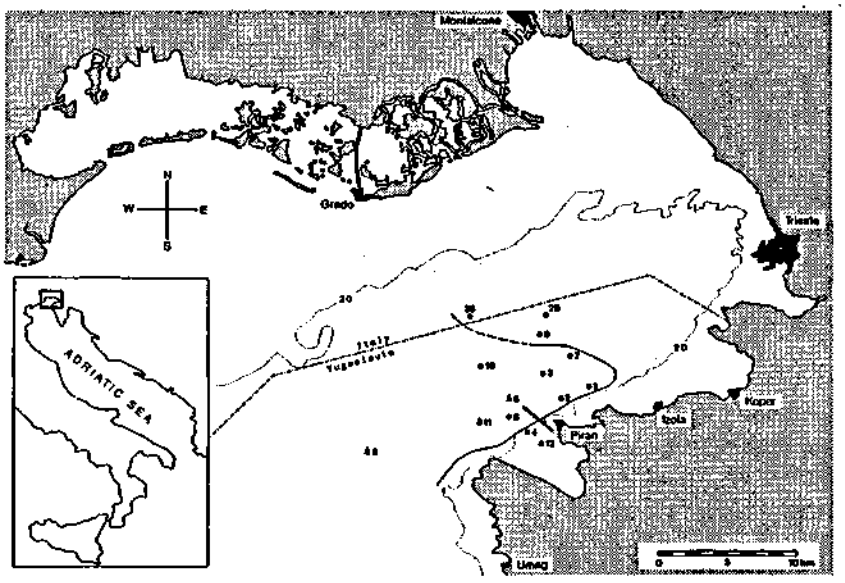


Fig. 1. Area under investigation in Gulf of Trieste. Dots indicate positions affected, triangles positions unaffected at date of observation. Positions 28 and 36 mark areas of mortality in 1974. Curved line shows border of O-R-M community as determined in 1974. Tube below Piran represents sewage outlet. (From Stachowitsch, 1984).

including several small Ophiothrix quinquemaculata, appeared to be alive and clinging to the sponges. The brittle stars, typically positioned on multi-species clumps in large numbers, were found almost exclusively on the sediment surface or clinging to smaller secondary hard bottom elements. None assumed the typical suspension feeding posture with upwardly extended arms. Although one 0. quinquemaculata was photographed overturned, 25% mortality was not attained and no biomass decrease calculated for this day.

These developments in the macroepibenthos were accompanied by the first emergence of several infauna forms including the crustaceans Squilla mantis and Upogebia tipica, the holothurian Thyone fusus, and the irregular sea urchin Schizaster canaliferus (Fig. 3, STACHOWITSCH, 1984). No dead individuals were recorded.

Day 2 (biomass reduction, 37.3%) (cum. red., 57.3%) (living, 42.7%)

The whitish grey mucus strands observed on multi-species clumps on Day 1 turned black, and the sponges (50%), where visible, were discolored (Fig. 4, STACHOWITSCH, 1984). All sponges were therefore considered to have died by Day 2. The associated vagile forms, including Pisidia longicornis (50%) and Pilumnus spinifer (50%), were only partially recognizable in the thick mucus cover; none assumed a posture typical of the living habit. A greater number of O. quinquemaculata (50%) were seen overturned, rolled into a ball, or lying flat on the sediment surface with coiled arm tips (Fig. 7, STACHOWITSCH, 1984); some had a light cover of flakes. All such brittle stars were considered to be dead. A number of individuals still clung to solitary ascidians. On the sediment, one overturned Ophiura texturata was photographed; most other individuals assumed the humped posture typical for this ophiuroid under oxygen deficient conditions (Fig. 7, STACHOWITSCH, 1984).

Table 1. Species contributing at least 0.1% to total macroepifauna biomass. *species used in calculation of Fig. 2. Modified after Fedra et al. (1976)

species	rank	biomass (g wwt/m^2)	% biomass	Σ biomass
Rhodophyta				
Rhodymenia corallicola	19	2.9	0.74	0.74
Porifera				
Reniera spp.*	1	108.0	27.70	
Tethya aurantium	5	11.5	2.95	
Geodia cydonium	6	10.0	2.56	
Hippospongia communis*	9	5.7	1.46	
Hemimycale massa?	12	4.8	1.23	
Halichondria panicea	13	4.5	1.15	
Ircinia sp.	20	2.4	0.62	39.48
Dysidea sp.	22	2.3	0.59	
Axinella sp.	23	2.2	0.56	
Crella rosea	28	1.3	0.33	
Homosclerophoridae Ia	34	0.7	0.18	
Suberites domuncula	36	0.6	0.15	
Annelida				
Chaetopterus variopedatus Eunice aphroditois* Dasybranchus caducus*	35	0.7	0.18	0.18
Mollusca				
Arca noae	10	5.4	1.38	
Lima inflata	18	3.4	0.87	
Gastrochaena dubia	24	2.1	0.54	3.2
Modiolus barbatus	27	1.6	0.41	
Cardium sp.*				
Truncullariopsis trunculus* Murex brandaris*	33	0.8	0.21	0.21
Arthropoda				
Paguristes oculatus*	29	1.2	0.31	0.31
Pisidia longicornis*	31	1.0	0.26	0.52
Pilumnus spinifer*	32	1.0	0.26	
Echinodermata				
Ophiothrix quinquemaculata*	2	102.0	26.16	26.16
Ophiura texturata*	15	4.4	1.13	1.13
Ophiura albida*	37	0.4	0.10	0.10
Holothuria tubulosa*	4	14.8	3.8	
Holothuria forskali	16	4.2	1.08	6.93
Cucumaria planci	7	8.0	2.05	
Psammechinus microtuberculatus* Schizaster canaliferus*	11	5.0	1.28	1.28
Tunicata				
Microcosmus spp.*	3	51.6	13.23	
Polycarpa gracilis	8	6.9	1.77	
Phallusia mammilata*	14	4.5	1.15	
Pyra dura	17	3.5	0.90	
Polycarpa pomaria	21	2.4	0.62	19.00
Ascidiella aspersa	25	2.0	0.51	
Ascidia mentula*	26	2.0	0.51	
Distoma adriaticum	30	1.2	0.31	

Fragmented arm tips were common. A mortality of 50% was assumed for Holothuria tubulosa, H. forskali, and Cucumaria planci based on the thin layer of flakes on and halo of dark particles around these holothurians in the photographs. All H. tubulosa had eviscerated their gut on Day 1. No apparent movement away from the eviscerated gut was a further indication of mortality. The red alga Rhodymenia corallicola is found attached to multi-species clumps; it was not observed during this investigation, but the deterioration of these clumps led to an assumed mortality value of 100% in the calculation of Fig. 2.

Among the infauna, large Polychaetes (Dasybranchus caducus and Eunice aphroditois

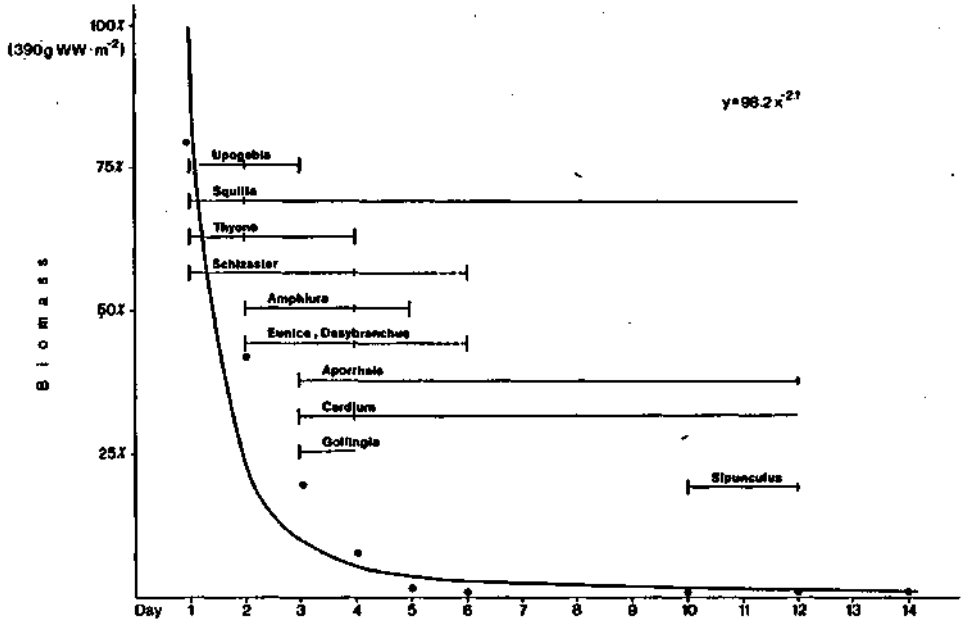


Fig. 2. Decrease in living macroepifauna biomass. Larger vertical bars indicate first emergence and total mortality, smaller bars first mortalities of infauna genera.

began to emerge; all were still living and retreated when approached. The number of Schizaster canaliferus on the sediment surface increased. Thyone fusus continued to emerge, and several individuals were seen lying fully exposed on the sediment. First mortalities of Squilla mantis and Upogebia tipica were recorded (Fig. 2). Additional signs of stress included the emergence and aggregation of Amphiura chiajei on the tops of biogenic mounds (Fig. 5, STACHOWITSCH, 1984). Paguristes oculatus and Astropecten spp. were also found on mounds. The greatly distended disc of the latter species does not indicate active feeding, but rather is a stress - reaction characterized by a gas-filled stomach (A. Rinaldi, pers. comm.).

Day 3 (biomass reduction, 22.2%) (cum. red., 79.6%) (living, 20.5%)

The condition of the O-R-M community had noticeably worsened. The flakes on the sediment surface darkened and the multi-species clumps were recognizable only as decaying masses. Death in ascidians was difficult to determine in situ. Discoloration of the tunics was evident in a number of photographs, and colonial forms, for example on hermit crab-occupied shells, hung limply: 25% mortality of solitary species was assumed in the calculation of Fig. 2. No living Ophiothrix quinquemaculata (50%) were detected in the photographs. Both Ophiura texturata (50%) and Amphiura chiajei lay overturned in increasing numbers; only few Ophiura albida (distinguished here from O. texturata by its smaller size) were dead. Holothuria tubulosa (50%) still lay next to their eviscerated guts; all epifauna holothurians (i.e., including H. forskali and Cucumaria planci) as well as the first Thyone fusus were considered to have died at this point. The first Paguristes oculatus (25%) individuals vacated their shells; those lying on the sediment surface with exposed abdomens

were registered as being dead. Most of the symbiotic forms associated with the hermit crabs were severely affected. ln addition to the above changes in colonial ascidians, Calliactis parasitica began to detach from the shells (Fig. 9, STACHOWITSCH, 1984). Many symbiotic epibionts were indistinguishable due to decomposition.

None of the four bivalve species contributing significantly to the biomass of the O-R-M community (Table 1) were recorded. Despite the ability of bivalves to withstand anoxia, those species attached to or living within multi-species clumps were no doubt severely affected by Day 3. 25% mortality was estimated for this group based on the large number of Cardium sp. on the sediment with gaping valves and extended siphons (Fig. 12, STACHOWITSCH, 1984). Murex brandaris was photographed in atypical position; based on a projected 25:50:25% mortality sequence over a three day period (only isolated living individuals observed after Day 7) a 25% biomass decrease was applied for the closely related Truncullariopsis trunculus.

Polychaetes make only a minor contribution to macroepifauna biomass (Chaetopterus variopedatus: 0.18% - Table 1). This species was not seen during the study; the complete emergence of Dasybranchus caducus and Eunice aphroditois (Figs. 9 and 14, STACHOWITSCH, 1984) and numerous smaller species as well as dead epibenthic species (Aphrodite sp.) led to the calculation of a 25% mortality for Polychaetes. The sipunculid Golfingia elongata (Fig. 10, STACHOWITSCH, 1984) as well as the infauna gastropod Aporrhais pes-pelecani began to emerge on the sediment for the first time. At this point, all Upogebia tipica were dead. Additional signs of stress in the benthos included overturning Astropecten spp. (Fig. 10, STACHOWITSCH, 1984) as well as tentacle retraction in Cerianthus sp. and constrictions in other anemones. Decomposition of fish was advanced (Fig. 10, STACHOWITSCH, 1984).

Day 4 (biomass reduction, 12.3%) (cum. red., 92. 5%) (living, 7.5%)

Rapid progression of community deterioration was indicated by dark rings of decaying matter around largely indistinguishable remnants of multi-species clumps. At the same time, the sediment at the top of mounds retained its typical grey color. Based on the advanced decomposition of ascidians on the following day (Day 5 - decaying tests, extrusion of material from siphons), total mortality within this group was assumed for Day 4. Most solitary species were highly discolored, although according to the photographs certain Microcosmus sp. may have survived until this time.

A greater number of bivalves (50%), including Cardium sp. with extended siphons and gaping Pecten jacobaeus, were observed on the sediment. According to the photographs, all Ophiura texturata (50%) and Ophiura albida (100%) were overturned or showed other distinct signs of death (decomposition, cover of dark flakes, etc.). Large Polychaetes were abundant (Fig. 14, STACHOWITSCH, 1984); most were dead and fragmented. Complete mortality was not calculated due to the presence of several moribund large individuals and smaller living species. The number of exposed hermit crabs (25%) on the sediment rose; individuals remaining within their shells were moribund or abnormally extended. Finally, 50% mortality was calculated in Truncullariopsis trunculus and 25% in Psammechinus microtuberculatus (the latter value based on a three day mortality span between Day 4, when living Schizaster canaliferus were observed and Day 7, when spineless tests of both S. canaliferus and P. microtuberculatus were seen. S. canaliferus continued to emerge and Squilla mantis was seen alive on the sediment (Figs. 13 and 15, STACHOWITSCH, 1984). All Thyone fusus were dead, and first mortalities recorded both for Cardium sp. and Amphiura chiajei. All Astropecten spp. were overturned.

Days 5 and 6 (biomass reduction, 0.4/0.4) (cum. red., 98.9/99.2) (living, 1.2/0.8%)

On Day 5, position 4 outside the central region of the O-R-M community was sampled, and on Day 6 the survey was interrupted due to bad weather ("Bora"). The reduction of living biomass presented in Fig. 2 for these two days is therefore based on a combination of mortality trends observed on Day 4 and the situation on Day 7. Thus, the last ascidians (25%) and bivalves (25%) died on Day 5. Because only a single living Truncullariopsis trunculus (25%) was encountered on Day 7, complete mortality was also calculated for this species. Living Schizaster canaliferus on Day 4 and the advanced decomposition on Day 7 led to a calculated mortality for Psammechinus microtuberculatus of 50% on Day 5 and 25% on Day 6. Finally, a mortality of 25% was applied for each of these two days for Paguristes oculatus. All Amphiura chiajei were considered to have died by Day 5.

Days 7 and 8

After one week, the final stages of community deterioration had been attained. With the exception of a single Truncullariopsis trunculus, none of the 37 species contributing at least 0.1% to the total macroepifaunal biomass were recorded. No additional biomass decrease was therefore calculated in Fig. 2. The presence of several other species, however, showed that not all organisms had succumbed to hypoxia. These included Cerianthus sp., which was observed with decomposing tentacles; one individual still reacted to stimulation. Several other burrowing anemones lay freely exposed on the sediment - a sign of severe stress. A single small polychaete was photographed. Among the infauna, several deep-burrowing crustaceans (Jaxea nocturna) had emerged and were dead.

Days 12 and 14

The survival of isolated organisms is supported by observations at the outermost positions (9 and 10) on Day 12. At position 9, characterized by dense fields of decaying Pinna pernula, an emerging Cucumaria sp. was photographed, the symbiotic crab Pinnotheres sp. collected, and Squilla mantis seen both on the sediment and swimming approximately 1m above the bottom. At position 10, many dead Sipunculus nudus were observed (first seen emerging on Day 10 at position 7) and certain anemones were still alive. For the first time, the collected material contained dead Aporrhais pes-pelecani - this species was often found on the top of mounds (Fig. 19, STACHOWITSCH, 1984). The last date considered was Day 14 (Pos. 1), where Truncullariopsis trunculus, Epizoanthus erinaceus, Ragactis pulchra, a moribund Cerianthus sp., and a number of gobiids and Seranellus hepatus were observed. The presence of these fish may indicate beginning reoxygenation of the bottom water layer.

DISCUSSION

Mortality events are among the most easily detectable changes in benthic communities. Even such phenomena, however, often go unnoticed or are reported only in their last phases. The mass mortality event in the Gulf of Trieste in 1983 was observed from the first signs of community stress until the final stages of deterioration. Striking similarities between these observations and a number of recent oxygen deficiency related mortalities exist. This holds true both with respect to the behavioral modifications and sequence of death of benthic organisms as well as with respect to the complex set of hydrographic and meteorological conditions. On the other hand, community deterioration proceeded more rapidly than described for other regions,

indicating that the benthos in the Gulf is more sensitive to hypoxia than communities in seas with periodic oxygen depletion.

Crustacean behavior in the Gulf (emergence of burrowing species such as Upogebia tipica, Axius styrhinchus, Jaxea nocturna; swimming Squilla mantis several meters above the bottom) parallels that in the German Bight in 1981: increased catches of the Norway lobster (Nephrops norvegicus) during oxygen depletion in the Bight indicated that the animals left their burrows and were available to bottom trawls (RACHOR & ALBRECHT, 1983). The onset of mortalities in the New York Bight in 1976 was reported by divers who observed lobster (Homarus americanus) leaving their shelters and aggregating on the highest parts of shipwrecks, a phenomenon paralleled by thousands of dead lobster outside their dens and aggregated on the highest parts of outcrops in the North Adriatic Sea (STEFANON & BOLDRIN, 1982). In the New York Bight, species closely related to the burrowing forms found in the Gulf (Axius serratus, Platysquilla enodis) were on the sediment and could be captured by trawl and dredge. This was accompanied by drastic reductions in the populations of sand shrimp (Crangon septemspinosus) and rock crab (Cancer irroratus) (STEIMLE & RADOSH, 1979). In Limfjorden, similar species such as shore crabs (Carcinus maenas) and shrimp (Crangon crangon) were among the first organisms to die. The latter two species were among the least tolerant to oxygen deficiency in laboratory experiments (DRIES & THEEDE, 1974). This is in good agreement with the early mortality of crustaceans associated with sponges in the Gulf.

Among the echinoderms, the humped posture and elevated disc of Ophiura texturata was also observed in the German Bight and could be induced by hypoxia in aquaria (Fig. 4, DETHLEFSEN & WESTERNHAGEN, 1983; DRIES & THEEDE, 1974). Astropecten aranciacus with distended discs followed by overturning individuals were observed both in the Gulf of Trieste and during anoxic conditions in the Emilia Romagna region off Cesenatico, Italy (A. Rinaldi, pers. comm.). Dead individuals of the burrowing holothurian Thyone sp. (in the Gulf, Thyone fusus) were collected by grab in the New York Bight (STEIMLE & RADOSH, 1979). Finally, the emergence of irregular sea urchins was paralleled by large numbers of Echinocardium in dredge samples in the German Bight (RACHOR & ALBRECHT, 1983).

The behavior of the Polychaetes Dasybranchus caducus and Eunice aphroditois closely resembles that reported for Nereis diversicolor, N. virens, Pectinaria koreni, and Heteromastus filiformis in Limfjorden, Denmark (JØRGENSEN, 1980). Dead Polychaetes entangled in trawl nets characterized oxygen deficient waters both at Limfjorden and in the New York Bight (in the latter: Sigalion arenicola, Nereis longosetosa) (STEIMLE & RADOSH, 1979).

Along with Polychaetes, anemones and bivalves are typical ly cited as being most tolerant to hypoxia. The emergence of Cardium sp. onto the sediment surface and the extension of the siphons was similar to the behavior of Cardium edule, Syndosmya alba, and Mya arenaria in Limfjorden. The siphons of the latter species extended up to 30 cm above the bottom (JØRGENSEN, 1980). Finally, open living (gapers) and dead (clappers) bivalves were observed in the Gulf of Trieste (Solecurtus sp., Fig. 17, STACHOWITSCH, 1984), the the German Bight (Venus striatus , DETHLEFSEN & WESTERNHAGEN, 1983), and in the New York Bight. ln the latter area, high mortalities of the commercially valuable surf clam (Spisula solidissima), ocean quahogs (Arctica islandica), and sea scallops (Placopecten magellanicus) were registered (ROPES et al., 1979). The mortality of Pectinidae during the 1977 mortality event in the North Adriatic Sea was reflected by the disappearance of these species from the market in Chioggia, for example (STEFANON & BOLDRIN, 1982).

16 m. This was accompanied by a decrease in oxygen concentration in the lower water body (Fig. 3). The lowest concentration (5.8 mg O_2/l; range 5.8-6.7, n = 16) was recorded at the bottom on Sept. 6 and Sept. 19. During a similar series of measurements in 1986, the oxygen concentration at the bottom decreased steadily from 6.3 mg 0_2/l on Sept. 5 to 3.2 mg O_2/l on Sept. 18, a concentration which may be detrimental to certain species. Three days of strong Bora winds resulted in thorough mixing and increase to 6.2 mg O_2/l at the bottom on Sept. 22.

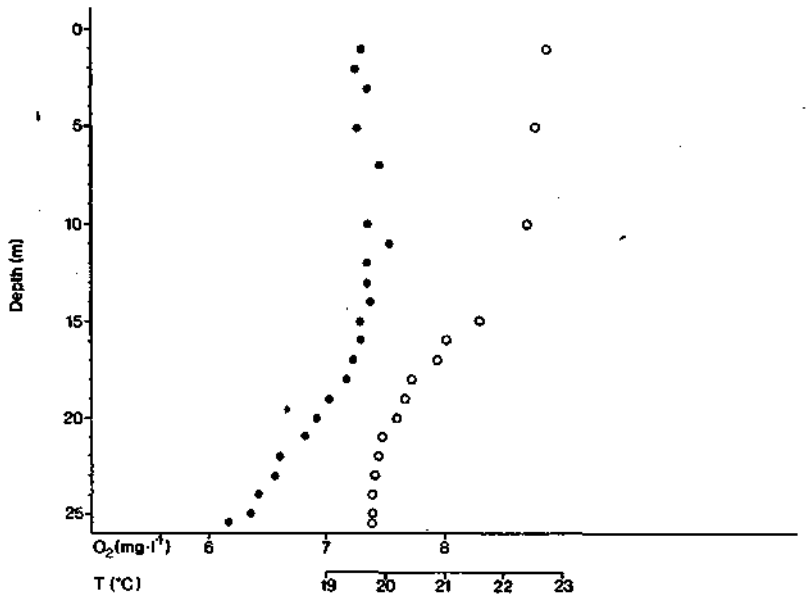


Fig. 3. Oxygen concentration (solid dots) and temperature (circles) in water column; distinct thermocline at approx. 16 m. Values represent averages between Sept. 5 and Oct. 1, 1985.

3. plankton blooms: Pelagic processes are intimately related to anoxia in benthic populations, with severe blooms in the pelagic subsystem often associated with benthic mortalities. Although lethal effects through production of toxins are known, a chief factor is the elevated oxygen consumption during decomposition. Suspended flocculent material and decaying accumulations on the bottom accompanied hypoxic events in the New York Bight, the inner German Bight, the Chesapeake Bay, and the North Adriatic Sea.

4. season: Periodic oxygen depletion is a phenomenon known to occur predominantly in late summer (PEARSON & ROSENBERG, 1978), with September being the critical month in the 1974, 1977, 1980, and 1983 events in the North Adriatic.

5. eutrophication: This process is implicated in all the above defaunations. Indeed, oxygen depletion is a basic element in the definition of eutrophication. Additional criteria for citing eutrophication include: increased frequency or area affected by hypoxia, increased input of nutrients, increase in plankton blooms, and decreased water transparency. Many of these developments have been registered in the areas under consideration here. It should be stressed, however, that eutrophication cannot be regarded as the sole cause of mortality: it is rather a contributing factor that triggers, prolongs, or increases the severity of anoxia.

Taxa not included in Fig. 2 are fish. Oxygen deficiency affected small benthic fish, chiefly Gobius jozo but to a lesser extent also small flatfish, on Day 1. A similar pattern of dead demersal fish was recorded in the German Bight and New York Bight. No larger dead fish were reported in the Gulf, indicating that these species showed avoidance behavior and were able to flee oxygen deficient waters (FAGANELI et al., 1985). ln the 1977 mortality event in the North Adriatic, larger fish were concentrated at the leading edge of the affected area, resulting in increased catches of fish normally not caught together (STEFANON & BOLDRIN, 1982). Summer flounder in the New York Bight were also concentrated at the leading edge of such waters in the surf zone and in inlets and bays; avoidance behavior led to blockage of migratory patterns of larger pelagic fish (AZAROVITZ, 1979).

The above similarities in the response of benthic communities to oxygen deficiency stand in contrast to the relative rapidity of community deterioration in the Gulf of Trieste. Within two days a decrease in living biomass of over 50% was registered; after three days only 20% of the biomass remained, after four days less than 10%. A direct comparison is difficult because the rate of mortality depends on the nature of the community, the degree and duration of hypoxia, the thickness of the oxygen deficient layer, the microhabitat structures at the sediment - water interface (critical oxygen values often in a layer of water only several cm thick), as well as factors such as hydrogen sulfide formation. Finally, the borders of anoxic water masses typically expand, so that areas in different stages of deterioration exist concurrently. This latter phenomenon was also observed in the Gulf of Trieste: therefore only a close group of positions in the center of the community were used in the calculation of Fig. 2. Community deterioration in other seas proceeded slower than in the Adriatic. Limp, motionless Polychaetes on the sediment surface were able to survive approximately one week after emergence in Limfjorden; they revived when taken into oxic water (JØRGENSEN, 1980). Mytilus edulis was also reported to survive anoxia for 1-2 weeks (except in very dense aggregations with hydrogen sulfide formation). A similar span was registered for infauna bivalves; emergence and reburial is apparently a standard response in Scandinavian basins with annual oxygen depletion.

Despite difficulties in direct comparisons, mortality in the O-R-M community was rapid. The structure of this community, i.e., the aggregation of biomass into multi-species clumps, may in part explain this phenomenon. Sponges, a major structural component in many clumps, are apparently very sensitive to oxygen deficiency and were among the first organisms to die. Early decomposition of sponges no doubt results in emergence and death of the many associated faunal elements. Finally, death in any component of such high biomass aggregations may accelerate mortality even in more resistant forms such as bivalves in a positive feedback loop of decay, increased oxygen demand, and further death. Not all organisms in the O-R-M community succumbed to hypoxia. At the end of the two week observation period, isolated (although stressed) anemones, molluscs, and sipunculids were observed. While many dead infauna species were recorded, an unknown number of species or individuals may have remained buried and survived.

The sudden onset of mortality on Sept. 12, the rapid decrease of living biomass in the first few days (Sept. 13-15), and the survival of isolated organisms is best described by the power curve presented in Fig. 2 ($r = 0.93$). Determination of in situ mortality was difficult in certain groups and was often registered only after signs of obvious decay: death most likely occurred earlier. The quantitative re-presentation in Fig. 2 is therefore a conservative approximation of the course of events and accurately reflects the rapidity of macrobenthic community deterioration The sequence of emergence and mortality of infauna species confirms that, within closely related groups, burrowing forms are more resistant to oxygen deficiency

than epifauna.

The immediate effect of oxygen deficiency in the O-R-M community was behavioral modification and mortality. A single restricted mortality event such as that observed at positions 28 and 36 in 1974 (FEDRA et al., 1976) was not sufficient to permanently alter community structure. Repeated, large-scale defaunation, however, may lead to a significant alteration in the benthos and destabilize the entire ecosystem. The suspension feeding O - R - M community, for example, is capable of removing approximately 5% of the pelagic biomass from the water column each day; this is converted into benthic biomass with a lower respiration/biomass ratio (OTT & FEDRA, 1977). Thus it may be classified as a mature, stable community capable of dampening (within certain limits) the effects of fluctuations in physical parameters (OTT, 1981; WURZIAN & OTT, 1985). In a manner similar to other highly efficient suspension feeding communities (OFFICER et al., 1982), the O - R - M community may function as a natural eutrophication control. At the same time, its composition of perennial, large, slow-growing species results in long recovery time after a major disturbance. The designating species are beginning to reappear only after three years (STACHOWITSCH, unpubl.).

This time period is in good agreement with that projected for the New York Bight, where total recovery is expected to take several years due to the extreme dimensions of the affected area (STEIMLE & RADOSH, 1979). Recruitment by immigration is unlikely to be a primary mechanism in the relatively large area affected in the Gulf of Trieste. At the same time, larval settlement will also be impeded: the mobile sediments quickly cover small hard bottom elements (STACHOWITSCH, 1979b). Finally, the loss of adult individuals results in decreased larval production and impedes recruitment of those larvae preferentially settling on or near adults. Oxygen deficiency events have been reported in the North Adriatic in 1974 (FEDRA et al., 1976), 1977 (STEFANON & BOLDRIN, 1982), 1980 (VUKOVIČ et al., 1984), 1983 (STACHOWITSCH, 1984; FAGANELI et al., 1985) and annually in the Emilia Romagna region off Cesenatico (MONTANARI et al., 1984). If such phenomena become recurring events, then the relatively brief intervening recolonization period will prohibit total recovery and lead to the development of atypical or impoverished communities, i.e., the annual re-establishment of a transitory succession stage.

The frequency of mortality events and the rapidity of community deterioration indicate that the Gulf of Trieste is a sensitive ecosystem. A certain sequence or combination of factors is sufficient to overload the regulatory capacity of the O-R-M community (OTT, 1981). A comparison of recent oxygen depletion related mortalities - inner German Bight in 1981 and 1982 (RACHOR & ALBRECHT, 1983; DETHLEFSEN & WESTERNHAGEN, 1983), New York Bight in 1977 (SWANSON & SINDERMANN, 1979), the Chesapeake Bay (OFFICER et al., 1984), and in Scandinavian waters (JØRGENSEN, 1980; ROSENBERG, 1986) shows a wide range of parallels. Such criteria may be useful in defining sensitive areas and more accurately predicting such events.
The common features include:

1. depth and substrate: Most of the above regions can be classified as relatively shallow (15-50 m) sublittoral soft bottoms. Such fine-grained sediments are particularly susceptible to organic enrichment and anaerobic conditions.
2. stratification: The development of a pycnocline is a typical precondition to oxygen deficiency. Unfavourable meteorological and hydrographic conditions result in stable stratification, often with a relatively thin lower water body. When respiration of high biomass benthic communities exceeds production and diffusion through the pycnocline, hypoxia is inevitable. Temperature measurements at position 1 during September 1985 showed a distinct thermocline at approximately

The above set of conditions apply to the Gulf of Trieste. This justifies its classification as a sensitive ecosystem. These common features are of high predictive value in defining location and time of future oxygen deficiencies; the comparison of behavior and mortality sequences allows an accurate prediction of their effect on the benthos. The recognition of the natural and anthropogenic origins of mortality phenomena provide an opportunity to monitor these vital coastal areas during critical times of the year and to take steps to prevent the elimination of suspension feeding communities, which function as a natural eutrophication control.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Austrian "Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung" (grant Nr. 5465). The author is grateful to the director and staff of the Marine Research and Training Center, Piran, Yugoslavia, for their hospitality, as well as to P. Dworschak and E.M. Ölscher for their assistance during the field work. The oxygen and temperature meter was provided courtesy of Kühnel Electronics and W.T.W. (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten-Weilheim).

REFERENCES

T.R. AZAROVITZ, C.J. BYRNE, M.J. SILVERMAN, B.L. FREEMAN, W.G. SMITH, S.C. TURNER, B.A. HALGREN, P.J. FESTA - 1979 - Effects on finfish and lobster In: Oxygen depletion and associated benthic mortalities in New York Bight, Eds. R.L. Swanson and C.J. Sindermann - NOAA Professional Paper, 11, 295-314.

V. DETHLEFSEN, H.v. WESTERNHAGEN - 1983 - Oxygen deficiency and effects on bottom fauna in the eastern German Bight - Meeresforsch., 30, 42-53.

R.-R. DRIES, H. THEEDE - 1974 - Sauerstoffmangelresistenz mariner Bodenevertebraten aus der Westlichen Ostsee - Mar. Biol., 25, 327-333.

J. FAGANELI, A. AVČIN, A. FANUKO, A. MALEJ, V. TURK, P. TUŠNIK, A. VUKOVIČ - 1985 - Bottom layer anoxia in the central part of the Gulf of Trieste in the late summer of 1983 - Mar. Pollut. Bull., 16 (2), 75-77.

K. FEDRA - 1978 - On the ecology of the North Adriatic Sea. Wide range investigations on the benthos: the Gulf of Triest - Memorie di Biogeogr. adriat., Suppl. vol. IX, 69-87.

K. FEDRA, E.M. ÖLSCHER, C. SCHERÜBEL, M. STACHOWITSCH, R.S. WURZIAN - 1976 - On the ecology of a North Adriatic benthic community: Distribution, standing crop, and composition of the macrobenthos - Mar. Biol., 38 (2), 129-145.

B.B. JØRGENSEN - 1980 - Seasonal oxygen depletion in the bottom waters of a Danish fjord and its effect on the benthic community - Oikos, 34, 68-76.

R. MACHAN, K. FEDRA - 1975 - A new towed underwater camera system for wide-range benthic surveys - Mar. Biol., 33, 75-84.

G. MONTANARI, G. NESPOLI, A. RINALDI - 1984 - Formazione di condizioni anossiche nelle acque marine costiere dell'Emilia-Romagna dal 1977 al 1982 - Inquinamento, 11, 33-39.

C.B. OFFICER, T.J. SMAYDA, R. MANN - 1982 - Benthic filter feeding: a natural eutrophication control - Mar. Ecol. Prog. Ser., 9, 203-210.

C.B. OFFICER, R.B. BIGGS, J.L. TAFT, L.E. CRONIN, M.A. TYLER, W.R. BOYNTON - 1984 - Chesapeake Bay anoxia: origin, development, and significance - Science, 223, 22-27.

J. OTT - 1981 - Adaptive strategies at the ecosystem level: examples from two benthic marine systems - P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 2(2), 113-158.

J. OTT, K. FEDRA - 1977 - Stabilizing properties of a high biomass benthic community in a fluctuating ecosystem - Helgolander wiss. Meeresunters., 30, 485-494.

T.H. PEARSON, R. ROSENBERG - 1978 - Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment - Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 16, 229-311.

E. RACHOR, H. ALBRECHT - 1983 - Sauerstoff-Mangel im Bodenwasser der Deutschen Bucht - Veroff. Inst. Meeresforsch. Bremerh., 19, 209-227.

J.W. ROPES, A.S. MERRILL, S.A. MURAWSKI, S. CHANG, C.L. MacKENZIE Jr. - 1979 - Impact on clams and scallops. Part I. Field survey assessments, In.: Oxygen depletion and associated benthic mortalities in New York Bight, 1976, Eds. R.L. Swanson and C.J. Sindermann - NOAA Professional Paper, 11, 263-275.

R. ROSENBERG, U. LARSSON, L. EDLER - Eutrophication in marine waters surrounding Sweden, Ed. R. Rosenberg - National Swedish Environmental Protection Board, Report 3054, 137 pp.

M. STACHOWITSCH - 1977 - The hermit crab microbiocoenosis - The role of mobile secondary hard bottom elements in a North Adriatic benthic community. In: Biology of benthic organisms, Eds. B.F. Keegan, P.O'Ceidigh, P.J.S. Boaden, Proc. Eleventh Europ. mar. Biol. Symp., 549-558.

M. STACHOWITSCH - 1979a - Movement, activity pattern and role of a hermit crab population in a sublittoral epifauna community - J. exp. Mar. Biol. Ecol., 39, 135-150.

M. STACHOWITSCH - 1979b - Die Einsiedlerkrebs-Mikrobiocönose - Die Rolle mobiler Hartbodenelemente in einer nordadriatischen Benthosgemeinschaft. Ph. D. thesis, University of Vienna, 162 pp.

M. STACHOWITSCH - 1984 - Mass mortality in the Gulf of Trieste: The course of community destruction - P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 5 (3), 243-264.

A. STEFANON, A. BOLDRIN - The oxygen crisis of the northern Adriatic Sea waters in late fall 1977 and its effects on benthic communities. In: Proceedings of the Sixth Symposium of the Confédération Mondiale des Activités Subaquatique, Eds. J. Blanchard, J. Mair, I. Morrison, 167-175. (1982)

F.W. STEIMLE, D.J. RADOSH - 1979 - Effects on the benthic invertebrate community. In: Oxygen depletion and associated benthic mortalities in New York Bight, 1976, Eds. R.L. Swanson and C.J. Sindermann, NOAA Professional Paper, 11, 281-293.

R.L. SWANSON, C.J. SINDERMANN (Eds.) - 1979 - Oxygen depletion and associated benthic mortalities in New York Bight, 1976 - NOAA Professional Paper, 11, 345 pp.

A. VUKOVIČ, A. AVČIN, N. FANUKO, A. MALEJ, M. STACHOWITSCH, V. TURK, P. TUŠNIK, B. VRIŠER - 1984 - A mass mortality of benthic fauna in the Gulf of Trieste (September 1983) - Bilten Drustva ekologa Bosne i Hercegovine, Serija B, III Kongres ekologa Jugoslavije, 477-479.

R.S. WURZIAN - 1977 - Predator-prey interaction between the crab Pilumnus hirtellus (Leach) and the brittle star Ophiothrix quinquemaculata (D. Chiaje) on a mutual sponge substrate. In: Biology of benthic organisms, Eds. B.F. Keegan, P. O'Ceidigh, P.J.S. Boaden, Proc. Eleventh Europ. mar. Biol. Symp., 613-620.

R.S. WURZIAN - 1984 - The role of higher trophic levels In a sublittoral benthic community, I. Estimates of ingestion in Astropecten aranciacus (Linné) - P.S.Z.N. I: Marine Ecology, 5 (1), 1-8.

R.S. WURZIAN, J.A. OTT - 1985 - Eine nordadriatische Benthosgemeinschaft mit hoher Biomasse: ihre Struktur und ihre Rolle in einem Flachwasser Ökosystem - I problemi del mare Adriatico, Conferenza dei Rettori della Comunità di Lavoro Alpe Adria, 1983, Università degli Studi di Trieste, 319-330.

A.J. ZARKANELLAS - 1979 - The effects of pollution-induced oxygen deficiency on the benthos in Elefsis Bay, Greece - Mar. Environ. Res., 2 (3), 191-207.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	237-245	1986

MAREE COLORATE E FIORITURE ALGALI LUNGO LA COSTA DELL'EMILIA-ROMAGNA DAL 1982 AL 1985 CON PARTICOLARE RIGUARDO ALLA COMPARSA DI PROTOGONYAULAX TAMARENSIS.

L. Boni, M. Pompei*, M. Reti

Istituto ed Orto Botanico, Università di Bologna - *Consorzio per il Centro Universitario di Studi e Ricerche sulle Risorse Biologiche Marine di Cesenatico.

KEY WORDS - Phytoplankton blooms, red tides, Protogonyaulax tamarensis.

ABSTRACT - Red tides and phytoplankton blooms during 1982 - 1985 in the Emilia Romagna coastal area are reported. Particularly is described a Protogonyaulax tamarensis red tide.

RIASSUNTO

Viene descritta la situazione del fitoplancton nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna ed in particolare i principali episodi di maree colorate e fioriture accaduti tra il 1982 e il 1985. Le specie che più frequentemente originano questi fenomeni sono Gonyaulax polyedra e Gymnodinium sp. tra le Dinoflagellate e Skeletonema costatum tra le Diatomee. Nel 1982 fu osservata una marea colorata causata da Protogonyaulax tamarensis. Questa specie, ricomparsa nel 1985, venne isolata ed è attualmente in coltura. Vengono descritte le principali ricerche tassonomiche incentrate su questa specie.

SUMMARY

Phytoplankton blooms and red tides occurred off the coast of Emilia Romagna during 1982-1985 are reported. The species more frequently involved are the dinoflagellates Gonyaulax polyedra and Gymnodinium sp. and the diatom Skeletonema costatum. In 1982 we observed, for the first time in Adriatic sea, Protogonyaulax tamarensis. In 1985 it was isolated and unialgal cultures grow on f/2 and f/10 media. The authors report the problems on taxonomy of Protogonyaulax tamarensis.

Come è ormai noto, dalla fine degli anni sessanta ed in particolare dalla metà degli anni settanta si susseguono nel tratto costiero dell'Emilia-Romagna maree colorate causate da Dinoflagellate oltre

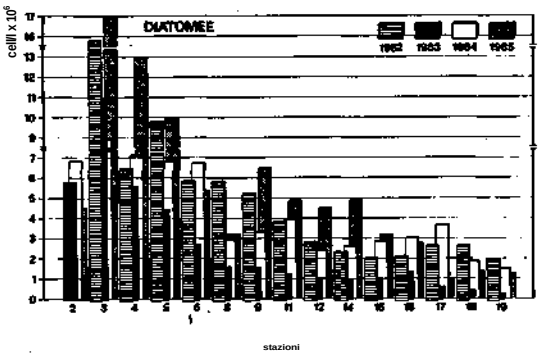


Fig.1 - Medie annuali delle Diatomee nelle stazioni di monitoraggio.

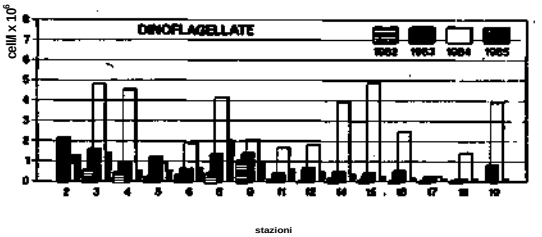


Fig.2 - Medie annuali delle Dinoflagellate nelle stazioni di monitoraggio.

a fioriture di Diatomee note fin dal secolo scorso (Boni, 1983). Le ricerche sull'argomento, iniziate da noi dal 1976 proseguono ininterrottamente. Anche in questi ultimi anni, dal 1982 al 1985, si sono ripetuti gli stessi fenomeni pur con alcune diversità da un anno all'altro imputabili forse a fattori ambientali. Nelle figure 1 e 2 sono riportate le medie annuali delle Diatomee e delle Dinoflagellate nelle diverse stazioni. Le stazioni sono indicate con i numeri seguenti:

2 Bagni di Volano
3 Lido delle Nazioni
4 Porto Garibaldi
5 Foce Reno
6 Casal Borsetti
8 Marina di Ravenna
9 Lido Adriano
11 Foce Savio
12 Milano Marittima
14 Cesenatico
15 Gatteo a Mare
16 Bellaria
17 Rimini
18 Riccione
19 Cattolica

Anno 1982

La media annuale delle Diatomee è di $5x10^6$ cell/l, le stazioni a nord di Ravenna hanno le medie più elevate, quelle a sud molto basse.

Il numero di cellule è sempre piuttosto elevato durante tutto l'anno, ma ad alzare notevolmente i valori delle medie concorrono le numerose fioriture che si osservano prevalentemente a fine inverno, che però non mancano neppure nei mesi estivi, spesso con valori elevati. La media annuale delle Dinoflagellate è molto più bassa (500.000 cell/l) più elevata nelle stazioni a nord di Ravenna, più bassa a sud. Le Dinoflagellate hanno ampie fluttuazioni con i picchi più elevati nei mesi più caldi, salvo rare eccezioni come, ad esempio, fioriture di Gymnodinium sp. nel tardo autunno. La parte di costa a sud di Cesenatico è scarsamente interessata da questi picchi, ad eccezione di alcune maree verdi dovute a Gymnodinium sp.. In agosto si è registrata la comparsa di una specie nuova per il Mediterraneo, identificata come Gonyaulax tamarensis, (Boni et al., 1983), ora chiamata Protogonyaulax tamarensis sensu Fukuyo.

Anno 1983

I valori medi più elevati per le Diatomee sono nelle stazioni a nord di Ravenna. Il valore massimo è a Lido delle Nazioni ($11x10^6$ cell/l) stazione in cui si trovano anche elevate quantità di Dinoflagellate. Queste ultime sono sempre presenti con valori bassi in tutta l'area, aumentano in estate dando origine a fioriture plurispecifiche con Ceratium furca, Gonyaulax polyedra, Prorocentrum micans, Scrippsiella trochoidea come specie prevalenti. A settembre si osserva una fioritura di Gymnodinium sp. con 20.000.000 cell/l a Porto Garibaldi e Marina di Ravenna.

Anno 1984

Si verificano a fine marzo le consuete fioriture di Diatomee (Skeletonema costatum prevalente) che proseguono per tutto il mese di aprile con valori molto elevati (fino a 96.000.000 cell/l a Punta Marina) soprattutto nella zona ravennate. Verso la metà di giugno si assiste lungo tutta la costa, ma prevalentemente nelle stazioni a nord, ad un notevole aumento di fitoplancton dovuto a Diatomee e Dinoflagellate insieme con Chaetoceros sp. e Prorocentrum micans prevalenti. Fino a metà agosto si osservano elevati valori di Diatomee soprattutto nelle stazioni a nord della costa. A metà agosto inizia a Cervia una fioritura di Gonyaulax polyedra con 9.000.000 cell/l che si estende fino a 2 km. dalla costa ed arriva fino a 34.000.000 cell/l, causando estese morie di pesci, odori sgradevoli e quindi notevoli danni ecologici ed economici. Da Rimini a Cattolica non si osservano fioriture mentre a nord di Ravenna compaiono per lo più fioriture di Diatomee con Chaetoceros sp. prevalente. A fine settembre si osserva a Lido delle Nazioni una fioritura di Katodinium rotundatum con 78.000.000 cell/l. All'inizio di ottobre comincia a macchie e strisce, tra Ravenna e Cesenatico, una fioritura di Gymnodinium sp. che si estende da Goro a Cattolica soprattutto in corrispondenza di fiumi e portocanali e si protrae fino alla fine di dicembre senza mai interessare Rimini.

Anno 1985

Le prime fioriture dell'anno sono causate lungo tutta la costa da Skeletonema costatum e Thalassiosira sp. con il massimo a Cesenatico (74.000.000 cell/l). Si osservano fioriture di Diatomee fino alla fine di luglio con Chaetoceros sp. prevalente. A Lido delle Nazioni compare una fioritura di piccole Cloroficee con un massimo di' 17.000.000 cell/l. In agosto si notano fioriture isolate con specie diverse di Diatomee e Gymnodinium sp. Da fine settembre ad ottobre compaiono macchie e strisce rosse da Goro a Bellaria causate da fioriture plurispecifiche con Gonyaulax polyedra, Gymnodinium sp. e Scrippsiella trochoidea prevalenti. Durante questa fioritura si osserva la ricomparsa di Protogonyaulax tamarensis che non era più stata osservata dal 1982. Complessivamente si osserva che le Diatomee sono sempre più numerose delle Dinoflagellate, salvo i momenti di maree colorate. La zona più a nord è quella più ricca di biomassa, quella intermedia è interessata da fenomeni di fioritura ma con una media annuale più bassa, la zona più a sud ha sempre biomassa poco elevata e sporadici episodi di fioritura.

Nella figura 3 si osservano le medie mensili di Diatomee e Dinoflagellate negli anni dal 1982 al 1985 nella stazione di Cesenatico, scelta come esempio. Si rileva una notevole abbondanza di Diatomee rispetto alle Dinoflagellate che aumentano soltanto nei mesi caldi.

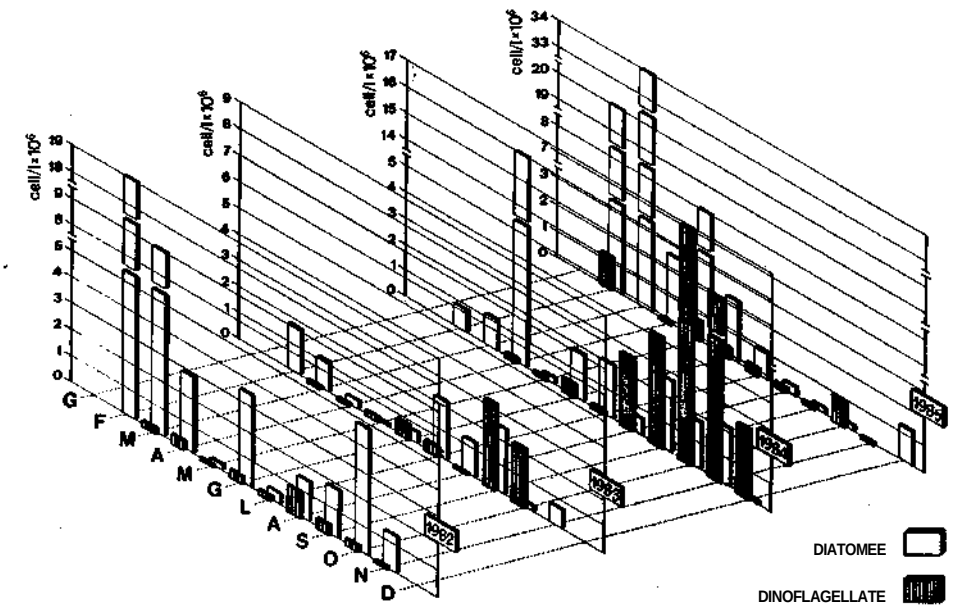


fig. 3 - Medie mensili di Diatomee e Dinoflagellate nella stazione di Cesenatico dal 1982 al 1985.

Le medie dell'anno 1984 sono notevolmente più elevate rispetto a quelle degli altri anni nello stesso periodo a causa delle fioriture di Gonyaulax polyedra e di Gymnodinium sp., prolungate nel tempo e con notevole numero di individui. Dal punto di vista scientifico ed anche di quello applicativo, in particolare da quello igienico-sanitario risulta molto interessante la comparsa di Protogonyaulax tamarensis, segnalata per la prima volta in Mediterraneo, in particolare in Adriatico, nell'agosto 1982. Questa specie comparve dapprima con pochi individui durante una fioritura di G. polyedra ed in seguito diede origine ad una marea rossa tra Cervia e Cesenatico raggiungendo un massimo di 18.000.000 cell/l. In tab. 1 sono riportate alcune delle caratteristiche ambientali delle stazioni di Lido Adriano (9), Cervia (12) e Cesenatico (14). Notizie più dettagliate si possono trovare nel Rapporto annuale 1982 della Regione Emilia-Romagna.

La specie è poi ricomparsa soltanto nell'ottobre 1985 durante una fioritura mista a G. polyedra prevalente. Da campioni prelevati durante quella fioritura Reti ha isolato presso l'Istituto ed Orto Botanico, individui di Protogonyaulax tamarensis. Questi sono stati successivamente clonati ed attualmente vengono coltivati in diluizioni, f/2 ed f/10, del mezzo f (Guillard e Ryther, 1962). Nelle condizioni di coltura a cui viene mantenuta, la specie presenta una costante di crescita media di 0,7 ± 0,17 divisioni/giorno e raggiunge, in media, un massimo di 18.000 cell/ml nel mezzo f/2 ed il peso secco è di 0,005 µg/cell.

Protogonyaulax tamarensis è una specie comune nei mari temperati lungo le coste del Giappone, di quelle orientali del nord America e dell'Europa nord occidentale. Essa appartiene al gruppo delle Dinoflagellate che producono P.S.P. (Paralytic shellfish poisoning) e provoca talvolta notevoli problemi sanitari. La tossicità non è sempre legata a maree colorate, oltre 10 cell/l ma spesso bivalvi tossici possono essere trovati anche in presenza di sole 10^4 cell/l (Steidinger e Baden, 1984). Non tutti gli individui appartenenti a Protogonyaulax tamarensis sono produttori di biotossine, quelli comparsi in Adriatico non hanno dato origine a tossicità da bivalvi. Gli individui tossici e non tossici sono morfologicamente simili, quasi uguali. Per l'importanza igienico-sanitaria che questa specie riveste è dalla fine degli anni 70 oggetto di una accurata revisione tassonomica nel tentativo di trovare elementi anche minimi che possano far identificare gli individui tossici da quelli non tossici. Inizialmente la specie era stata classificata come Gonyaulax tamarensis Lebour (Schiller, 1937). Quando crebbe l'interesse nei riguardi delle specie produttrici di biotossine sembrò che la presenza o assenza di un poro ventrale nella prima piastra apicale e l'essere o no bioluminescenti fossero gli unici elementi discriminanti: forme tossiche senza poro e bioluminescenti, forme non tossiche con poro e non bioluminescenti. Loeblich e Loeblich nel 1975 (Schimdt e Loeblich, 1979) ritennero che queste differenze fossero tali da giustificare la formazione di due specie diverse: G. tamarensis con poro, non tossica, non bioluminescente,

TABELLA 1

	MEDIE ANNUALI						VALORI ESTIVI					
	T°C	S°/₀₀	NO_3 µgat/l	NO_2 µgat/l	NH_3 µgat/l	PO_4 µgat/l	T°C	S°/₀₀	NO_3 µgat/l	NO_2 µgat/l	NH_3 µgat/l	PO_4 µgat/l
Stazione 9												
$\bar{x}$	18,4	30,4	11,13	0,67	2,57	0,28	26,6	32,3	1,48	0,15	2,26	0,16
min.	6,2	15,3	0,11	0,07	0,10	0,03	25,9	31,5	0,65	0,07	0,71	0,03
max.	27,2	36,4	71,40	4,03	9,61	3,19	27,2	32,9	2,66	0,30	4,77	0,54
obs.	34	34	32	32	32	32						
Stazione 12												
$\bar{x}$	18,8	31,0	8,49	0,54	2,69	0,23	26,3	32,6	1,83	0,11	2,16	0,11
min.	6,5	24,8	0,11	0,01	0,10	0,03	25,2	31,4	1,08	0,07	0,72	0,03
max.	27,4	35,3	41,18	1,81	13,03	2,37	27,4	33,3	3,66	0,26	3,85	0,23
obs.	38	37	32	32	32	32						
Stazione 14												
$\bar{x}$	18,3	30,1	11,72	0,81	3,94	0,50	26,0	32,7	3,04	0,23	3,20	0,24
min.	5,8	24,0	0,51	0,01	0,10	0,03	24,3	31,0	0,79	0,01	1,08	0,03
max.	27,6	36,8	53,92	3,06	14,42	5,26	26,6	34,5	8,30	1,03	5,84	0,70
obs.	67	66	57	57	57	55						
VALORI NELLE MACCHIE ROSSE CAUSATE DA PROTOGONYAULAX TAMARENSIS												
Stazione 14												
17/8/82	27,6	34,5	2,67	0,20	1,83	0,72						
Stazione 9												
26/8/82	26,8	32,1	2,07	0,10	1,70	0,05						

G. excavata senza poro, tossica e bioluminescente. Schmidt e Loeblich scoprirono che queste alghe in coltura davano origine a forme tossiche con poro e senza poro. Proposero quindi una nuova classificazione riconoscendole come varietà della stessa specie: G. tamarensis var. tamarensis con poro, forme tossiche e non tossiche, non bioluminescente e G. tamarensis var. excavata senza poro, con forme tossiche e non tossiche, bioluminescente e non. Taylor (1979) e Loeblich e Loeblich (1979) arrivarono entrambi a concludere che la specie in esame differisce dal genere Gonyaulax per la configurazione delle piastre nell'epiteca, per il modello di ipoteca, presenza di poro apicale e tipi di cisti. Taylor propose di inserirla nel genere Protogonyaulax, Loeblich e Loeblich nel genere Gessnerium: la sola distinzione tra Protogonyaulax ed i generi simili Gessnerium, Alexandrinum e Pyrodinium è nella presenza di contatto tra la piastra del poro apicale e la prima piastra apicale in Protogonyaulax e nella mancanza di questo contatto negli altri.

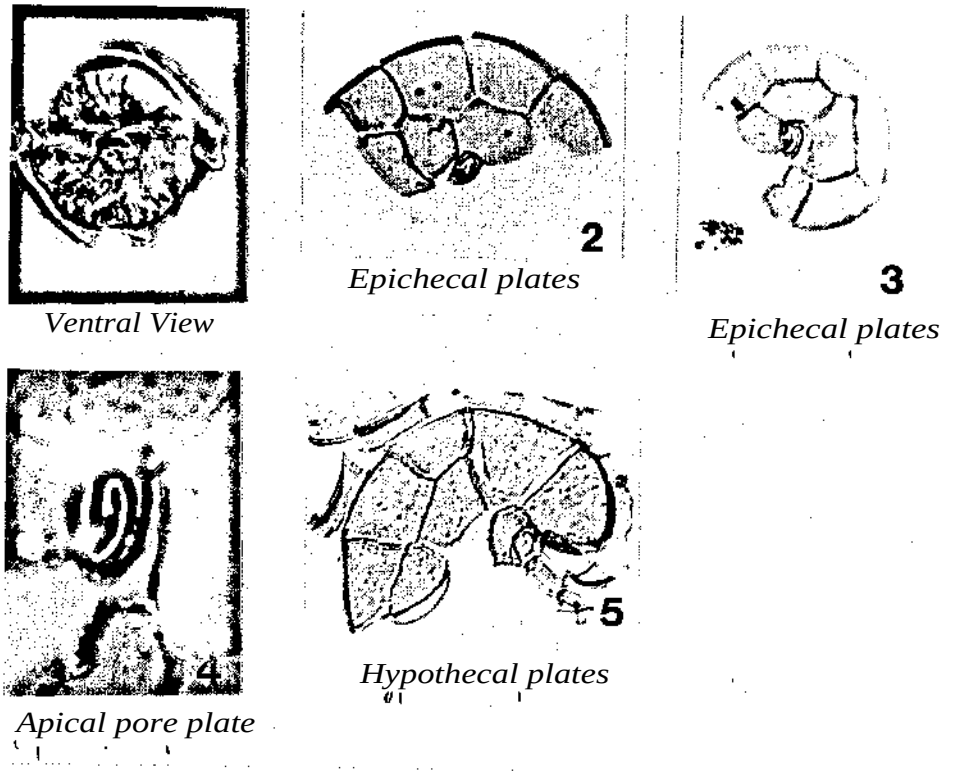


Fig. 4 - Configurazione delle placche di Protogonyaulax tamarensis proveniente dall'Adriatico (foto Fukuyo).

Fukuyo (com. pers.) distingue P. tamarensis e P. catenella in base alla presenza o assenza, rispettivamente di un poro ventrale nella prima piastra apicale. La fig. 4, di Fukuyo, mostra la configurazione delle placche della specie comparsa in Adriatico inquadrata come Protogonyaulax tamarensis sensu Fukuyo.
Secondo Taylor (1984) sembra che non esistano differenze tra P. tamarensis ed un'altra specie responsabile di P.S.P., P. catenella, tali da giustificare due specie diverse: sarebbero forme diverse della stessa specie P. tamarensis.
Recentemente Cembella e Taylor (1985) hanno iniziato ricerche di elettroforesi enzimatica, analisi di tossine con HPLC, determinazioni qualitative di DNA al fine di trovare diversificazioni nell'ambito di Protogonyaulax tamarensis/catenella.
Secondo le acquisizioni più recenti è evidente che per un miglioramento delle conoscenze tassonomiche, in particolare di questa specie, siano indispensabili ricerche di tipo biochimico. La tassonomia basata solo su aspetti morfologici è infatti del tutto insufficiente a definire alcune specie particolarmente problematiche.

BIBLIOGRAFIA

L. Boni -1983- Red tides of the coast of Emilia-Romagna (north western Adriatic sea) from 1975 to 1982. - Informatore Botanico Italiano, 15 n°1: 18-24.

L. Boni, M. Pompei, M. Reti -1983- The occurrence of Gonyaulax tamarensis Lebour bloom in the Adriatic sea along the coast of Emilia-Romagna. Giornale Botanico Italiano, 117 n°3-4; 115-120.

A.P. Cembella and F.J.R. Taylor -1985- Biochemical variability within the Protogonyaulax tamarensis/catenella specie complex. Anderson, White and Baden (eds) Toxic Dinoflagellates Elsevier Science Publishing: 55-60.

R.R.L. Guillard e J.H. Ryther -1962- Studies of marine planktonic diatoms. Cyclotella nana Hustedt and Detonula confervacea Cleve. Gran. Can. F. Microbiol. 8, 229-239.

Y. Fukuyo -1983- Comunicazioni personali.

A.R. Loeblich, III and L.A. Loeblich -1979- The systematics of Gonyaulax with special reference to the toxic species. In Taylor e Seliger (eds) Toxic Dinoflagellate Blooms Elsevier North-Holland: 41-46.

Regione Emilia-Romagna -1983- Eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia-Romagna. Rapporto annuale 1982. Assessorato Ambiente e Difesa del Suolo. Studi e Documentazioni.

J. Schiller -1937- Dinoflagellatae. In Rabenhorst's Kryptogamenflora, 10 2, 299.

R.J. Schimdt and A.R. Loeblich, III -1979- A discussion of the systematics of toxic Gonyaulax species containing paralytic shellfish poison. In Taylor e Seliger (eds) Toxic Dinoflagellate Blooms Elsevier North-Holland: 83-88.

K.A. Steidinger e D.G. Beden -1984- Toxic Marine Dinoflagellates. In Spector D.L. (ed) Dinoflagellates: 201-261. Academic Press.

F.J.R. Taylor -1979- The toxigenic gonyaulacoid dinoflagellates. In Taylor e Seliger (eds) Toxic Dinoflagellate Blooms Elsevier North-Holland: 47-56.

F.J.R. Taylor -1984- Toxic dinoflagellates: taxonomic and biogeographic aspects with emphasis on Protogonyaulax. American Chemical Society Symposium Series; n°262 Seafood Toxins: 77-97.

F.J.Taylor -1985- The taxonomy and relationships of red tide flagellates Anderson, White and Baden (eds) Toxic Dinoflagellates Elsevier Science Publishing: 11-26.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	247-258	1986

STRUTTURE DI DENSITÀ E PROCESSI DI SEGREGAZIONE IN ADRIATICO SETTENTRIONALE

Paolo FRANCO
Istituto di Biologia del Mare, CNR, Venezia

Keywords: Adriatic Sea, Frontal systems, Pycnoclines, Turbulent transport, Confinement processes

ABSTRACT

The occurrence of density discontinuities, as frontal systems or pycnoclines, is a constant feature of the northern Adriatic Sea. Their distribution is described, in relation to the generating processes, and their role in the selective transport of dissolved and suspended matter in the basin is discussed, considering the implications on the dynamic confinement of dissolved nutrients, oxygen and other substances in different water bodies.

RIASSUNTO

L'Adriatico settentrionale mostra ampie variazioni annuali dei flussi termici superficiali, che condizionano differenti processi advettivi, di acque dolci diluenti o di altre fortemente saline. Ne consegue una successione di schemi di circolazione complessi, ma che possono essere ricondotti a due modelli fondamentali, caratterizzati dalle condizioni di stabilità della colonna d'acqua del bacino, od in diverse zone di esso.

Nel primo, limitato per la durata al periodo strettamente invernale, il bilancio termico negativo assicura il rimescolamento verticale, la colonna d'acqua è pressochè instabile e la circolazione nel bacino presenta una forte componente advettiva.

Nel secondo, esteso al resto dell'anno, il bilancio termico

positivo e gli effetti della diluizione da apporti fluviali contribuiscono alla formazione di una struttura termoalina fortemente stratificata, con una circolazione complessa e fenomeni advettivi differenziati negli strati sovrapposti.

In entrambi i regimi di circolazione la struttura di densità nel bacino è caratterizzata da discontinuità molto nette, distribuite in sistemi frontali e picnoclini, i cui effetti sulla dinamica delle acque, a breve e media scala, innescano processi di trasporto selettivo, per velocità e verso, per le sostanze disciolte e sospese, determinandone la segregazione con differenti rapporti reciproci nelle diverse masse d'acqua distribuite nel bacino.

Si indicano la distribuzione e le caratteristiche delle discontinuità picniche più marcate e permanenti, ed i loro effetti sul trasporto ed il confinamento dinamico di alcune classi di sostanze, significative per il loro ruolo in fenomeni trofici di carattere generale.

SUMMARY

The northern Adriatic Sea shows a large annual fluctuation of the thermal fluxes at the surface, associated with variable advection of diluting riverine freshwaters or of highly saline marine ones.

The result of the interaction between these processes is a succession of complex circulation patterns, which can be attributed to two main models, characterized by different vertical stability conditions of the water column, in the whole basin or in its different parts.

In the first one, during the proper winter time, due to the negative heat budget, the water column is almost completely vertically mixed and unstable, while the basin circulation has a strong advective character.

In the second one, lasting the remaining part of the year, the positive heat budget and the effects of the riverine dilution contribute to the formation of a strongly stratified thermohaline structure, with a complex circulation and different advective phenomena in the column layers.

In both circulation pattern the density field in the basin is characterized by very sharp discontinuities, as frontal systems and pycnoclines, whose effects on the short and mesoscale hydrodynamics originate selective transport processes for suspended and dissolved substances, and cause the confinement of the latter ones in the different water bodies, distributed in the northern Adriatic.

The distribution and the features of those of the density discontinuities which are more sharp and permanent are shown, and

are discussed their effects on the transport and dynamic confinement of some classes of substances, whose role in general trophic phenomena is significant.

INTRODUZIONE

1.1 La fisiografia dell'Adriatico settentrionale è caratterizzata dalla ridotta profondità, specie lungo la costa occidentale, dalla concentrazione lungo questa degli sbocchi fluviali importanti, dall'ampiezza del ciclo termico annuale, particolarità che inducono nelle sue acque variazioni profonde e cicliche delle caratteristiche termoaline e di densità, e della dinamica generale del bacino.
Come è stato già altrove indicato (vedi ad es. Franco, Jeftic, Malanotte-Rizzoli, Michelato, Orlic, 1982; Franco, 1983), e qui di seguito si riassume, il fattore che regola l'avvicendarsi delle condizioni è il flusso termico alla superficie.
1.1.1 Quando questo è negativo, durante il periodo strettamente invernale, per le perdite evaporative, convettive e radiative non compensate dal basso flusso di energia radiante incidente sulla superficie, la colonna d'acqua tende ad essere completamente mescolata ed instabile in tutto il bacino. Le acque soggette a diluizione fluviale, a temperatura molto bassa, occupano una fascia ristretta lungo la costa occidentale; le acque al largo sono invece caratterizzate da temperatura e salinità più elevate. Le correnti, dirette verso settentrione nell'area centro-orientale, e verso meridione in quella occidentale, hanno una forte componente advettiva.
1.1.2 Il passaggio primaverile a flussi radianti crescenti inverte il flusso termico alla superficie, rendendolo positivo, e genera le condizioni per la formazione di un termoclino, e l'iniezione degli apporti padani nello strato leggero superficiale così generato quelle per la sovrapposizione al termoclino di un forte aloclino. Dall'interazione dei successivi processi di circolazione termoalina e di mescolamento meccanico da vento e marea deriva la formazione di un complesso sistema di stratificazione, che perdura modificandosi fino al tardo autunno, con acque diluite nello strato superficiale, acque fredde e saline nello strato di fondo, separate da uno strato con caratteri intermedi: negli strati sovrapposti la densità è fortemente differenziata, come le caratteristiche del campo di corrente.

DISCUSSIONE

2.1 Caratteri del campo di densità
Il campo di densità nell'Adriatico settentrionale risulta così corrispondere a due strutture alternative: la prima con colonna

idrostaticamente instabile e mescolata, e forti gradienti orizzontali, limitata per la durata a circa un terzo dell'anno; la seconda con colonna fortemente stabile e stratificata, corrispondente a marcati gradienti verticali, perdurante per circa due terzi dell'anno.
In entrambe le strutture, carattere evidente del campo di densità è l'inomogeneità della sua distribuzione e la concentrazione della sua variabilità in zone ristrette, affioranti alla superficie (fronti), o decorrenti quasi orizzontalmente (picnoclini) fra masse d'acqua diverse per caratteri termoalini e meno marcatamente stratificate.
2.1.1 E' opportuno ricordare, in termini generali (Fig. 1), che le zone frontali, rappresentanti il limite di transizione fra masse d'acqua di proprietà dissimili giustapposte orizzontalmente, sono definite da singolarità nel gradiente orizzontale delle proprietà (densità, velocità di flusso, ecc.), e corrispondono dinamicamente a regioni di convergenza, e di attivi movimenti convettivi verticali relativamente alle zone circostanti (vedi ad es. Bowman, Esaias, 1978).
Per i diversi meccanismi di generazione e la localizzazione spaziale o temporale, i sistemi frontali presenti in Adriatico set-

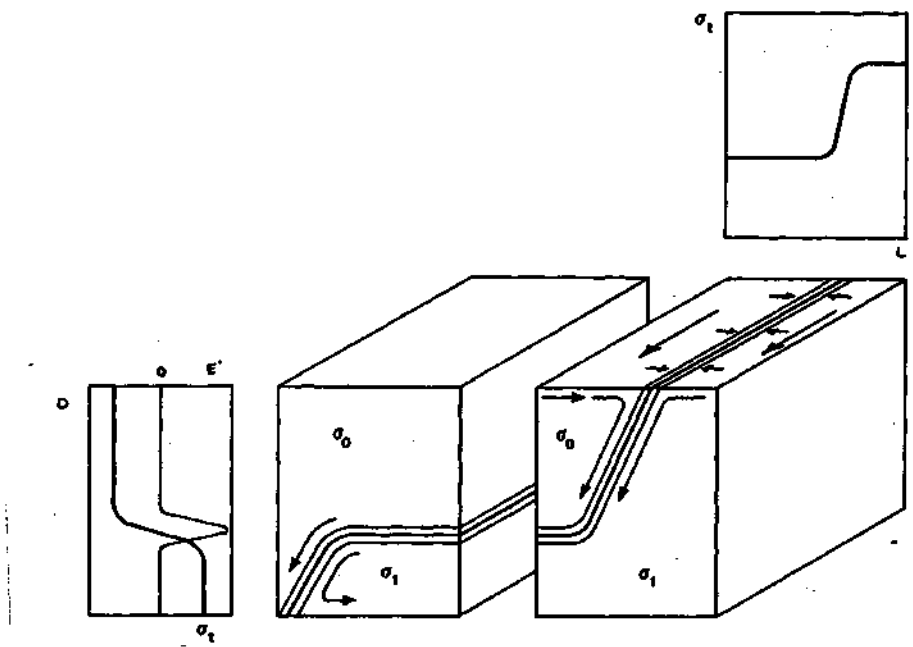


Fig. 1 Schema delle caratteristiche di sistemi frontali e picnoclini e relazioni con il campo di densità e di moto ($\sigma_0 < \sigma_1$: densità delle masse d'acqua giustapposte, come σ_t; E': stabilità verticale).

tentrionale sono ad es. quelli costituenti:
a) in condizioni invernali, il limite di transizione fra le acque fredde e diluite defluenti lungo la costa occidentale, e quelle meno fredde e più salate al largo;
b) il confine di plumes fluviali, in particolare di quella del sistema padano e dello strato diluito da queste generato, mantenuto dall'interazione fra l'incremento di galleggiabilità derivante dall'iniezione dell'acqua dolce a bassa densità e la frizione interfacciale sull'acqua marina sottostante, pilotata dai flussi determinati in questa dal vento e dalla marea (Bowman, Iverson, 1978);
c) le zone limite delle acque costiere a bassa profondità, mescolate dall'azione del vento e della marea.

2.1.2 I picnoclini, regioni ad elevato gradiente verticale di densità, che possono confluire alla superficie in sistemi frontali, o toccare il fondo, come fronti bentici, sono determinati dai diversi meccanismi di trasporto di calore e sale predominanti in masse d'acqua sovrapposte, e dai loro campi di moto relativi.
Ai picnoclini si associa un forte aumento della stabilità statica, ed una corrispondente marcata diminuzione del trasporto turbolento verticale.
I gradienti di densità riscontrati in Adriatico settentrionale possono variare fra 0.5 - 1 fino a 6 - 7 σ_t m^{-1}, valori elevati rispetto a quelli di bacini di tipo oceanico, nei quali il campo di variazione della densità nelle acque superficiali è essenzialmente dovuto alle interazioni fra riscaldamento ed energia meccanica da vento nel controllo dell'erosione delle acque più profonde e fredde.

2.2 Discontinuità picniche

2.2.1 In regime di instabilità verticale

2.2.1.1 In queste condizioni la discontinuità più evidente è, come si è visto, quella rappresentata dal sistema frontale occidentale (Fig. 2). Tenuto conto della scarsa profondità nella zona ove esso si sviluppa (20 - 40 m), e pur considerando la sua instabilità longitudinale, evidente nella generazione di meandri e vortici che risulta anche dalla osservazione sinottica remota, da satellite, la sua superficie apparente è molto ridotta rispetto a quella del bacino, e l'entità dei processi di diffusione turbolenta diafrontale sembra essere molto più piccola di quella dei processi di trasporto advettivo longitudinale.
2.2.1.2 Sistemi frontali meno marcati e di meno costante presenza separano nel resto del bacino i corpi d'acqua orientali da quelli presenti nella sua zona centrale, a salinità maggiore, ed in questi le masse d'acqua densa generate durante il periodo e nelle condizioni di maggior raffreddamento invernale.

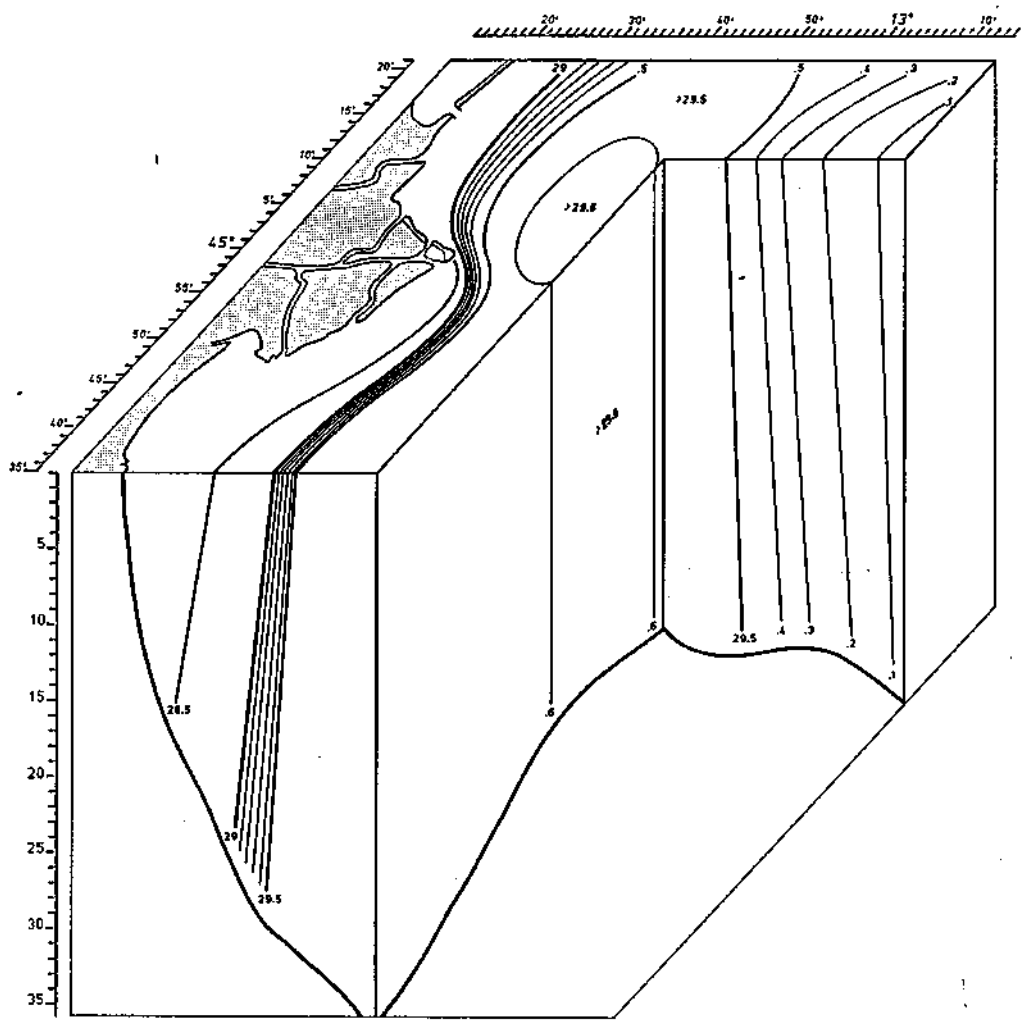


Fig. 2 Prospettiva isometrica della distribuzione della densità (come σ_t) nella zona dell'Adriatico settentrionale corrispondente al delta del Po, in condizioni di instabilità invernale (gennaio 1966).

2.2.2 In regime di stabilità

2.2.2.1 In queste condizioni, e nella situazione estiva in particolare, lo sviluppo e la dislocazione delle discontinuità picniche, sistemi frontali e picnoclini, appare più complessa che in quelle descritte precedentemente (Fig. 3).

La discontinuità più evidente, in termini di stabilità verticale, è generalmente il picnoclino che separa da quelle sottostanti le acque diluite superficiali, più o meno nettamente stratificate, in dipendenza della prevalenza dell'incremento di galleggiabilità da diluizione o del mescolamento da vento: il picnoclino è associato con un sistema frontale nella zona orientale del bacino.

Un secondo picnoclino, meno marcato di quello superficiale, ma i cui effetti sono molto appariscenti, separa le acque più dense prossime al fondo, pressochè instabili e verticalmente mescolate, da quelle intermedie, più o meno intensamente stratificate e stabili: il processo di generazione e controllo sembra essere quello del mescolamento da shear stress esercitato tangenzialmente al fondo.

Un sistema frontale delimita la plume del Po, la cui attività ed estensione è controllata apparentemente soprattutto dal regime di portata del fiume: per valori di questa superiori a 2 - 3 x 10^3 m^3s^{-1} essa si estende a parte cospicua e progressivamente crescente della superficie del bacino settentrionale, con un sistema frontale estremamente attivo quanto evidente all'osservazione.

Le acque costiere occidentali sono delimitate verso il largo da una serie di più labili sistemi frontali, evidenti però anche all'osservazione remota, i processi di genesi e lisi dei quali sembrano da collegare soprattutto al controllo mareale, cui si aggiunge l'effetto del vento; le conseguenze della diversa stratificazione e della circolazione delle acque al largo accentuano tali processi in zone particolari (ad es. immediatamente a nord del delta padano, e lungo la costa emilio-romagnola).

2.3 Fenomeni di segregazione

I diversi processi di trasporto correlati alle discontinuità picniche e controllati da fattori essenzialmente idrostatici ed idrodinamici condizionano in modo differenziale il trasferimento di sostanze nel bacino ed attraverso la colonna d'acqua, determinando il loro accumulo o decremento selettivo, la loro segregazione, in corpi d'acqua diversi, o direttamente, od indirettamente attraverso correlati processi biogeochimici che, derivando dall'interazione di molteplici variabili, sono di rilevante complessità.

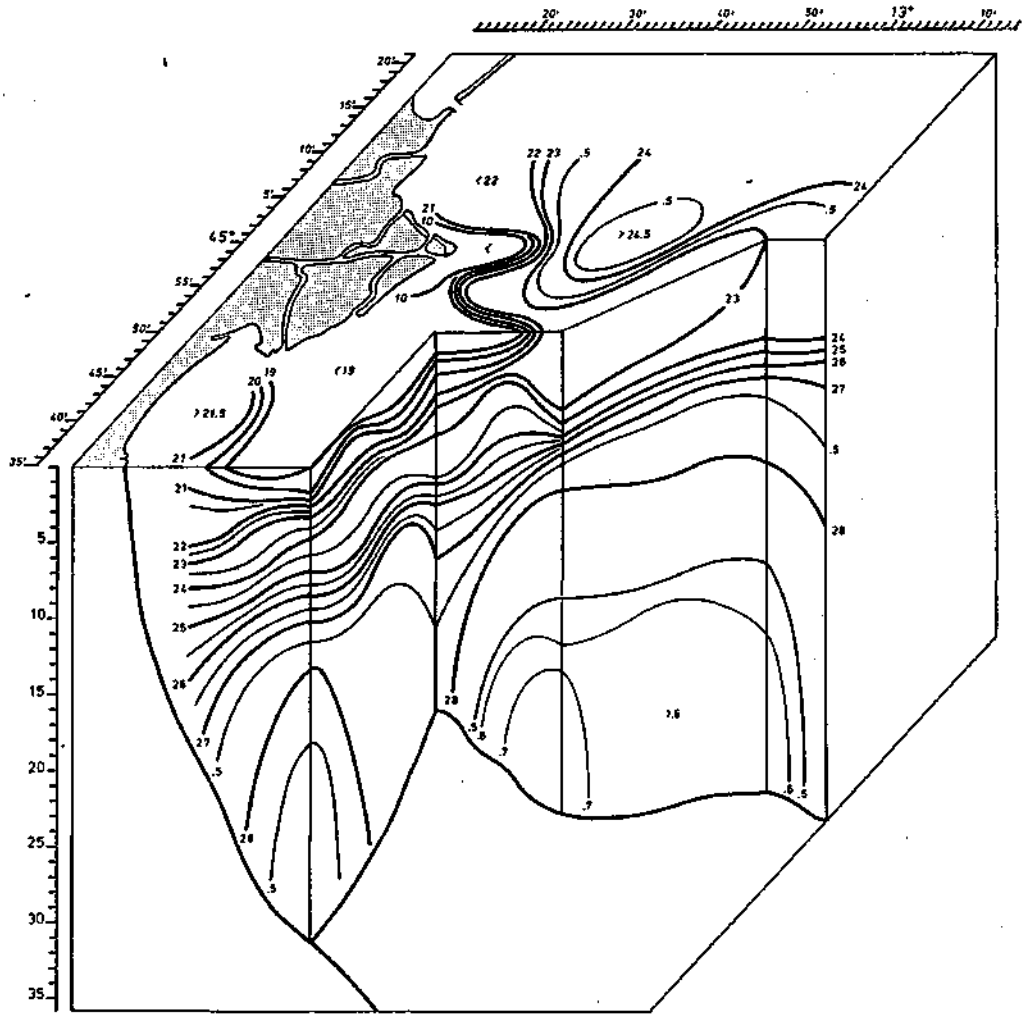


Fig. 3 Prospettiva isometrica della distribuzione della densità (come σ_t) nella zona dell'Adriatico settentrionale corrispondente al delta del Po, in condizioni di stratificazione estiva (luglio 1978).

Se ne citano qui, a titolo di esempio, solo alcuni riguardanti sostanze strettamente connesse a fenomeni trofici di generale interesse, come i nutrienti e l'ossigeno disciolto (vedi ad es. Franco, 1983).

2.3.1 In regime di instabilità invernale

Per i nutrienti il sistema frontale occidentale, controllando il trasferimento orizzontale degli apporti costieri e fluviali, che ne costituiscono la sorgente esogena di maggior importanza nel bacino, nel corpo d'acqua occidentale a bassa profondità, ne assicura l'efficiente segregazione nella zona costiera, dando origine in questa a processi di accumulo relativo. Le zone di convergenza associate ai fronti sono correlate con processi di concentrazione relativa di fitoplancton e materiale particellato.

2.3.2 In regime di stratificazione

2.3.2.1 Nei corpi d'acqua della costa occidentale, per la coesistenza di processi di mescolamento a scale brevi, e generalmente periodici, che interessano sia la colonna d'acqua che il sedimento superficiale, con un trasporto diafrontale scarsamente attivo, vengono trattenuti gli apporti disciolti e sospesi provenienti dalla linea di costa, fluviali, lagunari, ed in generale non alimentati da sorgenti dotate di caratteri dinamici sufficienti alla loro proiezione nel bacino, al di là della zona a bassa profondità.

Gli apporti del Po vengono iniettati nel bacino tramite la plume padana, il cui sistema frontale costituisce un mezzo efficiente per il loro trasporto orizzontale e per la loro diffusione diafrontale nello strato superficiale.

I picnoclini, sia quello associato alla plume, che quelli delimitanti l'intero strato superficiale, riducono invece il trasporto diffusivo verticale del materiale disciolto, trattenendolo nello strato in cui è stato prodotto od introdotto advettivamente, e condizionano la sedimentazione del materiale particellato, differenziando il trasferimento verso il basso della sua frazione a minori dimensioni (diametri fino a 30 - 50 μm), che sedimenta con velocità approssimativamente stokesiana e viene perciò trattenuta dalle discontinuità di densità, da quella a maggiori dimensioni (fino a $\sim 10^3$ la cui velocità di caduta è di qualche ordine di grandezza maggiore, e non altrettanto influenzata dalle brusche variazioni del campo di densità (Sackett, 1978).

Il picnoclino profondo ostacola la rimozione per trasporto verticale dal corpo d'acqua di fondo sia del particellato che delle sostanze disciolte preesistenti od in esso prodotte.

In regime di stratificazione è così soprattutto la distribuzione verticale dei nutrienti che viene fortemente condizionata, con la generazione di marcati nutriclini in corrispondenza dei massimi del gradiente di densità. Il trasferimento verticale dei nutrienti nella colonna è inoltre selettivo, essendo dovuto prevalentemente al trasporto diffusivo della fase disciolta quello dagli strati profondi verso l'alto, ed indiretto quello verso il basso, dovuto prevalentemente alla sedimentazione del materiale particellato organogeno prodotto nello strato superficiale, specie a quello compattato in pellets fecali, dal cui consumo e mineralizzazione nel corpo d'acqua di fondo deriva la produzione di nutrienti in fase disciolta, assieme a quella di CO_2 ed al consumo di O_2. Le sostanze prodotte nelle masse d'acqua profonde vi rimangono confinate, generalmente fino al loro asporto advettivo. La loro diffusione turbolenta verticale risulta infatti molto lenta quando connessa ai processi di erosione (entrainment) a livello del picnoclino, e diventa significativa solo nelle condizioni in cui si verifica il rimescolamento preinvernale dell'intera colonna di acqua. Il processo si traduce complessivamente nella segregazione nei corpi d'acqua di fondo di una parte significativa dell'apporto esogeno di nutrienti.

2.3.2.2 Per l'ossigeno disciolto, in condizioni di stratificazione, a partire dallo stock inizialmente contenuto nei corpi d'acqua sovrapposti, risultando ridotti fortemente a livello dei picnoclini gli scambi turbolenti verticali e la possibilità di reareazione della colonna d'acqua per trasporto verticale di ossigeno dallo strato superficiale e l'interfaccia con l'atmosfera, le concentrazioni assolute e le condizioni di saturazione vengono modificate prevalentemente dai processi di produzione e consumo, oltre che dagli scambi advettivi orizzontali.
La produzione fotosintetica di O_2 nello strato superficiale è in queste condizioni tale generalmente da assicurare condizioni di sovrasaturazione, e conseguentemente in media il flusso del gas verso l'atmosfera attraverso la superficie. Negli strati intermedi le concentrazioni relative fluttuano attorno alla saturazione, essendo controllate essenzialmente dai flussi di energia radiante, pilotati a loro volta dalle variazioni dell'attenuanza nel corpo d'acqua superficiale. Nei corpi d'acqua di fondo l'intensità di flusso dell'energia radiante non è in generale mai tale da assicurare lo sviluppo di popolamenti fitoplanctonici la cui produzione fotosintetica di ossigeno sia sufficiente a compensare le perdite respiratorie causate dall'intera biomassa plancto-, necto- e bentonica: a meno di scambi advettivi lo stock di ossigeno disponibile nel corpo d'acqua decresce perciò progressivamente dal momento della sua segregazione.
I fattori che controllano questo fenomeno sono però fondamentalmente di carattere idrodinamico, mediati da variabili e processi biogeochimici. Dalla dinamica della colonna d'acqua dipendono

infatti in varia misura: a) il volume della massa d'acqua di fondo, che, assieme alla concentrazione massima consentita dalle sue condizioni termoaline, determina lo stock iniziale di ossigeno disponibile; b) la diffusività turbolenta verticale a livello del picnoclino e la frequenza e l'intensità degli episodi di scambio advettivo orizzontale, che controllano il bilancio degli scambi gassosi con le masse d'acqua circostanti; c) le condizioni del flusso verticale del sospeso organogeno sedimentante dagli strati sovrastanti, e la risospensione e gli scambi con il sedimento, che determinano in parte gli inputs di materiale organico agli organismi eterotrofi ed il corrispondente consumo di ossigeno; d) il controllo, sia indiretto, tramite il trasporto turbolento verticale dei fitoplanctonti, che diretto, tramite l'attenuazione dell'irradianza nella colonna sovrastante, dell'energia radiante disponibile per la produzione fotosintetica di ossigeno.

CONCLUSIONI

Si sono fin qui indicate in modo schematico le caratteristiche salienti del campo di densità delle acque dell'Adriatico settentrionale, in relazione con la peculiare distribuzione in esso di discontinuità nettamente definite e con l'idrodinamica a breve scala a queste associata.
I processi di trasporto turbolento controllati da quest'ultima si riflettono su svariati fenomeni nel sistema nord-adriatico, a varie scale spazio-temporali.
Oltre che sul trasporto di classi di sostanze, come quelle che sono state sopra descritte (nutrienti, ossigeno disciolto), i cui cicli sono connessi con numerose variabili e processi biogeochimici, se ne possono mettere infatti in evidenza gli effetti, a titolo di esempio, nei processi di sedimentazione del materiale sospeso e nella risultante distribuzione dei sedimenti superficiali sul fondo del bacino (vedi Brambati, Ciabatti, Fanzutti, Marabini, Marocco, 1983); come nella distribuzione dei popolamenti zooplanctonici (Franco, Comaschi, 1976); nella distribuzione dei processi fotosintetici (Franco, 1984) e della biomassa del fitoplancton (ad es. Franco, Socal, Bianchi, 1982), in quella della diversità dei popolamenti di questo (Socal, 1986), ed infine nella loro successione temporale (Revelante, Gilmartin, 1976).
Se ne deve dedurre l'opportunità che le strategie sperimentali predisposte per affrontare in questo bacino problemi oceanografici, di carattere biologico, chimico od in generale ecologico, trovino supporto in una adeguata conoscenza della fenomenologia delle sue discontinuità picniche, delle quali sarebbe difficile sottovalutare l'importanza quale forzante fisico dei processi corrispondenti.

BIBLIOGRAFIA

BOWMAN, M.J. ESAIAS, W.E. 1978 Oceanics fronts in coastal processes. Springer Verlag, Berlin, p. 114

BOWMAN, M.J. IVERSON, R.L. 1978 Estuarine and plume fronts. In: BOWMAN, M.J. ESAIAS, W.E. 1978 (op. cit.), 87-104

BRAMBATI, A. CIABATTI, M. FANZUTTI, G.P. MARABINI, F. MAROCCO, R. 1983 A new sedimentological textural map of the northern and central Adriatic Sea. Boll. Oceanol. teor. appl., 1, 267-271

FRANCO, P. 1983 L'Adriatico settentrionale: caratteri oceanografici e problemi. Atti 5° Congr. AIOL, 1-27

FRANCO, P. 1984 Fattori influenti sulla produttività primaria nell'Adriatico settentrionale. Boll. Oceanol. teor. appl., 2, 125-140

FRANCO, P. COMASCHI, A. 1976 Distribuzione dei Cladoceri nell'Adriatico settentrionale. Nota preliminare. Archo Oceanogr. Limnol., 18, (Suppl. 3), 425-436

FRANCO, P. JEFTIC, L. MALANOTTE-RIZZOLI, P. MICHELATO, A. ORLIC, M. 1982 Descriptive model of the northern Adriatic. Oceanol. Acta, 5, 379-389

FRANCO, P. SOCAL, G. BIANCHI, F. 1982 Fitoplancton nell'Adriatico settentrionale. Crociere 1978. Natur. sicil. S IV, 6 (Suppl. 1), 29-38

REVELANTE, N. GILMARTIN, M. 1976 Temporal succession of phytoplankton in the northern Adriatic. Neth. J. Sea Res., 10, 377-396

SACKETT, W.M. 1978 Suspended matter in seawater. In: RILEY, J.P. CHESTER, R. (Eds.) Chemical oceanography. Academic Press, London, 7 (Ch. 37), 127-172

SOCAL, G. 1986 Nota sulla dominanza fitoplanctonica nell'Adriatico settentrionale. Archo Oceanogr. Limnol., 20, (in stampa)

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	259-265	1986

CONSIDERAZIONI SUGLI EFFETTI DELL'EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE SULLA PESCA MARITTIMA DELLA COSTA EMILIANO ROMAGNOLA.

L. Mancini, G. Sansoni*

Istituto di Patologia Generale e Anatomia Patologica, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Bologna. - *Consorzio per il Centro Universitario di Studi e Ricerche sulle Risorse Biologiche Marine di Cesenatico.

KEY WORDS: eutrophication, fishing, sanitary problems.

ABSTRACT - The authors report the problems caused by the eutrophication to the coastal waters of Emilia-Romagna and to the fishing in the same area. Particularly some data about fish market of Cesenatico are contemplated. It's clear a substantial decrease of many fishery products.

RIASSUNTO

L'eutrofizzazione delle acque costiere emiliano-romagnole, accanto a problemi ecologici ha sollevato anche nel corso di questi ultimi dieci anni aspetti di carattere igienico-sanitario. I possibili rischi non riguardano solamente la balneazione ma hanno stretta attinenza alla sopravvivenza delle popolazioni animali acquatiche ed al loro uso. Sono state osservate morie massive di organismi bentonici, morie stagionali di interi e vasti parchi marini in allevamento di mitili e di ostriche , di novellame di pesce nonché di molluschi nelle zone infra e sopralitorale. Anche le condizioni igieniche di pesca sembrano in discussione nonché la possibilità di un più razionale utilizzo delle acque per finalità produttive più moderne.

SUMMARY

During the past ten years the eutrophication of the coastal waters of Emilia-Romagna has given rise to a number of sanitary, as well as ecological, problems. Not only the bathing season is jeopardized by the current state of the water, but also the survival and exploitation of marine wildlife are seriously endangered. A few apparent aspects of this situation are the massive dying of benthic organism, the seasonal dying of huge amounts of mussels and oysters in marine farms, of fry and - on and near the shoreline - shellfish. The debate now

encompasses fishing sanitary conditions and the uncertainty of a viable, more functional exploitation of the sea meant to attain modern production goals.

Poiché l'eutrofizzazione è un fenomeno che in genere riguarda soprattutto le acque più vicine alla costa, trattandone le relazioni con le attività di pesca è opportuno precisare che le considerazioni che verranno esposte saranno riferite in modo particolare alla zona che è compresa entro le sei miglia dalla costa e alla quale il vigente regolamento fa riferimento quando parla di pesca locale, distinta dalla pesca ravvicinata, che viene esercita invece fino alla distanza di 20 miglia dalla costa.
Nell'Adriatico Settentrionale tale area è contraddistinta da un pendio molto dolce, tanto che ad un chilometro si raggiungono appena 4,5 metri. Tale caratteristica unitamente all'instaurarsi di stratificazioni termoaline e alle tipiche condizioni estive di stabilità meteomarina può rendere conto dell'accumulo in questa zona di sostanza organica e di nutrienti portati dai numerosi fiumi e canali costieri e della frequente comparsa di stati di anossia particolarmente evidenti negli strati più profondi.
Per tutto questo le acque costiere "locali" emiliano-romagnole fanno parte integrante di un sistema idrologico in cui le masse d'acqua che lo compongono specie in certi periodi non hanno scambi sufficienti fra loro e con le masse del largo ed il flusso di materia che vi giunge è destinato a rimanervi concentrato, senza possibilità per gli ordinari processi biologici e chimici di mantenere il necessario equilibrio trofico.
Gli effetti di questa condizione di eutrofia e spesso di distrofia possono essere così riassunti:
- aumento abnorme del fitoplancton e conseguentemente dei suoi consumatori, specialmente durante il periodo estivo, con presenza sovente massiccia di larve (zoee), di piccoli crostacei del genere Idotea e persino di organismi medusoidi o altri organismi urticanti che infastidiscono la balneazione;
- abnorme produzione di macrofite (Gracilaria, Polysiphonia, Chaetomorpha, ecc.);
alterazione delle caratteristiche organolettiche delle acque con comparsa di colori ed odori sgradevoli (maree rosse, maree verdi);
aumento della concentrazione batterica "spoliatrice" di sostanza organica e incremento dei processi ossidativi con riduzione e scomparsa della necessaria concentrazione dell'ossigeno disciolto;
- comparsa di metaboliti tossici per gli animali acquatici: ammoniaca, idrogeno solforato, metano, ecc.;
- migrazione forzata e moria di pesci e di altri organismi acquatici a causa della mancanza di ossigeno o per danni all'apparato branchiale (distrofia, ferimento ed occlusione delle branchie);
- possibilità di insorgenza di fenomeni tossici per i pesci e per

l'uomo a causa della produzione delle biotossine da parte di alcune specie fitoplanctoniche.
A questo riguardo è stato provato che nell'Adriatico non si sono mai sviluppate specie tossigene e le morie di pesci fino ad ora verificatesi in occasione di maree colorate sono state attribuite a:
- assenza di ossigeno disciolto perchè consumato in gran parte dalle alghe e dai processi batterici di decomposizione della materia organica;
- soffocamento da lesioni traumatiche causate da particolari conformazioni strutturali planctoniche (Ceratium, Peridinium, ecc.);
- occlusione delle branchie a causa dell'alta concentrazione del fitoplancton;
- episodi di alta concentrazione di ammoniaca e di idrogeno solforato conseguenti ad anossia (ad es. durante l'estesa moria di cefali nell'estate 1984 entro la darsena di Cesenatico).
Per quanto poi concerne la capacità di alcune specie fitoplanctoniche di causare manifestazioni allergiche nell'uomo, sono noti episodi di irritazioni respiratorie allergiche delle popolazioni rivierasche investite da aerosol trasportati dal vento e provenienti da zone ricche di Gymnodinium. Prove di agitazione effettuate su colture di tali alghe e su materiale in degradazione ci hanno permesso di constatare la liberazione di vapori nauseanti e irritanti le vie respiratorie.
Per dare una corretta valutazione degli effetti dell'eutrofizzazione riscontrati in questi ultimi dieci anni sull'ambiente biologico e sulla pesca marittima costiera locale dell'Emilia-Romagna, oltre alla conoscenza esatta delle comunità zoologiche e del loro evolversi in condizioni di normalità, sarebbe necessario conoscere esattamente il meccanismo di azione esercitato da tali anomale condizioni ambientali e le reazioni delle singole specie.

Per potere esprimere una valutazione del danno queste conoscenze degli effetti sulle singole specie di organismi acquatici dovrebbero essere integrate da dati sulla frequenza di tali effetti e sulla quantità totale degli organismi presenti.
Purtroppo lo stato attuale delle nostre conoscenze non sempre ci permette di distinguere l'entità delle variazioni prodotte sulla consistenza delle popolazioni in mare aperto dalle fluttuazioni naturali (eutrofizzazione) e da quelle esercitate dalla pesca disordinata. Rimane quindi impossibile per ora fare delle valutazioni precise sull'entità delle variazioni quali-quantitative subiti da alcuni prodotti della pesca causate dai processi di eutrofizzazione più o meno marcati.
Saranno pertanto descritti episodi e fatti che si sono verificati e che ricorrentemente si riscontrano nell'area di pesca della marineria di Cesenatico.
Grandi quantitativi di pesci bentonici (sogliole, rombi, ecc.), di molluschi cefalopodi (calamari, seppie, ecc.), di crostacei (canocchie, granchi, ecc.) costretti a migrazioni verticali, vengono spesso pescati con mezzi impropri ed in quantità inusitate ed in posizione anomala. Per dare un'idea dell'entità che il fenomeno può assumere ricordiamo

che la quantità di animali acquatici commestibili venuti a morte in un'unica mattinata nell'estate 1975 nella sola zona di Cesenatico (km 7,4 di battigia) fu stimata in 70.000 quintali, pari ad un valore approssimativo di due miliardi di lire.

E' risultato che mentre da pescate normali e praticate nelle medesime condizioni meteomarine e negli stessi periodi stagionali con mezzi da 100 HP, attrezzati a strascico e mediamente con 5-6 tirate giornaliere si potevano catturare: 8 chilogrammi di sogliole, 15 di Paganelli 8 di triglie, 15 di seppie, 12 di canocchie, nei momenti di sofferenza o moria del pesce per anossia le catture potevano essere sestuplicate (pesca facile) o ridotte a zero.

I prodotti catturati in tali situazioni spesso non sono risultati idonei al consumo o per la presenza di alterazioni organolettiche (odore o sapore di alghe) o per la ridotta consistenza delle carni o perchè talvolta affetti da malattie sostenute da Aeromonas, Vibrio, (Gobidi e Mugilidi).

Non era infrequente inoltre che le reti appena gettate, si riempissero di materia organica in decomposizione (macrofite, fitoplancton sedimentato) mucillaginosa e putrida e che gli stessi motori dei pescherecci, in occasione di particolari fioriture andassero soggetti ad insolito surriscaldamento e che i pesci pescati nel fondo avessero accentuati sapori di fango e si decomponessero precocemente. In tali circostanze si dovrebbe forse rivolgere maggiore attenzione anche alla esistenza o meno delle condizioni igieniche prescritte nei luoghi di pesca. Sempre nelle stesse aree alcune specie di Trachinidi come Uranoscopus scaber, Anguilla anguilla ed altri pesci bentonici hanno subito una accelerata rarefazione, come del resto sembrano abbiano tendenza alla scomparsa i Mustelus mustelus (palombi). E' pressoché venuta a mancare la tradizionale pesca dei Gobius minutus e di Atherina sp. a 1-2 miglia che era praticata dalla piccola pesca locale con due barche e tre reti, due reti e una sola barca, e che dava 40-50 casse di pescato al giorno per coppia.

Sono risultati significativi i dati della produzione delle sogliole relativi al mercato ittico di Cesenatico.

Analizzando la produzione dall'anno 1974 ad oggi, nonostante sia notevolmente aumentato lo sforzo di pesca si è passati da 398 quintali nel 1974, a 252, a 108 e 98 quintali rispettivamente negli anni 1983, 1984, 1985. Altrettanto si può notare nella produzione delle canocchie: dai 1120 quintali del 1972, si è passati ai 902, 621, 626 e 613 quintali rispettivamente negli anni 1982, 1983, 1985 con punta anomala nel 1984. E' pure stata riscontrata l'abnorme frequenza di specie poco pregiate (Trachurus trachurus o suro) e rare per i nostri litorali, come il bivalve Scapharca inaequivalvis o vongola giapponese, nonché l'incremento di organismi competitori e nocivi; sono inoltre risultate in aumento specie batteriche anche abbastanza nuove per i nostri mari: Vibrio parhaemolyticus, Vibrio fluvialis, Vibrio veneficus ecc. Ma anche le specie ittiche pelagiche hanno dimostrato di risentire

delle alterate condizioni chimiche, fisiche e biologiche delle acque. Sono state osservate morie di novellame di sardina verosimilmente sostenute da virus. Le sardine pescate in primavera ed estate e destinate alle industrie conserviere nazionali ed estere, hanno spesso manifestato nel muscolo e precisamente lungo la colonna vertebrale abnormi colorazioni verdi a focolaio tali da pregiudicare l'uso dei filetti.
Inoltre si va delincando nell'area una consistente diminuzione della produzione delle alici o acciughe o sardoni.
Da quantitativi di produzione a Cesenatico di 54.866 quintali dell'anno 1972, si è passati, pur con lo sforzo di pesca triplicato dal 1975 al 1985, ad una media annua di produzione di 14.500 quintali, con una punta minima nel 1977 di 7.654 quintali. Nei primi otto mesi del 1986 (Tab. 1), tale andamento si rivela in accentuazione, con prospettive preoccupanti per il futuro dell'economia della pesca emiliano-romagnola (Goro, Porto Garibaldi, Ravenna, Cesenatico, Rimini, Cattolica).

Tab.l Andamento della produzione delle alici a Cesenatico nei primi otto mesi degli anni 1985 e 1986 (i valori sono espressi in quintali):

	1985	1986
Gennaio	1.242	680
Febbraio	4.792	126
Marzo	2.144	42
Aprile	2.296	446
Maggio	906	254
Giugno	256	96
Luglio	852	146
Agosto	1.028	46

Anche la qualità delle alici pescate in autunno e sempre in occasione delle abnormi fioriture di Gymnodinium, è risultata tale da non permetterne l'utilizzazione per la lavorazione industriale a causa delle alterazioni di odore e sapore. Sono anche state osservate morie stagionali di interi parchi marini di allevamento di mitili e di ostriche in mare aperto, di novellame di pesci e molluschi nella zona infra e sopralitorale. I caratteristici e rinomati giacimenti di Ostrea edulis e Griphaea angulata (ostrica portoghese) nelle zone più al largo, e quelli di Chamelea gallina o vongola o poverazza, sono in via di estinzione nelle aree tradizionali da Goro a Ravenna e in accentuata preoccupante diminuzione in quelle di Cesenatico, Bellaria, Rimini e Riccione con danni economici gravissimi. Le cause sono da attribuirsi al perdurare degli stati anossici e alla presenza di metaboliti tossici, alla graduale diminuzione della salinità delle acque costiere, alle variazioni delle caratteristiche compositive del sedimento, sempre più formato da fango mentre varie specie come le vongole ed i cannolicchi, esigono fondali sabbiosi. Venerupis

aureus o vongola gialla o longone viene invece oggi pescata con discreto successo in zone poco fangose a due miglia, che dovrebbero costituire il tradizionale limite fra il fango e la sabbia.
I dati di mercato e quelli fornitici direttamente dai produttori di vongole dimostrano pure un vero e proprio crollo della produzione nella zona da Cesenatico a Riccione, con valori di circa un terzo rispetto a dieci anni fa. Dai 250.000 quintali di vongole si è giunti attualmente agli 80.000 quintali e il prezzo è passato dalle 50 lire il chilogrammo del 1975, alle 400 lire del 1983 e alle 2.000 lire di oggi. Ad un danno quindi in termini di risorse alimentari, è conseguito anche un sensibile danno in termini economici per il consumatore.
Ci è stato infine impossibile fino ad oggi quantificare i danni che la eutrofizzazione causa localmente agli animali acquatici allo stadio larvale e post-larvale, ma sicuramente i danni alla produttività e quindi alla pescosità delle acque costiere sono imponenti e si aggraveranno nel prossimo futuro. Ma quel che ancora impedisce il miglioramento in prospettiva della industria della pesca locale è proprio la impossibilità della attuazione nell'area costiera romagnola di adeguate iniziative per razionalizzare la pesca costiera, per l'attuazione dei riposi biologici e per il ripopolamento delle specie ittiche oggetto di pesca, a causa proprio della precarietà delle condizioni igieniche delle acque e dei fondali.

In attesa di ampi interventi che risolvano radicalmente questi problemi, sarebbe necessario cominciare a rivedere la destinazione e le modalità di scarico, anche in mare, degli effluenti locali di origine urbana e zootecnica, al fine di ridurre specialmente nel periodo dalla primavera all'autunno, gli effetti deleteri sulle risorse biologiche marine e sulla qualità delle acque usate anche per la balneazione.

BIBLIOGRAFIA

A. Antoniazzi - 1976 - L'erosione marina nel litorale fra Cervia e Cesenatico - C.C.I.A.A. Forlì Tipografia Zauli.

G. Chiaudani, G.F. Gaggino, M. Vighi - 1982 - Previsione dello stato trofico delle acque costiere dell'Adriatico settentrionale in funzione di variazioni del carico eutrofizzante - 5° Congresso A.I.O.L. Stresa.

A. De Zwaan - 1977 - Anaerobic energy metabolism in bivalve mollusc - Oceanograf. Mar. Biol. Ann. Rev., 15, 103-187.

S.Genovese - 1973 - Eutrophisation: recèntes orientations pour des nouvelles perspectives- Rev. Inter. Oceanogr. Med., 29, 53-61.

A. Ivanoff - 1972 - L'océanographie: proprietés phisiques et chimiques des eaux de mer.

L. Mancini, L. Morganti - 1978 - I molluschi bivalvi: produzione e

controllo igienico sanitario - Atti 1° Incontro sulle Risorse Marine. Tip. Zauli - Forlì.

L. Mancini - 1983 - Eutrofizzazione delle acque costiere adriatiche, maree colorate e controllo di qualità dei prodotti della pesca - Il Nuovo Progr. Vet., 19, 903-904.

L. Mancini - 1984 - La produzione dei molluschi bivalvi in Italia: attualità e prospettive - Ind. Cons., 59, 26-36.

R. Marchetti - 1984 - Quadro analitico complessivo dei risultati delle indagini condotte negli anni 1977-1980 sul problema dell'eutrofizzazione nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna. Situazione e ipotesi di intervento - Regione Emilia-Romagna.

N. Revelante, M. Gilmartin - 1976 - The effect of Po river discharge on phytoplankton dynamics in the northern Adriatic sea - Marine Biology, 34, 259-271.

M. Specchi, L. Famiani - 1976 - Alcune osservazioni idrologiche in una Stazione fissa del golfo di Trieste - Archo Oceanografico Linnol., 18, 255-264.

V. Tonolli - 1964 - Introduzione allo studio della limnologia - Ed. Ist. Ital. di Idrob. Verbania Pallanza.

R. Viviani, M. Proja, F. D'Alessandro, L. Mancini, R. Poletti, G. Montanari - 1978 Primi casi in Italia di "Paralytic Shellfish Poisoning " da mitili coltivati nei Rias della Spagna - Atti Acc. Sc. Ist. Bologna, classe di Scienze Fisiche, anno 265°, Memorie serie IV, n.2.

R. Viviani, L. Boni, L. Mancini, A. Annibali, O. Cattani, A. Milandri, G. Montanari, C. Nizzoli, M. Pirini, M. Pompei, A. Rinaldi - 1980 - Occurence of various types of phytoplankton blooms in a coastal area of the Northern Adriatic sea facing Emilia Romagna - Atti Acc. Sc. Ist di Bologna Classe delle Scienze Fisiche, Anno 267°, Memorie serie IV, n.10.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	267-280	1986

STATI DI ANOSSIA DEI FONDALI, POPOLAMENTI BENTONICI E PESCA.

G. Orel (°), E. Vio (°), M. Princi (*), D. Del Piero (°) e F. Aleffi (+)

(°) Dipartimento di Biologia, Università di Trieste - (*) Laboratorio di Igiene e Profilassi, Trieste - (+) Laboratorio di Biologia Marina, Trieste.

Key words: Anoxia; Benthic communities; Fishery; Climatic changes.

ABSTRACT - Events of oxygen deficiency on the sea bottom of the Gulf of Trieste and other localities are described.

RIASSUNTO

Episodi di ipossia e anossia possono interessare tanto porti e piccole insenature che aree costiere di mare aperto. Le deficienze di ossigeno posso no essere causate dall'attività di degradazione aerobica di sostanza organica in via di sedimentazione e dall'aumentata domanda respiratoria da parte di popolazioni planctoniche e bentoniche. Tali fenomeni, che si verificano in concomitanza con particolari condizioni meteorologiche e idrologiche che limitano il ricambio possono essere occasionali o frequenti e determinano conseguenze differenti sui popolamenti bentonici e sulla pesca. Negli ultimi vent'anni la frequenza di questi fenomeni nell'Alto Adriatico si è accentuata. E' possibile che tali fatti debbano essere considerati anche risposta a cambiamenti climatici.

SUMMARY

Hypoxic and anoxic conditions may happen as in harbours and little bays as in coastal areas and open sea. Oxygen deficiency may be caused by aerobic decomposition of depositing organic matter and by increasing of the oxygen demand of the plancton and benthos populations. Such events, which happen simultaneously with particular hydrologic and meteorologic conditions, limiting the water mixing, may be occasional or frequent and produce different consequences on the benthic populations and fishery. In the last twenty years the frequence of these events increased in the Northern Adriatic Sea interesting coastal and offshore areas. It is possible that such events may be con¬sidered a consequence of climatic changes too.

INTRODUZIONE

Episodi di ipossia e anossia dei fondali marini possono interessare tanto piccole aree come porti, rade, baie, anse costiere, quanto fiordi e mari interni delimitati da soglie, quanto ancora porzioni di mari mediterranei,

mari bordieri oppure tratti costieri di fondali oceanici.

Lineamento comune a tutti questi siti è una produttività in genere elevata e la difficoltà di ricambio delle acque vicine al fondo. In tali condizioni la domanda di ossigeno dei processi di rimineralizzazione che si svolgono in corrispondenza e in prossimità del substrato diventa eccessiva; gli animali più mobili fuggono dalla zona; quelli meno mobili o sessili mettono in atto differenti meccanismi di difesa, ad efficacia comunque limitata: i bivalvi filtratori protendono i sifoni verso acque più ossigenate e poi si portano alla superficie del substrato, così pure fanno certi Spatangidi e Sipunculidi; diversi Policheti accentuano la circolazione nei loro tubi o nelle loro gallerie che poi abbandonano per portarsi anch'essi alla superficie del fondo; Asteroidi ed Ofiuroidi cercano di raggiungere posizioni elevate, ecc..

Si tratta comunque di difese temporanee. Se il fenomeno si protrae, gli organismi presenti nella zona anossica muoiono e la degradazione dei loro resti alimenta l'anossia fino alla produzione di idrogeno solforato. Per un certo tempo l'attività tossica di questa sostanza può venir bloccata dalla precipitazione di solfuri, soprattutto di Ferro (da cui la colorazione nera dei sedimenti), poi essa si somma alla precedente causa di mortalità (Jorgensen, 1980).

Questi fenomeni possono essere sporadici oppure ripetersi con periodicità diversa ed è questo il fatto che conferisce al bentos delle zone colpite caratteri differenti a seconda del tempo intercorrente tra un episodio e l'altro. In termini di bionomia bentonica, un episodio o il ripetersi di episodi di ipossia o anossia devono essere considerati alla stregua di fattori edafici ad azione più o meno prolungata nel tempo, capaci di determinare "facies" particolari in un popolamento bentonico, causarne la degradazione o il rimpiazzo totale. Vistose conseguenze di questi fatti vengono rilevate anche attraverso la pesca.

LE ANOSSIE DELL'ADRIATICO E DI ALTRI MARI

Uno dei casi meglio seguiti di evoluzione delle biocenosi bentoniche sotto la spinta di ricorrenti anossie si riferisce al bacino di Bornholm, nel Baltico Meridionale. Qui i fenomeni di ipossia ed anossia seguono il ritmo delle ingressioni di acque dal Mare del Nord attraverso il Kattegat. Le condizioni di inizio dei popolamenti bentonici sono state rilevate da ricercatori polacchi nel 1951-52 (Demel e Mulicki, 1954; 1959). In quegli anni la fauna inventariata per le stazioni a profondità maggiore di 60 e fino a 90 metri circa (la profondità massima del Baltico nella zona è di 100 metri), consisteva di una dozzina di specie e il grosso della biomassa era dato dai tre bivalvi Macoma baltica, Macoma calcarea e Astarte borealis. Nel 1963 e 1964, durante delle ricognizioni svedesi, sulle stesse stazioni al di sotto di 60 metri furono trovate soltanto due specie di cui una, Astarte borealis, rappresentata da un unico individuo. Degli altri bivalvi furono rinvenute soltanto conchiglie vuote (Tulkki, 1965). In una nuova crociera effettuata nel 1965 furono nuovamente raccolte alcune delle specie originarie, bivalvi esclusi, e fu messa in evidenza una facies a Scoloplos armiger, specie tra le più tolleranti basse concentrazioni di ossigeno (Mulicki, 1957).

In seguito, nel 1967, Scoloplos armiger era assente nelle stazioni più profonde; era comparsa invece una facies a Capitella capitata, specie spesso presente nel popolamento paucispecifico a policheti della "zone polluèe" di Bellan (1967) o "polluted bottom" di Reish (1959) proprio al di là della zona azoica prospiciente scarichi urbani o misti industriali e urbani. In questo caso però le peculiari caratteristiche ambientali corrispondenti alla presenza massiccia di Capitella e cioè arricchimento di materiali organici, carenza di 0 , presenza di H_2S, diminuita competizione non sono direttamente influenzate dalle attività umane, ma dipendono, come si è detto, dall'alternanza di periodi di ricambio e periodi di stagnazione con crisi anossiche. Infatti nel 1968, dopo un periodo di stagnazione, le medesime stazioni profonde risultarono azoiche a causa di una nuova anossia protratta nell'anno con formazione di H_2S che ha determinato le conseguenze più estese che siano state mai osservate (Leppäkoski, 1969).

Dopo una nuova ingressione a fine 1968 e nel 1969, che ha determinato la ricostituzione della comunità originale a Macoma calcarea, dotata di una ventina di specie, nel settembre 1970 una nuova anossia ha cancellato nuovamente ogni specie macrobentonica nel bacino al di sotto dei 70 metri (Leppäkoski, 1971), contribuendo a quella progressiva desertificazione del Baltico in atto a partire dal 1950.

Secondo Fonselius (1969), l'incremento generale della salinità negli ultimi decenni è la ragione prima del deficit di ossigeno del bacino profondo del Baltico e l'incremento di fosforo un aspetto secondario causato in parte dall'influenza umana nell'ambiente marino.

Questi fenomeni hanno riflessi sulla biologia dei pesci e della pesca. Negli anni cinquanta sono state infatti registrate ampie modificazioni nelle popolazioni dei merluzzi e nei loro comportamenti riproduttivi (Elwertowski, 1959).

Sequenze di estinzione della fauna bentonica e successive ricolonizzazioni si verificano anche nel Limfjorden, in Danimarca, dove a seconda delle zone, le anossie possono verificarsi da ogni estate a ogni quattro o cinque estati (Jorgensen, 1980). Qui i sintomi dell'anossia vengono avvertiti con molta precisione dai pescatori in questo ordine:

1) La rete puzza di sostanza organica in decomposizione. I pesci piatti catturati sono spesso morti e le anguille, più resistenti, appaiono però indebolite.

2) Ci sono molti policheti impigliati nella rete. All'inizio del fenomeno vengono tirati a bordo ancora vivi, poi morti.

3) In breve il pesce scompare dalla zona. Gli animali catturati sono morti e in putrefazione. Le parti metalliche della rete si coprono di nero (per la presenza di H_2S).

Misure di O_2 effettuate in queste zone subito dopo tali segnalazioni hanno dato valori inferiori a 1 mg/litro.

In alcune occasioni di anossia estesa si sono notati spostamenti di pesci verso riva, dove indeboliti, possono essere catturati con le mani ("Giubilei" di Mobile Bay - Alabama) (May, 1973).

Nel Limfjorden le stagnazioni che determinano le anossie vengono generalmente interrotte dallo spirare di venti occidentali. Il vento determina tal-

volta la risalita di acque di fondo. Nello stesso tempo viene avvertito un odore sgradevole e l'acqua assume una torbidità lattiginosa, molto verosimilmente dovuta all'ossidazione di H_2S a microgranuli di zolfo (Jorgensen, cit.) Lo stesso fenomeno viene spesso osservato nella Laguna di Venezia durante i mesi estivi.

Le anossie estive di Chesapeake Bay, un'estuario con stratificazione termoalina per la maggior parte dell'anno, presentano diversi motivi di interes se. In primo luogo perchè, seguite fin dagli anni trenta, appaiono acutizzate via via fino al 1984, anno della crisi più catastrofica mai registrata, con estensione della durata, delle aree e dei volumi interessati, nonchè delle conseguenze biologiche determinate (Seliger e Al., 1985). In secondo luogo perchè gli effetti sugli stocks ittici appaiono ben documentati anche attraverso dati commerciali che complessivamente tendono ad indicare la rarefazione delle specie demersali, vicariate sui mercati da specie planctonofaghe, capaci di sopportare notevoli stress ambientali. Anche la comunità fitoplanctonica appare aumentata nel tempo con passaggio da dominanza di diatomee a dominanza di dinoflagellati (Officer e Al., 1984). I più importanti episodi di anossia vengono riferiti all'azione concomitante di diversi fatti meteorologici: elevate portate fluviali nel tardo inverno e nella primavera-estate, iniezioni sotto il picnoclino di acque marine ad elevata salinità determinate da altre pressioni e venti di sud-ovest, assenza di tempeste che generalmente durante l'estate contribuiscono all'affondamento del picnoclino con ossigenazione di fasce di fondo via via più ampie (Seliger e Al., cit.).

Una sequenza di fatti meteorologici è stata indicata quale condizione essenziale anche in occasione dell'anossia che ha interessato il New York Bight nel 1976 (Falkowski e Al., 1980). In tutti questi casi viene inoltre invocato un aumento dell'eutrofizzazione antropogenica con aumento della produzione primaria. Tale fatto viene preso in considerazione anche nell'analisi delle ipossie rilevate nel German Bight, quindi in mare aperto, nel 1981 e 1982 in corrispondenza alla valle pleistocenica dell'Elba. Nelle zone ipossiche (1,2 - 1,8 mi/litro di 0) alcune pescate a strascico danno da 1 a 5 kg di resa oraria; in aree vicine, più ossigenate (2,8 - 3,0 mi/litro di 0), le rese sono di 700 - 900 kg/ora (Westerhagen e Al., 1983).

In seguito ad una anossia conseguente ad una fioritura di Goniaulax polyedra avvenuta nel 1962 ad Alamitos Bay (California meridionale) delle due nuove specie che compaiono durante il processo di ricostituzione dei popolamenti, una è Capitella capitata (Reish, 1963). Come si è già detto, questa specie comune in zone di accumulo e degradazione di sostanze organiche, costituisce spesso, assieme a poche altre specie di policheti, dei popolamenti molto densi ai limiti dei fondali azoici prospicienti scarichi urbani e/o industriali.

Secondo Pèrés e Bellan (1970) questi particolari popolamenti vengono eliminati in seguito a periodi di calme estive e temperature elevate.

La fauna dei fondali della Baia di Muggia viene studiata fin dal 1966 (Specchi e Orel, 1968). Già da allora rispetto alla tipica successione di popolamenti bentonici descritta da Reish e da Bellan è stata notata la mancanza del popolamento paucispecifico a policheti. E' per questa ragione che a più riprese, a partire dal 1975 i fondali della Baia sono stati studiati, so

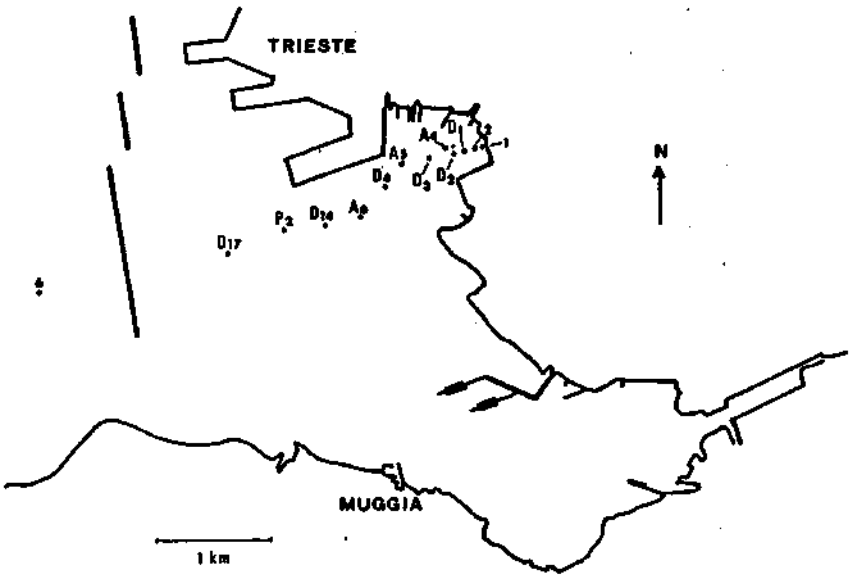


Fig. 1. Stazioni in cui sono stati effettuati campioni di bentos: 1, 2, D1, D2, A4, D3, A5, D4, A6, D14, P2, D17. Stazioni in cui sono stati raccolti dati di T, S, 0 , PO_4^{---}, Eh dei sedimenti e misurata la trasparenza con il Disco Secchi; 1, A4, A5, A6, D17, 6.

prattutto lungo una radiale (Fig. 1), anche attraverso i più importanti parametri chimici e fisici, misurati sulla colonna e al fondo (T, S, 0 , PO_4^{---}, Eh dei sedimenti e Disco Secchi).

I risultati ottenuti riguardanti l'O_2 a livello del fondo sono riportati in Tab. 1. Ad essi fanno puntualmente riscontro i valori di eh dei sedimenti (Tab. 2). Come si vede le acque di fondo della Baia sono pressochè costantemente sottosature di O_2. Questa condizione si accentua ogni anno nei mesi tardo estivi e nelle stazioni più prossime alla costa, in cui si possono avere anche periodi di anossia. Tali fenomeni dipendono in primo luogo dagli apporti costieri di sostanze organiche in sospensione (Tab. 3) che, sedimentate, richiedono notevoli quantità di O_2 per la loro rimineralizzazione. In effetti basse saturazioni corrispondono ad elevate concentrazioni di PO_4^{---} (Tab. 4). La situazione descritta è sostenuta tuttavia anche dall'attenuarsi del ricambio idrico nei mesi estivo-autunnali in tutto il Golfo di Trieste. C'è da notare che valori di ipossia, prossimi ai livelli di guardia per la maggior parte degli organismi bentonici (8/10/1981: 1,37 cc/litro - sat. 27,8 %) si possono avere anche fuori dalla Baia.

Questo fatto e il fatto che anche in altre zone del Golfo spesso venivano campionati fanghi maleodoranti e neri, simili a quelli della Baia di Muggia, già da tempo ha indotto a pensare (Ghirardelli e Al., 1975) che il Gol-

Stazioni	1	A4	A5	A6	D17	6
Profondità (m)	9	13	15	16	19	22
Data						
18/ 6/79	37.90	74.66	40.66	46.00	58.60	-
5/ 7/79	84.87	85.39	85.92	93.91	52.76	-
19/ 7/79	67.42	43.41	64.05	61.77	73.87	-
29/ 7/79	109.85	75.56	47.46	51.34	47.16	-
14/ 8/79	0	21.39	37.96	50.60	32.96	-
14/ 9/79	0	12.80	16.95	8.42	29.83	-
5/10/79	65.18	65.10	62.18	62.80	69.56	-
22/10/79	56.01	53.50	55.78	25.97	30.98	-
5/11/79	82.70	81.23	93.19	86.06	88.21	-
29/11/79	86.91	73.42	90.34	95.30	98.55	-
17/12/79	73.47	79.42	81.28	86.97	91.09	-
22/ 1/80	84.80	84.91	-	-	95.13	-
25/ 2/80	103.60	93.38	99.77	101.89	116.96	-
10/ 3/80	91.05	87.21	86.25	93.79	100.85	-
25/ 3/80	24.31	75.50	69.32	87.91	89.74	-
9/ 4/80	64.90	85.15	88.28	93.24	95.05	-
1/ 5/80	90.72	94.17	90.91	85.34	82.12	-
20/ 5/80	69.00	98.09	-	-	-	-
2/ 6/80	73.18	79.06	67.11	78.97	91.56	-
16/ 6/80	20.22	40.05	56.43	73.32	75.08	-
1/ 7/80	72.78	88.96	66.34	69.66	51.38	-
22/ 7/80	37.42	87.12	48.18	46.03	53.63	-
5/ 8/80	6.61	5.02	39.86	70.15	42.94	-
6/10/80	56.61	55.78	15.39	26.72	38.68	-
23/10/80	48.57	56.87	49.61	53.44	55.93	-
8/ 4/81	66.27	85.95	80.56	71.62	71.52	79.01
6/ 5/81	89.41	91.19	83.16	88.00	92.45	109.36
19/ 5/81	47.52	55.46	53.71	75.35	76.60	87.09
1/ 6/81	45.31	47.54	28.59	70.11	69.37	75.51
15/ 6/81	40.64	59.91	43.90	60.75	76.58	94.04
6/ 7/81	48.31	85.99	69.84	46.24	49.71	-
23/ 7/81	52.50	46.65	29.56	39.57	76.59	75.78
9/ 8/81	83.30	78.19	-	-	43.39	62.48
23/ 8/81	-	-	-	-	-	74.02
8/10/81	55.89	51.24	-	29.40	-	27.83
26/10/81	33.89	17.74	16.21	26.75	35.09	-
13/11/81	73.66	83.83	84.69	82.65	88.82	107.77
14/12/81	88.95	87.84	94.93	-	-	93.43
19/ 1/82	86.57	94.38	94.64	-	-	-
2/ 3/82	93.56	86.12	-	-	-	-
8/ 4/82	100.82	109.02	86.07	95.47	-	-

Tab. 1. Percentuali di saturazione di O_2 a livello del fondo lungo una radiale nella Baia di Muggia.

Stazioni	1	A4	A5	A6	D17
Profondità (m)	9	13	15	16	19
Eh (mV)	-165	-65	-50	-70	+50

Tab. 2. Valori di Eh (mV) rilevati alla superficie dei sedimenti lungo una radiale nella Baia di Muggia.

Stazioni	1	A4	A5	A6	D17	6
Profondità (m)	9	13	15	16	19	22
mese						
1	2,5	3,0	4,0	4,5	6,0	7,0
2	-	-	-	-	-	-
3	2,0	3,0	2,5	4,0	4,5	5,5
4	4,0-2,0	5,0-2,0	5,5-2,5	7,5-3,5	7,0-4,5	12 -5,5
5	3,5-1,5	4,5-1,5	5,5-2,5	5,5-4,5	5,5-3,0	6,0-3,5
6	0,4-4,5	0,8-4,5	1,5-4,5	1,8-7,0	2,5-8,5	3,0-8,5
7	0,9-1,5	1,6-3,0	2,0-3,0	5,0-5,0	5,5-6,5	10,5
8	1,0	1,2-3,5	2,2-4,5	4,5-5,0	5,5-5,5	12,5-8,0
9	-	-	-	-	-	-
10	4,0-4,5	4,0-5,0	4,0-4,0	3,5-3,5	3,0-4,0	6,0
11	1,5	2,5	3,5	4,5	5,0	6,0
12	2,2	3,2	4,5	4,5	5,0	5,5

Tab. 3. Profondità di scomparsa del Disco Secchi (in metri) lungo una radiale nella Baia di Muggia; rilevamenti effettuati tra il 4/1981 e il 4/1982. (I valori doppi si riferiscono a misure raccolte in giorni diversi).

fo di Trieste ed in particolare alcune zone soffrissero di deficienze nei processi di ossidazione che si svolgono sul fondo e vicino ad esso. D'altra parte esistono già da lungo tempo indizi o testimonianze di estesi fenomeni di anossia nell'Alto Adriatico e nel Golfo di Trieste. Secondo pescatori istriani, rifugiatisi a Trieste dopo la guerra, la distruzione dei banchi di Arca noae della costa occidentale istriana e del Golfo di Trieste, riportata anche da Hrs-Brenko (1980) e riferita agli anni 1949-50, deve essere attribuita ad un'estesa anossia, fors'anche conseguente ad un fenomeno di mare sporco. Fenomeni localizzati di anossia si sono avuti sulla costa tra Bellaria e Cervia nel 1968 (Piccinetti e Manfrin, 1969). Nello stesso anno nel Golfo di Trieste vengono segnalati a più riprese Gobius niger e Diplodus annularis natanti in superficie. Nel 1969 (Piccinetti, cit.) si hanno morie di pesci ed altri organismi bentonici tra Cervia e Gabicce. Ad una anossia verificatasi nel 1973 viene attribuita un'estesa mortalità di Pecten jacobaeus nel Golfo di Trieste (Bussani, 1974). Alle stesse condizioni e nello stesso anno (Zavodnik, 1977) vengono attribuite mortalità di Bryssopsis lyrifera, segnalate dai pescatori di Nephrops nel Golfo di Fiume. In questa occasione le reti a strascico si riempivano di enormi quantità di questo spatangide verosimilmente emerso dal fango in cerca di acque più ossigenate.

Stazioni	1	A4	A5	A6	D17	6
Profondità (m)	9	13	15	16	19	22
Data						
18/ 6/79	21	89	102	96	53	-
5/ 7/79	40	53	50	37	10	-
19/ 7/79	64	189	75	64	64	-
29/ 7/79	178	75	165	125	77	-
14/ 8/79	507	146	93	10	133	-
14/ 9/79	418	71	93	213	97	-
5/10/79	69	36	59	57	41	-
22/10/79	27	45	39	111	100	-
5/11/79	48	39	25	36	34	-
29/11/79	6	62	44	52	53	-
17/12/79	80	69	59	80	61	-
22/ 1/80	36	53	21	23	25	-
25/ 2/80	<15	<15	<15	<15	<15	-
10/ 3/80	55	19	25	<15	<15	-
25/ 3/80	100	30	41	34	30	-
9/ 4/80	25	20	21	12	12	-
1/ 5/80	18	12	12	18	9	-
20/ 5/80	44	52	-	-	-	-
2/ 6/80	44	44	44	44	98	-
16/ 6/80	125	75	97	129	71	-
1/ 7/80	52	30	39	50	50	-
22/ 7/80	43	27	98	110	50	-
5/ 8/80	19	41	105	59	158	-
6/10/80	59	28	178	125	71	-
23/10/80	36	66	87	82	62	-
8/ 4/81	55,18	26,70	44,50	26,70	25,81	-
6/ 5/81	44,50	<15	44,50	<15	44,50	38,82
19/ 5/81	24,92	34,49	53,40	38,27	35,60	27,70
1/ 6/81	97,90	115,70	115,70	35,60	26,70	26,70
15/ 6/81	17,80	38,27	48,06	16,91	302,60	<15
6/ 7/81	64,08	106,80	83,66	74,76	71,20	-
23/ 7/81	87,22	115,70	133,50	85,44	49,84	35,60
9/ 8/81	44,50	48,06	120,15	81,88	6,23	<15
23/ 8/81	24,92	69,42	115,70	89	155,75	56,96
17/ 9/81	48,06	42,72	83,66	56,96	48,06	12,46
8/10/81	74,76	71,20	151,30	102,35	191,35	44,50
26/10/81	72,21	144,18	93,49	160,20	102,35	-
13/11/81	89	97,90	106,80	97,90	97,90	80,10
14/12/81	111,25	80,10	37,38	42,72	51,62	35,60
19/ 1/82	37,38	35,60	21,36	26,70	17,80	17,80
2/ 3/82	35,60	17,80	26,70	35,60	30,26	17,80
8/ 4/82	35,60	<15	<15	<15	<15	<15

Tab. 4. Fosfati in gamma/litro misurati a livello del fondo su una radiale nella Baia di Muggia.

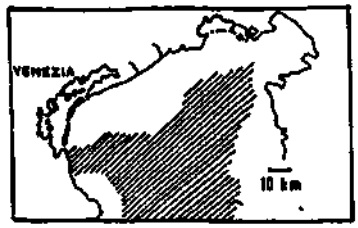


Fig. 2a

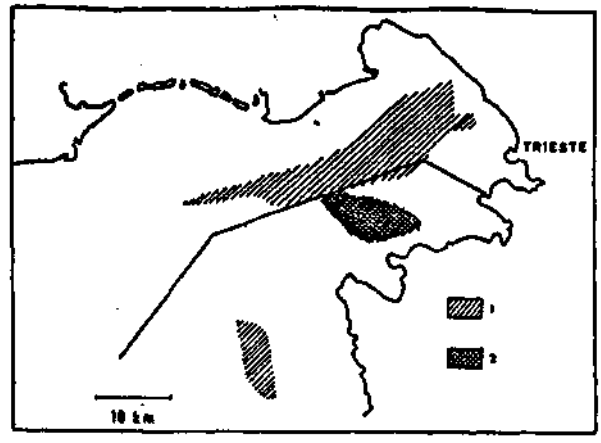


Fig. 2b

Fig. 2a. Area interessata dalla crisi anossica del 1977 (Stefanon et al., 1981)

Fig. 2b. Aree di fondo interessate dalle ipossie e anossie del 1983.
1) Segnalazioni di pescatori; 2) (Stachowitch, 1984).

Un'altra anossia viene segnalata da Fedra per il Golfo di Trieste nel settembre del 1974 (Fedra et al., 1976). L'episodio di maggiore estensione si ha però nel 1977 (Fig. 2a) e viene ampiamente descritto in diverse pubblicazioni (Stefanon et al., 1980; 1981).

I suoi riflessi sulla pesca vengono in particolare descritti da Froglia (1983) (Fig. 3). C'è da notare che tale episodio ha fatto sentire per diversi anni i suoi effetti anche attraverso le difficoltà che il Ministero Marina Mercantile ha incontrato nel definire la taglia minima alla prima cattura per Pecten jacobaeus.

Una nuova estesa anossia con diffusi episodi di mortalità si verifica nel settembre 1983 in gran parte del Golfo di Trieste e, per le acque Jugoslave, viene descritta da Stachowitch (1984) e Faganeli et al. (1985). Le testimonianze raccolte tra i pescatori indicano che l'area anossica è ben più estesa di quella indicata dagli Autori citati e si spinge, oltre che al largo di Umago fino attorno alle "trezze", a qualche miglio dalla foce dell'Isonzo e a qualche centinaio di metri dalla costa della provincia di Trieste (Fig. 2b). I "giubilei", la pesca facile e le morie di pesci e molluschi che si verificano nei giorni 27, 28, 29 settembre nel porto vecchio di Trieste e in altre zone del Golfo, attribuite per la parte verificatasi nel porto vecchio ad uno sversamento di fanghi fognari putridi, devono invece essere verosimilmente considerate l'espressione più orientale dell'anossia già segnalata per le altre zone del Golfo.

Anche nell'anno successivo, il 1984, tra il 15 e il 18 settembre vengono segnalate mortalità di pesci ed altri organismi a 1000-2000 metri al largo del Laboratorio di Biologia Marina ad Aurisina.

E' noto inoltre che a partire dal 1968, fenomeni di anossia con morie di pesci ed altri organismi bentonici si sono verificati varie volte sulla

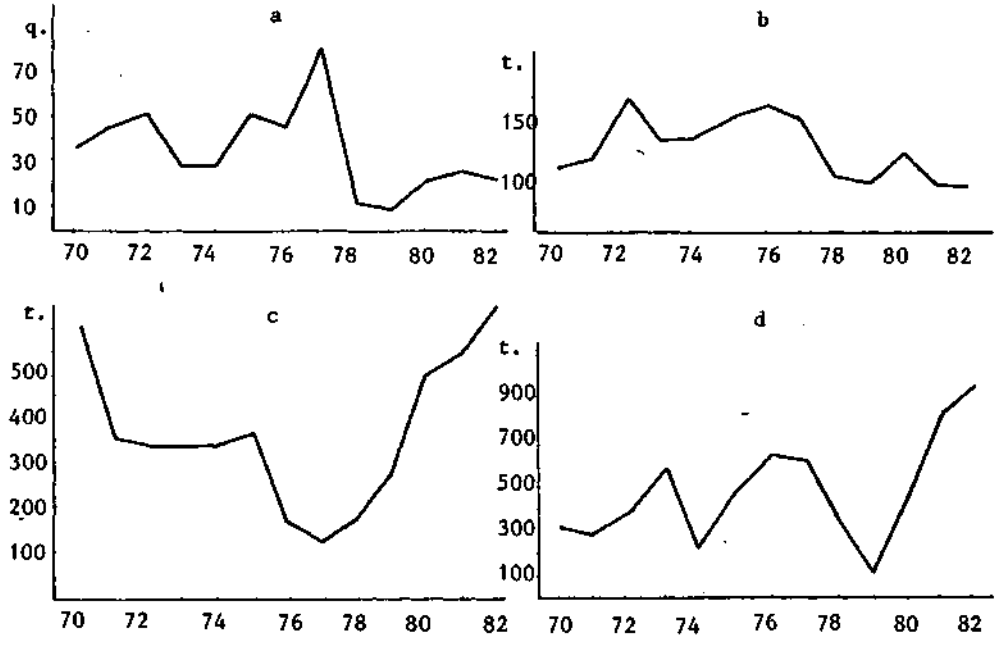


Fig. 3. Quantitativi di Homarus gammarus (a), Squilla mantis (b), Aequipecten opercularis e Proteopecten glaber (c), Pecten jacobaeus (d) commerciati a Chioggia dal 1970 al 1982 (Froglia, 1983; Froglia et al., 1983).

costa dell'Emilia Romagna.

Come si può notare, dopo il primo episodio rilevato nel 1949-1950 nell'Alto Adriatico, la frequenza di questi fenomeni si è fatta via via maggiore. Diversi Autori, in sintonia con le spiegazioni che venivano date per essi in altri mari, hanno spesso indicato quale causa o concausa del fenomeno un incremento della produttività dovuto ad un aumento degli inputs di nutrienti.

Indistintamente tutti gli Autori invece concordano nell'indicare in una attenuazione del ricambio la causa prima del fenomeno. E' possibile pensare perciò che l'aumentata frequenza di fenomeni di ipossia o anossia in Alto Adriatico a partire dalla fine degli anni sessanta sia da correlare ad un'aumentata frequenza delle condizioni che concorrono a determinare la stagnazione di masse d'acqua in questo bacino.

D'altra parte è opportuno considerare che in questi ultimi trent'anni l'Alto Adriatico è stato testimone di tutta una serie di fatti biologici nuovi o più rari in altri tempi: sono scomparsi o si sono fatti sempre meno abbondanti gli sgombri, si sono diffuse ed esplose le popolazioni di ricci di mare, si sono avute ripetute invasioni di meduse urticanti, è aumentata la frequenza dei fenomeni di acque colorate, specie a diffusione meridionale hanno spostato più a nord i loro areali, fatti questi tutti collegabili ad una modificazione ed una attenuazione del ricambio tanto a livello generale

di bacino, quanto a livello locale.

La circolazione nell'Alto Adriatico è determinata soprattutto da tre fattori: gli apporti di acque dolci, il raffreddamento invernale delle acque e lo spirare di venti settentrionali, bora soprattutto. A livello costiero e a livello locale possono agire poi maree e particolari condizioni bariche. Ebbene, almeno due dei principali fattori di ricambio hanno attenuato la loro azione in questi ultimi trent'anni. Ad esempio la temperatura media invernale dell'acqua del Golfo di Trieste tra il 1951 e il 1980 è aumentata di quasi 0,6° C (Stravisi, 1984) e la bora ha soffiato con minor frequenza e velocità. La velocità media annuale di scorrimento della bora ha registrato tra il 1951 ed il 1975 una diminuzione del 35 % e, dal 1965, si è avuta per i venti del primo quadrante, una marcata riduzione di frequenza, con aumento di frequenza dei venti da sud (Stravisi, 1977). Tale situazione è quindi favorevole all'aumento di una advezione superficiale verso nord e ad una più lunga residenza delle acque del Nord Adriatico (Stravisi, in stampa).

Ma, come queste vicende climatiche hanno potuto influire sui fenomeni menzionati? Per le anossie della parte più settentrionale dell'Adriatico il fatto è già implicitamente spiegato, per le sciamature di meduse urticanti il meccanismo è stato descritto da Rottini e Stravisi (1980). Per le invasioni di ricci delle spiegazioni che facevano ricorso soprattutto all'attenuazione dell'idrodinamismo e all'azione di altri fattori "esterni" (aumento di temperatura ?) sono state tentate da Ghirardelli e Al. (1973).

Per comprendere come una modificazione delle condizioni di ricambio dell'Adriatico può aver influito sulla rarefazione degli stocks di sgombri è necessario ricordare che ciascuno stock di pesci con uova e/o larve pelagiche (la stragrande maggioranza) vive all'interno di un circuito di correnti in cui avviene la riproduzione, la nursery dei giovani e il loro reclutamento allo stock dei riproduttori in località fisse nello spazio e in particolari momenti dell'anno (Fig. 4). Poichè in questo circuito esiste una fase passiva, rappresentata dagli stadi planctonici di uova e di larve, è ovvio che lo stock mantiene la sua identità soltanto se il circuito mantiene le sue caratteristiche e ciascuna fase del ciclo si svolge nel luogo adatto e nel momento adatto. Se dei mutamenti climatici influenzano la velocità o la direzione delle correnti che formano il circuito ecco che la deriva larvale può concludersi in un luogo non adatto a fungere da nursery, oppure nel luo-

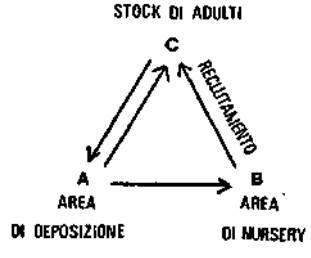


Fig. 4. Schema generale delle migrazioni degli stocks di pesci.

go giusto, ma in un momento inadatto, ad esempio quando la produzione delle prede si è già conclusa. Una modificazione del ricambio idrico dell'Alto Adriatico, effetto dei cambiamenti climatici messi in evidenza, potrebbe essere responsabile allora anche della rarefazione dello stock di sgombri.

Per ciò che concerne le acque colorate è ormai assodato che esse si verificano in concomitanza con particolari condizioni meteorologiche e marine, temperatura in aumento, calma di vento e di mare, tali da favorire, secondo lo schema di Sverdrup (1953), un rapido aumento del rapporto Dc/Dm (Profondità critica/Profondità di mixing) e quindi un rapido aumento del tasso di proliferazione di cellule anche in non eccezionali condizioni di fertilizzazione. E' altrettanto assodato il fatto che la remissione di questi fenomeni si ha in condizioni meteorologiche e marine atte a ripristinare la turbolenza (quindi contenere il valore del rapporto Dc/Dm) e un adeguato ricambio e cioè disperdere i focolai o disagregare l'area di fioritura.

In zona costiera il rapporto Dc/Dm si complica in quanto Dm può coincidere con la profondità, ma quando ciò avviene, Dc diminuisce a causa della torbidità. Le zone costiere sono peraltro ridossate, ma nelle loro acque possono agire le correnti di marea o correnti determinate da squilibri barici. In ogni caso sembra rimanere valido lo schema che vede nell'evoluzione del rapporto De/Dm il lineamento essenziale delle proliferazioni fitoplanctoniche. Tenute in debite considerazioni le condizioni di supporto di nutrienti, oligoelementi e altri fattori più o meno attivi, potrebbero perciò essere le condizioni meteo-marine e le loro medie ed evoluzioni nel tempo e cioè il clima e le sue modificazioni recenti la causa più importante e generale dell'aumentata frequenza e della concomitanza di fenomeni così differenti registrati in questi ultimi vent'anni in Adriatico. I fattori inerenti gli sgombri, i ricci, le meduse, le acque colorate, le anossie, ecc., potrebbero quindi essere considerati prima di tutto risposte biologiche del mare a cambiamenti climatici, secondo i meccanismi descritti da Cushing e Dickson (1976)

BIBLIOGRAFIA

G. BELLAN - 1967 - Pollution et peuplement benthiques sur substrat meuble dans la region de Marseille. Première Partie: Le secteur de Cortiou. - Revue int. Oceanogr. Med. 6-7, 653-687.

G.BELLAN - 1967 - Pollution et peuplement benthiques sur substrat meuble dans la region de Marseille. Deuxieme Partie: L'ensemble portuaire Marseillais. Revue int. Oceanogr. Med. 8, 51-95.

M.BUSSANI - 1974 - "Red tide" nell'Alto Adriatico. - Boll. W.W.F. 1, 10.

D.H. CUSHING, R.R. DICKSON - 1976 - The biological response in the sea to climatic changes. Adv. mar. Biol. 14, 1-122.

K. DEMEL, Z. MULICKI - 1954 - Studia ilosciowe nad wydajnoscia biologiczna dna po ludniowego Baltyku. (Quantitative investigation on the biological bottom productivity of the South Baltic) - Prace Morskiego Instytutu Rybackiego w Gdyni 7, 75-126.

K. DEMEL, Z. MULICKI - 1959 - Studia iłociowe nad fauna przydenna poludniowego Baltyku. (Quantitative studies on the near-bottom Southern Baltic fauna). Ibid. loA, 19-29.

J. ELWERTOWSKI - 1959 - Rozmieszczenie lavic rozrodczych dorsza w basenie BornhoImskim w latach 1950-1954 w suretle zmiennych czymnicow srodowiska. (Distribution of reproductive shoals of the cod in the Bornholm basin in 1950-1954 in view of the varying environment factors.) - Prace Morskiego Instytutu Rybackiego w Gdyni, 7, 361-374.

J. FAGANELI, A. AVCIN, N. FANUKO, A. MALEJ, V. TURK, P. TUSNIK, B. VRISER, A. VUKOVIC - 1985 - Bottom layer anoxia in the central part of the Gulf of Trieste in the late summer of 1983. - Mar. Poll. Bull. 16, 2, 75-78.

P.G. FALKOWSKI, T.S. HOPKINS, J.J. WALSH - 1980 - An analysis of factors affecting oxygen depletion in the New York Bight (U.S.A.). - J. Mar. Res., 38, 479.

K. FEDRA, E.M. ÖLSCHER, C. SCHERÜBEL, M. STACHOWITSCH, R.S. WURZIAN - 1976 - On the ecology of a North Adriatic benthic community: distribution, standing crop and composition of the macrobenthos. - Mar. Biol., 38 (2), 129-145.

S.H. FONSELIUS - 1969 - Hydrography of the Baltic deep basins III - Fishery Board of Sweden, series Hydrography, Report n.23, 97 pp.

C. FROGLIA - 1983 - I Molluschi Bivalvi a sviluppo naturale dell'Alto e Medio Adriatico: situazione e prospettive. - Atti della Conferenza della pesca adriatica. Venezia 28-30 novembre 1983 (in stampa).

C. FROGLIA, M.E. GRAMITTO - 1983 - I Crostacei eduli dell'Alto e Medio Adriatico: situazione e prospettive. -Atti della Conferenza della pesca adriatica. Venezia 28-30 novembre 1983 (in stampa).

E. GHIRARDELLI, G. OREL, G. GIACCONE - 1973 - L'inquinamento del Golfo di Trieste. - Atti Mus. Civ. St. Nat. Trieste, 28 (2), 431-450

E. GHIRARDELLI, G. GIACCONE, G. OREL - 1975 - Esperienze sullo scarico a mare di Trieste. Metodologie e ricerche per la valutazione degli effetti sul benthos. - Ingegneria ambientale, 4, 413-418.

M. HRS-BRENKO - 1980 - Preliminary survey of population of the bivalve Noah's ark (Arca noae, Linnaeus) in the northern Adriatic sea. - Aquaculture, 21, 357-363

B.B. JORGENSEN - 1980 - Seasonal oxygen depletion in the bottom waters of a Danish fjord and its effect on the benthic community. - Oikos, 34, 68-76.

E. LEPPAKOSKI - 1969 - Transitory return of the benthic fauna of the Bornholm basin after extermination by oxygen insufficiency. - Cah. Biol. Mar., 10, 163-172.

E. LEPPAKOSKI - 1971 - Benthic recolonization of the Bornholm basin (Southern Baltic) in 1969-1971. - Thalassia Jugoslavica, 7 (1), 171-179.

E.B. MAY - 1973 - Extensive oxygen depletion in Mobile Bay, Alabama. - Limnol. Oceanogr., 18 (3), 353-366.

Z. MULICKI - 1957 - Ecology of the more important Baltic invertebrates. - Prace Morskiego Instytutu Rybackiego w Gdyni, 9, 313-379.

C.B. OFFICER, R.B. BIGGS, J.L. TAFT, L.E. CRONIN, M.A. TYLER, W.R. BOYNTON - Chesapeake Bay anoxia: origin, development, and significance. - Science, 233, 22-27.

J.M. PERES, G. BELLAN - 1970 - Aperçu sur l'influence des pollutions sur le peuplements benthiques. - FAO, Confer. Tech. Pollut. des Mers, Rome 9-18 dec. 1970, E-5, 9 pp.

C. PICCINETTI, G. MANFRIN - 1969 - Osservazioni sulla mortalità di pesci e di

altri organismi verificatasi nel 1969 in Adriatico. - Note Lab. Biol. Mar. e Pesca di Fano, 3, 4, 73-92.
D.J.REISH - 1959 - An ecological study of pollution in Los Angeles Long Beach Harbors, California. - Occ. Pap. Allan Hancock Fdn., 22, 119 pp.
D.J.REISH - 1963 - Mass mortality of marine organisms attributed to the "red tide" in Southern California. - California Fish and Game, 49, 265-270.
L.ROTTINI-SANDRINI, F.STRAVISI, G.PIERI - 1980 - Recent shift in the wind distribution and the appearance of unusual planktonic organisms in the Gulf of Trieste. - Boll. Soc. Adriat. Sci., 64, 77-84.
H.H.SELIGER, J.A.BOGGS, W.H.BIGGLLY - 1985 - Catastrophic anoxia in the Chesapeake Bay in 1984. - Science, 228, 70-72.
M.SPECCHI, G.OREL - 1968 - I popolamenti dei fondi e delle rive del Vallone di Muggia presso Trieste. - Boll. Soc. Adriat. Sci., 56,1, 137-161.
M.STACHOWITSCH - 1984 - Mass mortality in the Gulf of Trieste: the course of community destruction. - Mar. Ecol., 5,3, 243-264.
A.STEFANON, A.BOLDRIN - 1980 - La crisi anossica del 1977 in Alto Adriatico ed i suoi effetti sulle biocenosi bentoniche. - Comitato Regionale Veneto di Coordinamento per le Attività Subacquee, 11pp.
A.STEFANON, A.BOLDRIN - 1981 - Crisi anossica del 1977 in Adriatico. - Acquasport, 3, 37-43.
F.STRAVISI - 1977 - Il regime dei venti a Trieste (1951-1975). - Boll. Soc. Adriat. Sci., 61, 87-104.
F.STRAVISI - 1984 - Meteoclimatic influence on the blooms of Pelagia noctiluca in Northern Adriatic. (in stampa)
F.STRAVISI - 1986 - The trend of Bora and southerly winds at Trieste during the present century. (in stampa)
H.V.SVERDRUP - 1953 - On conditions of the vernal blooming of phytoplankton. - J. Cons. int. Explor. Mer., 18, 287-295.
P.TULKKI - 1965 - Disappearance of the benthic fauna from the basin of Bornholm (Southern Baltic) due to oxygen deficiency. - Cah. Biol. Mar., 6, 455-463.
H.v.WESTERNHAGEN, V.DETHLEFSEN - 1983 - North Sea oxygen deficiency 1982 and its effects on the bottom fauna. - Ambio, 12, 5, 264-266.
D.ZAVODNIK - 1977 - Benthic communities in the Adriatic Sea: reflects of pollution. - Thalassia Jugoslavica, 13,3/4, 413-422.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	281-289	1986

EFFETTI DELL'EUTROFIZZAZIONE SULLA PESCA

C. PICCINETTI

Laboratorio di Biologia Marina e Pesca, Viale Adriatico, 52, Fano.

Key words: Eutrophysation, fisheries, Adriatic Sea.

ABSTRACT

The different situations of eutrophysation in Adriatic Sea are examinated and the relations with biological cycles and utilisation of fishing gears are discussed.

RIASSUNTO

La trofia elevata dell'Adriatico, caratteristica naturale di tale bacino, è alla base di una produttività intensa a tutti i livelli.

Dai molluschi bivalvi ai pesci pelagici ed alle popolazioni ittiche demersali, la produttività si manifesta in un accrescimento individuale rapido ed in un rinnovamento veloce delle popolazioni.

Ciò determina una produzione della pesca superiore a quella degli altri mari italiani.

Accanto a questa trofia elevata, esistono aspetti particolari, collegati a situazioni locali, che possono influenzare la pesca: il mare sporco, lo sviluppo di macroalghe, le maree rosse e la formazione di aree povere d'ossigeno.

Sono descritti questi diversi aspetti e le interrelazioni con i cicli biologici di alcuni organismi oggetto di pesca.

SUMMARY

The high trophism of Adriatic Sea, natural character of this basin, induce high general productivity.

For mollusk, pelagic and demersal fish, the productivity cause rapid growth and a fast turnover of populations; the catch of fisheries in this area is bigger than those in other italian seas.

Particular situations linked with trophism, sea growth of macroalgae, red tide, anoxic conditions, are explained and the relations with biological cycle of many animals caught by fisheries are discussed.

* * *

Il tema dei rapporti tra eutrofizzazione e pesca è di notevole interesse ed in questo stesso congresso viene trattato per alcuni aspetti in altre relazioni e sono previste alcune comunicazioni. Recentemente se ne è parlato anche in altri convegni, e ciò comporta due rischi, il primo di ripetere quanto è stato già detto e il secondo di presentare una relazione non equilibrata nel tentativo di non essere troppo ripetitivo; desidero quindi scusarmi per non riuscire ad evitare questi due aspetti.

Gli effetti dell'eutrofizzazione sulla pesca sono complessi sia per l'ampia gamma di situazioni che vengono ricondotte al termine eutrofizzazione che per la vastità di aspetti collegati all'attività della pesca, da quelli biologici inerenti la disponibilità e l'accessibilità delle risorse a quelli tecnologici legati ai metodi di pesca ed alle attrezzature utilizzate, gli aspetti sociali ed economici diversi da zona a zona.

Con il termine "eutrofizzazione" si definiscono situazioni notevolmente diverse tra loro, che sono collegate ad un intenso sviluppo della componente vegetale a seguito di una notevole disponibilità di sali minerali. Vi sono situazioni naturalmente eutrofiche ed altre indotte dall'attività umana, sia nelle acque dolci sia in mare. Limitandoci al mare Mediterraneo sono note aree naturalmente eutrofiche in corrispondenza delle zone antistanti le foci dei grandi fiumi, ad esempio il Nilo, il Rodano, il Po e, per le sue particolari condizioni, il mar Nero. Questi ambienti si ritiene siano in condizioni di trofia elevata da molti secoli, in tempi certamente precedenti lo sviluppo della civiltà industriale e rientrano in una casistica di situazioni eutrofiche naturali, indipendenti dall'attività umana.

In tutte queste aree l'eutrofizzazione si manifesta prevalentemente in intensissime fioriture di fitoplancton, con concentrazioni di alcuni milioni di cellule per litro d'acqua, quasi sempre sostenute da molteplici specie, appartenenti al gruppo delle Diatomee.

Il numero elevato di Diatomee può essere costante per tutto l'anno, in particolare dove l'apporto delle acque fluviali, ricche di sostanze nutrienti, è continuo, oppure stagionale, quando i fiumi hanno periodi stagionali di piena.

Questo è il caso dell'alto Adriatico, dove da oltre un secolo sono note le fioriture stagionali di fitoplancton (Diatomee) collegate con il regime delle piene (in particolare autunno-inverno e primavera).

In ambienti di più modeste dimensioni si verificano a volte delle situazioni di eutrofizzazione collegate all'attività umana (ad esempio scarichi di grosse città e di zone industriali in baie protette, fiumi che ricevono scarichi intensi ecc.) e nelle quali l'ambiente ha un ruolo nel diminuire la diluizione ed il ricambio delle acque.

Le situazioni di eutrofizzazione di questo tipo, con sviluppo prevalente di Diatomee, non hanno in genere provocato in Adriatico effetti ambientali negativi, con morie di pesci.

In alcuni casi, definiti come "mare sporco" dagli autori dell' 800, si evidenziano mucillagini e massarelle gelatinose che impediscono la

pesca intasando le reti. Queste situazioni sono state spiegate con la produzione di mucillagini da parte di Diatomee bentoniche in intensa attività di moltiplicazione.

In altri termini, l'abbondanza di sali minerali, prevalentemente di azoto e fosforo, portati al mare dai fiumi, soprattutto in coincidenza con i periodi di piena, ha come effetto costante d'incrementare le popolazioni fitoplanctoniche presenti nella zona, in particolare Diatomee, che risultano più efficienti nell'utilizzare i nutrienti diminuendo la trasparenza delle acque.

Una diversa manifestazione dell'eutrofizzazione in Adriatico è lo sviluppo intenso di macroalghe, che da alcuni anni sta avvenendo in maniera sempre crescente. Questo aspetto è dovuto alle condizioni di trofia elevata delle acque costiere collegate alle modificazioni ecologiche indotte dalla costruzione di numerose scogliere a protezione della costa.

La realizzazione di centinaia di chilometri di scogliere più o meno parallele alla costa, ha determinato la disponibilità di nuove superfici solide molto ampie in aree dove non vi sono in genere substrati solidi, e la modificazione della circolazione delle acque, con una diminuzione della dinamica, e quindi incremento della sedimentazione di sostanze sottili nella zona tra costa e scogliera.

Questi due fattori, uniti alla ricchezza dei nutrienti, che a volte sono presenti in concentrazioni maggiori per la diminuita diluizione, conseguente alla ridotta circolazione, provocano da un lato lo sviluppo di una intensa copertura algale sugli scogli simile a quella che si rinviene spesso sulle scogliere dei porti (ad esempio Ulva) e, d'altra parte, lo insediamento di alghe di varie specie nella zona protetta tra scogliera e costa (ad esempio Gracilaria). In questo caso l'intervento umano che ha modificato le condizioni ambientali è all'origine dello sviluppo delle macroalghe.

Un terzo tipo di manifestazione eutrofica in Adriatico, detta marea rossa, consiste nella proliferazione intensa di una sola specie di fitoplancton, in genere appartenente al gruppo dei Dinoflagellati, che in breve tempo (circa una settimana di attiva moltiplicazione) raggiunge una densità, per litro d'acqua, di alcuni milioni di individui, tutti della stessa specie, colorando quindi l'acqua e divenendo visibile. Il fenomeno inizia su piccole dimensioni (macchie di alcune migliaia di metri quadrati), in aree diverse e spesso lontane tra loro, per poi estendersi in condizioni ambientali favorevoli; esso corrisponde a quanto descritto in altri Paesi come red tide, eaux rouges, purga de mar.

Nel corso dello stesso anno le fioriture, che avvengono tra aprile maggio e ottobre-novembre, possono essere sostenute da specie diverse, che si succedono nei mesi, con la caratteristica che la specie è identica nello stesso periodo per tutte le aree, anche molto lontane tra loro.

Così, ad esempio, in autunno le fioriture sono sostenute da Gymnodinium, mentre nei mesi precedenti vi è una maggiore variabilità, trovandosi più frequenti i seguenti generi; Goniaulax, Prorocentrum, Peridinium, Ceratium, Noctiluca ecc. (Boni, 1985).

Questo fenomeno si è manifestato per la prima volta in maniera estesa

nel maggio 1969 (Piccinetti et altri, 1969) e successivamente tutti gli anni in misura variabile, ma con la tendenza all'incremento delle fioriture e delle aree interessate.

Non si hanno elementi certi per dire se situazioni simili, riconducibili a sviluppi monospecifici di Dinoflagellati, con a volte successiva anossia, si siano verificate in Adriatico anche in passato, ma è certo che situazioni simili si verificano in altri mari da secoli, e non sono sempre collegabili ad attività umane, anzi in certi casi, come in Florida, il fenomeno, noto da circa due secoli, sembra non essere legato alle attività umane.

Per quanto riguarda l'Adriatico, sembrerebbe logico collegare l'accresciuta frequenza di questo tipo di fenomeno con attività umane sul territorio circostante. Queste fioriture monospecifiche di Dinoflagellati sono quelle che provocano gli effetti negativi più gravi per l'ambiente e le risorse con ripercussioni sul turismo e sulla pesca.

Le cause dello sviluppo di una specie di Dinoflagellati, gruppo che rappresenta normalmente un'aliquota minoritaria del fitoplancton, e non della restante componente fitoplanctonica presente prima dell'avvio del processo di proliferazione, sono molteplici, alcune di carattere naturale ed altre di origine antropica.

Questo tipo di fioritura non è collegata ad apporti di sali di fosforo e di azoto, perché quando questi aumentano, si sviluppano le Diatomee, come avviene normalmente per gli apporti fluviali. I fattori naturali sono: stratificazione della massa d'acqua, sia per temperatura che per salinità, che confina le Diatomee ad uno strato di acqua a densità definita, mentre permette ai Dinoflagellati che hanno un nuoto attivo, di occupare le aree ottimali per luce e nutrienti.

Il permanere di questa stratificazione per periodi abbastanza lunghi (oltre una settimana) dà modo ai Dinoflagellati di accrescersi numericamente in assenza della competizione delle Diatomee.

I Dinoflagellati nel loro aumento numerico, non essendo limitati dalla quantità dei nutrienti, che, esauriti quelli superficiali, prelevano dall'enorme serbatoio esistente in vicinanza del fondo, raggiungono una densità critica quando la quantità d'ossigeno in soluzione nell'acqua non è sufficiente alla loro stessa respirazione notturna, iniziando una situazione anossica che permane sul fondo anche di giorno innescando la mortalità degli organismi bentonici.

I fattori antropici sono riconducibili prevalentemente agli apporti delle acque di scarico prodotte dall'elevato numero di abitanti che si ha in estate lungo la fascia costiera, concentrate spazialmente a volte dai depuratori, che come i fiumi artificiali con regime inverso (portata massima in estate), immettono notevoli quantità di acque dolci in un ambiente soggetto alla scarsa dinamica estiva, costituendo o rafforzando la stratificazione delle acque di mare.

Le acque di scarico provenienti dai depuratori portano oltre a sali prontamente utilizzabili dal fitoplancton superficiale, anche fattori stimolanti la crescita, quali vitamina B12, che possono accelerare i ritmi di accrescimento dei Dinoflagellati e quindi ridurre i tempi necessari per

raggiungere la concentrazione critica.

Il processo di formazione di maree rosse s'interrompe in qualunque fase quando una forte mareggiata rimescola le acque rompendo la stratificazione.

In questi ultimi anni si sono verificate delle situazioni di anossia sul fondo del mare collegate ad una serie di fattori concomitanti, il cui risultato finale è la morte di tutti gli organismi bentonici e la fuga dall'area di tutti quelli che possono allontanarsi.

Nel 1977 si è verificata questa particolare forma di anossia, non collegabile ad uno sviluppo della componente vegetale, in una vasta zona dell'alto Adriatico, raggiungendo dalla costa italiana le acque jugoslave, con l'uccisione di tutti gli organismi di fondo e provocando una evidente onda di fuga dei pesci.

L'anossia si instaura in maniera graduale e trova supporto nei seguenti fattori: temperatura dell'acqua elevata, quindi con ridotte quantità di ossigeno disciolto; presenza di uno strato di acque meno salate in superficie che per la diversa solubilità dell'ossigeno in funzione della salinità alterano gli scambi aria-acqua di tale gas; stabilità della colonna d'acqua con ridotto rimescolamento e diffusione dell'ossigeno; alta biomassa di organismi sul fondo che utilizza notevoli quantità di ossigeno per la respirazione collegata all'intenso metabolismo (acque calde); apporto di sostanze organiche da terra che consumano ossigeno per i processi di ossidazione. Si comprende facilmente come con il perdurare di queste situazioni con il bilancio di ossigeno negativo, si pervenga ad una riduzione progressiva dell'ossigeno fino a creare situazioni non compatibili con la vita, con morte degli organismi sensibili alla carenza d'ossigeno e poi di tutti gli altri coinvolti nei processi putrefattivi dei primi organismi morti.

Quando arriva una forte mareggiata, rompe la stratificazione e riporta ossigeno sui fondali avviando il processo di ricolonizzazione.

Sono diversi gli effetti delle situazioni eutrofiche sui tipi di pesca che si praticano in mare aperto, su specie migratrici, ad esempio pesce spada, alalunga, tonni, rispetto alla pesca di specie demersali di mare aperto o strettamente costiere.

Il collegamento tra il grado di trofia di un ambiente naturale e la pesca è dato prevalentemente dalle risorse biologiche oggetto di pesca ed è questa la principale via che consideriamo per un'analisi della problematica con particolare attenzione alla situazione dell'Adriatico.

Il Convegno Nazionale sull'eutrofizzazione, organizzato ad Ancona dal Ministero della Marina Mercantile, dalla Regione Marche e dall'Ente Autonomo Fiera di Ancona nel novembre 1985, ha avuto il merito di presentare una serie coordinata di relazioni sui diversi aspetti ambientali e biologici collegati all'eutrofizzazione in Adriatico.

In tali relazioni, è stato sottolineato il ruolo della situazione oceanografica (Franco, 1985) e le situazioni generali e particolari delle varie componenti biologiche (Colantoni, Specchi, Marano, Bombace, ecc. 1985).

Questi elementi hanno una importanza notevole nel determinare gli ef-

fetti sulla componente biologica oggetto di pesca dei fenomeno eutrofici.

Gli organismi bentonici e nectonici, alcuni dei quali sono direttamente oggetto di pesca, presentano situazioni di distribuzione e abbondanza ben differenziate e illustreremo alcuni esempi.

Le vongole (Venus gallina L.) tradizionalmente utilizzate dalla pesca vivono in una fascia costiera di circa 2 Km di ampiezza, esse sono influenzate da fenomeni di anossia sul fondo, dalla modificazione del tipo di sedimento con riduzione dei fondali sabbiosi ed aumento dei fondali fangosi e dell'attività di pesca. La specie presenta una dinamica molto intensa con forti variazioni annuali di abbondanza e con accrescimento rapido. Esistono alcune aree, in particolare a Sud della foce del Po fino a Nord di Cesenatico dove la presenza della specie è molto ridotta, trovandosi solo in una ristretta fascia di poche centinaia di metri, ove è rimasta la sabbia. Questa specie risente dei fenomeni anossici che provocano consistenti morie riducendo la consistenza dei banchi.

I mitili (Mytilus galloprovincialis Lam.) presenti sul fondo in zone soggette ad anossia muoiono, ma la specie vive anche su strutture solide che raggiungono gli strati superficiali dove riesce a sopravvivere. Le recenti tecnologie di allevamento realizzate lungo le coste marchigiane e romagnole, tengono conto di questo aspetto, allevando i mitili su filari sospesi, lontani dal fondo. In tali impianti si è notato che il ritmo di accrescimento dei mitili è elevatissimo raggiungendo la taglia commerciale di 6 cm in meno di 12 mesi, mentre ad esempio, nell'area tirrenica occorrono ai mitili tempi doppi o tripli per raggiungere le stesse dimensioni, mostrando concretamente cosa significhi in termini produttivi ed economici, disporre di una trofia elevata.

Per evidenziare gli effetti sulle specie nectoniche occorre tenere presente le rispettive aree di distribuzione ed i cicli biologici.

Ad esempio, la triglia di fango (Mullus barbatus L.) vive normalmente sui fondi detritici del largo, ove si riproduce; gli stadi larvali e giovanili che conducono vita planctonica, arrivano alle acque costiere ove effettuano il passaggio dalla vita pelagica a quella bentonica assumendo la colorazione rossastra. In relazione all'accrescimento, le giovani triglie si allontanano dalla costa ritornando verso i fondi detritici del largo.

In questo ciclo si nota che eventuali conseguenze negative possono aversi quando le triglie giovani sono concentrate nella zona costiera nei momenti di anossia, mentre gli effetti positivi di una trofia elevata si manifestano a tutti gli stadi, da quello larvale sino all'adulto, con una minore mortalità ed un accrescimento individuale più rapido.

Le seppie (Sepia officinalis L.) compiono ugualmente un ampio spostamento, avvicinandosi alla costa nei mesi di aprile-maggio per la deposizione delle uova. Dopo la schiusa, le piccole seppie si allontanano lentamente dalla costa fino a raggiungere i fondi detritici alla fine della estate. Le situazioni eutrofiche in genere non hanno provocato morie di seppie, vi può essere un'influenza negativa sulla sopravvivenza delle uova durante il periodo precedente la schiusa e nei primi tempi quando le piccole seppie sono ancora presenti nelle zone costiere, anche se hanno la possibilità di allontanarsi rapidamente.

Le sogliole (Solea vulgaris Quensel) presentano un ciclo biologico particolare con ampi spostamenti. Dall'area di riproduzione situata in medio Adriatico in prossimità della costa jugoslava, le uova pelagiche e poi le larve, vengono trasportate nelle acque costiere italiane e le piccole sogliole entrano in primavera nelle lagune, ove permangono fino alla fine di agosto, quando hanno raggiunto la taglia di 14-15 cm.

Uscite dalle lagune, le giovani sogliole si spostano parallelamente alla costa e, quando l'acqua si raffredda, si spostano verso acque più profonde. E' evidente che esse saranno colpite da fenomeni anossici in particolare nel periodo di vita in laguna o successivamente nelle aree costiere.

Non è il caso di riportare dei cenni sulla biologia di tutte le specie oggetto di pesca, ma occorre ricordare che esistono numerose specie con cicli biologici che non hanno rapporti diretti con le acque costiere, si pensi agli scampi (Nephrops norvegicus), ai naselli (Merlucius merluccius), alle busbane (Trisopterus minutus capelanus), ai selaci e razze in generale, agli scorfani, alle rane pescatrici, ai moscardini che non risentono se non per via indiretta di quanto succede nella zona costiera.

Un discorso a parte meritano tutte le specie pelagiche che per la loro biologia non sono legate ad una determinata area, ma si spostano in relazione alle condizioni ambientali ed alle disponibilità di cibo. Queste specie, in particolare alici (Engraulis encrasicholus L.), sardine (Sardina pilchardus Walb.), spratti (Sprattus sprattus), sgombri (Scomber sp.), suri (Trachurus sp.), aguglie (Belone belone L.), tonni (Thunnus thunnus L.), palamiti (Sarda sarda Bloch), non hanno fino ad ora mostrato di soffrire delle condizioni collegate con l'eutrofizzazione, in quanto gli aspetti negativi sono negli strati profondi, mentre in superficie vi è sempre un quantitativo d'ossigeno compatibile con la sopravvivenza dei pesci, inoltre questi pesci si spostano continuamente sostando dove trovano le condizioni migliori e allontanandosi dalle zone alterate.

Per questa caratteristica biologica, si nota una distribuzione quantitativa direttamente influenzata dalla trofia del mare, ed essi sono più abbondanti dove maggiore è la produttività (fito e zooplancton), cioè vicino alle foci del Po. Una riprova pratica consiste nei maggiori quantitativi di pesce azzurro catturati per operazione di pesca dai motopescherecci di Porto Garibaldi nell' area antistante le foci del Po rispetto ad aree più distanti; in tale zona, quando la temperatura lo consente (mesi tardo estivi), si concentrano anche i grossi tonni che trovano un'alta densità di alimento (alici e sardine).

La trofia elevata che si riscontra nella zona costiera e in buona parte del bacino dell'alto Adriatico incide in modo differente sulle diverse specie, ma è dimostrato che le specie che vivono nelle aree altamente eutrofizzate presentano un accrescimento più rapido delle stesse specie che vivono in aree a trofia inferiore; i mitili per le diverse aree costiere dei mari italiani ne sono l'esempio più chiaro.

Si può considerare anche il tenore di grassi nei pesci, che risulta più elevato per le aree eutrofiche; si consideri un aspetto legato alle caratteristiche naturali di trofia più elevata dell'Adriatico, inerente

il sapore e la morbidezza delle carni di alcuni pesci dell'Adriatico (triglie, sogliole ecc.) che si riflette anche nelle tradizioni gastronomiche diverse per preparare la stessa specie, ad esempio tra Adriatico e Tirreno. In genere nelle aree a trofia elevata si ha un rinnovamento rapido delle risorse con forte reclutamento, rapido accrescimento, predazione intensa, con popolamenti a densità elevata, anche se non troppo diversificati.

Questi ambienti possono sostenere un'elevata pressione di pesca certamente superiore a quella sostenibile dalle popolazioni viventi in aree a ridotta trofia. Un esempio, sia pure di non immediata interpretazione, è dato dalla pesca sulle due coste dell'Adriatico, dalla parte italiana migliaia di pescherecci a strascico operano continuamente con rendimenti altamente variabili, ma in media accettabili, mentre verso la costa jugoslava già quando qualche decina di natanti opera per poche settimane nella stessa area, si ha il crollo della produzione, che richiede tempi lunghi per ricostituirsi.

Oltre a questi effetti diretti e indiretti sulla consistenza delle risorse biologiche, possiamo considerare che a seconda delle aree di pesca, della specificità o meno del tipo di pesca praticato, i pescatori potranno risentire di conseguenze diverse. I pescatori di vongole, legati ad una area ridotta e molto sensibile, risentono frequentemente delle conseguenze negative dell'eutrofizzazione; pescatori di pesce pelagico invece, traggono vantaggio da una produttività elevata. La pesca con reti a strascico subisce conseguenze variabili a seconda se praticata su specie di ambiente costiero o del largo.

Le molteplici forme di piccola pesca risentono ora in modo negativo, ora in modo positivo a seconda dei mesi e delle specie interessate; per la raccolta dei mitili e per la pesca dei lumachini (Nassa mutabilis L.) la trofia elevata comporta dei vantaggi, per la pesca con reti da posta vi sono delle situazioni alterate nei mesi estivi.

Un aspetto negativo comune a tutti i tipi di pesca riguarda la diminuzione di richiesta di pesce fresco quando si hanno fenomeni anossici con morie di pesce: in questi frangenti si ha un crollo del prezzo di vendita ed il prodotto pescato rimane spesso invenduto.

La commercializzazione riprende molto lentamente dopo la fine della moria, amplificando nel tempo le conseguenze economiche negative.

In ultimo non va trascurato l'aspetto psicologico nei confronti degli operatori che da queste frequenti alterazioni ambientali non sono certo motivati a fare investimenti nel settore e permangono in uno stato di incertezza sul loro avvenire.

Pur non essendo possibile fare un bilancio quantitativamente corretto tra aspetti positivi e negativi correlati alle diverse manifestazioni eutrofiche, ci sembra di poter concludere dicendo che la produttività elevata del bacino Adriatico costituisce un elemento positivo da mantenere ed utilizzare maggiormente con tecniche di maricoltura, mentre è necessario intervenire per eliminare gli aspetti negativi collegati alla creazione di scogliere parallele alla costa ed agli scarichi in mare dei rifiuti liquidi urbani trattati più o meno bene.

Sono questi due aspetti i responsabili principali delle alterazioni ecologiche, intervenire sulla trofia generale non risolve il problema ed aggiungerebbe per i pescatori al danno la beffa. Esistono già esempi concreti di cosa ha comportato per la pesca la riduzione dell'apporto di nutrienti: gli effetti biologici e produttivi in mare della regolamentazione delle acque del Nilo con la diga di Assuan e la conseguente riduzione dell'apporto di nutrienti in mare, è un chiaro insegnamento; se qualcuno vuole perseverare, se ne assuma le responsabilità.

BIBLIOGRAFIA

BOMBACE G., 1985 - Eutrofizzazione pesca e zone protette. Atti Conv. Naz. "Eutrofizzazione quali interventi?" Ancona, 4-5 novembre '85: 37-49.

BONI L., 1985 - Problematiche del fitoplancton in Adriatico. Atti Conv. Naz. "Eutrofizzazione quali interventi?" Ancona, 4-5 novembre '85: 27-30.

COLANTONI P., 1985 - Aspetti geologici e sedimentologici dell'Adriatico. Atti Conv. Naz. "Eutrofizzazione quali interventi?" Ancona, 4-5 novembre '85: 17-21.

FRANCO P., 1985 - Caratteristiche oceanografiche dell'Adriatico settentrionale. Atti Conv. Naz. "Eutrofizzazione quali interventi?" Ancona, 4-5 novembre '85: 9-16.

GHIRARDELLI E., 1950 - Ulteriori osservazioni su Sepia officinalis del medio Adriatico. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., V (2): 1-16.

MARANO G., 1985 - Problemi delle comunità biologiche dell'Adriatico. Atti Conv. Naz. "Eutrofizzazione quali interventi?" Ancona, 4-5 novembre '85: 34-36.

PAGOTTO G., C. PICCINETTI e M. SPECCHI, 1979 - Premières résultats des campagnes de marquage des soles en Adriatique: déplacements. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 25/26 (10): 111-112.

PICCINETTI C. e G. MANFRIN, 1969 - Osservazioni sulla mortality di pesci e di altri organismi verificatasi nel 1969 in Adriatico. Note Lab. Biol. Mar. e Pesca, Fano, 3 (4): 73-92.

PICCINETTI C., 1977 - Contributo allo studio dei fenomeni di eutrofizzazione dell'alto Adriatico. Atti Seminario Int. Fenomeni Eutrofizzazione Costa Emilia Romagna, Bologna, 25/26 febbraio '77: 166-176.

PICCINETTI C., 1985 - Ipotesi di interventi sull'eutrofizzazione. Atti Conv. Naz. "Eutrofizzazione quali interventi?" Ancona, 4-5 novembre '85: 61-65.

POGGIANI L., C. PICCINETTI, G. PICCINETTI MANFRIN, 1973 - Osservazioni sulla biologia dei molluschi bivalvi Venus gallina L. e Tapes aureus Gmelin nell'alto Adriatico. Note Lab. Biol. Mar. e Pesca, Fano, 4 (8): 189-212.

SCACCINI A., 1947 - Contributo alla conoscenza della biologia dei Mullidi nell'Adriatico medio occidentale. Note Lab. Biol. Mar. e Pesca, Fano, 1 (1): 1-8.

SPECCHI M., 1985 - Zooplancton ed eutrofizzazione. Atti Conv. Naz. "Eutrofizzazione quali interventi?" Ancona, 4-5 novembre '85: 31-33.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	291-304	1986

EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE COSTIERE EMILIANO ROMAGNOLE, STRATEGIA PERSEGUITA NELLA DEFINIZIONE DEI PROGRAMMI DI RICERCA E RISULTATI CONSEGUITI.

Attilio Rinaldi, Giuseppe Montanari

Regione Emilia Romagna - Assessorato Ambiente e Difesa del Suolo - Battello Oceanografico "Daphne".

Key words: North Adriatic sea; Eutrophication; Nutrients; Anoxic conditions.

ABSTRACT - Description is provided of the spatial and time distributions of algal blooms in the coastal waters of Emilia Romagna and of the development of anoxic conditions in the deep waters. Analysis of the various casual elements of the eutrophic phenomenon has evidenced a correlation between fluvial apports and eutrophication.

RIASSUNTO

Da circa un decennio le acque costiere prospicienti all'Emilia Romagna sono interessate da frequenti ed intensi casi di eutrofizzazione. In questa relazione vengono analizzate le distribuzioni spaziali e temporali delle fioriture algali, gli effetti sull'ecosistema marino ed i fattori causali. La notevole serie temporale dei dati acquisiti senza soluzione di continuità hanno permesso di definire, oltre alle caratteristiche trofiche della zona di mare in oggetto, il ruolo del fosforo quale fattore limitante e la correlazione esistente tra fioriture algali e carichi di nutrienti derivanti dai bacini idrografici afferenti all'Adriatico Nord-Occidentale.

Viene anche trattato il ruolo coperto dagli eventi meteorici che, in funzione della loro distribuzione ed intensità, sono in grado di regimare i carichi di portata dei fiume ed i conseguenti fenomeni eutrofici che si manifestano nelle acque costiere.

SUMMARY

For about a decade, the coastal waters of Emilia Romagna have been subject to frequent and intense episodes of eutrophication. In this regard, analyses have been performed of the spatial and time distributions of the algal blooms, and also of the effects on the marine ecosystem as well ad the casual factors involved. The considerable time span of the data available with no continuity solution has allowed the definition, not only of the trophic features of the sea area under study, but also of the role of phosphorus as a limiting factor and the correlation between algal growth and the nutrient loads reaching the North-West Adriatic from the relevant catchment basins. There is also a discussion of the role played by meteoric events which, as a function of their distribution and intensity, are found to regulate the load capacity of the rivers and the resulting eutrophic phenomena observed in the coastal waters.

INTRODUZIONE

Al fine di raggiungere una sufficiente conoscenza dei fenomeni di eutrofizzazione che si manifestano nelle acque costiere dell'Adriatico Nord-Occidentale, e per meglio definire sia il rapporto causa-effetto che il ruolo dei diversi fattori di crescita della biomassa fitoplanctonica, si sta operando dal 1977 su programmi di lavoro che oltre ad avere come obiettivo la definizione degli scopi enunciati hanno anche la finalità di garantire un costante controllo sulle condizioni di eutrofia e sugli effetti conseguenti il fenomeno.

Sono note le manifestazioni che, con periodismi stagionali ben definiti, caratterizzano da oltre un decennio l'ambiente marino costiero della zona di mare in oggetto.

Tali condizioni, dettate da risposte biologiche estremamente logiche, non sono altro che la conseguenza del degrado delle acque interne che, veicolate a mare, vi trasferiscono quantitativi di nutrienti in eccesso.

Il "malessere" che ha favorito l'acutizzarsi dei casi di eutrofia è riconducibile ad atteggiamenti sociali che, attorno agli anni '60, per ragioni economiche e culturali, hanno imposto un modello di vita che tendeva ad una gestione irrazionale delle risorse idriche senza che contemporaneamente venissero attuate valide ipotesi di risanamento; si viveva al "presente", ed in tal modo ci si è trovati ad affrontare un livello di degrado che ha assunto proporzioni preoccupanti.

Se le origini storiche sono chiare, dal punto di vista scientifico il problema ha evidenziato tutta la sua complessità, in quanto non pare sia riconducibile solo ad aspetti binari di semplice causa-effetto, ma ad un sistema complesso la cui comprensione può essere raggiunta solo nell'ottica di uno studio globale comprendente tutte quelle implicazioni sia insite nel sistema (connessioni biologiche) che esterne (implicazioni idrodinamiche, meteo-climatiche, ecc...).

Sulla base di tali presupposti si è cercato di impostare i programmi

di lavoro usufruendo del più ampio spettro di conoscenze possibili, ed attraverso l'utilizzo di materie che vanno dalla caratterizzazione chimico-fisica e biologica del sistema, alla idrodinamica, alla meteo-climatologia ed alla sedimentologia; in sostanza si è cercato di ottenere, oltre che ad una dettagliata panoramica conoscitiva, informazioni e spunti per la definizione di aspetti riconducibili all'effettivo dimensionamento del fenomeno eutrofico, agli effetti che questo può determinare sull'ecosistema marino, agli eventi meteo-marini che favoriscono l'insorgere e la diffusione del fenomeno ed a quali fattori di crescita sono da imputarsi i casi di eutrofia acuta.

MATERIALI E METODI

Il supporto logistico e gran parte dei programmi di ricerca e di controllo condotti sul fenomeno della eutrofizzazione, è derivato dall'utilizzo del battello oceanografico "Daphne" della Regione Emilia Romagna. Attrezzato per operare soprattutto nelle acque costiere, dispone di un sistema analitico che consente di misurare in automatico ed in continuo parte dei parametri idrologici di base, quali temperatura, conducibilità, salinità, densità, pH, ossigeno disciolto e clorofilla "a".

Per quanto concerne le determinazioni nelle acque superficiali, il metodo consiste nell'aspirare mediante una pompa acqua da una presa in chiglia (- 0,5 m) ed inviarla ad un monoblocco di misura dove sono inseriti gli elettrodi (sistema Philips). I segnali rilevati dai sensori, sono inviati ad un calcolatore elettronico, che dopo averli elaborati, li tabula su stampante. L'affidabilità delle misure viene garantita da una periodica calibrazione degli elettrodi, gestita e memorizzata dal calcolatore. Inoltre l'elaboratore esegue il calcolo della salinità in ‰ (Bennet 1976), della densità (σ_t) (Cox et al 1970) e della concentrazione dell'ossigeno disciolto in % di saturazione ed in mg/l tenendo conto del valore della salinità e della temperatura (Int. ocean. tables oxigen 1976).

Per l'esecuzione dei profili verticali di temperatura, conducibilità, salinità, ossigeno disciolto e pH, si utilizza una batisonda CTD Guildline mod. 8770 che azionata da un vericello, viene calata alla profondità desiderata. I dati trasmessi via cavo sono visualizzati su terminale, registrati su supporto magnetico e tabulati su stampante.

Il dato della clorofilla "a" è assicurato da un fluorimetro "Turner" mod. 112 che può essere usato anche in continuo e con battello in movimento.

Per quanto concerne i campioni destinati alla quantificazione dei nutrienti ($N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NH_3$, PO_4 e Ptot) questi subiscono un pretrattamento al momento del prelievo (prima di essere congelati ed escluso il Ptot) che consiste nel praticare la filtrazione con filtri Millipore a 0,45 μ di porosità. I metodi analitici applicati per la determinazione dei sali nutritivi sono quelli di Strikland, Person e Trusdale (Strikland, Person 1968).

L'analisi quali-quantitativa del fitoplancton viene eseguita secondo il metodo Ütermöhl che si avvale di un microscopio rovesciato e di cilindri di sedimentazione da 25 ml (Ütermöhl 1958).

Nella parte relativa alla discussione dei risultati, verranno anche trattati sia l'aspetto meteo-climatico che idrodinamico in quanto fondamentali nel definire il ruolo dei nutrienti provenienti dalle fonti distribuite su media e vasta scala e nel conoscere i meccanismi di diffusione dei carichi di derivazione fluviale.

DISCUSSIONE

Dimensionamento del fenomeno eutrofico ed effetti sull'ecosistema marino costiero.

Le prime avvisaglie di acque colorate che suscitarono un certo scalpore, si verificarono verso la fine degli anni '60 ma, non esistendo un adeguato metodo di monitoraggio, le conoscenze si limitavano ad informazioni non del tutto esaurienti. Solo dal 1977 il problema è stato affrontato in maniera più dettagliata ed attraverso una costante azione di monitoraggio (fig. 1) si è riusciti a seguire l'evolversi del fenomeno, ed a garantire una efficace azione di sorveglianza anche ai fini dell'eventuale manifestarsi di bloom algali caratterizzati da specie tossiche.

Per quanto concerne l'estensione, si è visto che i fenomeni eutrofici assumono una diffusione che è strettamente correlabile ai valori di bassa salinità (correlazione inversa). Questi, a loro volta, sono ovviamente regimati dai volumi di portata dei corsi d'acqua afferenti all'Adriatico Nord-Occidentale. Vi è infatti, nella quasi totalità dei casi, una

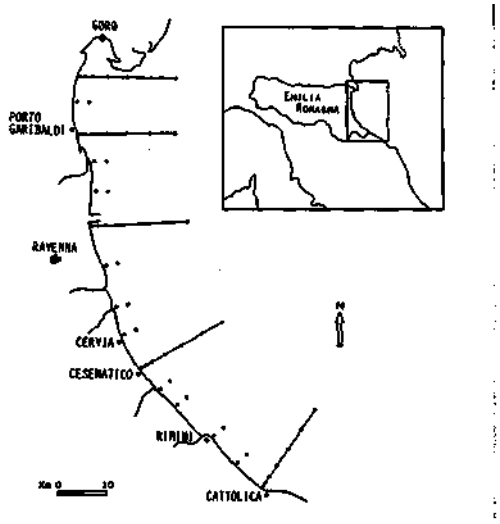


Fig. 1 Stazioni di monitoraggio.

stretta correlazione tra calo di salinità ed aumento del valore di clorofilla (Montanari, Rinaldi 1986). Deve essere comunque chiaro che lo sviluppo algale non è tanto condizionato dalle escursioni saline ma dai nutrienti che attraverso l'apporto fluviale arrivano al mare. Si deve quindi considerare il dato di salinità quale tracciante che funge da precursore nell'incremento del livello eutrofico.

Definito il rapporto esistente tra salinità e clorofilla è quindi evidente che in condizioni di piena del Po si avranno casi di eutrofia che si potranno estendere oltre ai 30-40 km dalla costa ed interessare acque anche molto lontane dalla sua foce. E' il caso delle fioriture primaverili di Diatomee, la cui concentrazione e distribuzione è perfettamente sovrapponibile al suo pennacchio di diffusione ed alle escursioni saline che le acque padane determinano.

Diversa la situazione nella tarda estate e nell'autunno; in questo periodo le fioriture sono sostenute dallo scarico a mare di acque fluviali (sia padane che costiere) ed hanno manifestazioni più limitate spazialmente e tendono a distribuirsi più in costa rispetto a quelle primaverili (fig. 2) (Montanari, Rinaldi e al. 1985 e Montanari, Rinaldi 1983 a).

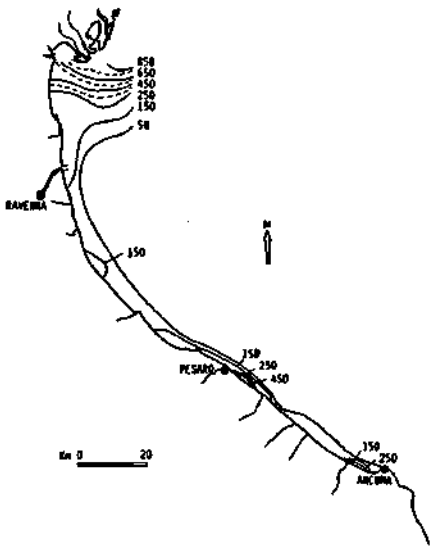


Fig. 2 Distribuzione spaziale della clorofilla "a" in mg/m^3 nelle acque superficiali (ottobre 1984). La fioritura algale, determinata dalla Dinoflagellata Gymnodinium sp., è sostenuta dagli apporti padani nell'area a ridosso del delta del fiume Po, mentre, nella restante parte della costa emiliano-romagnola e marchigiana sono gli apporti locali ad avere un ruolo determinante nel sostentamento del bloom (Montanari, Rinaldi e al. 1985).

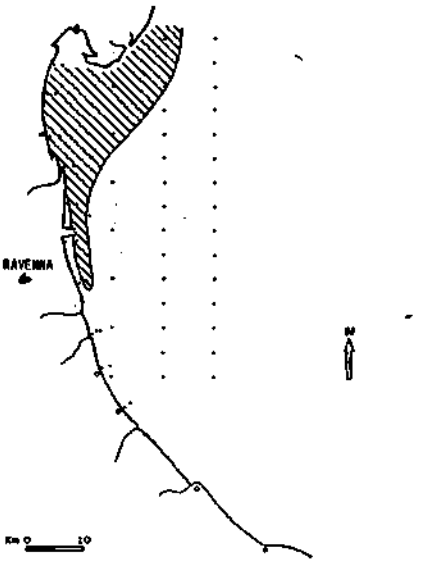


Fig. 3 Anossia nelle acque di fondo rilevata nell'agosto 1984. L'area interessata dal fenomeno copriva un territorio di 300 Km ca. (Montanari, Rinaldi e al. 1985).

Per quanto concerne le manifestazioni "secondarie" più preoccupanti, conseguenti ad un fenomeno eutrofico, si possono senz'altro ricordare i casi di anossia nelle acque di fondo. Queste condizioni, legate al solo periodo estivo-autunnale sono innescate dai processi di ossidazione della sostanza organica (costituita in gran parte delle microalghe morte sedimentate sul fondale) (Montanari, Rinaldi 1983 b e Montanari, Nespoli, Rinaldi 1984).

Come si può osservare dalla figura 3 i casi più eclatanti interessano di solito le acque dell'area più settentrionale della costa emiliano-romagnola e del basso Veneto, ed hanno distribuzioni spaziali valutabili in centinaia di chilometri quadrati.

L'effetto sulle zoocenosi di fondo che ne consegue è spesso drammatico (anche se il livello di pericolosità è ovviamente legato alla durata dell'evento). Gli organismi più vulnerabili sono quelli che in nessun modo possono abbandonare il sedimento quali Celenterati, Anellidi, Molluschi e tutte quelle forme larvali, uova comprese, che conducono una esistenza strettamente legata al sedimento. Seguono poi quegli organismi che possono effettuare solo spostamenti sulla verticale oppure per brevi tratti in senso orizzontale come granchi, Paganelli, pesci ragno, sogliole, ecc. Per questi ultimi la sopravvivenza è legata alla durata del fenomeno ed alla capacità di potersi mantenere ai livelli superiori allo strato anossico. Per gli altri pesci forniti di un sistema natatorio più efficace, come il pesce azzurro ed i pesci pelagici in generale, il

problema non sussiste in quanto sono in grado, nuotando negli strati superficiali, di scavalcare "l'ostacolo" anossico.

Eventi che favoriscono l'insorgere del fenomeno e la sua diffusione.

Definito il rapporto tra abbassamento di salinità ed aumento di clorofilla, emerge con evidenza la stretta correlazione tra piogge, aumenti di portata dei fiume e l'insorgere di fioriture algali.

Si è visto, inoltre, che il livello di maggiore efficacia nell'innesco di un bloom algale sta nelle precipitazioni atmosferiche che sopraggiungono dopo un lungo periodo di siccità. In questo caso, se l'evento meteorico ha avuto una certa intensità ed ha interessato un vasto territorio (comprendente più bacini idrografici) consente, attraverso la prima ondata di piena dei fiumi, di scaricare a mare in poche ore tutti quei nutrienti che si erano accumulati nei rispettivi alvei nel periodo di magra.

Non sempre comunque sono le precipitazioni rilevabili localmente a determinare situazioni di eutrofia. Riferendoci ai casi manifestati negli anni 1985 - 1986, si è assistito infatti, nel periodo estivo-autunnale, al sopraggiungere di fioriture algali senza che localmente si manifestassero precipitazioni di un certo rilievo e, solo attraverso una indagine condotta sull'intero bacino padano, si è potuto correlare lo stato di eutrofia con eventi meteorici manifestati nell'arco alpino o nell'area nord-occidentale.

Ovviamente i tempi di "reazione" che intercorrono tra inizio delle precipitazioni ed eutrofizzazione sono diversi e dipendono dai tempi di percorso che le acque impiegano ad arrivare al mare. Si è calcolato ad esempio, che precipitazioni che interessano la zona nord-occidentale del bacino padano, precedono di 10 - 15 giorni i casi di eutrofia che si manifestano nell'area investita dalla plume del Po (fig. 4), mentre piogge che interessano la parte orientale possano essere seguite da risposte eutrofiche dopo solo 3 o 4 giorni (Montanari, Rinaldi e al. 1986).

Dall'analisi dei dati relativi all'ultimo decennio di attività ed in base a quanto esposto, si può affermare con buona attendibilità che le condizioni di eutrofia che si manifestano nell'Adriatico Nord-Occidentale sono soprattutto determinate dai carichi di nutrienti di provenienza fluviale.

Questo aspetto, se da un lato conferma il ruolo determinante di tali apporti, dall'altro ne mette in evidenza altri di indubbio interesse e che vanno ricordati. Il primo è legato al ruolo dei sedimenti che pare non possano contribuire in maniera sufficiente nell'innesco di eventuali fioriture algali; non si hanno infatti risposte biologiche riconducibili a casi di eutrofizzazione acuta a seguito del verificarsi di mareggiate. Condizione questa avvalorata dalle osservazioni che vanno fino al 1977, dove, in nessun caso, si sono verificate fioriture algali dovute alla sola risospensione del sedimento marino.

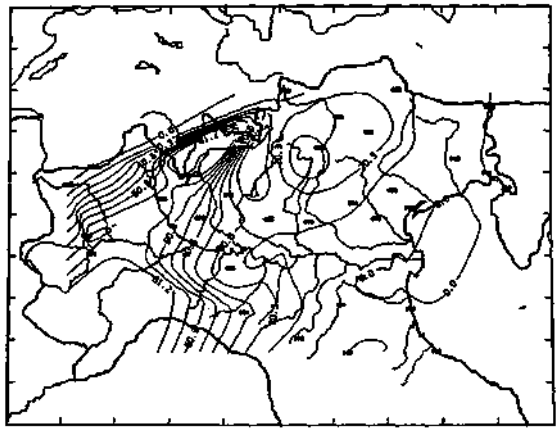


Fig. 4 Distribuzione spaziale delle precipitazioni che hanno interessato il bacino padano nel periodo 8 - 15 maggio. L'evento meteorico ha determinato un picco di portata del fiume Po ed una diffusa fioritura algale sostenuta prevalentemente da Nitzschia, Skeletonema e Prorocentrum. I tempi di risposta intercorsi tra massimo di piovosità ed il manifestarsi del fenomeno eutrofico sono stati di circa 15 giorni (Galliani, Montanari, Rinaldi e al. 1985).

L'altro aspetto da considerare è legato agli apporti costieri (intesi non come bacini idrografici dei rispettivi corsi d'acqua ma come insediamenti civili distribuiti sulla costa). Questi infatti non sembrano in grado, nonostante l'incremento demografico nei mesi estivi, di provocare condizioni eutrofiche significative nelle acque costiere. Ciò avvalora l'ipotesi che non vi siano rilevanti responsabilità dovute allo scarico delle acque di depurazione nel determinismo del fenomeno; tale aspetto è confermato dall'andamento dell'estate 1985 e dell'estate 1986 in quanto, nonostante che le acque di depurazione siano state costantemente scaricate a mare, non si sono verificate fioriture algali di rilievo (Montanari, Rinaldi e al. 1986).

Dal punto di vista della distribuzione dei carichi di nutrienti nelle acque costiere della Regione Emilia Romagna si è visto che i valori più alti vengono scaricati nella zona più settentrionale della costa in quanto maggiore è l'input fluviale. Non a caso la zona compresa tra il delta del Po e Ravenna è quella più soggetta a casi di eutrofia acuta e persistente.

L'effetto contrario si ha nella zona compresa tra Cesenatico e Cattolica, dove, a seguito dei non rilevanti apporti fluviali si registrano, nonostante l'elevato carico antropico costiero (relativo soprattutto al periodo estivo, quando ai residenti si sommano i turisti), i più bassi valori di eutrofia (fig. 5).

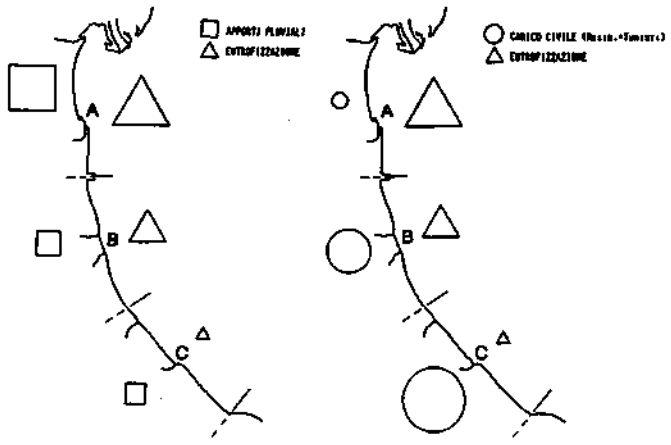


Fig. 5 Rapporto teorico tra eutrofizzazione ed apporti fluviali (a sinistra) e tra eutrofizzazione e carichi civili costieri (a destra). Da notare la diretta correlazione tra eutrofia ed apporti fluviali, mentre non esiste una apparente correlazione con i carichi costieri (Montanari, Rinaldi et al. 1986).

Per quanto concerne la diffusione passiva dei fenomeni eutrofici e dei suoi effetti secondari più preoccupanti (anossie) è utile ricordare come spesso le condizioni idrodinamiche giochino un ruolo determinante nel diffondere dalla zona di origine stati di eutrofia in aree adiacenti.

Lo stesso si può constatare per le situazioni anossiche nelle acque di fondo. Si è visto infatti che vi è spesso una zona "reattiva" compresa fra il Delta del Po e le dighe del porto di Ravenna, dove in seguito ad intense e persistenti fioriture algali vengono prodotti quantitativi di sostanza organica tali da innescare processi anossici ed una zona adiacente di "influsso", che va soggetta a pulsazioni anossiche in funzione del trasporto dovuto alle correnti di fondo (Montanari, Rinaldi e al. 1984 e Lanzi, Nucciotti et al. 1984).

In molti casi le condizioni anossiche a sud di Ravenna sono quindi determinate per effetto delle correnti di fondo che, fluendo da nord a sud, dopo aver "scavalcato" le dighe del porto di Ravenna diffondono acque anossiche in zone più meridionali rispetto a quelle di origine (fig. 6).

Questo per quanto concerne la diffusione parallela alla linea di costa regimata dal gradiente nord-sud del flusso idrodinamico generale. Vi sono poi condizioni in cui le aree anossiche nelle acque di fondo tendono a spostarsi in senso ortogonale alla costa. E' quanto succede quando in concomitanza del perdurare di uno stato anossico in acque non prettamente costiere si instaurano condizioni meteorologiche caratterizzate da venti spiranti da terra (Libeccio, Ponente). In tale regime si innesca un processo di trasporto di masse d'acqua superficiali verso il largo con

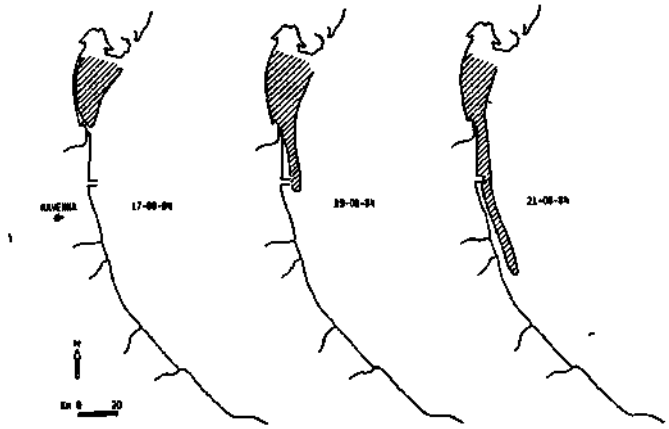


Fig. 6 Dinamica passiva delle acque anossiche di fondo. Sotto la sollecitazione della corrente dominante Nord-Sud le acque tendono a fluire in territori più meridionali rispetto a quelli di origine (Montanari, Rinaldi et al. 1985).

conseguente richiamo di quelle di fondo verso riva (fig. 7). Questa sorta di upwelling di solito arreca benefici all'ambiente costiero soprattutto se coincidente all'insorgere di un processo eutrofico (prima del decadimento della biomassa algale a livello del fondale) in quanto sospinge al largo le acque superficiali eutrofizzate e richiama quelle di fondo più salate e più fredde. Ma quando le acque trasportate verso riva sono anossiche, si può avere un restringimento della fascia di sopravvivenza (compresa tra la battigia ed il fronte anossico) dove il pesce bentonico si era rifugiato al punto tale da determinarne massicci spiaggiamenti.

Le stesse sostanze derivate dai processi di decomposizione in un ambiente fortemente riducente (idrogeno solforato e ammoniaca) arrivate nei pressi della costa ammorbano l'aria a tal punto da farsi sentire per diversi chilometri di distanza verso l'entroterra.

Fattori di crescita fitoplanctonica.

La questione legata al ruolo dei nutrienti ed alla loro dinamica nel sistema costiero è stata affrontata attraverso indagini che hanno interessato sia l'aspetto statistico che quello relativo alle risposte della biomassa fitoplanctonica all'aggiunta di menù precostituiti di nutrienti in prove di biostimolazione in campo.

Per quanto concerne l'analisi statistica dei dati, al fine di definire quale sia il fattore limitante tra le componenti azotate e fosfatiche in soluzione, è emerso che nella maggior parte dei casi il fosforo assume un deciso ruolo limitante.

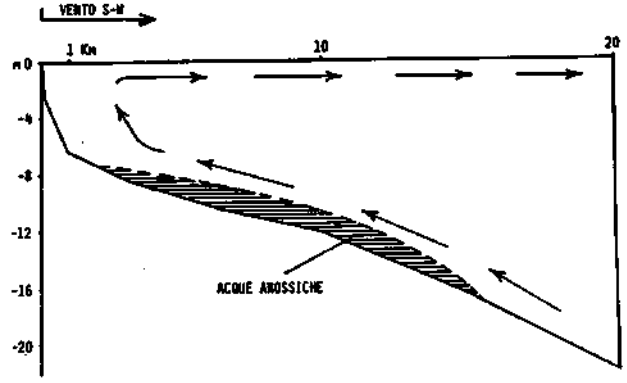


Fig. 7 Movimento ortogonale alla linea di costa di acque di fondo anossiche. Generato dai venti spiranti da terra il fenomeno può causare massicci spiaggiamenti di organismi bentonici (Montanari, Rinaldi 1983 e Montanari, Rinaldi e al. 1984).

Dalle analisi di 3.922 campioni prelevati nel triennio 1978-1979-1980 si è visto che nell'85% dei casi ci si è trovati in una situazione di fosforo-limitazione, contro un 11% in cui il ruolo limitante era coperto dall'azoto e la restante quota in condizioni in cui entrambe le componenti (N e P) agiscono in egual misura da fattori limitanti (Marchetti 1985).

Per quanto concerne l'andamento nel tempo dei casi di fosforo-limitazione si deve inoltre aggiungere che negli ultimi anni vi è stata una tendenza all'aumento, passando da un valore dell'85% (rilevato nel triennio 1978-79-80) ad una percentuale superiore, attorno all'89% dei casi rilevata negli anni successivi. Ciò è probabilmente da attribuire alle azioni tese al risanamento che si stanno attuando sia localmente che a livello nazionale (abbattimento del fosforo nei depuratori costieri, riduzione del fosforo nei prodotti della detergenza ecc..) che hanno indubbiamente contribuito a ridurre i carichi di fosforo.

Deve comunque essere chiaro che una indagine statistica condotta su dati raccolti con periodicità settimanale non consente di definire l'evoluzione ciclica nutriente-biomassa vegetale-nutriente ma concede soltanto utili informazioni sulle caratteristiche di trofia di quel corpo idrico.

Per conoscere i giusti rapporti trofici tra nutrienti e fitoplancton occorre attivare confronti temporali molto ravvicinati ed "assolutamente" nei pressi della fonte di approvvigionamento dei nutrienti (ad esempio nelle vicinanze delle foci). Se l'indagine sarà condotta con puntualità si assisterà che, ad un incremento di composti fosfatici solubili (Ortofosfato ed altri) immessi a mare da un fiume, corrisponderà una impennata della biomassa fitoplanctonica che assorbirà completamente il fosforo inorganico organicandolo. E' questa la ragione principale per cui

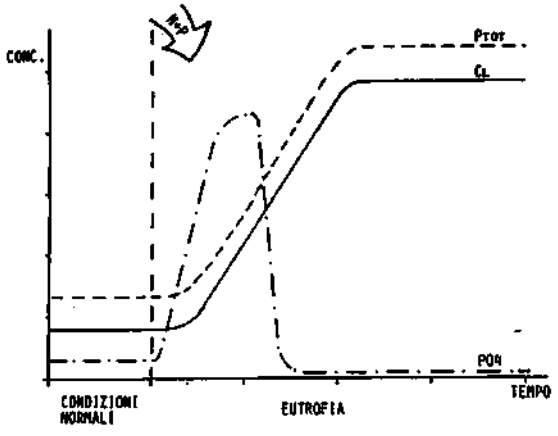


Fig. 8 Dinamica fosforo-biomassa fitoplanctonica in ambiente marino costiero soggetto ad input di nutrienti. Una condizioni normale (oligotrofica) può essere alterata da uno scarico ricco di nutrienti. Nel caso del fosforo solubile si ha un rapido e pressochè totale assorbimento da parte della biomassa fitoplanctonica (Montanari, Rinaldi e al 1985).

è estremamente difficile trovare alte concentrazioni di questo nutriente in soluzione durante una fioritura algale. Il fosforo in quelle condizioni non è assente, è stato semplicemente trasformato da inorganico in organico (fig. 8).

Nell'ambito di un bloom algale si intersecano poi condizioni in cui il regime batterico assume un ruolo fondamentale nel riciclo del fosforo da organico ad inorganico. Tale fase è difficile da cogliere analiticamente visti i rapidi tempi di riassorbimento e di riutilizzo da parte del fitoplancton.

Vi è un'altra possibilità di studio ai fini della definizione dei rapporti che intercorrono tra biomassa fitoplanctonica e nutrienti; le prove di biostimolazione in campo.

Le esperienze da noi condotte nell'anno 1985 e tuttora in corso, hanno evidenziato un rapidissimo incremento di biomassa fitoplanctonica laddove vi era stata simulata una condizione corrispondente ad un apporto a mare di uno scarico fluviale con condizioni inquinologiche medio-altre ed ovviamente con un eccessivo carico di fosforo ed azoto; mentre i casi trattati con aggiunte di solo fosforo o solo azoto non davano risposte biologiche riconducibili ad una situazione di eutrofia (fig. 9).

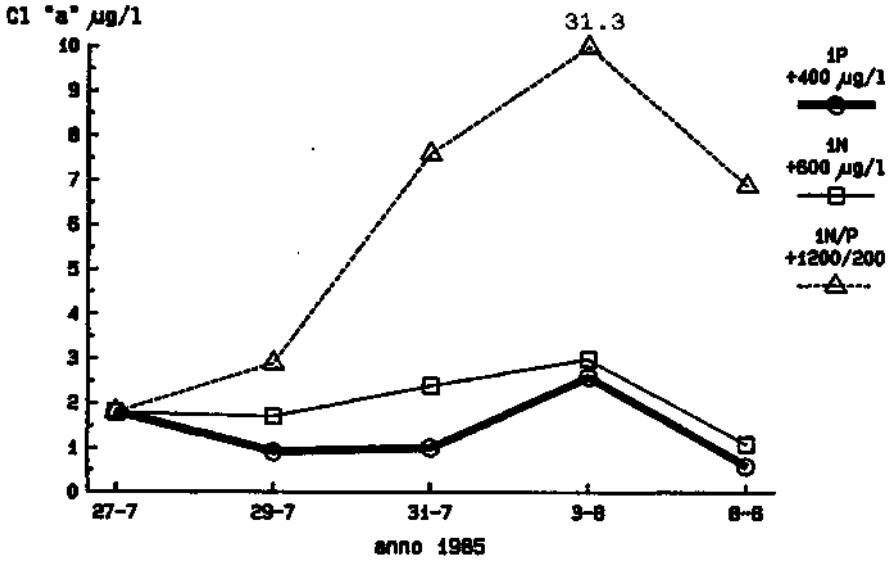


Fig. 9 Test di biostimolazione in campo. La sola risposta riconducibile ad un caso di eutrofizzazione si è avuta con l'aggiunta di azoto e fosforo inorganico all'acqua di mare prelevata in ambiente oligotrofico aggiungendo solo azoto o solo fosforo non si hanno risposte significative.

BIBLIOGRAFIA

A. S. Bennet - 1976 - Conversion of in situ measurements of conductivity to salinity. Deep Sea Research, 23, 157-165.

R.A. Cox, M.J. McCartney and F. Culkin - 1970 - The specific gravity/salinity/temperature relationship in natural sea water. Deep Sea Research, 17, 679-689.

The international Oceanographic Tables for solubility of oxygen in sea water. J. Cons. int. Explor. Mer. 1976, 136 (3), 295-296.

C.J. Lorenzen - 1966 - A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. Deep Sea Res., 13, 223-227.

G. Milton, Tunzi - 1973 - Limitations in vivo fluorescence as a measure of chlorophyll "a". Workshop on Algal - Nutrient relationships in San Francisco Bay - Delta Waters. (R.L. Brown, ed.). Held November 8 - 10, 1973.

J.D.H. Strickland, T.R. Parsons - 1968 - A pratical handbook of seawater analysis, Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 167, 331.

H. Ütermöhl - 1958 - Zur Vervovllkommung der quantitativen Phytoplankton. Methodik. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh., 17, 47-71.

G. Montanari, A. Rinaldi et al. - 1986 - Eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna. Rapporto annuale 1985. Studi e documentazione, Regione Emilia Romagna, Assessorato Ambiente e Difesa del Suolo, Bologna.

G. Montanari, A. Rinaldi et. al. - 1985 - Eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna. Rapporto annuale 1984. Studi e documentazione, Regione Emilia Romagna, Assessorato Ambiente e Difesa del Suolo, Bologna.

G. Montanari, A. Rinaldi - 1984 - Eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna. Rapporto annuale 1983. Studi e documentazione, Regione Emilia Romagna, Assessorato Ambiente e Difesa del Suolo, Bologna.

G. Montanari, A. Rinaldi - 1983 a - Eutrofizzazione delle acque costiere della Regione Emilia Romagna. Valutazioni su alcuni parametri chimico-fisici. Inquinamento 25 (5), 32-38.

G. Montanari, A. Rinaldi - 1983 b - Eutrofizzazione delle acque costiere della Regione Emilia Romagna. Casi di anossia delle acque di fondo conseguenti a fioriture algali estivo-autunnali. Aria e acqua. 2, 123-128.

G. Montanari, G. Nespoli, A. Rinaldi - 1984 - Formazione di condizioni anossiche nelle acque marine costiere dell'Emilia Romagna dal 1977 al 1982. Inquinamento 11, 33-39.

R. Marchetti - 1985 - Indagini sul problema dell'eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna. Studi e documentazione, Regione Emilia Romagna, Assessorato Ambiente e Difesa del Suolo, 35.

G. Lenzi, F. Nucciotti et al. - 1984 - Un possibile modello meteorologico previsionale dei meccanismi di sviluppo e dissolvimento dei processi eutrofici nell'Alto Adriatico. Atti Convegno "Eutrofizzazione Adriatico", Bologna 1983, 34, 129-147.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	305-310	1986

CRISI DISTROFICHE E VARIAZIONI DELLA ASSOCIAZIONE A BIVALVI IN UNA SACCA DEL DELTA DEL PO

P. Franzoi, M. Mistri, R. Rossi e V.U. Ceccherelli

Istituto di Zoologia, Università di Ferrara

Key words : Bivalve association; dystrophic crises; deltaic lagoon

ABSTRACT - Alterations of the bivalve association as a consequence of dystrophic crises occurred in a deltaic lagoon of the Po River Delta was evidenced.

SUMMARY

To investigate the bivalve association of the Sacca di Goro, a coastal embayment of the Po River Delta, three trawl surveys were carried out by means of an hydraulic dredge at June '84, November '84 and June '85 respectively. The association showed a fairly definite Synecological structure at June '84; it appeared to undergo heavy alterations as a consequence of serious dystrophic events occurred in the bay during late summer and autumn, between the first two trawl surveys.

RIASSUNTO

Nel giugno '84, nel novembre dello stesso anno e nel giugno '85 sono stati condotti a mezzo di una draga idraulica tre "trawl surveys" nella Sacca di Goro, una baia costiera del Delta del Po, per una valutazione dell'associazione a bivalvi. La taxocenosi, che presentava una strutturazione sinecologica abbastanza precisa nel giugno '84, sembra aver subito rilevanti modificazioni in conseguenza di un grave evento distrofico estivo - autunnale avvenuto fra i primi due campionamenti.

INTRODUZIONE

Gli ambienti costieri dell'Alto Adriatico, in particolar modo la zona di mare prossima al Delta del Po, sono caratterizzati da un elevato grado di trofia delle acque ed interessati da frequenti crisi anossiche (MARCHETTI, 1984) che incidono in particolare sulle associazioni a molluschi bivalvi, organismi tipicamente poco mobili e sedentari. Scopo di questa nota è quello di analizzare le variazioni dell'associazione a bivalvi dopo

due crisi distrofiche verificatesi nel 1984, rispettivamente nei mesi di agosto (30 % di saturazione di ossigeno sul fondo) e novembre (20 %), nella Sacca di Goro (Fig. 1), una baia localizzata all'estremità meridionale del Delta del Po.

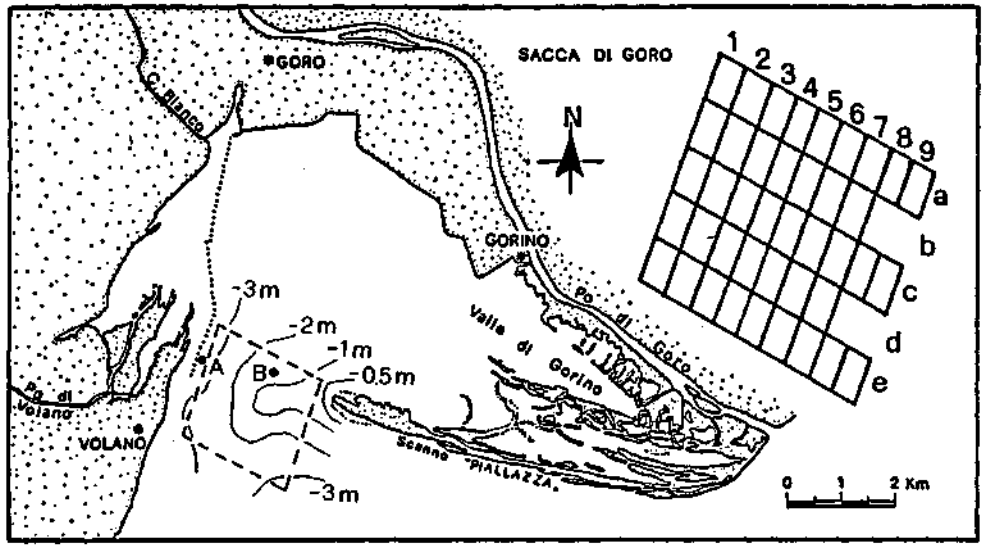


Figura 1. Area e reticolo di campionamento dell'associazione a bivalvi, principali isobate e stazioni di rilevamento idrologico (A e B).

MATERIALE E METODI

Nel giugno '84, nel novembre dello stesso anno e nel giugno '85, sono stati condotti tre "trawl surveys" in un'area di campionamento (Fig. 1), dell'estensione di circa 5 km , situata all'imboccatura della sacca a cavallo fra questa ed il mare. L'area è stata suddivisa in un reticolo di 41 campi di 13.5 ha ciascuno (Fig. 1). Durante ogni "trawl survey" è stato raccolto 1 campione per campo mediante una draga idraulica con bocca di 2,20 m e con distanza di 8 mm tra i tondini della gabbia di raccolta. La lunghezza del traino è stata modulata, in funzione dell'abbondanza di materiale sul fondo, da un minimo di 20 ad un massimo di 40 m. Il pescato, quando necessario, è stato subcampionato in ragione di 1/4. Per i confronti a coppie tra le stime di densità di ciascuna specie nelle tre date di campionamento è stato impiegato l'U test di Mann - Whitney. Per lo studio delle associazioni a bivalvi è stato utilizzato il metodo della "cluster analysis" impiegando l'algoritmo di Lance e Williams, con $\beta = 0$, sulla matrice di similarità tra campi di Bray - Curtis.

RISULTATI

L'associazione a bivalvi nell'area campionata è risultata costituita principalmente dalle specie indicate nella didascalia di Tab. 1. Solo in alcuni campi, e con pochi esemplari, sono state rinvenute Donax trunculus, Ensis siliqua, Abra sp., Macoma sp., Dosinia lupinus, Spisula subtruncata,

Lentidium mediterraneum e Gastrana fragilis. In tab. 1 sono riportate, per ogni specie, le medie e le deviazioni standard delle densità registrate in ciascun "trawl survey" ed i risultati dei test U. Il confronto fra le densità totali indica chiaramente l'effetto della crisi.

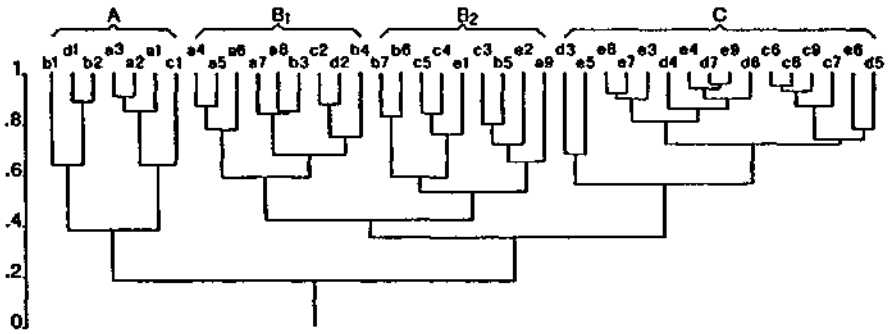
	1 GIUGNO 84	2 NOVEMBRE 84	3 GIUGNO 85	U - test 1 / 2	2 / 3	1 / 3
Sc	1117 ± 1674	813 ± 1222	670 ± 841	NS	NS	NS
My	99 ± 254	324 ± 708	5343 ± 8696	NS	***	***
Ce	958 ± 1739	550 ± 2091	219 ± 403	*	NS	**
Ma	395 ± 438	124 ± 200	11 ± 22	**	***	***
Ch	43 ± 55	51 ± 63	16 ± 23	NS	**	**
Cr	28 ± 82	11 ± 27	336 ± 1010	NS	***	**
Ta	12 ± 23	3 ± 7	29 ± 56	***	**	NS
Ve	20 ± 24	3 ± 15	1 ± 5	***	NS	***
tot.	2670 ± 2427	1878 ± 2703	6625 ± 9637			

Tabella 1. Densità medie (N/10 m^2 + D.S.) nell'area campionata (n = 41) per specie e per data, densità medie (N/10 m^2 + D.S.) totali per data e significatività dei tests U per i confronti fra date. Sc = Scapharca inaequivalvis, My = Mytilus galloprovincialis, Ce = Cerastoderma glaucum, Ma = Mactra stultorum, Ch = Chamelea gallina, Cr = Crassostrea sp., Ta = Tapes decussatus, Ve = Venerupis aurea.
(* = P < 0.5; ** = P < 0.1; *** = P < 0.001; NS = non significativo)

C. glaucum, V. aurea e M. stultorum sono le specie che più hanno risentito degli eventi distrofici verificatesi fra il giugno ed il novembre '84. Le densità medie di queste specie hanno subito riduzioni, fra la prima e la seconda data di campionamento, rispettivamente del 42%, 69% ed 85%. S. inaequivalvis sembra resistere meglio delle altre specie alle condizioni di deficit di ossigeno, grazie probabilmente al fatto che possiede emoglobina come pigmento respiratorio. Le mortalità registrate per M. stultorum e C. gallina nel secondo semestre (novembre '84 - giugno '85), in assenza di crisi distrofiche, sono probabilmente correlate con le basse temperature verificatesi durante l'inverno 1985 quando ghiacciarono le aree più interne della Sacca di Goro. Gli aumenti di densità di M. galloprovincialis e Crassostrea sp., rilevati fra il novembre '84 ed il giugno '85, appaiono spiegabili col reclutamento, poichè gli individui più piccoli e più giovani, essendo attaccati a grappolo o incrostati sulle conchiglie degli adulti, sono stati efficientemente campionati. Più complessa appare l'interpretazione dell'andamento alterno delle densità di T. decussatus; l'analisi della struttura per classi di taglia della popolazione di questa specie porta ad escludere che l'aumento di densità del giugno '85 sia dovuto al reclutamento. E' probabile che il campionamento adottato non sia adatto per specie con scarso reclutamento, basse densità e dispersioni molto aggregate.

Sebbene S. inaequivalvis sia pressocchè ubiquitaria e dovunque abbondante, l'analisi dei "clusters" ha messo in evidenza una certa articolazione della taxocenosi a bivalvi. Al giugno '84 (Fig. 2) si individua un gradiente obliquo da nord-ovest, zona del canale, a sud-est, zona verso il mare, lungo il quale sono riconoscibili 4 raggruppamenti di campi caratterizzati ognuno da una diversa abbondanza relativa delle specie

componenti. Un primo gruppo (A) dove, eccettuata S. inaequivalvis, le specie percentualmente più importanti sono M. galloprovincialis, Crassostrea sp. e C. glaucum; tale associazione, seguendo MARS (1966), è identificabile con il tipo a Mytilus del raggruppamento delle sabbie fangose della biocenosi lagunare eurialina ed euriterma. Un secondo raggruppamento (B1), caratterizzato dall'abbondanza relativa di C. glaucum, sembra corrispondere al tipo a predominanza di Cerastoderma della medesima biocenosi. Quest'ultima associazione sembra in qualche modo corrispondere anche alla biocenosi delle sabbie fangose superficiali in moda calma (PERES e PICARD, 1964). Facies di transizione deve considerarsi la terza zona (B2), dove a specie tipicamente lagunari (C. glaucum, T. decussatus e V. aurea) si affiancano specie caratteristiche delle sabbie litorali (M. stultorum e C. gallina). Alla biocenosi delle sabbie terrigene (facies degradata) (MARS, 1966) è infatti da ascrivere il quarto ed ultimo raggruppamento di campi (C), corrispondente alla zona più marina e caratterizzato dall'abbondanza relativa di M. stultorum.

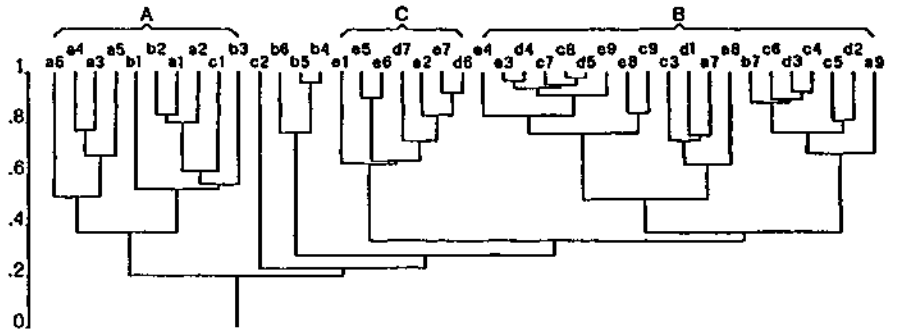


	Sc	My	Ce	Ma	Ch	Cr	Ta	Ve	x ± D.S.
A	67.2	17.7	5.9	0.2	0.1	7.1	0.2	1.6	2055 ± 1355
B1	19.1	1.3	73.5	4.4	0.4	0.3	0.2	0.8	5109 ± 2556
B2	78.7	0.3	13.5	4.5	1.6	0.0	0.9	0.5	3787 ± 2780
C	15.1	0.1	11.0	67.4	5.5	0.0	0.4	0.5	1026 ± 478

Figura 2. Associazione a bivalvi, Giugno '84 : dendrogramma di similarità tra campi, abbondanza percentuale delle specie componenti i principali gruppi di campi e densità medie ($N/10m^2$ + D.S.) degli stessi.

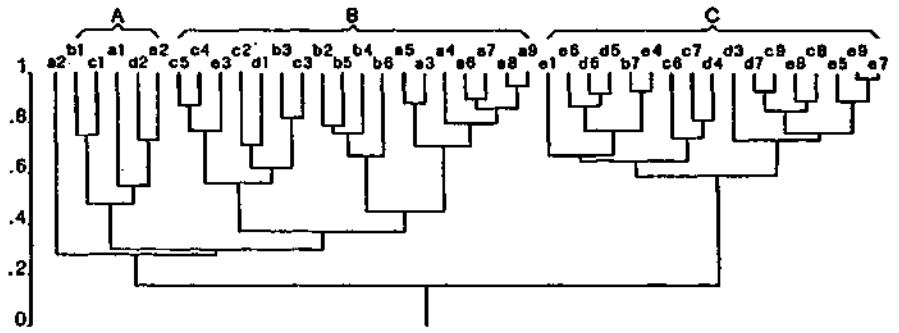
Il quadro così definito appare notevolmente modificato nel novembre '84 (Fig. 3). Sotto la pressione dell'abbassamento generalizzato della densità, le associazioni precedentemente descritte sono ora mal definite. Soprattutto risulta particolarmente alterata la biocenosi delle sabbie terrigene, a causa della forte diminuzione di densità di Mactra stultorum. Nella zona più marina e profonda dell'area esaminata (gruppo C), probabilmente quella maggiormente interessata dalle acque anossiche risalite dal fondo, S. inaequivalvis, come si è detto la più resistente alla mancanza di ossigeno, viene a costituire il 90,1% del popolamento globale. Nel giugno '85 (Fig. 4), il popolamento a bivalvi è caratterizzato da un aumento generalizzato della densità di giovani di M. galloprovincialis. Sono ancora poco riconoscibili le associazioni individuate al giugno '84, anche se si può osservare la tendenza alla ricosti-

tuzione del gradiente canale - mare : da una zona a dominanza di M. galloprovincialis e Crassostrea sp. ad una in cui tornano ad essere caratterizzanti le specie tipiche delle sabbie costiere (M. stultorum e C. gallina).



	Sc	My	Ce	Ma	Ch	Cr	Ta	Ve	x ± D.S.
A	19.9	29.9	46.9	1.9	0.1	1.1	0.1	0.1	4081 ± 4260
B	48.7	1.2	13.4	25.6	11.0	0.0	0.1	0.0	763 ± 704
C	90.1	1.2	6.1	0.6	1.9	0.0	0.1	0.0	2158 ± 2160

Figura 3. Associazione a bivalvi, Novembre '84 : dendrogramma di similarità tra campi, abbondanza percentuale delle specie componenti i principali gruppi di campi e densità medie (N/10 m^2 ± D.S.) degli stessi.



	Sc	My	Ce	Ma	Ch	Cr	Ta	Ve	x ± D.S.
A	10.7	76.8	0.7	0.0	0.1	10.8	0.8	0.1	8988 ± 6643
B	9.5	84.6	4.0	0.0	0.0	1.5	0.4	0.0	11682 ± 11355
C	52.0	23.0	3.7	6.9	9.2	4.0	1.2	0.0	349 ± 502

Figura 4. Associazione a bivalvi, Giugno '85 : dendrogramma di similarità tra campi, abbondanza percentuale delle specie componenti i principali gruppi di campi e densità medie (N/10 m^2 ± D.S.) degli stessi.

DISCUSSIONE

Le popolazioni di C. glaucum, M. stultorum e, probabilmente, V. aurea sembrano quelle che maggiormente risentono degli eventi distrofici. Per M. galloprovincialis e C. gallina la riduzione della densità della popolazione adulta è rapidamente compensata dal reclutamento. Infatti a novembre le giovani reclute di queste specie hanno probabilmente già raggiunto la taglia minima catturabile dalla draga impiegata (FROGLIA, 1975; CECCHERELLI e ROSSI, 1984). Solo S. inaequivalvis e Crassostrea sp. sembrano non aver risentito delle condizioni ambientali critiche. L'associazione a bivalvi appare dominata da S. inaequivalvis, distribuita con densità elevate sull'intera area studiata; ciò è già di per sè una conseguenza di lungo periodo delle generali condizioni eutrofiche di queste acque. La taxocenosi, che presentava una strutturazione sinecologica abbastanza precisa all'inizio della campagna d'indagine, ha però subito rilevanti modificazioni a seguito dell'evento distrofico estivo-autunnale. Dopo un anno comunque, SÌ. poteva già individuare la tendenza verso un ripristino delle condizioni iniziali, segno che le funzioni ecologiche strutturanti le comunità della zona avevano ricominciato ad operare.

BIBLIOGRAFIA

V. U. CECCHERELLI, R. ROSSI - 1984 - Settlement, growth and production of the mussel Mytilus galloprovincialis - Mar. Ecol. Prog. Ser., 16, 173-184.

C. FROGLIA - 1975 - Osservazioni sull'accrescimento di Chamelea gallina (L.) ed Ensis minor (Chenu) nel Medio Adriatico - Quad. Lab. Tecnol. Pesca, 2 (1), 37-48.

P.. MARCHETTI - 1984 - Quadro analitico complessivo dei risultati delle indagini condotte negli anni 1977 - 1980 sul problema dell'eutrofizzazione nelle acque costiere dell'Emilia - Romagna: situazione e ipotesi d'intervento - Regione Emilia Romagna, 310 pp.

P. MARS - 1966 - Recherches sur quelques étangs du littoral Méditerranéen francais et sur leurs faunes malacologiques - Vie et Mileu, 20 suppl., 199-212.

J. M. PERES, J. PICARD - 1964 - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée - Rec. Trav. Sta. mar. Endoume, 31 (47), 45-70.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	311-316	1986

MODIFICAZIONI INDOTTE DA SCARICHI URBANI SULLA STRUTTURA TROFICA DI UN POPOLAMENTO VTC

Leonardo Tunesi

C.R.E. -Studio Professionale Associato di Consulenze e Ricerche Ecologiche
Santa Margherita Ligure.

Key words: Trophic structure -Benthic communities -Coastal Terrigenous Muds

ABSTRACT: An analysis on the trophic structure of the benthic community, in the western part of the Marconi Gulf, shows the modification in the surface/ subsurface deposit-feeders ratio related to the nature of the near sewers.

RIASSUNTO: Nell'indagine sulla struttura trofica dei popolamenti bentonici presenti nella parte occidentale del Golfo Marconi sono stati utilizzati come strumento di campionamento sia la benna che la draga. L'analisi multivariata dei dati (AFC) ha indicato come la variabilità del sistema sia fondamentalmente legata alla presenza degli scarichi urbani dei comuni di Rapallo e S.Margherita Ligure. Nell'area oggetto di studio, caratterizzata dalla biocenosi VTC, nel raggio di poche centinaia di metri si osserva una notevole modificazione della struttura trofica che, da una Facies a *Turritella communis*, limitrofa allo sbocco fognario di Rapallo e caratterizzata dalla dominanza del gruppo dei Detritivori, si passa ad una Facies a *Sternaspis scutata*, quindi con maggior rilievo dei Limivori, in corrispondenza dello scarico di S.Margherita Ligure.

SUMMARY: In the western part of the Marconi Gulf (Ligurian Sea) Van Veen grab and dredge have been utilised for the analysis of the trophic structure of the benthic populations. The multivariate analysis (FCA) pointed out that the system, basically unidimensional, is tied to the presence of the Rapallo and S.Margherita sewers. The studied area, characterised by the CTM Biocenosis, shows a considerable modification in the trophic structure which, from a *Turritella communis* Facies, neighbouring to the Rapallo waste and characterized by the dominance of the surface deposit-feeders, proceed to a *Sternaspis scutata* Facies (subsurface deposit-feeder) near the S.Margherita sewer.

INTRODUZIONE

I popolamenti bentonici di substrato mobile mostrano distribuzioni e caratteristiche trofiche differenti a seconda delle proprietà chimico-fisiche del sedimento (Gray, 1981), legate, oltre che alla profondità, ad un' ampia serie di fenomeni ambientali non sempre facilmente identificabili.

Con questo lavoro si è cercato di valutare le modificazioni presenti in

un popolamento dei Fanghi Terrigeni Costieri sottoposto all'azione eutrofizzante degli effluenti urbani di due comuni adiacenti.

MATERIALI E METODI

I fondali oggetto di studio si trovano nella parte occidentale del Golfo Marconi (Fig.l), su un'area sottoposta agli scarichi urbani delle due città di Rapallo e di S.Margherita Ligure (Tunesi e Peirano, 1986).

Queste superfici, comprese tra 30 e 45 m di profondità, sono inoltre sottoposte alla decantazione di fibre di *Posidonia;* questa Fanerogama è attualmente presente nell'area fino alla profondità di circa 15 m (Morri et a l . , 1986) mentre, probabilmente in origine si spingeva anche su parte delle aree studiate.

Per il campionamento sono state utilizzate sia la benna che la draga: con il primo attrezzo sono state effettuate 7 stazioni, ognuna costituita da una coppia di prelievi, mentre la draga è stata usata su 7 tratti di 500 m.

Il materiale è stato setacciato su maglia di 2 mm.

I dati sono stati elaborati mediante analisi fattoriale delle corrispondenze (AFC), effettuata separatamente per la benna e per la draga, la significatività degli assi è stata valutata con le tavole fornite da Lebart (1975).

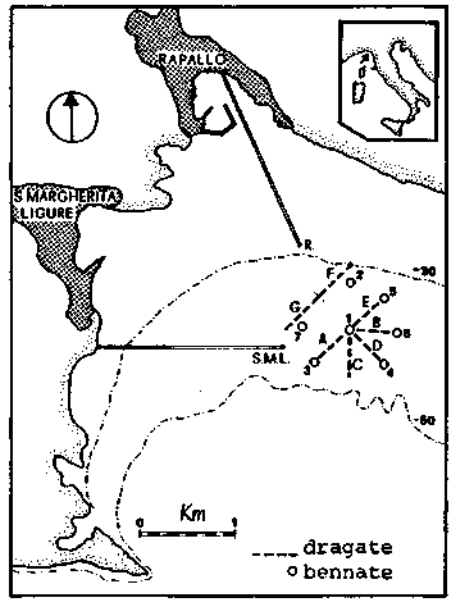


Fig. 1: I fondali oggetto di studio con l'indicazione delle stazioni effettuate. Per le spiegazioni vedere il testo.
(R = bocca dello scarico fognario del comune di Rapallo.
S.M.L. = bocca dello scarico di S. Margherita Ligure)

RISULTATI E DISCUSSIONE

Sono state identificate 63 specie attribuibili a 4 gruppi trofici (Tab.l).

Un fattore importante da mettere in risalto in questo tipo di studi è la difficoltà dell'attribuzione di una specie ad un determinato gruppo, infatti molte di queste hanno la capacità di variare il loro regime alimentare in base alla disponibilità del momento (Pearson, 1971); sono state quindi identificate quattro categorie principali tipiche dei fondi molli: Carnivori, Filtratori, Detritivori e Limivori. L'analisi fattoriale delle corrispondenze è stata effettuata sia per i dati ottenuti con la benna che con la draga.

L'AFC condotta sui campioni ottenuti con la benna è mostrata in Fig. 2 ove

si osserva una distribuzione dei punti stazione e delle specie che, grosso modo, ricalca un profilo a nube parabolica. Una configurazione di questo tipo si osserva quando il secondo asse risulta essere funzione del primo, suggerendo la presenza di un solo fattore ambientale nella spiegazione della variabilità del sistema (Fresi e Gambi, 1982) ed inoltre solo il primo asse risulta essere pienamente significativo.

L'analisi condotta sui dati raccolti con la draga mostra anch'essa un profilo parabolico (Fig. 3) anche se con concavità differente da quella osservata in precedenza: anche in questo caso solo il primo asse risulta pienamente significativo indicando come il fenomeno spiegato sia fondamentalmente unidimensionale.

Tab. 1: Specie identificate, classificate per gruppo trofico; viene indicato l'attrezzo che ne ha permesso il campionamento (B = benna; D = draga).

		DETRITIVORI		
Amphorete grubei Malm.	B	Amphicteis gunneri (Sars)	D
Leanira cirrata (Sars)	D+B	Maldane sp.	D+B
Priamospio malmgreni Clap.	D+B	Terebellides stroemi Sars	D+B
Apseudes echinatus Sars	D+B	Apseudes sp.	B
Ampelisca sp.	B	Maera sp.	B
Aporrhais pespelecani (L.)	D	Bittium reticulatum r.(Da Costa)	B
Calyptraea chinensis (L.)	D	Ringicula auriculata (Men.)	B
Turritella communis Risso	D	Dentalium dentalis L.	D+B
Dentalium inaequicostatumDeuts.	D+B	Abra prismatica (Montagu)	D+B
Nucula nitidosa Winck.	D+B	Nucula sulcata Bronn	D+B
Tellina pulchella Lam.	D+B	Labidoplax digitata (Montagu)	B
Thyone fusus (Muller)	D+B	Trachythyone elongata Dub.Kor	D+B
Trachythyone tergestina(M.Sars)	D		
		LIMIVORI	
Notomastus latericeus Sars	D+B	Sternaspis scutata (Ren.)	D+B
		FILTRATORI	
Chaetozone setosa Malm.	B	Corbula gibba (Olivi)	D+B
Cuspidaria rostrata (Span.)	D	Myrtea spinifera (Montagu)	D+B
Amphiura chiajei Forbes	D+B	Amphiura filiformis (Mull.)	D+B
		CARNIVORI	
Glycera unicornis Savigny	D+B	Glycera sp.	B
Harmotoe longisetis (Grube)	D+B	Lumbrinereis paradoxa S.Jon.	B
Lumbrinereis sp.	D+B	Nephthys hombergi Savigny	D+B
Nephthys sp.	D	Phyllodoce lineata (Clap.)	B
Alpheus glaber (Olivi)	D+B	Anapagurus bicorniger M.E.&Bouv.	D
Anapagurus sp.	D	Athanas nitescens (Leach)	D
Ebalia granulosa M.Edwards	D	Goneplax rhomboides (L.)	D+B
Philocheras bispinosus(Hail.)	D	Pontocaris cataphracta (Olivi)	D
Processa nouveli n. Al-Ad.&W.	D+B	Bela brachystoma (Phil.)	B
Bolinus brandaris (L.)	D	Hinia incrassata (Strom)	D+B
Hinia limata (Deshayes)	D+B	Lunatia fusca (Blainv.)	D+B
Lunatia guillemini (Peyr.)	B	Mangelia attenuata (Mont.)	B
Miotha denticulata (Adams)	B	Phyllonotus trunculus (L.)	D
Astropecten irregul. p. (D.Ch.)	D	Arnoglossus laterna (Walb.)	D
Gobius niger L.	D	Lesuerigobius friesii Malm.	D+B

Confrontando l'ordinamento fornito dalle due AFC si osserva come le stazioni siano disposte in modo molto simile (tenendo conto che i due campionamenti non sono perfettamente sovrapponibili). Infatti in ambedue le analisi le stazioni più vicine alla bocca dello scarico fognario di Rapallo hanno i valori d'ascissa minori mentre quelle più vicine a S.Margherita Ligure mostrano i valori maggiori.

Si è quindi cercato il valore della correlazione tra questi ordinamenti e i due fattori che sembrano avere maggior importanza nella spiegazione della variabilità del sistema: l'influenza degli scarichi fognari e la profondità; quest'ultima è stata presa in considerazione perchè, in prima istanza si osserva una certa corrispondenza tra l'ordinamento eseguito dal primo asse e

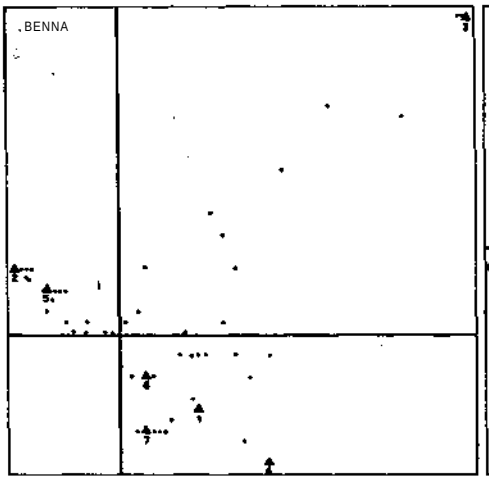


Fig. 2: AFC per i dati raccolti con la benna. Le stazioni sono indicate con numeri.

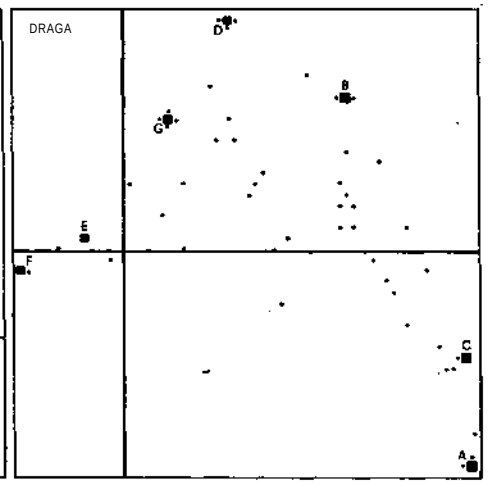


Fig. 3: AFC per i dati raccolti con draga. Le stazioni sono indicate con lettere.

le profondità delle diverse stazioni ed inoltre la batimetria ed in particolare il gradiente granulometrico costa-largo risultano essere tra le variabili ambientali più importanti sui fondi molli (Gambi et al., 1983-84).

L'ordinamento suggerito per il primo asse dell'AFC relativo ai dati raccolti con la benna è maggiormente correlato all'influenza degli scarichi urbani piuttosto che alla profondità mentre per la draga questa indicazione non risulta così chiara.

Al fine di evidenziare le relazioni tra l'ordinamento effettuato dalle due AFC e le diverse componenti trofiche del popolamento studiato, in Fig. 4 sono riportate le stazioni effettuate con benna e draga secondo la successione suggerita dalle precedenti analisi e con l'indicazione dell'importanza numerica dei diversi gruppi trofici a livello di ogni stazione.

Si evidenzia in questo modo come le stazioni poste alla sinistra del primo asse dell'AFC siano costituite da un popolamento dominato dal gruppo trofico dei Detritivori, che riduce la sua importanza a favore degli altri gruppi ed in particolare dei Limivori nelle stazioni con valori d'ascissa maggiori. In questo modo i fondali prospicienti lo scarico fognario del comune di Rapallo risultano dominati dal gruppo trofico dei Detritivori mentre quelli antistanti S.Margherita mostrano una maggiore diversificazione del popolamento con un aumento dell'importanza anche degli altri gruppi trofici, soprattutto di Limivori e Carnivori; i Filtratori, nel complesso, mostrano dei valori di biomassa ridotti, in accordo con quanto noto per i popolamenti bentonici di acque costiere sottoposti all'influenza di apporti sedimentari continentali (Pearson, 1971; Maurer et alii, 1979; Bachelet, 1981).

Dal punto di vista della struttura trofica nell'area oggetto di studio si osserva quindi una generale predominanza dei "mangiatori di detrito" che, da una situazione di uguale importanza nelle stazioni più influenzate da S. Mar-

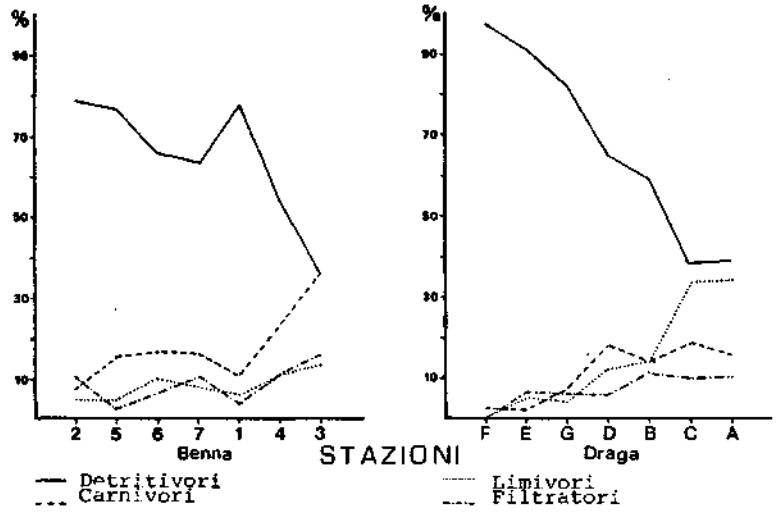


Fig. 4: Importanza percentuale dei diversi gruppi nella composizione trofica dei campioni ottenuti con la benna (a sinistra) e con la draga (a destra). Le stazioni sono disposte secondo l'ordine suggerito dalle rispettive AFC.

gherita (3 e 4 per la benna e A e C per la draga) passa ad una dominanza dei Detritivori nelle stazioni adiacenti allo scarico di Rapallo (2 e 5 per la benna e F e E per la draga).

CONCLUSIONI

Il fondale oggetto di studio risente, nel raggio di poche centinaia di metri, di una notevole modificazione all'interno della propria struttura trofica tale da evidenziare, nel popolamento proprio dei Fanghi Terrigeni Costieri, la presenza di due situazioni ben distinte topologicamente:

1) un'area caratterizzata da campioni costituiti da specie ascrivibili, nella quasi totalità, al gruppo dei Detritivori in corrispondenza dello sbocco fognario del comune di Rapallo (in questo caso la Biocenosi VTC è presente con la Facies a *Turritella communis*).

2) stazioni (antistanti lo scarico di S.Margherita) che mostrano, a fianco dei Detritivori la presenza significativa anche di altri gruppi; in questo modo i fondali risultano caratterizzati dalla Facies a *Sternaspis scutata*.

Le modificazioni osservate nel rapporto Detritivori/Limivori sembrerebbero quindi legate alla differente influenza dei due scarichi fognari e ne sarebbero pertanto indicatrici.

RINGRAZIAMENTI - Un grazie al Dr. Carlo Nike Bianchi per i preziosi consigli fornitimi e al Dr. Andrea Peirano per l'aiuto prestatomi nella raccolta dei dati.

BIBLIOGRAFIA

BACHELET G. -1981- Données preliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marin. Vie Milieu, 31 (3-4): 205-213.

FRESI E. e GAMBI M.C. -1982- Alcuni aspetti importanti dell'analisi matema¬tica di ecosistemi marini. Naturalista sicil., S. IV, VI (Suppl.), 3: 449-465.

GAMBI M.C., GIANGRANDE A. e FRESI E. -1983-84- Policheti di fondo mobile del Golfo di Salerno: ipotesi di un modello di distribuzione generale. Nova Thalassia, 6 Suppl.: 575-583.

GRAY J.S. -1981- The ecology of marine sediments. Cambridge Studies in Modern Biology, 2: 1-185.

LEBART L. -1975- Validité des résultats en analyse des données. Centre de Recherche et de Documentation sur la Consumation, Paris, L.L./cd N. 4465: 1-157.

MAURER D., WATLING L., LEATHEM W. e KINNER P. -1979- Seasonal changes in feeding types of estuarine benthic invertebrates from Delaware Bay. J.exp. Mar. Biol. Ecol., 36 (2): 125-166.

MORRI C, BIANCHI C.N., PEIRANO A., ROMEO G. e TUNESI L. -1986- L'ambiente marino tra Punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): ecotipologia e proposta di carta bionomica. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 52: in stampa.

PEARSON T.H. -1971- Studies on the ecology of the macrobenthic fauna of Locks Linnhe and Eil, west coast of Scotland. 2. Analysis of the macrobenthic fauna by comparison of feeding groups. Vie Milieu, suppl. 22 (1): 53-91.

TUNESI L.e PEIRANO A. -1986- Organisation trophique d'un peuplement des Vases Terrigènes Cotières dans le Golfe Marconi (Mer Ligure). Rapp. Comm. int. Mer Mèdit., 30 (2): 254.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	317-323	1986

POLLUTION AND MEIOFAUNA: A SHORT REVIEW

R. Sandulli
Marine Laboratory, DAFS, Aberdeen. University of Aberdeen.

ABSTRACT - The most recent studies concerning the effects of pollution on meiofauna are reported and critically analyzed.

RIASSUNTO

Gran parte degli studi riguardanti gli effetti dell'eutrofizzazione su comunità meiobentoniche mostrano che quest'ultime sono generalmente più sensibili rispetto alla componente macrobentonica.

Di solito, effetti a lungo termine conducono ad una riduzione della ricchezza e della diversità specifica con aumento della dominanza. Quando il tasso d'inquinamento é molto elevato, tutte le specie possono essere eliminate, mentre se sottoposte a livelli organici più moderati, specie più tolleranti possono non solo sopravvivere ma anche aumentare di numero raggiungendo valori anomali di abbondanza (Marcotte e Coull, 1974).

In conclusione, si può affermare che le comunità meiobentoniche possono rappresentare un utile mezzo di studio nel biomonitoraggio delle qualità ambientali dei sedimenti marini.

SUMMARY

The aim of the present work is to review a number of studies dealing with eutrophication effects on meiofaunal communities. Most studies show that meiofauna is not less affected by pollution than macrofauna.

Long-term effects lead to a reduction in species richness and diversity with increased dominance (Marcotte and Coull, 1974; McIntyre, 1977; Hockin, 1983). At very high levels of pollution all species may be eliminated while under moderate loadings, more tolerant species may not only survive but increase their numbers to abnormally high abundance.

From the analysis of work to date, it may be concluded that meiofaunal communities represent a very useful tool for pollution biomonitoring purposes.

However, since the results have not always been consistent with one another, more work is required for a complete assessment of their reliability in this respect.

The excessive amount of organic matter dumped principally as sewage, may be considered the most common source of pollution affecting the sea, leading, in several cases, to eutrophication events mainly in areas with scarce water exchange. These phenomena are of fundamental importance not only for planktonic communities but also, indirectly for the benthos since the most of the dumped organic materials settle on the sea-floor causing further environmental stress.

Most of the studies dealing with pollution effects on benthos consider only the macrofauna since the expertise required for looking at meiofauna is often not available. Nevertheless, meiofaunal organisms having smaller size, relative immobility in the sediments, rapid turnover rate and being often very abundant, could be more suitable than macrofauna for pollution monitoring studies. Moreover, as it is considered more sensitive than macrofauna, meiofauna could respond earlier in presence of initial stages of eutrophication. Another good reason for including interstitial communities in pollution studies is that most meiofaunal organisms are permanently in association with the substrate, only a few species having planktonic larval stages, and environmental stress conditions of the sediments must, therefore, be experienced throughout the life cycle (Moore et al., 1986).

However, there are some disadvantages to be considered when studying these communities. The highly diverse range of taxa, the large number of species and individuals, and the extremely specialized nature of the taxonomy of each group, makes the identification to species of each meiobenthic organism in a sample a prohibitive task even for an expert. For these reasons, most of the studies concerning meiofauna have considered either the community in toto, namely the total number of individuals in a given sample, or the most representative components from the numerical point of view, that is, almost invariably, nematodes and harpacticoid copepods.

Of the various methods used to assess the effects of stress on a community, measures of species diversity and its components, evenness and species richness, have been the most frequently applied. Heip (1980) suggests that the Shannon-Wiener index H' might be particularly suitable for detection of environmental changes. However, caution must be used in the application of diversity indices since, as several authors have emphasized, meiofauna is patchily distributed and many parameters such as granulometry, organic matter content of the sediment, exposure to wave action, and permeability of substrate, influence its distribution (Gray, 1971; McIntyre, 1971; Coull and Fleeger, 1977; McLachlan and Furstenberg, 1977). Thus, variations of diversity index may be related both to pollution-induced environmental

changes and to changes of physico-chemical characteristics.

Meiofaunal taxa do not always need to be identified to species level for pollution monitoring purposes and taxon diversity may be a sufficiently indicative tool. For instance, Van Damme and Heip (1977) recorded a gradual decrease in the number of taxa in North Sea regions under the influence of the enriched Scheldt estuary. This approach would make pollution monitoring using meiofauna considerably easier and less time-consuming.

Except for rare cases, the results of the biomonitoring studies are in accordance principally in showing that species and taxon diversity measures tend to decrease as the eutrophication level of a given area increases (Marcotte and Coull, 1974; Jayasree, 1976; Van Damme and Heip, 1977). Also, the total density of meiofauna inhabiting polluted areas is reduced when compared to that of uncontaminated adjacent sites (Gray and Ventilla, 1971; Gray, 1976; Van Damme and Heip, 1977). But some exceptions, as already pointed out, may occur. For instance, Hockin (1983) showed an increase in diversity of copepods as a result of organic pollution stimulating bacterial production which, in turn, led to an enhancement in the number of the bacterivorous harpacticoid species so as to decrease the natural dominance. Moreover, Gowing and Hulings (1976), in a spatial investigation of the meiofauna composition on the sewage-polluted Khalde beach in Lebanon, found densities up to twice those recorded for the close uncontaminated Sindbad beach. The authors attributed the difference in meiofaunal abundance to the high input of organic matter in the polluted site.

Other studies have tended to concentrate on specific meiofaunal taxa, such as nematodes and copepods. Harpacticoid communities may be particularly suitable for biomonitoring, since they are well represented in fine, medium-fine sands, more sensitive than other taxa and more easily identified than, for example, the nematodes. On the other hand, also nematodes could prove ideal in this respect for several reasons: stability of populations because of their conservative strategy of reproduction, so that community changes can more easily be related to pollution; short generation times, enabling rapid response to environmental changes; world-wide distribution and high abundance in sediments (Platt and Warwick, 1980; Platt et al., 1984). There is evidence that nematodes can be a group more tolerant to pollution than harpacticoid copepods (McIntyre, 1977; McLachlan et al., 1977; Raffaelli, 1982). Steele and collaborators (1973) reported high numbers of nematodes and complete absence of interstitial copepods from the most polluted areas on beaches in Irvine Bay (Great Britain). Jayasree (1976) studying the nematode fauna of

sewage-contaminated beaches of Irvine Bay and Seafield Bay found that species diversity increased with increasing levels of organic matter in the sediment and observed, also, high abundances of nematodes at the most severely polluted stations. These studies led Raffaelli and Mason (1981) to propose the use of a Nematode/Copepod (N/C) ratio for pollution monitoring purposes, the ratio being high in polluted sediments (more than 100) and low in clean areas. This approach has been supported (Raffaelli, 1981; Amjad and Gray, 1983), critically examined and possible improvements suggested (Warwick, 1981; Shiells and Anderson, 1985) or rejected as an oversimplification (Coull et al., 1981; Vidakovic, 1983; Lambshead, 1984). The Nematode/copepod ratio is negatively correlated to the sediment grain size, and, perhaps, may also be affected by temporal variations in reproduction, predation pressure and transport (Coull et al., 1981). Warwick (1981) suggested that observed ratios should be compared with those predicted for the area taking into account season and substrate type. Vidakovic's (1983) and Lambshead's (1984) results cast doubt on the usefulness of such a ratio, the former having found that the number of copepods increased when compared with that of nematodes in sewage-influenced stations in the Adriatic Sea, and the latter having shown that nematodes densities were considerably reduced in an area heavily contaminated by sewage. Many of the differences in findings of various workers may reside in differences between habitats and degree of pollution. Recently, Shiells and Anderson (1985) observed that while truly interstitial copepods (meso-benthic forms) decreased with increasing level of pollution in Seafield Bay beaches, populations of non-interstitial copepods (epibenthic and endobenthic forms) were actually enhanced under moderate levels of contamination. In view of this differential response of copepods, the authors suggest an improvement to the reliability of the N/C ratio by excluding non-interstitial copepods from the calculations.

Most of the above studies are correlative, recording differences in meiofaunal composition along pollution gradients. Any hypothesis generated from these studies about the relationship between meiofaunal groups and pollution needs to be tested experimentally. In experiments carried out under controlled laboratory conditions, the response of meiofauna to different loadings of pollutants (sewage) was examined (Sandulli, 1986). The results showed a general dose-dependent decrease in the total meiofaunal abundance Nematodes, although subjected to a

pronounced decline, predominated numerically in ail treatments. Other taxa, such as non-interstitial copepods, appeared not to vary significantly in abundance, showing little if any effect caused by the applied loadings of organic matter. The vast majority of the other meiofauna groups showed substantial reductions (e.g. gastrotrichs), whilst the mesobenthic harpacticoid copepods were completely eliminated. Also in these experiments the marked tolerance of non-interstitial copepods, previously observed in other pollution studies (Marcotte and Coull, 1974; Vidakovic, 1983); Moore and Pearson, 1986), is evident. Such forms being larger and provided with more robust thoracic appendages than mesobenthic species are capable of rapid movements (some are good swimmers) and may escape in this way the most contaminated zones. Non-interstitial copepods (e.g. Bulbamphiascus imus, Canuella perplexa) have been observed in cultures to make frequent excursions to the sediment surface or in the overlying water column where higher oxygen content is expected (Hauspie and Polk, 1973; Hagerman and Rieger, 1981; Sibert, 1981; Moore and Pearson, 1986). In contrast, typical interstitial copepod species, being more minute and, above all, having the requirement to maintain intimate feeding associations with the sediment grains, appear to be considerably more sensitive to environmental stress.

In conclusion, the results obtained from laboratory experiments suggest that eutrophication induces in meiofaunal communities changes comparable to those observed in field, confirm the high sensitivity of most of the taxa belonging to these faunistic category and emphasize the differential response of nematodes, epi-, endo-, and mesobenthic copepods.

However, from the analysis of work to date, the need is evident of correlative studies considering contemporaneously the response of macrobenthos and meiobenthos to pollution, in order to establish whether the latter responds more rapidly than the former and if, hence, it represents a better biomonitoring tool of the environmental qualities of the marine sediments.

REFERENCES

AMJAD S. and GRAY J.S. -1983- Use of the nematode/copepod ratio as an index of organic pollution. Mar. Poll. Bull., 14: 178-181.

COULL B.C. and FLEEGER J.W. -1977- Long-term temporal variation and community dynamics of meiobenthic copepods. Ecology, 58: 1136-1143.

COULL B.C., HICKS G.R.F. and WELLS J.B.J. -1981- Nematode/copepod ratios for monitoring pollution: a rebuttal. Mar. Poll. Bull., 12: 378-381.

GOWING M.H. and HULINGS N.C. -1976- A spatial study of the meiofauna on a sewage polluted lebanese sand beach. Acta Adriatica, 18:341-345.

GRAY J.S. -1971- The effects of pollution on sand meiofauna communities. Thalassia Jugoslavica, 7: 79-86.

GRAY J.S. -1976- The fauna of the polluted River Tees Estuary. Estuarine Coastal Mar. Sci., 4: 653-676.

GRAY J.S. and VENTILLA R.J. -1971- Pollution effects on micro- and meiofauna of sand. Mar. Poll. Bull., 2: 39-43.

HAGERMAN G.M. and RIEGER R.M. -1981- Dispersal of benthic meiofauna by wave and current action in Bogue Sound, North Carolina, U.S.A.. P.S.Z.N.I. Mar. Ecol., 2: 245-270.

HAUSPIE R. and POLK P. -1973- Swimming behaviour in certain benthic harpacticoids (Copepoda). Crustaceana, 25: 95-103.

HEIP C. -1980- Meiobenthos as a tool in the assessment of marine environmental quality. In: A.D. McIntyre and J.B. Pearce (Eds;), Rapport et Procés-verbaux des Reunions Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 179:182-187.

HOCKIN D.C. - 1983- The effects of organic enrichment upon a community of meiobenthic harpacticoid copepods. Marine Environ. Res., 10: 45-58.

JAYASREE K. -1976- Systematics and ecology of free-living marine nematodes from polluted intertidal sand in Scotland. Ph.D. Thesis, Univ. of Aberdeen: 179 pp.

LAMBSHEAD P.J.D. - 1984- The nematode/copepod ratio. Some anomalous results from the Firth of Clyde. Mar. Poll. Bull., 15: 256-259.

MARCOTTE B.M. and COULL B.C. -1974- Pollution, diversity and meiobenthic communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia). Vie Milieu, 22: 281-300.

MCINTYRE A.D. -1971- Control factors on meiofauna populations. Thalassia Jugoslavica, 7: 209-215.

MCINTYRE A.D. - 1977- Effects of pollution on inshore benthos. In: B.C. Coull (Ed.), Columbia, Univ. S. Carolina "Ecology of marine benthos" Bell W. Baruch Lib. mar. Sci., 6: 301-318.

MCLACHLAN A. and FURSTENBERG J.P. -1977- Studies on the psammolittoral meiofauna of Algoa Bay. III - A quantitative analysis of the nematode and crustacean communities. Zool. Afr., 12: 61-71.

MCLACHLAN A., WINTER P.E.D. and BOTHA L. - 1977- Vertical and horizontal distribution of sublittoral meiofauna in Algoa Bay, South Africa. Mar. Biol., 40: 355-364.

MOORE C.G., MURISON D.J., MOHD LONG S. and MILLS D.J.L. -1986- The impact of oily discharges on the meiobenthos of the North Sea. Phil. Trans. R. Soc. Lond., 31 B: 525-544.

MOORE C.G. and PEARSON T.H. -1986- Response of a marine benthic copepod assemblage to organic enrichment. Proc. 2nd Int. Conf. Copepoda, Ottawa, Syllogeus Series, 58: 369-373.

PLATT H.M., SHAW K.M. and LAMBSHEAD P.J.D. -1984- Nematode species patterns and their use in the detection of environmental perturbations. Hydrobiologia, 118: 59-66.

PLATT H.M. and WARWICK R.M. -1980- The significance of free-living nematodes to the littoral ecosystem. In "The shore environment. 2- Ecosystems", Price J.H., Irvine D.E.G. and Farnham W.F. (Eds.), Academic

Press, London: 729-759.
RAFFAELLI D. -1981- Monitoring with meiofauna - A reply to Coull, Hicks and Wells (1981) and additional data. Mar. Poll. Bull., 12: 381-382.
RAFFAELLI D. -1982- An assessment of the potential of major meiofauna groups for monitoring organic pollution. Mar. Environ. Res., 7: 151–164.
RAFFAELLI D. and MASON C.F. -1981- Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. Mar. Poll. Bull., 12: 158-163.
SANDULLI R. -1985- Preliminary report of a laboratory experiment on the effects of organic pollution on meiofauna. Nova Thalassia, 7: 251-256.
SHIELLS G.M. and ANDERSON K.J. -1985- Pollution monitoring using the nematode/copepod ratio. A practical application. Mar. Poll. Bull., 16: 62-68.
SIBERT J.R. -1981- Intertidal hyperbenthic populations in the Nanaimo Estuary. Mar. Biol., 64: 259-265.
STEELE J.H., MCINTYRE A.D., JOHNSTON R., BAXTER I.G., TOPPING G. and DOOLEY H.D. -1973- Pollution studies in the Clyde Sea area. Mar. Poll. Bull., 4: 153-157.
VAN DAMME D. and HEIP C. - 1977 - Het meiobenthos in de zuidelijke Noordzee. Final Report Project Sea. Ministry of Scient. Pol.: 165 pp.
VIDAKOVIC J. -1983- The influence of raw domestic sewage on density and distribution of meiofauna. Mar. Poll. Bull., 14:84-88.
WARWICK R.M. -1981- The nematode/copepod ratio and its use in pollution ecology. Mar. Poll. Bull., 12: 329-333.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	325-330	1986

L'EUTROFIZZAZIONE IN RAPPORTO AD ALCUNI ASPETTI IGIENICO- SANITARI DELLE ACQUE COSTIERE E DEI PRODOTTI DELLA PESCA

L. Mancini*, A. Milandri, C. Nizzoli, M. Pirini, R. Poletti, M. Pompei, R. Viviani**

Consorzio per il Centro Universitario di Studi e Ricerche sulle Risorse Biologiche Marine, Via A.Vespucci nº2 Cesenatico. - *Istituto di Patologia Generale e Anatomia Patologica, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Bologna. - **Istituto di Biochimica, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Bologna.

KEY WORDS: Dinoflagellates; Biotoxins; Hygiene of fishery products.

ABSTRACT - Toxicity researches carried out during Dinoflagellates blooms in the Northern Adriatic sea since 1976 are described. There are also reported acute toxicity tests using extracts of mussels coming from Spain.

RIASSUNTO

Sono riportati i tests di ittiotossicità e le indagini effettuate per la ricerca di biotossine nel fitoplancton e nei molluschi bivalvi durante le maree colorate da Dinoflagellate verificatesi nell'Adriatico settentrionale dal 1976 al 1985. I risultati indicano l'assenza di biotossine algali, che al contrario sono state ritrovate in numerosi campioni di mitili di importazione spagnola.

SUMMARY

Ichthyotoxicity tests and researches of biotoxins from phytoplankton and bivalve molluscs during Dinoflagellates blooms in the Northern Adriatic sea from 1976 to 1985 are reported. The results show the absence of biotoxins; otherwise the P.S.P. toxins were found in many samples of mussels coming from Spain.

INTRODUZIONE

In concomitanza alle maree colorate provocate da Dinoflagellate, tra gli altri problemi igienico-sanitari si pone quello assai grave legato all'eventuale produzione di metaboliti tossici (biotossine) da parte di alcune specie di Dinoflagellate.

Fra queste Gymnodinium breve, G. veneficum, Gonyaulax monilata, Peridinium polonicum e sembra, in determinate condizioni, Gonyaulax polyedra producono biotossine che diffondendosi nell'acqua risultano letali per le specie ittiche. Nell'uomo invece sono conosciute intossicazioni dovute al consumo di molluschi bivalvi che avevano concentrato biotossine prodotte da varie specie di Dinoflagellate. Ad esempio i principi attivi di Protogonyaulax tamarensis e P. catenella, costituiti dalla saxitossina, sostanza definitivamente identificata nel 1975, determinano nell'uomo una grave sindrome neurotossica spesso letale detta P.S.P. (Paralitic Shellfish Poisoning). Causa di sindromi neurotossiche possono essere anche Protogonyaulax acatenella e Gymnodinium breve e recentemente Dinophysis fortii e D. acuminata sembrano essere risultate responsabili di intossicazioni caratterizzate da una sintomatologia gastrointestinale denominata D.S.P. (Diarrhetic Shellfish Poisoning). In seguito alle morie di animali acquatici lungo le coste dell'Emilia-Romagna nel 1975 ed ai numerosi episodi di intossicazione verificatisi in Italia nel 1976 per il consumo di mitili di importazione spagnola, il Centro Universitario di Cesenatico ha organizzato da circa un decennio con la Regione Emilia-Romagna e con il Ministero della Sanità diversi programmi di ricerca sull'eutrofizzazione dell'Adriatico settentrionale, effettuando fra l'altro il monitoraggio delle specie fitoplanctoniche con particolare riferimento a quelle potenzialmente tossiche ed il controllo degli eventuali effetti di tossicità algale negli animali acquatici e nell'uomo. Ha inoltre ricevuto incarico nel 1976 dal Ministero della Sanità di effettuare accertamenti e controlli sulla presenza di biotossine prodotte da Dinoflagellate nei mitili importati dagli allevamenti delle coste atlantiche della Spagna. Allo stesso scopo ha analizzato campioni di molluschi bivalvi prelevati dalle UU.SS.LL. emiliano romagnole in aree di mare sedi di banchi naturali di molluschi eduli lamellibranchi o utilizzate per la molluschicoltura, a norma della Legge 2 maggio 1977 nº 192 (Norme igienico sanitarie per la produzione, commercio e vendita dei molluschi eduli lamellibranchi).

MATERIALI E METODI

Sul fitoplancton raccolto con apposito retino nelle aree dell'Adriatico interessate da marea colorata e sui molluschi bivalvi (Mytilus galloprovincialis e Venus gallina) da queste provenienti o tenuti per alcuni giorni in vasche con acqua di mare colorata era ricercata la presenza di biotossine idrosolubili e liposolubili mediante i metodi biologici descritti rispettivamente in Officiai Methods of Analysis of the Association of Officiai Agricultural Chemists (1970) e da Mc Farren (1965) con le modificazioni apportate da Viviani (1978). Le stesse metodiche erano seguite per l'estrazione e la determinazione delle biotossine nei mitili di importazione spagnola. Le prove di ittiotossicità acuta erano effettuate con acqua di mare colorata o in cui erano diluiti gli estratti di microalghe utilizzando Carassius

auratus e Mugil cephalus. Le vasche erano continuamente aerate e si seguiva la mortalità per la durata di 96 ore, secondo le modalità descritte da Aubert M. (1971) e da Warren (1971). Altre prove di tossicità acuta erano eseguite per 96 ore su pesci boccheggianti prelevati presso la riva e trasferiti in apposite vasche con aerazione continua contenenti acqua colorata e acqua di mare artificiale, come descritto da Viviani (1977). Se in tali condizioni gli animali riprendevano a vivere normalmente, lo stato di sofferenza e la morte in mare erano attribuibili a semplice mancanza di ossigeno e non alla produzione di biotossine da parte del fitoplancton in esame.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati delle analisi eseguite presso il Centro Universitario di Cesenatico dal 1976 al 1985 durante i principali episodi di maree colorate osservati nell'Adriatico settentrionale e sostenuti da Dinoflagellate sono illustrati nella tabella 1.

Fra le molteplici specie di Dinoflagellate implicate nei fenomeni di marea colorata, quella che ha causato le maggiori preoccupazioni di carattere igienico-sanitari è Protogonyaulax tamarensis, comparsa nel 1982 in fioriture abbastanza estese e di densità considerevoli. Questa specie infatti, mai segnalata prima di allora nel Mediterraneo, in molte aree del mondo risulta fortemente tossica per la produzione di biotossine del tipo P.S.P. Tuttavia le prove di ittiotossicità e le varie ricerche di principi tossici negli estratti algali e nei bivalvi dell'Adriatico hanno sempre dato esito negativo, facendo supporre che si sia trattato di un ceppo non tossico rapportabile a P. tamarensis presente in Giappone. Poichè anche le indagini effettuate in occasione delle fioriture determinate dalle altre specie di Dinoflagellate elencate in tabella 1 non hanno mai rivelato la presenza di tossine algali di alcun tipo, è possibile definire come sicuramente non tossiche per i pesci le specie Gonyaulax polyedra, Prorocentrum micans, Scrippsiella trochoidea, Noctiluca miliaris, le quali pur avendo causato altrove estese morie di animali marini, erano state studiate in modo così limitato da non escludere che in esso potessero essere presenti biotossine.

Anche G. polyedra, P.micans e Glenodinium foliaceum, fonti sospettate di P.S.P. non hanno avuto confermata questa proprietà.

Inoltre i pesci raccolti in stato preagonico sulla battigia e trasferiti in vasche con acqua di mare colorata ma sottoposta ad aerazione continua in breve tempo riprendevano a vivere normalmente.

Tutte le ricerche eseguite dimostrano pertanto che gli episodi di moria degli animali acquatici osservati in Adriatico fino ad ora sono stati causati esclusivamente da condizioni secondarie di anaerobiosi. Infatti specialmente durante le ore notturne ed in condizioni di stagnazione delle acque, i processi respiratori delle alghe non compensati dalla produzione fotosintetica di ossigeno ed i processi batterici di degradazione della notevole massa di organismi che al

Tab.1 - Principali episodi di maree colorate da Dinoflagellate nell'Adriatico settentrionale dal 1976 al 1985 e controlli degli eventuali effetti di tossicità.

SPECIE DOMINANTE	ANDAMENTO ANNUALE										Valore max Cell/l x 10^3	Prove di Ittio-tossicità	Biotossine in alghe e bivalvi
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85			
Gymnodinium sp.	*	*	*	*	*	*		*	*	*	230.000	negative	non determinabili
Gonyaulax polyedra		*	*	*			*		*	*	35.000	"	" "
Protogonyaulax tamarensis							*			*	11.800	"	" "
Prorocentrum micans	*	*							*	*	3.800	"	" "
Prorocentrum minimum					*					*	29.000	"	" "
Prorocentrum triestinum										*	20.000	"	" "
Glenodinium foliaceum				*							5.500	"	" "
Glenodinium lenticula					*	*	*				33.000	"	" "
Glenodinium quadridens					*			*			15.000	"	" "
Noctiluca miliaris			*		*			*			1.200	"	" "
Katodinium rotundatum					*	*		*	*		224.000	"	" "
Scrippsiella trochoidea							*			*	13.300	"	" "

termine del loro ciclo vitale si depositano sul fondo, provocano un bilancio deficitario dell'ossigeno disciolto con valori inferiori ad 1 mg/1 che non consentono la vita degli animali acquatici.
Risultati negativi si sono ottenuti anche in tutti i campioni di mitili e vongole (Venus gallina) dell'Adriatico, nei quali è stata ricercata la presenza di biotossine ai sensi della legge 192, come è illustrato nella tabella 2.

Tab. 2 - Ricerca delle biotossine algali in molluschi bivalvi dell'Adriatico (legge 2/5/77 n°192) ed in mitili di importazione spagnola.

CAMPIONE	ANNO	NUMERO CAMPIONI ANALIZZATI	NUMERO CAMPIONI TOSSICI	µg di P.S.P. /100 g di polpa di molluschi MIN.	MAX.
Mitili Mare Adriatico	1976-85	123	0	non determinabile	
Vongole Mare Adriatico	1976-85	481	0	non determinabile	
Mitili Spagnoli	1976	53	39	34,8	5191,7
	1977	372	17	31,4	99,4
	1978-85	1784	0	non determinabile	
	1986	45	10	29,0	82,0

Al contrario le analisi eseguite nello stesso periodo sui mitili di importazione spagnola hanno evidenziato numerosi campioni tossici. Poichè gli episodi di intossicazione nell'uomo provocati da alcune partite di tali molluschi hanno presentato le caratteristiche tipiche della sindrome P.S.P. e le prove biotossicologiche sul topo effettuate nei nostri laboratori hanno dimostrato la presenza di una biotossina algale del tipo saxitossina, si ritiene che il principio tossico concentrato nei mitili derivi da fioriture di Protogonyaulax tamarensis specie per altro già descritta nelle acque della Galizia.

CONCLUSIONI

Le indagini volte a determinare la produzione di biotossine algali ed il loro accumulo nei prodotti della pesca durante le maree colorate da Dinoflagellate nel mare Adriatico non hanno fino ad ora messo in evidenza la presenza di specie tossiche né i rischi di carattere igienico-sanitario che ad esse sono solitamente collegati.

Tuttavia, per le condizioni di notevole eutrofizzazione, si deve ritenere che sussista la possibilità della comparsa e dello sviluppo di specie tossiche e che quindi non solo debbano essere scrupolosamente osservate le norme di vigilanza sulla idoneità delle acque da cui provengono i molluschi eduli lamellibranchi destinati all'alimentazione umana ma anche che sia opportuno l'allestimento di sistemi di monitoraggio del fitoplancton, almeno nelle zone a maggior rischio.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (A.O.A.C.) -1970- Official methods of analysis. Paralytic Shellfish Poison - A.O.A.C. Washington DC. (Eleventh Edition), 305.

M. AUBERT, J. AUBERT, B. DONNIER, M. BARELLI -1971- Cotes de France-Etude générale des pollutions chimiques rejetées en mer-CERBOM, 1.

L. BONI, M. POMPEI, M. RETI -1983- The occurence of Gonyaulax tamarensis Lebour bloom in the Adriatic sea along the coast of Emilia-Romagna - Giorn. Bot. It., 117, 115-120.

P. LASSUS, A.G. MARTIN, P. MAGGI, J.P. BERTHOME, A. LANGLADE, E. BACHERE -1985- Dinoflagellés toxiques sur les cotes françaises. Extension du dinoflagellé Dinophysis acuminata en Bretagne sud et consequences pour les cultures marines. - Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 47, 122-133.

E.F.MC FARREN, H. TANABE, F.J. SILVA, W.B. WILSON, J.E. CAMPBELL, K.H. LEWIS - 1965- The occurrence of a ciguatera-like poison in Oysters, Clams, and Gymnodinium breve cultures-Toxicon, 3, 111-123.

Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish -1970- The Ann. Pub. Health Ass., Washington, 61.

K.A. STEIDINGER, D.G. BADEN -1984- Toxic Marine Dinoflagellates-Dinoflagellates-Ac.Press, Inc., Orlando, Florida, 201-261.

R. VIVIANI -1977- Aspetti biologici, biochimici, tossicologici delle ricerche sul fitoplancton di aree del mare Adriatico prospicienti la costa dell'Emilia-Romagna, eseguite durante il 1976 - Atti Seminario Internazionale di studio sui fenomeni di eutrofizzazione lungo le coste dell'Emilia-Romagna. Bologna, 22-26 febbraio 1977, 56-81.

R. VIVIANI -1981- Il veterinario nel controllo delle biotossine acquatiche - Patron Editore, Bologna.

R. VIVIANI, M. PROJA, F. D'ALESSANDRO, L. MANCINI, R. POLETTI, G. MONTANARI - 1978- Primi casi in Italia di "Paralytic Shellfish Poisoning" da mitili provenienti dalla Spagna - Atti Acc. Sc. Ist. Bologna, Classe Sc. Fisiche, Anno 265°, Memorie Serie IV, N°2, 1-28.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	333-341	1986

The Role of Nutritional Research on Teleosts for the Development of Aquaculture

C. B. COWEY

N.E.R.C. Institute of Marine Biochemistry, St. Fittick's Road, Aberdeen AB1 3RA, U.K.

Abstract Basic and applied aspects of nutritional research were briefly discussed. The significance of nutritional research was exemplified by selecting five areas in which advances need to be made to facilitate the growth of aquaculture. These areas were: quantitative requirements for essential nutrients (amino acids, fatty acids, vitamins, minerals); energy balance, metabolizable energy of protein; alternative sources of protein; body composition of farmed and wild fish; rearing of marine fish larvae.

Key words Nutrition, Aquaculture, Essential nutrients, Energy balance, Protein, Body composition, Fish larvae.

Nutritional research has been divided, perhaps arbitrarily, into basic and applied aspects. Basic nutrition covers the qualitative and quantitative definition of requirement for essential nutrients mainly by depletion/repletion studies, dose-response curves and so on. The general metabolism of the animal should be understood and the interaction between nutrition and environmental factors such as water quality, temperature and density of fish explored.

Applied nutrition is the practical application of basic knowledge. The availability of nutrients in dietary components should be measured and growth-diet interaction assessed so that the diet can be evaluated for economic performance. Ingredient standards should be specified for as many ingredients as possible and a nutritional standard developed and constantly upgraded and re-evaluated. Least cost formulation may be applied if appropriate.

Nutritional research on fish can provide data that will resolve actual or potential problems which may impede the development of aquaculture. Five areas were selected as having particular importance and were discussed in this context.

1. Quantitative Requirements for Essential Nutrients

Definition of nutrient requirement was illustrated by reference to tryptophan requirement of rainbow trout (Walton et al. 1984). Although weight gain or some other parameter of growth is normally measured as the response to increasing levels of nutrient in the diet, it is important that, when possible, independent measures of response should be applied in defining nutrient requirement. For tryptophan, the radioactivity in expired CO_2 following intraperitoneal administration of a pulse of [1-^{14}C] tryptophan to individuals from each dietary level used, provided such a confirmatory dose-response curve. At low dietary tryptophan levels little oxidation of it occurred (little radioactivity in expired CO_2) once dietary requirement levels of the amino acid were exceeded there was a rapid increase in CO_2 expiration. Breakpoints in the dose/growth and dose/$^{14}CO_2$ expiration curves coincided at the same dietary tryptophan level. For other amino acids plasma or tissue concentrations of the free amino acid have proved suitable parameters to confirm growth-dose curves.

Requirement values for amino acids have usually been expressed as a percentage of dietary protein or as a percentage of the dry diet. This practice is partly due to the fact that accurate measurement of food intake may sometimes be difficult (as when very small fish are used) or because different feeding practices in different laboratories have led to different levels of food intake. When expressed in this way marked differences in requirement for certain amino acids are apparent between species. However data expressed as dietary concentrations do not provide information about the efficiency of amino acid utilization. A low value for a given amino acid in one species compared with another may mean that either they utilize that amino acid more efficiently or they consume more food. The requirements of channel catfish and rainbow trout for certain amino acids appears very different when expressed as dietary concentrations but it can be shown (Table 1) that the intake of these amino acids to sustain the maximal rates of growth obtained is quite similar.

Table 1 Requirement of rainbow trout and channel catfish for certain amino acids

	Percent in diet		mg/l00g body weight/day	
	Trout	Catfish	Trout	Catfish
Tryptophan	0.24	0.12	4.7	3.6
Methionine	1.00	0.56	20	20
Lysine	2.18	1.50	43	45
Arginine	1.80	1.03	28	32

The nutritive value of dietary protein is not easy to quantify because it encompasses the requirement for 10 essential nutrients at one and the same time. Fish appear to have comparatively low maintenance requirements and, as muscle comprises 50-60% of body mass, growth consists mainly of the formation of new muscle protein. The usefulness of essential amino acid pattern of muscle protein or of carcass deposition as a guide to essential amino acid requirements was discussed. A reasonably close coincidence between requirement pattern and tissue pattern was shown.

Studies on essential fatty acids have shown that requirements of most species of fish are for those of the (n-3) series (Table 2). Some fish require essential fatty acids of both (n-3) and (n-6) series and one or two species essential fatty acids of the (n-6) series only.

Table 2 Requirements of certain fish for essential fatty acids

Fish	Fatty Acid	Percent in diet	Reference
Rainbow trout	18:3(n-3)	0.8 - 1.7	Watanabe et al. (1974)
Coho salmon	18:3(n-3)	1 - 2.5	Yu & Sinnhuber (1979)
Red sea bream	20:5(n-3)	0.5	Yone et al. (1978)
Turbot	(n-3) HUFA	0.8	Gatesoupe et al. (1977)
Carp	18:2(n-6);18:3(n-3)	1	Takeuchi & Watanabe (1977)
Eel	18:2(n-6);18:3(n-3)	0.5	Takeuchi et al. (1980)
Tilapia zillii	18:2(n-6)	1	Kanazawa et al. (1980)
Tilapia nilotica	18:2(n-6)	0.5	Takeuchi et al. (1983)

HUFA - Highly unsaturated fatty acids

Compositional studies (Hazel, 1979; Bell et al. 1983) have shown that among the phospholipids of fish tissues phosphatidyl inositol contains high proportions of arachidonic acid, 20:4(n-6) - Table 3.

Table 3 Proportions (% by weight) of certain fatty acids in phosphoglycerides from microsomes of cod gill

	Phosphatidyl choline	P ethanolamine	P serine	P inositol
20:4 (n-6)	2.7	3.7	3.2	15.3
20:5 (n-3)	9.6	8.5	4.4	8.8
22:6 (n-3)	16.5	28.5	29.3	12.0

Data from Bell et al. (1983).

Although it is quantitatively a minor phospholipid, phosphatidyl inositol is an important component of metabolic control cycles and the presence in it of large proportions of 20:4(n-6) is also a precursor of prostaglandins (Henderson et al. 1985). Finally it was noted that rainbow trout reared through a generation (34 months) on a diet designed to supply only (n-3) unsaturated fatty acids, yet contained measurable proportions of 20:4(n-6) in both carcass and eggs (Yu et al. 1979). Consequently even in those fish where an essential fatty acid requirement has been identified only for (n-3) series fatty acids it seems probable that a small but significant requirement for (n-6) series fatty acids may exist.

2. Energy Balance, Metabolizable Energy of Protein

The exponent applied to fish weight to relate it to heat production has been said to range from 0.34 to 1.0 (Paloheimo & Dickie, 1966) indicative of a lack of reliability in the values published. Smith et al. (1978) examined the relationship in salmonids by direct calorimetry; however the temperature changes they measured were extremely small making accurate measurement extremely difficult. For rainbow trout of less than 4 g body weight there was a direct relationship between the two at 15°; for trout of between 4 and 100g heat production was proportional to body weight to the power 0.63. A straight line fitted to all the data of Smith et al. (1978) had a slope of 0.75. This leaves a question mark over what value should be used as the physiological weight.

Dietary energy is most usefully stated in terms of metabolizable energy as this is the energy actually available for metabolism by the tissues of the animal. However the variation in published values for metabolizable energy of ingredients of fish diets (especially proteinaceous components) is illustrative of the difficulties in measuring it. These may arise from variation in the relative amounts of urea and ammonia excreted, use of feeding rates below satiation, wide ranges

in ingredient composition leading to variation in energy digestibility and so on.

Heat loss by fish has been measured in three ways (i) indirect calorimetry based on measurements of oxygen consumption (ii) indirect calorimetry from oxygen, CO_2 and ammonia measurements (iii) direct calorimetry. The first two generally involve assumptions associated with, for example, oxy-calorific equivalents assigned to respiration on mixed diets, the form in which ammonia is excreted (the enthalpy of protonation of NH_3 to NH^+_4 is substantial). The third, while theoretically the most satisfying is technically the most difficult.

Refinement of these methods is necessary to permit elucidation of reliable metabolizable energy (and eventually net energy) values of diets.

3. Alternative Sources of Protein

The need for alternative sources of protein stems from a high dependence on fishmeal in production diets for several cultivated species. If supplies of fishmeal decline unexpectedly, as has happened in the past, then availability becomes questionable and price rises.

Proteins that have been used to replace fishmeal in practical diets include meat and bone meal, poultry by-product meal, bloodmeal, soybean meal, dried brewers yeast, corn gluten meal, peanut meal and so on.

Some of these have proved successful in certain instances. Catfish diets, for example, contain only 8% fish meal the bulk of the protein coming from soybean meal and corn gluten meal. Carp diets would use only about 15-20% fish meal.

Much has been made of attempts to use waste-products or by-products in practical diets for the production of fish. In so doing the primary aim of producing fish (using scientifically formulated diets that promote good growth within acceptable cost) often becomes subservient to that of utilizing the by-product. It must be emphasized that fish nutritionists are dealing with a simple or fairly primitive digestion apparatus compared with that of poultry, swine, ruminants and so on. Any ingredients that cannot be digested by domestic animals offer very little promise for fish production.

In recent years a variety of novel proteins have been tested as components of fish diets. Chief among these have been single cell proteins - a term applied to a wide range of algae, fungi (including yeasts) and bacteria which are produced by fermentation processes for use as an animal feed. Compared with conventional plant and animal feed proteins these micro-organisms offer certain advantages, namely (i) their production is based on raw carbon substrates which are available in large quantities (petro-chemicals, natural gas) or on agricultural or cellulosic waste products (ii) the majority of micro-organisms cultured are highly proteinaceous (40-70% crude protein, dry weight) (iii) they have a very short generation time; under optimum conditions bacteria can double their cell mass within 0.5-2h, yeasts within 1-3h and algae with a 2-6h period (iv) they can be cultivated in a limited land space

and produced continuously with good control independently of climate (v) to some extent their nutritional composition can be controlled by genetic manipulation.

The alkane yeasts and bacterial SCPs so far produced do not seem to have been viable commercially. Of much more interest are novel bacteria such as that isolated by Waterbury et al. (1983) from teredinid bivalves. These possess the properties of cellulose digestion and nitrogen fixation which make the bacterium a prime candidate for producing single pell protein from cellulose without the necessity of adding combined nitrogen. These bacteria warrant being exploited vigorously, if they can be produced by fermentation processes they might benefit aquaculture greatly. This is an area meriting research effort.

4. Body Composition of Farmed and Wild Fish

Although aquaculture production is increasing annually, hatchery reared and cultured fish are, in general, of lower organoleptic and textural quality than wild fish. Consequently they command lower market prices. Evaluation of aquaculture products is, to some extent, subjective, even so farmed fish are generally held to be inferior in terms mainly of taste and colouration. Texture, fragrance and even external shape may also be said to differ.

The less desirable taste of cultured fish is mainly due to a high concentration of body lipids perhaps induced by a slightly imbalanced diet, by the absence of variety in the diet which a wild fish enjoys or even by overfeeding. Fish reared in captivity generally consume much larger amounts of diet to achieve higher growth rates than do their wild counterparts. This is to enable them grow at maximum rates often to be ready for a particular season, in addition fish tend to be marketed by weight as well as by quality.

In Japan cultured yellowtail, red sea bream and ayu are typically inferior in quality to their wild counterparts due to excess lipid accumulation in muscle and viscera. For example, wild yellowtail may contain about 10% lipid in the whole body which compares with about 17% in a cultured fish.

The marked effect of variation in lipid content of the diet on carcass composition of rainbow trout is apparent in some of the data of Lee & Putnam (1973) which are shown in Table 4.

Table 4. Composition of rainbow trout given diets similar in protein (53%) and carbohydrate (8.9%) but differing in lipid

	Water (%)	Ash (%)	Lipid (%)	Protein (%)
Initial composition	**75.1**	**2.2**	**6.3**	**16.7**
8% lipid diet	**72.3**	**1.9**	**9.4**	**16.6**
24% lipid diet	**70.0**	**1.4**	**12.8**	**15.4**

Data of Lee & Putnam (1973)

There is clearly a role for nutritional research to manipulate diets and feeding practices in such a way that the cultured product more clearly resembles the wild fish.

5. Rearing of Larval Marine Fish

Marine fish produce very small eggs which give rise at hatching to very small feeding larvae. For most species it is not possible to wean the larvae directly to compound artificial diets, they have to be fed for a period of about 4 weeks on natural food. This involves cultivation of organisms other than the one it is actually intended to produce.

The mass rearing of 10^6 red sea bream larvae, for example, requires 50×10^8 rotifers each day. For this purpose 4 x 200 ton tanks are needed. In addition large receptacles are required to culture the marine Chlorella on which the rotifers are fed.

The weaning of the larvae to an artificial compound diet is achieved in a progressive way by gradually decreasing the amount of natural food provided and increasing levels of artificial food.

An artificial starter diet to which larvae might wean from first feeding would fill one of the most pressing needs in aquaculture. The inability to compound such a diet from first feeding is linked to (i) incomplete knowledge of the food needs of the larvae - do they have specific needs linked to a digestive and metabolic system as yet possibly incompletely developed? (ii) ignorance of feeding behaviour of larvae; inert food particles available for too short a time or at too low a concentration (iii) lack of good hygiene in rearing tanks due to decomposition of uneaten food and nutrient leaching (iv) insufficient control of rearing conditions.

Larval rearing diets should aim to satisfy as many as possible of the following conditions: (1) contain all nutrients essential for the larvae (2) must be digested and absorbed by the larvae (3) should

be neutrally buoyant without significant leakage of nutrients (4) must, even after absorption of water, be of a size suitable for ingestion (5) should be acceptable to the larvae.

REFERENCES

M. V. BELL, C. M. F. SIMPSON, J. R. SARGENT - 1983 - (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acids in the phosphoglycerides of salt-secreting epithelia from two marine fish species. - Lipids, 18, 720-726.

F. J. GATESOUPE, C. LEGER, M. BOUDON, R. METAILLER, P. LUQUET - 1977 - Alimentation lipidique du Turbot (Scophthalmus maximus L.). II Influence de la supplementation en esters methyliques de l'acide linolenique et de la complementation en acides gras de la serie w9 sur la croissance. - Ann Hydrobiol., 8, 247-254.

J. R. HAZEL - 1979 - The influence of thermal acclimation on membrane lipid composition of rainbow trout liver. - Am. J. Physiol. 236, R91-R101.

R. J. HENDERSON, M. V. BELL, J. R. SARGENT - 1985 - The conversion of polyunsaturated fatty acids to prostaglandins by tissue homogenates of the turbot, Scophthalmus maximus (L.) - J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 85, 93-99.

A. KANAZAWA, S. TESHIMA, M. SAKAMOTO, M. A. AWAL - 1980 - Requirements of Tilapia zillii for essential fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46, 1353-1356.

D. J. LEE, G. B. PUTNAM - 1973 - The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. - J. Nutr., 103, 916-922.

J. E. PALOHEIMO, L. M. DICKIE - 1966 - Food and growth of fishes. III Relations among food, body size and growth efficiency. - J. Fish. Res. Bd. Can., 23, 1209-1248.

R. R. SMITH, G. L. RUMSEY, M. L. SCOTT - 1978 - Net energy maintenance requirements of salmonids as measured by direct calorimetry: effect of body size and environmental temperature. - J. Nutr., 108, 1017-1024.

T. TAKEUCHI, S. ARAI, T. WATANABE, Y. SHIMMA - 1980 - Requirement of eel Anguilla japonica for essential fatty acids. - Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46, 345-353.

T. TAKEUCHI, T. WATANABE - 1977 - Requirement of carp for essential fatty acids. - Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 43, 541-551.

T. TAKEUCHI, S. SATOH, T. WATANABE - 1983 - Requirement of Tilapia nilotica for essential fatty acids. - Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 49, 1127-1134.

J. B. WATERBURY, C. B. CALLOWAY, R. D. TURNER - 1983 - A celluloytic nitrogen-fixing bacterium cultured from the gland of Deshayes in shipworms (Bivalvia: Teredinidae). - Science, 221, 1401-1403.

M. J. WALTON, R. M. COLOSO, C. B. COWEY, J. W. ADRON, D. KNOX - 1984- The effects of dietary tryptophan levels on growth and metabolism of rainbow trout (Salmo gairdneri). - Br. J. Nutr., 51., 279-287.

T. WATANABE, C. OGINO, Y. KOSHIISHI, T. MATSUNAGA - 1974 - Requirements of rainbow trout for essential fatty acids. - Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 40, 493-499.

Y. YONE - 1978 - In "Fish Culture and Dietary Lipids" (ed. Japan Soc. Sci. Fish.,) Suisangaku Series No. 22, Koseisha-Koseikaku, Tokyo pp. 43-59.

T. C. YU, R. 0. SINNHUBER - 1979 - Effect of dietary w3 and w6 fatty acids on growth and feed conversion of coho salmon (Oncorhynchus kisutch). Aquaculture 16, 31-38.

T. C. YU, R. O. SINNHUBER, J. D. HENDRICKS - 1979 - Reproduction and survival of rainbow trout (Salmo gairdneri) fed linolenic acid as the only source of essential fatty acids. - Lipids 14, 572-575.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	343-348	1986

ATTIVITÀ DELLA TIAMINASI IN SARDINA PILCHARDUS WALB. E IN ENGRAULIS ENCRASICHOLUS L. DELL'ADRIATICO

M.A. Fini, G. Crisetig

Istituto di Zoocolture, Facoltà di Agraria
Istituto di Biochimica, facoltà di Medicina Veterinaria
Università di Bologna

Key words: Thiaminase, Thiamine, Sardina pilchardus Walb., Engraulis encrasicholus L.

ABSTRACT - Thiaminase activity in the tissue of sardines and anchovies from the Adriatic is reported. The values, expressed in µg of thiamine destroyed by 10 g of fish tissue in 30 minutes at 37°C, are higher in the anchovies than in the sardines, and for both species are higher in the viscera (95 and 66 µg) than in the whole fish (61 and 47 µg) or in the fillets (42 and 26 µg).

RIASSUNTO

Vengono riportati i risultati di uno studio sulla presenza della tiaminasi, enzima in grado di distruggere la vitamina B_1, nei tessuti di sardine e di acciughe dell'Adriatico. I valori indicano che l'enzima é presente in quantità superiore nelle acciughe rispetto alle sardine e, per entrambe le specie, é più concentrato nei visceri (95 e 66 µg) rispetto ai pesci in toto (61 e 47 µg) ed ai filetti (42 e 26 µg).

Dalla valutazione dei dati ottenuti emerge la possibilità, qualora non vengano adottati opportuni accorgimenti, che si creino problemi di ordine nutrizionale quando le specie di Clupeiformi esaminate vengano utilizzate crude per l'alimentazione di pesci e di altri carnivori (ad es. i visoni e le volpi) in allevamento.

SUMMARY

The results of a study on the thiaminase activity, an enzyme capable of destroying vitamin B_1, in the tissue of sardines and anchovies from the Adriatic are reported. The values obtained show that the enzyme level is higher in the anchovies than in the sardines and for both species is higher in the viscera (95 and 66 µg) than in the whole fish (61 and 47 µg) or in the fillets (42 and 26 µg).

An evaluation of the results suggests that nutritional problems may ari-

se should the species of Clupeiformes examined be fed raw to farmed fish or other carnivores (e.g. mink and foxes), without suitable treatment.

INTRODUZIONE

La presenza della tiaminasi in alcune specie di pesci é nota fin dagli anni '40 (Wolley, 1941) ed é stata in seguito riscontrata in una grande varietà di pesci marini e d'acqua dolce (N.R.C., 1982). Sono stati isolati due tipi di tiaminasi, I e II, di origine batterica (Wittliff e Airth, 1970) che differiscono per il peso molecolare, la cinetica e il meccanismo biochimico d'azione, ma interferiscono entrambe con l'azione fisiologica della tiamina, provocando, negli animali che si alimentano di pesci crudi che le contengono, una caratteristica sindrome nervosa da carenza di tiamina. I sintomi riscontrati in avannotti di salmone (Saunders e Henderson, 1974) e di seriola (Ishihara et al., 1978a, b) alimentati rispettivamente con aringa atlantica e acciuga del Pacifico erano caratterizzati da anoressia, arresto della crescita, perdita dell'equilibrio ed elevata mortalità. Tali effetti negativi non si manifestavano somministrando, a periodi alterni, aringa e pesce privo di timi-nasi o supplementando la dieta con tiamina nitrato (1 mg/kg peso corporeo). Un altro sistema per neutralizzare l'effetto della tiaminasi, data la sua termolabilità, prevede il trattamento col calore (83°C per almeno 5 min.) (Gnaedinger e Krzeczkowski, 1966); tuttavia la concentrazione dell'enzima, il pH e la presenza di grassi influiscono sul tempo richiesto per l'inattivazione.

Con la presente indagine si é voluto affrontare il problema della tiaminasi nelle sardine ed acciughe dell'Adriatico, legato ad un loro potenziale impiego per l'alimentazione di pesci e di altri carnivori (ad es. i visoni e le volpi) in allevamento. La presenza della tiaminasi rappresenta infatti un problema oltre che nutrizionale anche economico in quanto limita l'utilizzazione alimentare allo stato fresco delle specie che la contengono.

MATERIALI E METODI

Il prelievo dei campioni é stato effettuato mensilmente dall'autunno 1984 alla primavera 1986, nei vari punti di vendita dei mercati di Bologna e di Cesenatico. Il tempo intercorso fra la pesca e il prelievo dei campioni, è variato fra le 6 e le 48 ore circa.

Gli esemplari di ciascuna specie sono stati suddivisi in tre serie (una per i pesci in toto, una per i filetti e una per visceri) di pools omogenei (rispettivamente 10 sardine e 20 acciughe) e immediatamente congelati a -20°C. Al momento delle analisi, dai rispettivi pools previamente scongelati, sono stati prelevati i pesci in toto, i filetti e i visceri e omogeneizzati. Da ogni omogenato sono state prelevate aliquote di 10-20 g ed estratte con una soluzione di KCL al 5%, mediante omogeneizzazione ad alta velocità per 1 minuto. L'estratto è stato quindi centrifugato a 1150 x g per 5 minuti a 1°C e sul sovranatante, filtrato su garza, è stata determinata la tiaminasi.

Per il dosaggio dell'attività enzimatica è stato utilizzato un metodo fluorimetrico (Gnaedinger, 1965), basato sulla determinazione della velocità

di distruzione, da parte dell'estratto, di una data quantità di tiamina incubata a 37°C per 30 minuti. La tiamina residua, ossidata a tiocromo con una soluzione di CNBr al 3%, è determinata fluorimetricamente utilizzando la lunghezza d'onda di 370 nm in eccitazione e di 440 nm in emissione. Dalla fluorescenza di ciascun campione, detratta quella del rispettivo bianco, si risale alla quantità di tiamina inattivata.

Per ogni campione sono stati effettuati 4 dosaggi: al tempo 0 e dopo 10 20, 30 minuti di incubazione.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella Tab. 1 vengono riportati i valori medi di tiaminasi relativi alle tre serie di pools analizzati per ciascuna specie, dall'autunno 1984 alla primavera 1986.

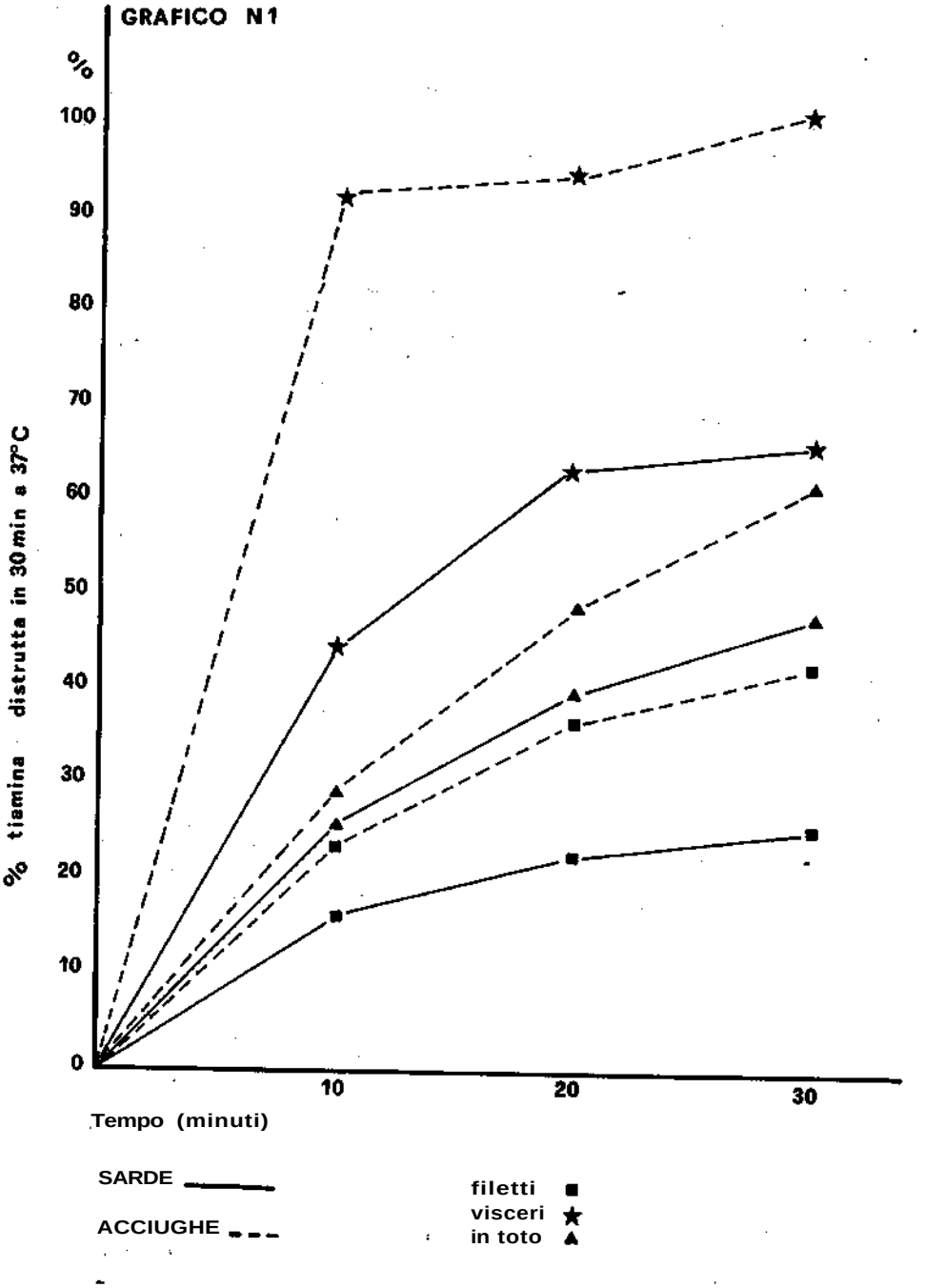
Tab. 1 - Attività della tiaminasi in Sardina pilchardus Walb. (sardina) e in Engraulis encrasicholus L. (acciuga) del mare Adriatico.

Specie	Tessuto	Campione n. pools	Attività enzimatica * ($\bar{x} \pm$ d.s.)
Sardina	In toto	31	47,8 ± 17,7
	Filetti	16	26,1 ± 19,4
	Visceri	9	66,5 ± 25,6
Acciuga	In toto	16	61,1 ± 22,4
	Filetti	13	42,6 ± 29,2
	Visceri	7	95,5 ± 1,8

* L'attività della tiaminasi è spressa in µg di tiamina dicloruro inattivata da 10 g di tessuto in 30 min. a 37°C.

I dati mostrano innanzitutto che le acciughe e le sardine dell'Adriatico contengono la tiaminasi e che le concentrazioni maggiori si trovano nelle acciughe rispetto alle sardine. Riguardo alla distribuzione dell'enzima nei tessuti, i visceri hanno mostrato in assoluto i valori più elevati: quelli di acciuga, in particolare, hanno presentato, durante tutto il periodo di controllo, livelli costantemente superiori, come appare anche dal Grafico 1 che illustra l'andamento delle rispettive curve. L'azione distruttiva dei visceri d'acciuga è massima nella fase iniziale di incubazione, nella quale più del 90% della tiamina aggiunta viene inattivata. La differenza rispetto ai visceri di sardina è di circa il 50%, nei primi 10 min. e si riduce al 30-35% dopo 20-30 min. di incubazione.

Nei filetti e nei pesci in toto la differenza tra le due specie è inizialmente più ridotta per poi accentuarsi col procedere del tempo di incu-


GRAFICO N1
%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
% tiamina distrutta in 30 min a 37°C
10
20
30
Tempo (minuti)
SARDE
ACCIUGHE
filetti
visceri
in toto

bazione fino a raggiungere, dopo 30 minuti, un valore di circa 13% per il pesce in toto e di circa 16% per i filetti.

Complessivamente è stata riscontrata una certa variabilità dei valori della tiaminasi nei tessuti dei Clupeiformi adriatici esaminati che, peraltro, non appare legata ad influenze stagionali.

Circa la distribuzione della tiaminasi nei tessuti, i dati da noi riscontrati sono in accordo con quanto riportato per le acciughe del Pacifico (Ishihara ed al., 1972) le cui concentrazioni relative risultano però notevolmente superiori (muscolo 10 µg; visceri 45 µg; pesce in toto 31 µg di tiamina distrutta da 1 g di tessuto/minuto).

I valori rilevati nell'aringa del Baltico (115 + 60 µg di tiamina distrutta da 100 g di pesce intero dopo 1 ora di incubazione) (Hirn e Pekkanen, 1975) risultano invece decisamente più bassi rispetto a quelli da noi ottenuti.

Occorre peraltro sottolineare che gli scarsi dati disponibili in letteratura sono difficilmente comparabili in quanto ottenuti con metodi e tempi di incubazione diversi. Tuttavia le notevoli differenze riscontrate fra i Clupeiformi adriatici e quelli di altri mari starebbero ad indicare una possibile influenza di fattori ambientali sui livelli di tiaminasi presenti nelle diverse specie.

CONCLUSIONI

L'indagine condotta dall'autunno 1984 alla primavera 1986 su esemplari di Sardina pilchardus Walb. e di Engraulis encrasicholus L. ha evidenziato la presenza della tiaminasi in entrambe le specie, con valori più elevati nelle acciughe rispetto alle sardine. Tale presenza pone dei problemi di ordine nutrizionale qualora le suddette specie vengano utilizzate crude per l'alimentazione di pesci e di altri animali in allevamento; tali problemi possono essere superati mediante l'adozione di opportuni accorgimenti, peraltro già sperimentati con successo in altri Paesi.

BIBLIOGRAFIA

GNAEDINGER R.H. - 1964 - Thiaminase activity in fish: an improved assay method - Fish. Ind. Res., 2, 55-59.

GNAEDINGER R.H. e KRZECZKOWSKI R.A. - 1966 - Heat inactivation of thiaminase in whole fish - Comm. Fish. Rev., 28, 11-14.

HIRN J. e PEKKANEN T.J. - 1975 - Quantitative analysis of thiaminase activity in certain fish species - Nord. Vet. Med., 27, 646-648.

ISHIHARA T., HARA K., NAKAYAMA H. e YASUDA, M. - 1978a - Studies on thiaminase I in marine fish. 7. Effect of thiamine on yellowtail fed with saury - Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 44, 653-657.

ISHIHARA T., HARA K. e YASUDA M. - 1978b - Studies on thiaminase I in the marine fish. 8. Thiamine requirement of yellowtail fed anchovy - Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 44, 659-664.

ISHIHARA T., YASUDA M. e MOROOKA H. - 1972 - Studies on thiaminase I in marine fish. 1. Thiaminase in anchovy - Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 38, 1281-1286.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - 1982 - Nutrient requirements of mink and foxes- National Academy Press, Washington, D.C.

SAUNDERS R.L. e HENDERSON E.B. - 1974 - Atlantic herring as a dietary component for culture of Atlantic salmon - Aquacul., 3, 369-385.

SEALOCK R.R., LIVERMORE A.H. e EVANS C.A. - 1943 - Thiamine inactivation by the fresh fish or Chastek-paralysis factor - J. Amer. Chem. Soc. 65, 935-940.

WITTLIFF J. e AIRTH R.L. - 1970 - Methods in Enzymology: Vitamins and Coenzymes - Ed. McCormick, D.B. and Wright, L.D. - Academic Press N.Y. and London, XVIII, 229-238.

WOOLLEY D.W. - 1941 - Destruction of thiamine by a substance in certain fish - J. Biol. Chem., 141, 997-998.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	349-354	1986

PRIME OSSERVAZIONI SUL RUOLO DEGLI AMINOACIDI NEL COMPORTAMENTO DI RICERCA DEL CIBO IN ANGUILLA (Anguilla anguilla L.) (*)

A. Carrieri, P. Cavazzini, R. Maccagnani, M.G. Rizzo e R. Rossi
Istituto di Zoologia, Università di Ferrara

KEY WORDS: Eel, Feeding behaviour, Amino acids.

ABSTRACT - The importance of various amino acids and their derivates on the feeding behaviour in the yellow eel (Anguilla anguilla L.) was studied.

Threonine, Histidine, Cystine, Serine, Glutamic Acid, Taurine and Betaine resulted to be involved in the feeding behaviour of the yellow eel.

The other amino acids seems to be of minor importance, and even Proline and Aspartic Acid to turn repulsive at higher concentrations.

RIASSUNTO

Si è studiato l'effetto di aminoacidi e loro derivati sul comportamento alimentare di anguille gialle (Anguilla anguilla L.).

Lo studio dell'efficacia relativa di singoli aminoacidi è stato condotto per confronto di pools nei quali l'aminoacido era a concentrazione differente, utilizzando apposite vasche in PVC a forma di Y. La miscela base impiegata (Glicina 31.45%, Alanina 13.2%, Acido Glutammico 12.84%, Acido Aspartico 11.40%, Serina 0.84%, Treonina 0.72%, Istidina 0.72%, Arginina 1.2%, Prolina 0.6% e Cistina 0.6%), corrispondente alla composizione della frazione aminoacidica della polpa fresca di Mytilus sp. a cui sono stati aggiunti Taurina (13.2%) e Betaina (13.2%), si è dimostrata efficace a stimolare la ricerca del cibo.

Tra i costituenti della miscela base sono risultati importanti per il suo effetto attrattante la Treonina, l'Istidina, la Cistina, la Serina, l'Acido Glutammico, la Taurina e la Betaina. Gli altri aminoacidi sembrano avere scarsa importanza o essere, addirittura, repellenti se presenti in concentrazione superiore all'originale (Prolina e Acido Aspartico).

SUMMARY

The effects of various amino acids and their derivates on the feeding behaviour in the yellow eel (Anguilla anguilla L.) were studied.

The experiments were performed in suitable PVC Y-shaped tanks. The composition of the standard mixture (Glycine 31.45%, Alanine 13.2%, Glutamic Acid 12.84%, Aspartic Acid 11.40%, Serine 0.84%, Threonine 0.72%, Histidine 0.72%, Arginine 1.2%, Proline 0.6% e Cystine 0.6%), corresponding to the amino acid fraction of the fresh pulp of Mytilus sp., with the addition of Taurine (13.2%) and Betaine (13.2%), was shown to be effective

(*) Ricerca finanziata dal C.N.R.. Progetto finalizzato I.P.R.A. - Sottoprogetto 1. Lavoro N. 1184.

as a stimulant of the feeding behaviour.

The relative effectiveness of each amino acid was assessed by testing the standard mixture against the same mixture containing different concentrations of amino acid under examination.

Threonine, Histidine, Cystine, Serine, Glutamic Acid, Taurine and Betaine resulted to be involved in the attracting effect of the standard mixture.

The other amino acids seems to be of minor importance, and even Proline and Aspartic Acid to turn repulsive, when used at greater concentrations than in the standard mixture.

1. INTRODUZIONE

Nei pesci l'individuazione a distanza del cibo avviene attraverso la visione o in seguito a stimolazione delle strutture anatomiche responsabili delle risposte olfattive e/o gustative, da parte di particolari sostanze chimiche. Fra queste, gli aminoacidi e i loro derivati sono gli stimoli a più alta efficacia sia per il sistema olfattorio che per quello gustatorio (BARDACH, 1975). Nell'anguilla (Anguilla sp.), come nella maggior parte dei pesci migratori e/o notturni, questi due sensi, ed in particolare l'olfatto, risultano essere molto sviluppati.

HASHIMOTO et al. (1968) e KONOSU et al. (1968) hanno esaminato l'effetto dell'estratto di bivalvi (Tapes japonica) sull'esplorazione e sul comportamento alimentare di Anguilla japonica concludendo che l'attività stimolatoria dell'estratto è attribuibile proprio agli aminoacidi. Non si conosce, tuttavia, se questi agiscano sul sistema olfattorio o su quello gustatorio (KONOSU et al., 1968). Sembra però accertata la maggiore sensibilità dell'olfatto rispetto al gusto probabilmente a causa della minore soglia di concentrazione aminoacidica necessaria per indurre lo stimolo (CAPRIO, 1978).

Scopo dello studio è quello di valutare l'effetto di aminoacidi e loro derivati sul comportamento di ricerca del cibo in anguille gialle (Anguilla anguilla L.). In questa nota vengono riportati i risultati relativi alla messa a punto delle metodiche sperimentali e i primi dati sulla efficacia relativa di singoli aminoacidi.

2. MATERIALI E METODI

Gli esperimenti sono stati condotti su anguille gialle di lunghezza compresa tra 15 e 25 cm mantenute in laboratorio in acqua dolce termostatata (T = 24 + 1°C e pH = 7.5-8) ed alimentati con dieta naturale a base di mitili.

Sono state utilizzate vasche in PVC a forma di Y contenenti circa 25 1 d'acqua.

2.1 Determinazione sperimentale della diffusione

L'andamento della diffusione delle miscele aminoacidiche usate è stato valutato dalla variazione di concentrazione nel tempo di alcune sostanze in quattro punti all'interno della vasca ad Y (angolo trattato, angolo controllo, centro e fondo). La soluzione sperimentale era immessa in un apposito "cilindro di diffusione" (in PVC trasparente (ø > = 3 cm) chiuso ad una base da un setto di carta da filtro) posto in uno dei due rami della vasca.

I campioni d'acqua sono stati esaminati allo spettrofotometro per la determinazione delle assorbanze dell'acqua della vasca ad Y e delle varie soluzioni testate.

	A		B	
	% mg.	mMoli	% mg.	mMoli
Aa NEUTRI				
1. Alanina	13.20	1.232	30.34	12.320
2. Glicina	31.45	3.490	-	-
3. Serina	0.84	0.066	0.19	0.066
4. Treonina	0.72	0.050	0.17	0.050
5. Prolina	0.60	0.043	-	-
6. Cistina	0.60	0.020	1.38	0.208
Aa. ACIDI				
7. Ac. Aspartico	11.40	0.839	2.62	0.839
8. Ac. Glutammico	12.84	0.727	2.95	0.727
Aa. BASICI				
9. Istidina	0.72	0.052	1.66	0.521
10. Arginina	1.20	0.057	-	-
DERIVATI DI Aa.				
11. Taurina	13.20	0.679	30.34	6.790
12. Betaina	13.20	0.938	30.34	9.380

Tab. 1. Composizione della miscela base (A) e della miscela ricavata in base ai risultati ottenuti (B).

2.2 Esperimenti nella vasca ad Y

Essendo accertato che gli aminoacidi sono efficaci solo se in miscela (HASHIMOTO et al., 1968; CARR, 1976; MACKIE e MITCHELL, 1983; HARADA, 1982) l'efficienza del singolo aminoacido è stata valutata per confronto di pools nei quali l'aminoacido era a concentrazione diversa. La miscela base utilizzata corrisponde alla composizione della frazione aminoacidica della polpa fresca di Mytilus sp. a cui sono stati aggiunti Taurina e Betaina (Tab. 1-A) che in esperienze preliminari, avevano dimostrato un inarcato effetto sinergico (FERIOLI, 1985-86).

Per ogni esperimento sono state condotte 10 repliche con quindici anguille ciascuna poste in fondo al ramo lungo della vasca ad Y. Dopo circa 30' si contavano gli animali presenti nei 2 rami corti della vasca (trattato e controllo), dotati di un dispositivo che ne impediva l'uscita.

La significatività dei risultati ottenuti è stata controllata con il test del segno di Wilcoxon.

3. RISULTATI e DISCUSSIONE

3.1 Esperimento preliminare

Un esperimento bianco contro bianco ha indicato che, in assenza di uno stimolo efficace, le anguille scelgono in modo casuale uno dei due angoli (P=0.4594).

3.2 Determinazione sperimentale della diffusione

La determinazione della diffusione della miscela base non ha potuto essere condotta direttamente mediante analisi spettrofotometrica dal momento che l'acqua della vasca, a causa della componente proteica presente nel

	MB - Aa			MB + Aa l0x		
	P		%	P		%
Aa NEUTRI						
1. Alanina	.136	N.S.	75	.015	*	173
2. Glicina	.377	N.S.	89	.337	N.S.	90
3. Serina	.003	**	47	.084	N.S.	85
4. Treonina	.003	**	50	.111	N.S.	131
5. Prolina	.093	N.S.	108	.003	**	53
6. Cistina	.003	**	36	.003	**	173
Aa. ACIDI						
7. Ac. Aspartico	.003	**	52	.003	**	33
8. Ac. Glutammico	.005	**	61	.419	N.S.	103
Aa. BASICI						
9. Istidina	.003	**	27	.083	N.S.	159
10. Arginina	.406	N.S.	108	.157	N.S.	73
DERIVATI DI Aa.						
11. Taurina	.003	**	39	.005	**	138
12. Betaina	.003	**	46	.003	**	146

Tab. 2. Significatività (P, test del segno) e percentuale (%) della risposta (relativa alla miscela base) alle diverse concentrazioni testate (Miscela Base (MB) + l'Aminoacido testato (Aa)).

muco secreto dalle anguille e per la mancanza di riciclaggio, presentava un picco di assorbimento (tra i 210 e i 220 nm) nello stesso range degli aminoacidi costituenti la miscela (200-230 nm). Sono stati, quindi, utilizzati altri 2 aminoacidi (L-Triptofano, L-Tirosina) e una proteina, la Lactalbumina, che presentano un picco di assorbimento al di fuori della banda in cui assorbe l'acqua contenente il muco delle anguille (280 nm per 1'L-Triptofano e 275 nm per L-Tirosina e Lactalbumina).

I risultati dimostrano che già dopo pochi minuti (Triptofano e Tirosina), e comunque in un tempo non superiore ai 10-12 minuti (Lactalbumina) dalla immissione della sostanza, si instaura tra angolo trattato e tutti gli altri punti della vasca un marcato gradiente di concentrazione. Ciò conferma che eventuali differenze di risposta degli animali sono da ascriversi alla presenza, nell'angolo trattato, di uno stimolo efficace.

3.3. Miscela Base contro il Bianco

Il primo esperimento ha confermato l'effettiva funzione attrattante della miscela base (P= 0.0142).

3.4 Prove di aminoacidi e derivati a diverse concentrazioni

La serie successiva di 12 esperimenti (per un totale di 240 repliche e l'utilizzo complessivo di circa 3600 anguille) ha verificato se gli aminoacidi componenti la miscela possono, in concentrazioni diverse da quelle originali, potenziarne l'attività ed in che misura.

Per ognuno dei 12 aminoacidi componenti la miscela si sono effettuate 2 serie di prove: nella prima la miscela base è stata testata contro se

stessa meno l'aminoacido in esame , mentre nella seconda l'aminoacido era a concentrazione dieci volte superiore all'originale. La Tab. 2 riporta i risultati di queste esperienze espressi sia come significatività del test statistico, sia come percentuale di anguille che hanno scelto una condizione rispetto all'altra assumendo pari a 100 la percentuale delle anguille stimolate dalla miscela base.

I risultati ottenuti dimostrano che: Treonina, Cistina, Istidina, Taurina e Betaina sono essenziali per l'efficacia della miscela in quanto ne fanno diminuire l'attività se eliminati e la potenziano se presenti alla concentrazione l0x; Serina, Acido Glutammico e Acido Aspartico, se eliminati, fanno diminuire l'efficacia della miscela base ma, se portati alla concentrazione maggiore non l'aumentano, o, addirittura la rendono repellente, come nel caso dell'Acido Aspartico; la Prolina, la cui mancanza nella miscela base non provoca nessun effetto, risulta essere repellente alla concentrazione 10×; l'Alanina sembra essere efficace solo alla concentrazione più elevata; infine la Glicina e l'Arginina non modificano l'efficienza della miscela base nè se eliminati, nè se portati alla concentrazione l0x.

Sulla base delle indicazioni della Tab. 2 si è così formulata una nuova miscela (Tab. 1-B), che, confrontata con la miscela base (Tab. 1-A), ha dimostrato (P= 0.0030) un potere attrattante superiore di circa il 30 %.

4. CONCLUSIONI

Le esperienze presentate confermano che alcuni aminoacidi e derivati ricoprono un ruolo importante nell' evocare nella anguilla gialla lo stimolo di ricerca del cibo.

L'alta sensibilità dell'anguilla (così come in tutti gli animali carnivori) agli aminoacidi sembra sia dovuta alla necessità, per un normale accrescimento, di una dieta molto più ricca di proteine rispetto a quella dei detritivori ed agli onnivori (TAKEDA et al., 1984).

La validità dei risultati da noi ottenuti trova una conferma nelle esperienze condotte da MACKIE e MITCHELL (1983) che hanno dimostrato che in Anguilla anguilla gli aminoacidi più efficaci sono i neutri e gli acidi, mentre risultano inattivi i basici e gli aromatici, e che la Betaina svolge un importante effetto sinergico, come risulta anche dal lavoro di YOSHII et al. 1979).

Attraverso tests comportamentali è stata dimostrata anche in Anguilla japonica (HASHIMOTO et al., 1968) la particolare efficacia degli aminoacidi neutri ed in particolare dell'arginina, alanina e glicina che è stata ulteriormente confermata da tests elettrofisiologici sul nervo palatino (YOSHII et al., 1979); di questi tre aminoacidi solo l'alanina è risultata essere, negli esperimenti da noi effettuati, in qualche modo influente sul potere attrattante della miscela base.

I risultati da noi ottenuti sono, quindi, solo in parziale accordo con quelli di altri autori e andranno, perciò, confermati attraverso ulteriori serie di esperienze.

BIBLIOGRAFIA

BARDACH J.E., 1975. Chemoreception of aquatic animals. Fifth international symposium on olfaction and taste. Academic press., 121-132.

CAPRIO J., 1978. Olfaction and taste in the channel catfish: an electrophysiological study of the response to amino acids and derivates. J. Comp. Physiol., 123, 357-371.

CARR W.E.S., 1976. Chemoreception and feeding behavior in the pigfish, Orthopristis chrysopterus; characterization and identification of stimulatory substances in a shrimp extract. Comp. Biochem. Physiol., 55(A), 153-157.

FERIOLI P., 1985-86. Ruolo degli aminoacidi nel comportamento di ricerca del cibo in anguille gialle. Tesi di laurea in Scienze Biologiche, Anno Accademico 1985-86.

HARADA K., 1982. The attractive effect of food based on the behavioral responses of juvenile yellowtail, Seriola quinqueradiata. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48(8), 1047-1054.

HASHIMOTO Y., KONOSU S., FUSETAMI N., NOSE T., 1968. Attractants for eels in the extract of short-necked clam. I. Survey of costituents eliciting feeding behavior by the omission test. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34, 78-83.

KONOSU S., FUSETAMI N., NOSE T., HASHIMOTO Y., 1968. Attractants for eels in extracts of short-necked clam. II. Survey of costituents eliciting feeding behavior by fractionation of the extracts. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34, 84-87.

MACKIE A.M. et MITCHELL A.I. 1983. Studies on the chemical nature of feeding stimulants for the juvenile European eel Anguilla anguilla. J. Fish. Biol., 22, 425-430.

TAKEDA M., TAKII K., MATSUI K., 1984. Identification of Feeding Stimulants for Juvenile Eel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50, 645-651.

YOSHII K., KAMO N., KURIHARA K. and KOBATAKE Y., 1979. Gustatory response of eel palatine receptors to amino acids and carboxylic acids. J. gen. Physiol., 74, 301-317.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	355-363	1986

ALLEVAMENTO INTENSIVO DI ORATA (Sparus aurata L.) A DUE REGIMI TERMICI.

L. Corbari*, M. Caggiano*, I.D. Demurtas**, A. Ponticelli**.

* ITTICA UGENTO S.p.A., Via Parini 2, 73100 Lecce.
** ENEA Laboratorio Acquacoltura, CRE Casaccia, 00060 Roma.

Parole chiave: Orata, allevamento, alimentazione, temperatura.

ABSTRACT - Gilt-head sea bream (Sparus aurata) were reared to a commercial size under different thermic condition. Growth rates, survival rates, alimentary conversions and economic valuations are reported.

RIASSUNTO

Nell'ambito di un programma di ricerca ENEA - ITTICA UGENTO teso a definire gli effetti derivanti dall'impiego di reflui termici in acquacoltura, si sono allevate delle orate sino a taglia commerciale sia a temperatura ambiente sia con un innalzamento termico dell'acqua di +5°C. La prova è stata condotta presso la ITTICA UGENTO S.p.A. di Ugento Lecce, utilizzando gli stessi impianti e metodiche impiegati per la produzione commerciale della specie.
Alla fine dell'intero ciclo di allevamento, della durata di circa 15 mesi, le orate allevate in acqua riscaldata hanno raggiunto la taglia commerciale, con un peso medio di 287 g contro i 132 g di quelle allevate a temperatura ambiente. Per i due gruppi si sono avute rispettivamente mortalità del 10,5 e del 31,1%, mentre i fattori di conversione alimentare sono risultati per entrambi pari a 2,3.
L'allevamento intensivo dell'orata, che nell'Italia del Sud è caratterizzato anche a temperature ambiente da buoni accrescimenti, sopravvivenze e conversioni alimentari, può notevolmente migliorare la resa qualora si impieghino reflui termici a basso costo.

SUMMARY

During a program of research conducted by ENEA - ITTICA UGENTO, the aim of which was to define the effect derived from the use of thermic flow in aquaculture, gilt-head sea bream were reared to a commercial size under different thermic condition: the first with **a** t of water about +5°C, the

second at an ambient temperature. The experiment was conducted by the ITTICA UGENTO S.p.A. at Ugento (Lecce), using the same plants methods (diet systems density of rearing, size selection, change of water etc.) as those used for the commercial production of the same species at ambient temperature. The experiment was divided into three stages, coinciding with the seasons.

Stage 1 (Spring). The stage lasted for 80 days, during which the initial lot of 32,278 sea bream were reared, each being about 100 days old and with an average weight of about 2 grammes. The bream were subdivided into 4 groups, A B C and D at two temperatures (groups A and C in warm water and B and D at an ambient temperature). At the same time an experimental diet was used for groups C and D while a normal commercial diet was used for groups A and B.

Stage 2 (Summer). This stage lasted for 125 days, during which the experiment was continued on groups A and B, comprising 14,275 fish in all. Both groups were reared in water at ambient temperature.

Stage 3 (Autumn-Spring). This stage lasted 237 days. The original thermic temperature were re-established and work continued on the two sub group, each consisting of 1,000 fish taken at random from groups A and D.

The results at the end of Stage 1 showed the greater efficiency of commercial feed and demonstrated almost double the growth rate of the gilt-head sea bream in Group A (warm water), which multiplied their weight 7.4 times compared with 4.0 times in Group B. In the second stage, in homothermic conditions, as increase was recorded of 12.8 times for Group B compared to 6.6 times for Group A. At the end of third stage, the gilt-head sea bream in Group A had reached commercial size, with an average weight of almost 290 grammes, compared to 130 grammes in the other group. During the entire rearing cycle which lasted 15 months, there was a mortality rate of 10.5% and 31.1% respectively for groups A and B, while the factors of diet conversion were equal to 2.3 in both groups.

The intensive rearing of gilt-head sea bream, which has already produced good increases, survival rates and alimentary conversions in the south Italy can improve the yield considerably if low cost thermic waste is used.

INTRODUZIONE

L'orata è da sempre soggetta ai tradizionali metodi di allevamento estensivi (vallicoltura) poichè associa all'alto valore commerciale (legato alla bontà delle carni) caratteristiche specifiche quali euria-linità, euritermia, catadromismo e rapida crescita (Bullo, 1940; Ravagnan, 1978). Recentemente sono stati indagati sia i fabbisogni dietetici della specie (Luquet e Sabaut, 1973; Marais e Kissil, 1979) sia i regimi alimentari naturali (Arias, 1980; Ferrari e Chieregato, 1980; Barbaro et al., 1982). Sono altresì state effettuate prove di allevamento intensivo e semintensivo, sia in vasche o bacini a terra sia in gabbie

a mare (Pitt et al., 1977; Seltz, 1980; Barbaro et al., 1983; Eisawy e Wassel, 1984) che hanno evidenziato l'ottima allevabilità della specie. Tali sistemi di coltura, però risultano ancora poco diffusi data la relativa scarsità del novellame in natura (Rossi, 1981).
L'avanzata messa a punto delle tecniche di riproduzione artificiale (Alessio et al., 1976; Freddi et al., 1981; Mazzola e Rallo, 1981) potrà permettere, entro breve tempo, un rapido sviluppo della oraticoltura. Lo scopo della presente ricerca è di analizzare in termini biologici ed economici l'allevamento intensivo dell'orata e ciò sia in condizioni termiche ambientali sia con il riscaldamento dell'acqua durante i mesi freddi.

MATERIALI E METODI

La ricerca è stata effettuata presso l'impianto della Ittica Ugento SpA, ubicato sul litorale jonico di Lecce, dal marzo 1984 al giugno 1985, e si divide in tre fasi coincidenti con le diverse stagioni.
- 1.a fase primaverile, di 80 giorni, in cui il lotto iniziale di 32.278 orate da riproduzione artificiale di circa 100 giorni di età e con peso medio di circa 2 gr è stato allevato, suddiviso in quatto gruppi A,B,C e D, a due temperature: a temperatura ambiente (B e D) e in acqua riscaldata, in media di +5°C rispetto alla temperatura ambiente, (A e C); si è confrontato altresì un mangime sperimentale (S) formulato per l'orata (C e D) con quello commerciale per spigole (C) normalmente utilizzato anche per l'orata (A e B). Quest'ultimo mangime è stato utilizzato in due formati C/S sbriciolato e C/P pellet aventi composizioni diverse (Tab. 2). L'allevamento è avvenuto in 8 vasche di cemento di 25 mq e 30 mc cadauna, ubicate al coperto, alimentate con acqua marina e dotate di impianti di aerazione ed ossigenazione. L'acqua dei gruppi sperimentali A e C è stata riscaldata mediante una caldaia a gasolio ed uno scambiatore di calore, ed è stata parzialmente ricircolata dopo filtrazione meccanica dalle impurità grossolane.
- 2.a fase estiva, di 125 giorni, nella quale si è proseguita la prova sui due gruppi A e B di complessivi 14.275 pesci, entrambi allevati in acqua marina a temperatura ambiente. In questa fase si sono utilizzate 4 vasche di 50 mq cadauna in cemento ed ubicate all'aperto.
- 3.a fase autunno-primaverile, di 237 giorni, in cui si sono ristabilite le due condizioni termiche e si è proseguito il lavoro su due sottogruppi, ognuno di 1.000 pesci, estratti a caso dai gruppi A e B. La terza fase è avvenuta in 4 vasche di cemento da 25 mq, due delle quali coperte con una serra e dotate di impianto di riscaldamento.
Nell'intera ricerca si sono adottate le stesse metodiche operative normalmente impiegate nella produzione commerciale della specie quali le modalità di alimentazione, le densità di coltura, le selezioni per taglia, l'entità dei ricambi idrici, ecc. (Corbari, 1986). Le temperature registrate durante la prova sono evidenziate in figura 1, dove sono

espressi anche i gradi-giorno dei due lotti sperimentali.
Le formule utilizzate per calcolare i vari indici e fattori sono le seguenti:

1) Fattore di moltiplicazione peso = (Peso medio finale/Peso medio iniziale);
2) Conversione alimentare = (Peso mangime somministrato/Incremento di biomassa), dove il peso del mangime è espresso tal quale;
3) Tasso istantaneo giornaliero di crescita = $(\lg Y_t - \lg Y_{t0})/(t - t_o)$ dove Y_t è il peso medio al tempo t, in giorni, e Y_{to} è il peso iniziale al tempo zero to (Chapman, 1978);
4) Fattore di condizione = (100 P/L) dove P è il peso espresso in grammi ed L la lunghezza totale in mm.

RISULTATI E DISCUSSIONE

In tabella 1 sono riportati i risultati ottenuti alla fine della prima fase della ricerca, da dove emergono le differenze in termini di accrescimenti e di conversioni alimentari fra le due diete e fra le due temperature saggiate. La dieta sperimentale S ha ottenuto conversioni e velocità di crescita peggiori rispetto alla dieta C, e questo si è verificato sia a temperatura ambiente che in acqua riscaldata. Fra le due temperature utilizzate si sono ottenuti accrescimenti e rese alimentari migliori per i gruppi allevati in acqua riscaldata, e ciò in maniera più marcata per quelli alimentati con la dieta commerciale. La maggiore crescita ottenuta con la dieta commerciale a maggiore contenuto energetico e proteico, rispetto al mangime sperimentale (Tab. 2), è in contrasto con quanto riportato da Marais e Kissil (1979), che hanno invece ottenuto velocità di crescita più elevate con le diete a minor contenuto energetico.
I risultati ottenuti alla fine della seconda e della terza fase, nelle quali la ricerca è proseguita utilizzando solo la dieta commerciale, sono riassunti in tabella 3. Le orate allevate nei periodi freddi in acqua riscaldata hanno raggiunto la taglia commerciale di 287 g di peso medio, contro i 132 g di quelle allevate a temperatura ambiente. Per i due gruppi si sono registrati rispettivamente 9.185 e 8.021 gradi-giorno nell'arco dell'intera ricerca.
Anche per la mortalità si è registrata una notevole differenza, con tassi rispettivamente del 10,5 e del 31,1%, calcolati sul numero di pesci iniziale. La maggiore mortalità delle orate allevate in acqua a temperatura ambiente è avvenuta durante i periodi freddi ed è stata causata da patologie legate all'alimentazione (in particolare dalla degenerazione lipoidea epatica DLE), e non dal freddo, in quanto, come evidenziato in figura 1, la temperatura dell'acqua non ha mai raggiunto livelli pericolosi per la sopravvivenza della specie valutati attorno ai 4° (Ghittino, 1983). Tale patologia di origine alimentare è frequente nell' allevamento intensivo delle specie marine (Corbari et al., 1983) ed è indice di una non completa rispondenza della composizione lipidica del mangime ai fabbisogni dietetici della specie. Nel presente

caso tale patologia alimentare si è manifestata solo nei periodi freddi risultando invece del tutto assente a temperature superiori ai 17°C quando l'orata ha una completa attività metabolica.
Per quanto attiene alle conversioni alimentari, non si sono notate differenze fra le due temperature, ed in entrambi i casi si sono ottenuti valori di 2,3.
Sulla base dei risultati ottenuti è stato calcolato il conto economico dell'allevamento dell'orata alle due condizioni termiche saggiate (Tab. 4). Da tale conto, che viene espresso per unità di prodotto ottenuto ed ai valori dell'anno 1985, si ricava che l'allevamento intensivo dell'orata, condotto a temperature ambientali, permette di realizzare un utile del 28% sul fatturato, che è elevato se riferito al comparto zootecnico al quale l'acquacoltura è da ascrivere.
Con il riscaldamento dell'acqua si ottengono dei notevoli risparmi dei costi, in seguito sia all'aumento della velocità di crescita, e quindi alla riduzione dell'incidenza degli ammortamenti, del lavoro, delle spese generali e dei materiali di consumo, sia alla diminuzione della mortalità e quindi alla minore incidenza della semina. Il forte costo energetico per ottenere l'innalzamento termico dell'acqua ha reso però antieconomica l'iniziativa poichè di gran lunga superiore ai risparmi sopra descritti.

CONCLUSIONI

L'allevamento intensivo dell'orata è attualmente limitato soltanto dalla poca disponibilità di novellame poichè come dimostrato la tecnologia di allevamento permette di ottenere buone rese biologiche ed economiche. C'è comunque da osservare che gli attuali prezzi di vendita sono a livelli molto sostenuti, data l'esigua offerta rispetto alla domanda del mercato (Sopal, 1980), e quindi è da ritenere che quando la produzione di orate da allevamento diverrà consistente, il prezzo di mercato dovrà abbassarsi, come già accaduto con lo sviluppo della troticoltura. A quel punto la produzione commerciale dovrà contenere i costi di produzione sia migliorando i sistemi di lavorazione, che ora comportano un alto costo di manodopera, nonchè aumentando le densità di allevamento riducendo di riflesso l'incidenza degli ammortamenti.
Per quanto attiene al riscaldamento dell'acqua di allevamento, i risultati ottenuti dimostrano una convenienza economica soltanto qualora si abbia a disposizione una fonte energetica a basso costo ed a bassa entropia, come acque ipotermali, scarichi di centrali elettriche o industrie. In tal caso i risparmi sui costi di produzione che si possono realizzare sono consistenti e sono valutabili nell'ordine del 35%.

BIBLIOGRAFIA

G. ALESSIO, G. GANDOLFI, B. SCHREIBER - 1976 - Induction de la ponte, élevage et alimentation des larves et des alevins des poissons euryalins. - Stud. Rev. GFCM, 55, 143-157.

A. ARIAS - 1980 - Crescimento, regimen alimentario y reproduccion de la dorada (Sparus aurata L.) y del robalo (Dicentrarchus labrax L.) en los esteros de Cadiz. - Inv. Pesq., 44(1), 59-83.
A. BARBARO, A. FRANCESCON, R. GUIDASTRI - 1982 - Alimentazione di Sparus aurata L. in ambiente vallivo. - Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50 suppl., 372.
A. BARBARO, L. BERG, A. FRANCESCON, A. FREDDI - 1983 - Accrescimento in allevamento estensivo e semintensivo di Sparus aurata L. proveniente da riproduzione artificiale.- Nova Thalassia, Atti XV Congresso SIBM.
G. BULLO - 1940 - La vallicoltura. - La laguna di Venezia, Vol. III, PARTE VI, Tomo XI, 49-212.
D.W. CHAPMAN - 1978 - Methods for assessment of fish production in fresh waters. Third Edition. - IBP Handbook N° 3.
L. CORBARI, P. GHITTINO, M. AMERIO, M. CAGGIANO, M. BERTOLINELLI - 1983 - Ricerca applicata per la messa a punto di una dieta bilanciata per la spigola (Dicentrarchus labrax L.). - Riv. It. Pisc. Ittiop., XIX n.3, 95-114.
L. CORBARI - 1986 - Produzione e ricerca nell'acquacoltura mediterranea. - Il Pesce, n° 3/1986, 35-39.
A. EISAWY, E. WASSEL - 1984 - Preliminary studies on rearing of the gilthead seabream, Sparus aurata (L.), in brackish ponds. - Aquaculture, 38, 255-260.
I. FERRARI, A.R. CHIEREGATO - 1981 - Feeding habits of juvenile stages of Sparus aurata L., Dicentrarchus labrax L., and mugilidae in brackish embayment of the Po river delta. - Aquaculture, 25, 243-257.
A. FREDDI, L. BERG, M. BILIO - 1981 - Optimal salinity-tempera Lure combinations for the early life stages of gilthead bream (Sparus aurata L.). - J. World Maricul. Soc., 12 (2), 130-136.
P. GHITTINO - 1983/85 - Tecnologia e patologia in acquacoltura. - Vol. 1 e 2, Edito dall'autore.
P. LUQUET, J.J. SABAUT - 1973 - Etude preliminaire sur les besoins en proteins de la Daurade Royale (Chrysophrys aurata L.). - Etud. Rev. CGPM, 52, 81-89.
J.F.K. MARAIS, G.W. KISSIL - 1979 - The influence of energy level on the feed intake, growth, food conversion and body composition of Sparus aurata L. - Aquaculture, 17, 203-219.
A. MAZZOLA, B. RALLO - 1981 - Further experiences in the intensive culture of seabream (Sparus aurata L.). - J. World Maric. Soc., 12 (2), 137-142.
R. PITT, O. TSUS, H. GORDIN - 1977 - Cage culture of Sparus aurata. - Aquaculture, 11, 285-296.
G. RAVAGNAN - 1978 - Vallicoltura moderna. - Edagricole, Bologna pp.238.
R. ROSSI - 1981 - La pesca del pesce novello da semina nell'area meridionale del delta del Po. - Quad. Lab. Tecnol. Pesca, 3 (1), 23-36.
J. SELTZ - 1980 - Utilisation des basses calories en aquaculture le exemple de Martigue-ponteau (Bouches-Du-Rhone, France). - Etud. Rev. CGPM, (57), 109-122.
SOPAL S.p.A. - 1980 - Indagine conoscitiva sulla situazione del settore ittico in Italia. - Serv. Pianif. Sviluppo, Roma, pp. 214.

Tab. 1. Risultati dell'allevamento intensivo delle orate a diverse temperature e diete nella prima fase.

DIETA	C		S	
GRUPPI	A	B	C	D
TEMP. ACQUA	+5°C	Ambiente	+5°C	Ambiente
INIZIO 09.04.84				
N° pesci	5.400	10.744	10.735	5.399
peso medio g	2,54 ±0,51	1,44 ±0,33	1,58 ±0,38	2,58 ±0,62
peso tot. Kg	13,716	15,471	16,961	13,929
fatt. di condizione	1,65	1,54	1,67	1,68
FINE 28.06.84				
N° pesci	5.008	9.267	9.963	5.332
peso medio g	18,70 ±7,48	5,74 ± 2,22	5,80 ±1,73	8,19 ±4,23
peso tot. Kg	93,650	53,193	57,785	43,669
moltiplic. peso	7,4	4,0	3,7	3,2
mortalità %	7,26	13,75	7,19	1,24
conversione alim.	1,27	1,72	2,20	2,03
tasso gior.crescita	0,025	0,017	0,016	0,014
fatt. di condizione	1,67	1,57	1,56	1,61

Tab. 2. Analisi chimiche dei mangimi.

MANGIME	C/S		C/P		S	
% su	s.s.*	t.q.**	s.s.	t.q.	s.s.	t.q.
Umidità	-	10,7	-	8,3	-	11,1
Sostanza secca	89,3	-	91,7	-	88,9	-
Protidi	57,9	51,7	56,9	52,2	49,8	44,3
Lipidi	9,4	8,4	8,7	8,0	10,2	9,1
Fibra	3,6	3,2	9,0	8,3	7,1	6,3
Estrat. inazotati	18,3	16,3	15,4	14,1	18,7	16,6
Ceneri	10,8	9,6	10,0	9,2	14,2	12,5
Acido ascorbico mg/100g	98,0	87,5	565	518	152	135
N° di perossidi	4		14		11	
Energia Kcal/Kg	6.271	5.600	6.968	6.390	5.399	4.800
Energia/Proteine	108,3		122,5		108,4	

*) s.s. = Sostanza secca; **) t.q. = tal quale.

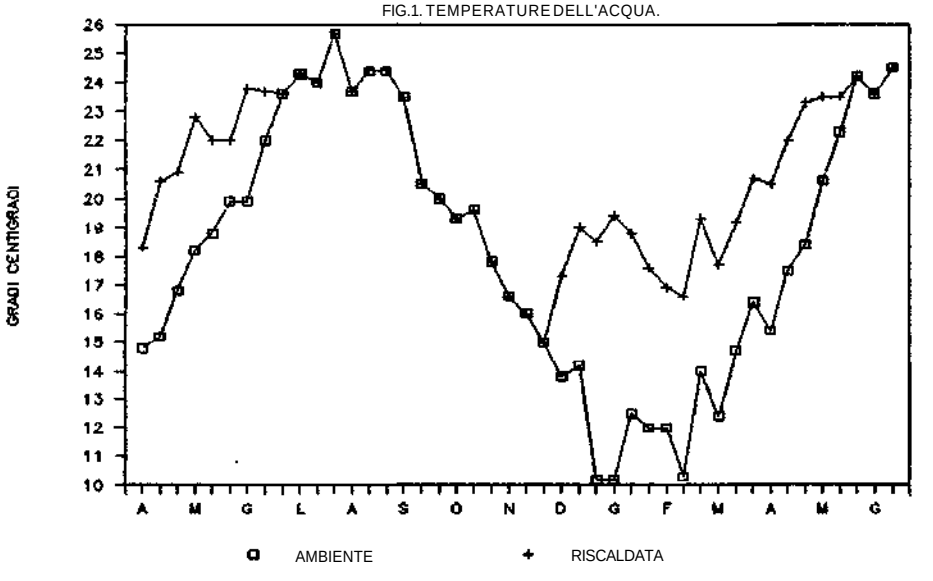
Tab. 3. Risultati dell'allevamento intensivo delle orate a diverse temperature: intero ciclo.

GRUPPO	A		B	
TEMPERATURA ACQUA	Amb.		Amb.	
INIZIO 2.a FASE 29.06.84				
N° pesci	5.008		9.267	
peso medio g	18,7	±7,48	5,7	±2,22
peso tot. Kg	93,7		53,2	
FINE 2.a FASE 30.10.84				
N° pesci	4.887		8.721	
peso medio g	124,1	±48,3	72,7	±25,9
peso tot. Kg	606,5		546,7	
moltiplicazione peso	6,6		12,8	
mortalità %	2,4		5,9	
conversione alimentare	1,8		1,6	
	+5°C		Amb.	
INIZIO 3.a FASE 31.10.84				
N° pesci	1.000		1.000	
peso medio g	120,2	±51,4	71,1	±23,8
peso tot. Kg	120,2		71,1	
FINE 3.a FASE 26.06.85				
N° pesci	984		849	
peso medio g	287,2	±120,2	132,3	±52,92
peso tot. Kg	282,6		112,3	
moltiplicazione peso	2,4		1,9	
mortalità %	1,6		15,1	
conversione alimentare	2,8		3,2	
INTERO CICLO				
peso medio iniziale g	2,5	±0,51	1,4	±0,33
peso medio finale g	287,2	±120,2	132,3	±52,92
moltiplicazione peso	114,9		94,5	
mortalità % su N° iniziale	10,5		31,1	
conversione alimentare	2,3		2,3	

Tab. 4. Allevamento intensivo dell'orata: conto economico per Kg di prodotto (in lire).

	TEMP. AMBIENTE	ACQUA CALDA	DIFF.
RICAVI	26.000	26.000	-
COSTI			
. Semina	4.350	3.350	- 1.000
. Mangime	2.300	2.300	-
. Lavoro	5.200	4.000	- 1.200
. Energia	1.000	17.300	+16.300
. Mat.consumo	600	500	- 100
. Spese generali	750	600	- 150
	14.200	28.050	
MARGINE LORDO	11.800	-2.050	
ONERI FINANRIARI	1.500	2.100	+ 600
AMMORTAMENTI	3.000	1.800	- 1.200
UTILE	7.300	- 5.950	

FIG.1. TEMPERATURE DELL'ACQUA.



NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	365-373	1986

TECNICHE DI CONDIZIONAMENTO DI RIPRODUTTORI DI PENAEUS JAPONICUS BATE, MEDIANTE UTILIZZAZIONE DI ACQUE IPOTERMALI SALSE.

A. Ponticelli[0], M. Angelini*, A. Aliberti[0], R. Salvatori*

[0] ENEA - Dipartimento Tecab - Laboratorio Acquacoltura, - Roma
* C.G.P.C.O - Laboratorio di Santa Liberata - Orbetello

Key word: Aquacolture, Penaeus japonicus, Broodstock, Geothermal

ABSTRACT - Authors describe experiences of anticipated maturation of Penaeus japonicus broodstock in concrete tanks, without sand, at low water exchange and utilizing hypothermal salt-water.

RIASSUNTO

Vengono descritte le tecniche utilizzate per il condizionamento della maturità sessuale in Penaeus japonicus Bate, presso l'avannotteria di Santa Liberata. I riproduttori sono stati stabulati in un bacino di 80 mc in cemento, senza substrato di sabbia, fertilizzato al fine di provocare un intenso "bloom" di fitoplancton.
Inoltre si è provveduto a riscaldare il bacino con un semplice ed economico scambiatore di calore, utilizzante una falda ipotermale salsa (25,5°C). Con questa tecnica è stato possibile ottenere anticipatamente femmine mature di Penaeus japonicus.

SUMMARY

Conditioning techniques of Penaeus japonicus broodstock with hypothermal salt-water.

In this paper the techniques for conditioning the sexual maturation of Penaeus japonicus in the Santa Liberata Hatchery are described. The breeders are stocked in a 80 mc concrete tank, without sand, fertilized to induce an algal bloom. Moreover the tank is warm up with a simple and inexpensive heat exhanger, that utilize a hypothermal salt-water (25,5°C). With this technique is possible to have mature females earlier than in natural period.

INTRODUZIONE

Il problema della stabulazione dei riproduttori dei Crostacei Peneidi di interesse commerciale permane uno dei più importanti per la diffusione delle pratiche di riproduzione artificiale.

Il problema è particolarmente importante in quei paesi, come il nostro, nei quali non sono presenti in natura popolazioni delle specie oggetto di allevamento. Non va infatti dimenticato che storicamente le pratiche di allevamento di Crostacei Peneidi in regime estensivo o semintensivo sono sempre iniziate dalla pesca in natura di postlarve da semina o di riproduttori maturi (Primavera 1985).

La pratica di pesca dei riproduttori in natura è, d'altra parte, ancora la più diffusa in tutti quei paesi nei quali la crostaceicoltura ha avuto un importante sviluppo (Ecuador, Giappone, Filippine etc).

Le ricerche relative alle tecniche di stabulazione appaiono quindi di fondamentale importanza al fine di poter definire dei sistemi semplici, affidabili, alla portata degli operatori degli impianti e adatti alle differenti situazioni ambientali. Nel presente lavoro vengono descritte le tecniche di maturazione anticipata dei riproduttori messe a punto in collaborazione tra E.N.E.A. e Comitato Gestione Peschiere Comunali presso il Laboratorio Ittiologico di Santa Liberata di Orbetello.

MATERIALI E METODI

L'opportunità rappresentata da una falda ipotermale salmastra, è da tempo sfruttata presso il Laboratorio Ittiologico di Santa Liberata ad Orbetello per la conduzione degli allevamenti larvali di specie quali la Spigola Dicentrarchus labrax e la Sogliola Solea solea (Salvatori et al. 1985 a, Salvatori et al. 1985 b, Ponticelli e Salvatori 1986).

L'acqua ipotermale è caratterizzata da una forte presenza di Ferro e Rame oltre che da un bassissimo tasso di Ossigeno disciolto ed ha provocato importanti mortalità di riproduttori di Penaeus japonicus se utilizzata direttamente a circuito aperto (Angelini, dati non pubblicati).

E' stata pertanto messa a punto una soluzione a carattere innovativo rappresentata dalla stabulazione dei riproduttori in bacini di 80 metri cubi in cemento ubicati all'interno dell'avannotteria, privi di substrato in sabbia e funzionanti in "regime stazionario" con un ricambio idrico non eccedente il 50% del volume per mese.

Nei bacini viene immessa acqua di mare filtrata e viene praticata una fertilizzazione con concimi agrari in ragione di 100 ppm di N e 50 ppm di P. Successivamente vengono inoculate colture di fitoplancton (Chlorella sp. Chaetoceros sp.) prodotte a parte in volumi di 4 mc.

I bacini di 80 metri cubi sono intensamente areati mediante aria compressa, attraverso un sistema di tubazioni e di diffusori al fine di impedire il depositarsi delle culture fitoplanctoniche e per assicurare un livello di Ossigeno disciolto sempre prossimo al valore di saturazione. Dopo due settimane circa dalla fertilizzazione vengono controllati i valori dei nutrienti e viene praticato un ricambio parziale del volume di coltura. Successivamente vengono immessi i riproduttori ed ha inizio la fase di maturazione. Nel corso della maturazione i riproduttori sono alimentati ad libitum due volte al giorno in mangiatoie in rete disposte sul fondo; l'alimento è rappresentato principalmente da femmine ovigere di Carcinus maenas e da Mytilus galloprovincialis.

Il riscaldamento del bacino è effettuato attraverso uno scambiatore di

calore costituito da tubo corrugato di PVC di 20 mm di sezione, disposto sul fondo della vasca; all'interno del tubo circola l'acqua ipotermale.

Sono state provate diverse combinazioni di lunghezza del tubo corrugato (da 100 a 200 m) e diversi regimi di flusso del fluido (da 6 a 18 litri al minuto) al fine di determinare la configurazione più efficace.

L'andamento termico della sperimentazione è stato registrato in continuo attraverso un sistema scrivente multicanale in grado di acquisire i dati di temperatura nelle seguenti stazioni di misura: bacino di stabulazione, acqua di mare (in una vasca dell'avannotteria funzionante a circuito aperto), uscita scambiatore, ambiente (interno avannotteria), ambiente (esterno avannotteria).

La fertilizzazione è stata ripetuta con cadenza mensile in dosi variabili da 1/3 a 1/5 dei valori della prima fertilizzazione.

I riproduttori sono campionati periodicamente o pescati per la selezione delle femmine mature attraverso l'uso di sistemi di cattura fissi (bertovelli) disposti la sera lungo le pareti della vasca e prelevati la mattina successiva.

Le femmine di Penaeus japonicus non sono sottoposte ad epeduncolazione unilaterale nella prima fase di stabulazione ma soltanto alla fine, una volta raggiunto il 3° o 4° stadio di maturazione ovarica. Lo stadio di maturazione ovarica è stato determinato in accordo alla classificazione di Rao (1986).

Tutte le sperimentazioni sono state condotte in regime di fotoperiodo naturale.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nelle prime esperienze effettuate nel 1984 (Tab A bacini 20 e 18) e volte a verificare la possibilità di stabulare i riproduttori di Penaeus japonicus in bacini privi di substrato in sabbia, sono state utilizzate delle vasche in cemento abitualmente impiegate per la produzione di zooplancton (Salvatori et al. 1985 b) al fine di far coesistere le due produzioni (Ponticelli et al. 1984). In queste prime due esperienze preliminari i bacini non erano equipaggiati di scambiatori di calore ed il regime termico era quello naturale.

I risultati della sperimentazione ed in particolare i dati relativi alle densità finali di riproduttori di 30,2 e 36,5 g/m^2 hanno consigliato di trascurare la produzione di zooplancton per adibire alcuni bacini alla sola maturazione di un lotto consistente di riproduttori di mazzancolla.

Nel corso del 1985 è stata pertanto allestita una vasca provvista di scambiatori (Tab. A vasca 18 bis) nella quale sono stati immessi 242 riproduttori per una densità iniziale di 56,2 g/m^2 e con una sex ratio (♀♀ : ♂♂) di 1,63. All'inizio della sperimentazione nel mese di Novembre, le femmine non mostravano alcun accenno di maturazione ovarica (Stadio 1) ed erano fecondate nel 98,6% dei casi.

La densità al mese di Aprile è stata di 73,29 g/m^2 con una mortalità del 21,5%. Alla fine della sperimentazione lo stato di fecondazione delle femmine, rilevato dalla presenza di spermatofore nel thelycum, era sceso al

Tab A : Dati riassuntivi delle condizioni di stabulazione dei riproduttori

Bacino	20	18	18 bis
Peso iniziale (g)	0,8	0,8	♀ 20,1 ± 3,11 ♂ 16,1 ± 4,42
Individui (n°)	100	100	242
Inizio esperimento	14/3/84	14/3/84	12/11/85
Durata esperimento	232	232	168
Densità iniziale (g/m^2)	/	/	56,2
Densità finale (g/m^2)	30,2	36,58	73,29
Fecondità iniz. (%)	/	/	98,6
Fecondità finale (%)	76,4	92,8	87,3
Peso finale (g)	♀ 43,8 ± 5,01 ♂ 31,9 ± 4,54	O 44,25 ±5,12 O 35,58 ±3,10	♀ 36,10 ± 4,97 ♂ 21,67 ± 5,58
Sopravvivenza (%)	63	72	78,5
Sex ratio (♀♀ : ♂♂)	1,17*	1,4*	1,63**

** Finale*

*** Iniziale*

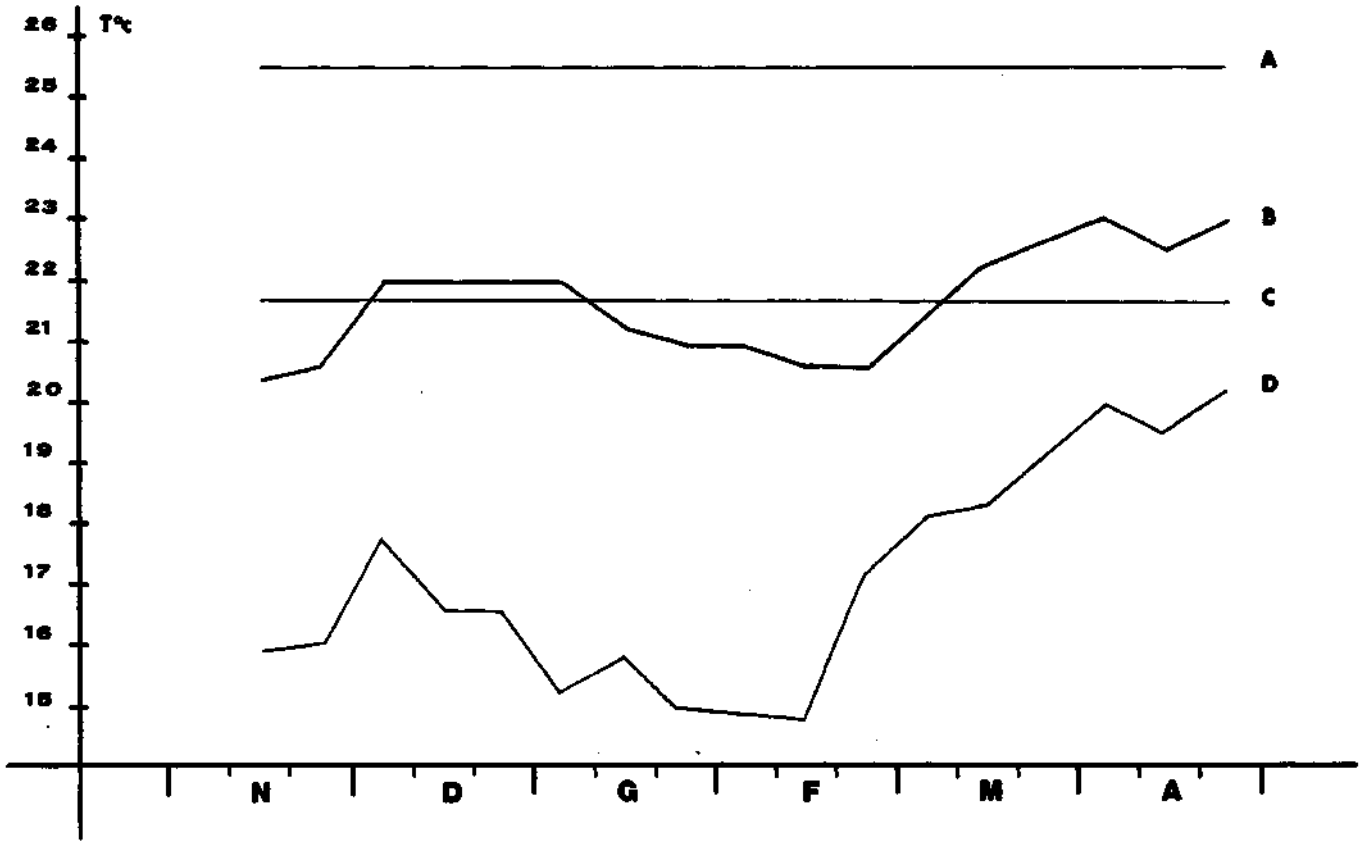


FIG. 1 - Andamento delle temperature (medie decadali): **A) Acqua ipotermale**
B) Uscita scambiatore
C) Uscita scambiatore (media)
D) Bacino stabulazione riproduttori

valore di 87,3%.

Questi dati di densità finale - che corrispondono a 2,37 animali per metro quadro - sono inferiori a quelli riportati in letteratura nel caso di maturazioni effettuate in bacini funzionanti a ricambio idrico aperto. Tali dati si collocano in un range di 100-300 g/m secondo Primavera (1985).

Un accento particolare deve essere posto sul regime termico dell'esperienza sia per i risultati ottenuti nell'utilizzazione di una fonte alternativa di energia quale la geotermia sia perché i dati di maturazione registrati sembrano indicare l'estrema importanza della temperatura ai fini della maturazione anticipata dei riproduttori.

Nella fig. 1 si può osservare il profilo delle temperature nella vasca di stabulazione nel periodo novembre-aprile. Possiamo notare la sostanziale stabilità delle condizioni di temperatura che oscilla, per l'intero periodo, in un intervallo non superiore a 5,3°C.

Ancora più consistente la stabilità della temperatura nel breve periodo: nella vasca equipaggiata da scambiatori non sono state mai registrate variazioni nictemerali di temperatura superiori ad un grado; negli stessi giorni presi in esame la temperatura dell'acqua prelevata nel canale di collegamento tra la laguna e il mare ed alimentante bacini funzionanti a circuito aperto ha subito, per eventi meteorologici, variazioni molto più consistenti (fino a 4°C in tre ore).

Tutta la prima fase della maturazione ovarica si è in ogni caso determinata in un intervallo di temperatura variabile tra i 14,7 e i 20°C. Vale la pena di ricordare che in letteratura sono indicati dati di temperatura di norma superiori e variabili tra i 24 e i 29°C (Aquacop 1975) (Caubere et al. 1979).

Lumare (1981) e Kanazawa (1982) indicano temperature anche più basse e variabili rispettivamente tra i 18-26ºC e i 15-25ºC; entrambi gli autori praticano però l'ablazione unilaterale del peduncolo oculare fin dall'inizio della stabulazione.

Un accento particolare deve essere posto sull'efficacia del sistema adottato in termini strettamente impiantistici: nella fig. 1 si può riscontrare come l'efficacia dello scambiatore (data dalla differenza tra la temperatura in entrata e la temperatura all'uscita) sia maggiore a temperature del bacino basse e decresca all'aumentare della temperatura del bacino di stabulazione dei riproduttori.

Il bilancio energetico dell'esperienza (vasca 18 bis) è riassunto in Tab. B)

Nel corso della prova effettuata nel bacino riscaldato, alle condizioni descritte, è stata raggiunta dalla maturazione di buona parte dei riproduttori con notevole anticipo rispetto alle epoche naturali. In particolare nel campionamento del 21 marzo 1986 il 35,5% delle femmine risultavano avere raggiunto lo stadio 3 di maturazione ovarica ed il 20,7% lo stadio 4.

Le produzioni complessive di post-larve da semine (post-larve 18-36) sono state negli anni 1985, 1986 rispettivamente di 205.000 e 470.000 unità.

TAB. B: Bilancio energetico della vasca equipaggiata di scambiatore di calore.

$Q = W \cdot C(t_i - t_u)$	Q = potenza termica kcal/h
= 900 . 1 (3,8)	W = portata scambiatore kg/h
= 3420 kcal/h	C = calore specifico kcal/kg°C
= 82080 kcal/giorno	t_i = T°C entrata scambiatore
= $13,7 \times 10^6$ kcal totali per 168 giorni	t_u = T°C uscita scambiatore
Corrispondenti a:	
1378,9 litri di gasolio	
ovvero	
16034 KWh	

CONCLUSIONI

Il sistema di stabulazione di riproduttori di Penaeus japonicus descritto ha carattere innovativo per una serie di ragioni. Le due principali sono:

- Vengono utilizzati bacino in cemento senza substrato di sabbia
- L'eutrofizzazione dell'acqua e il conseguente "bloom" fitoplanctonico determina un ambiente particolarmente stabile.

Questa tecnica di maturazione che, in ogni caso, necessita di ulteriori verifiche e messe a punto sembra possedere quei requisiti di economicità e di semplicità di gestione in grado di renderla utilizzabile in molti impianti produttivi.

Nel prosieguo di questo tipo di sperimentazione occorrerà:

- Aumentare le densità unitarie di riproduttori
- Ottimizzare i sistemi di riscaldamento
- Introdurre nello schema di maturazione fin qui provato delle possibilità di raffronto con la tecnica di epeduncolazione (effettuandola a diversi stadi di maturazione ovarica).

I risultati di maturazione, che nell'anno 1986 si è realizzata con almeno due mesi di anticipo rispetto alle epoche naturali, in regime di fotoperiodo naturale e di debole intensità luminosa, sembrano dare particolare risalto al ruolo fondamentale della temperatura nel processo di avvio della maturazione ovarica.

In particolare le caratteristiche di estrema stabilità termica e di debole intensità luminosa risultano analoghe a quelle tipiche degli ambienti di acque relativamente profonde (fino a 90 metri; Holthuis 1980) nei quali si realizzano le prime fasi del processo di maturazione in natura di Penaeus japonicus.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ing. F. Pacciaroni per l'elaborazione del bilancio energetico della sperimentazione ed i Laureandi Solveig Tosi e Stefano Canese per la valida assistenza prestata nell'effettuazione dei campionamenti.

BIBLIOGRAFIA

ACQUACOP - 1975 - Maturation and spawing in captivity of penaeid shrimp: Penaeus merguiensis de Man, Penaeus japonicus Bate, Penaeus aztecus Ives, Metapeneus ensis de Haan and Penaeus semisulcatus de Haan. Proc World Marine.
Soc. 6, 123-132.

J.L. CAUBERE, R. LAFON, F. RENE and C. SALES - 1979 - Etude de la maturation e de la ponte chez Penaeus japonicus en captivite.
In: Pillay and Dill (eds) Advances in Aquaculture pp. 277-284 Fishing News Book Ltd., Surrey.

L.B. HOLTHUIS - 1980 - F.A.O. Species catalogue Vol. 1 - Shrimps and prawns of the world.
F.A.O. Fisheries Synopsis N° 125, 1-271.

A. KANAZAWA - 1982 - Control of ovarian maturation and spawning of aquatic animals. Suisangaku Series n° 39 Koseisha-Koseikaku, Tokyo pp. 80-89 (In Giapponese con Summary in Inglese).

F. LUMARE - 1981 - Artificial reproduction of Penaeus japonicus Bate as a basis for the mass production of eggs and larvae. J. World Maricul Soc., 12 335-344.

A. PONTICELLI, M. ANGELINI, R. SALVATORI, F. FOMMEI, M. LENZI - 1984 - Allevamento di riproduttori di Penaeus japonicus in bacini di produzione di zooplancton. Poster. Verona - Acquacoltura 1984.

A. PONTICELLI, R. SALVATORI - 1986 - Utilizzazione di una falda ipotermale salmastra per la riproduzione artificiale di specie ittiche marine. Energy and Agriculture 2nd International Conference. 13-16 October 1986 Sirmione (in stampa).

J.H. PRIMAVERA - 1985 - A review of maturation and reproduction in closed thelycum Penaeids. Proc. First Int. Conf. on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps. Iloilo City Philippines 1984 pp. 47-64.

P.V. RAO - 1968 - Maturation and spawning of penaeid prawns of the Southwest Coast of India. Rome, FAO 2, 285-302.

R. SALVATORI, M. ANGELINI, M. LENZI, F. FOMMEI, A. PONTICELLI - 1985 - Allevamenti larvali di Dicentrarchus labrax (L) mediante utilizzazione di acque ipotermali salse. Tre anni di esperienze. Oebalia vol XI (2) N.S., 729-736.

R. SALVATORI, M. LENZI, F. FOMMEI, M. ANGELINI - 1985 - Esperienze di riproduzione artificiale e di allevamento larvale della sogliola Solea solea Fowler. Oebalia vol. XI (2) N.S., 737-744.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	375-379	1986

ECUADOR: ANALYSIS OF AN AQUACULTURE SUCCESS

G. Dileo, D.E. Jory e G. Marano

University of Miami School of Medicine, Department of Pharmacology, Miami, FL 33136 USA - ** University of Miami Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Miami, FL 33149 USA - *** Laboratorio Provinciale di Biologia Marina di Bari.

Key words: Maricoltura, Penaeus, Ecuador.

RIASSUNTO

In quest'ultimo decennio, una rapida e continua espansione di aree dedicate alla maricoltura ha trasformato l'Ecuador nel maggiore produttore al mondo di gamberi allevati. 90.000 ettari di valli legalmente registrate e 35.000 T di ufficialmente prodotto garantiscono al Paese la seconda più importante fonte di entrate (U.S. $225.000.000) e una capacità occupazionale di 150.000 persone. Condizioni biologiche estremamente favorevoli hanno senza dubbio promosso il sorgere di questa fiorente industria, ma un forte appoggio a livello politico è stata una delle componenti principali del suo consolidarsi. Grazie a ciò la gambericoltura Ecuadoriana ha potuto dapprima superare una crisi di carattere economico nel 1984 (mancata vendita di gran parte del prodotto perchè avente un alto contenuto di Geosmina) e successivamente una crisi di produzione nel 1985, quando una inusuale penuria di postlarvae ha costretto all'inattività il 50-80% delle lagune dedicate alla crescita. La costruzione di nuovi "hatcheries" e iniziative tendenti a promuovere la costruzione di valli per la produzione di uova di artemia, unitamente alla sospensione di concessione di nuovi permessi per l'allevamento di gamberi di mare e l'instaurazione di periodi di proibizione della pesca sono alcuni dei più recenti provvedimenti adottati. Le testimonianze raccolte e le esperienze vissute dagli autori durante una loro visita nel Paese Sudamericano, in marzo del corrente anno, vengono riportate.

SUMMARY

In the past decade, a rapid and continuous expansion of area devoted to mariculture has transformed Ecuador into the largest producer of cultured shrimp in the world. About 90.000 Ha of growout ponds legally registered with an annual production of 35,000 T represent the second most important export commodity (U.S. $ 225,000,000) for this country, while providing employment for 150,000 people. Extremely favorable biological

conditions have without doubt promoted the development of this blooming industry, but a strong governmental support has also contributed substantially. This support played a major role in the Ecuadorian shrimp culture industry's ability to surmount an economic crisis in 1984, when a large portion of the production was not marketable (due to a high content of Geosmina), and a production crisis in 1985, when an unusual shortage of wild postlarvae resulted in 50-80% of growout ponds being dry. Construction of new hatcheries and the development of facilities to produce artemia cysts, together with the suspension of new permits for collecting wild postlarvae and closed seasons for this activity, are some of the more recent measures adopted. These developments, and observations from a visit by the authors to Ecuador in March of this year are reported.

INTRODUCTION

In the Western Hemisphere, Ecuador is synonymous to shrimp aquaculture success. In the past 11 years, shrimp culture has under gone a rapid development and become Ecuador's second only to oil production and surpassing bananas, while generating about U.S. $ 225,000,000 and 150,000 jobs (Meltzoff and LiPuma, 1985). Shrimp culture began in the mid 1960's, but in the past few years has developed vertiginously: in 1970 there were only about 300 Ha of growout ponds; between 1979 and 1980 production area expanded from 16,000 Ha to 55,000 Ha, and today approximately 90,000 Ha are legally registered, although unofficial estimates place this figure at around 120,000 Ha. In 1980; production was 9,500 T; in 1985 it had risen to 35,000 T, marking Ecuador the number one producer of cultured marine shrimp in the world (Table 1), with approximately 7% of the population depending directly or indirectly on this industry. However, shrimp culture has recently been greatly affected by its large degree of dependence on wild postlarvae, which became extremely scarce during 1985.

REASONS FOR SUCCESS

The major reasons for the enormous growth and success of shrimp culture in Ecuador are favorable ecological conditions and suitable local shrimp species, a stable political and economic climate, already available processing and marketing infrastructure, and government support.

Ecuador's geographic location in the warm tropical region provides shrimp farmers with the capacity to grow at least two crops per year. Many coastal areas are relatively flat, have clay soils adequate for pond siting, and are only a few meters above sea level. High tidal range (up to 3-4 m in some areas) lowers the cost of pumping seawater into the ponds; and Ecuador being an oil-producing country, the cost of fuel is substantially lower than in most other countries. There are large river system (e.g. the Guayas River, the largest on the Pacific Ocean side of South America), and associated mangrove formations on the extensive coastline. These estuarine systems support a valuable offshore shrimp fishery, which has provided until recently adequate numbers of wild

postlarvae to stock growout ponds, and which more recently has been the main source of gravid females for hatcheries.

Among the penaeid species that naturally occur in Ecuadorian waters, two species (Penaeus vannamei and P. stylirostris) have been extensively cultured, with the former comprising perhaps 90% of the production. These two species have several advantages as local mariculture candidates, including ready availability of postlarvae, a short growout time (about 4-5 months) to marketable size, their life cycles have been closed, have relatively simple nutritional requirements, and both are established export products in the international market.

Because Ecuador has had for many years an important shrimp fisheries, thus adequate processing, transport and international marketing infrastructure already existed for the product culture activities began. In addition, a readily available work force and favorable climate for investment opportunities in a low start-up cost business with short-term, extremely high profit margins, and a Government that fully supports this important industry with adequate legislation and subsidies have also greatly contributed to its development (Meltzoff and LiPuma, 1985).

RECENT PROBLEMS

However, there have been some recent problems, the most important of which is the sporadic shortages in availability of wild postlarvae, which have resulted in substantial increases in the price of wild postlarvae, fewer ponds in full production in 1985 (Table 1). Th Government responded to this crisis by relaxing regulations on importing postlarvae, granting tax breaks and various legal measures encouraging the development of hatcheries.

Hatcheries are the solution to the uncertainties in availability of wild postlarvae, the raw material for the industry. This is unanimously considered to be the number one problem shrimp farmers in Ecuador face presently, and although postlarvae have reportedly been available in large numbers so far in 1986, still demands have not been met and most operations acknowledge that they can not keep relying on nature as the only source of postlarvae.

Hatcheries have several advantages over nature as the source of postlarvae. Catches of wild postlarvae consist of assorted penaeid shrimp species of different age, of which the most desired is P. vannamei, and it is difficult to accurately assess what percentage of a catch is actually made up of the desired species. It is similarly difficult to estimate survival and production in the ponds. There are also other species collected in catches, including undesirable ones such as crab and fish larvae which will compete for food and prey on the shrimp in the growout ponds. In contrast, hatcheries produce postlarvae of the desired species of known age and in known numbers, and when stocked no competitors or predators are introduced into the growout ponds.

Locating, designing, constructing and operating a shrimp hatchery is not an easy undertaking in most developing countries. A hatchery must be located in an area with high quality sea water. These areas are at a premium in Ecuador, where most hatcheries have been located on a coastal

strip north of the town of Salinas, which has become known as "hatchery row". Hatcheries are expansive to build and operate, requiring sophisticated equipment and its operation involves elaborate techniques that only few people have mastered. A majority of these personnel comes from technologically developed countries, who despite generous salaries and production bonuses, may have problems to adapt to local conditions and thus may not stay (Iversen and Jory, in press).

The Government is concerned about the shortage of postlarvae and convinced of the importance of protecting wild shrimp stocks. In November of 1985, it issued two important regulations that closed shrimp fishing from December 15, 1985 to January 31, 1986, and postlarvae and adult broodstock collection from June 1 to July 31, 1986. In addition, in May 1985 the Government adopted new regulations to permit the importation of nauplii and postlarvae, and also of artemia cysts. A least two private companies are presently in the process of establishing artemia culture operations near Salinas.

FUTURE OUTLOOK

Approximately a dozen hatcheries are presently in operation in Ecuador, with individual output capacities ranging from a few 100,000 to about 30,000,000 postlarvae per month. In addition, 31 hatcheries are at different stages of development or construction, with targeted outputs from a few million to 150,000,000 postlarvae per month. At least 28 more hatcheries have secured site permits. But it will be some time before any new hatchery will begin producing substantial numbers of postlarvae, because even hatcheries established for some years are still experiencing difficulties in consistently producing substantial numbers of postlarvae, mostly due to broodstock maturation difficulties and larvae disease.
Projections for 1986 indicated that six existing hatcheries will produce over 70% of the hatchery postlarvae output, and that wild gravid females will continue to be the main source of hatchery postlarvae.

BIBLIOGRAFIA

IVERSEN E.S. and D.E. JORY. - In press. - Farmers without seed: shrimp culture in Ecuador. 10F -Sea Frontiers.
MELTZOFF S. and LIPUMA E. - 1985 - The social economy of coastal resources shrimp mariculture in Ecuador. Bull. Antropol. Stud. Group Agra. Syst. 28 (4): 1-10.

TABLE 1. Area of ponds and total annual production of penaeid shrimp farms in Ecuador in recent years.

Year	Pond Area (Ha)	Production (x 1,000 mt)
1977	3,000	1.3
1978	5,500	2.5
1979	8,200	4.7
1980	18.570	9.2
1981	27,000	12.1
1982	N.A.	21.5
1983	N.A	35.6
1984	N.A.	33.3
1985	90,000	27.0

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	381-392	1986

RACCOLTA DI SEME DI MYTILUS GALLOPROVINCIALIS LMK, OSTREA EDULIS L., E CRASSOSTREA GIGAS (THUNBERG) E LORO ALLEVAMENTO IN LAGUNA DI VENEZIA.

M. Pellizzato°, A. Renzoni °°

° Co.S.P.A.V., Viale Stazione 5, 30015 Chioggia (Venezia).
°° Dipartimento di Biologia Ambientale, Via delle Cerchia 3, 53100 Siena.

Key words: Mytilus galloprovincialis, Ostrea edulis, Crassostrea gigas, collectors, Venice lagoon.

RIASSUNTO

Le ricerche condotte hanno dimostrato la possibilità di raccogliere notevoli quantitativi di seme di Mytilus galloprovincialis Lmk con collettori cilindrici di rete in plastica posti all'interno dei "vivai" (parchi per l'allevamento dei mitili).
Sono stati inoltre individuati i periodi ottimali per l'insediamento delle larve sia per questa specie che per altri due bivalvi di interesse commerciale: Ostrea edulis L. e Crassostrea gigas (Thunberg).

SUMMARY

The experiments performed have clearly shown the fruitfulness of collecting spat of Mytilus galloprovincialis Lmk with cylindrical collectors made of plastic net and located within the "vivai" (mussel culture frames).
The experiments indicate the optimal periods for spat setting, either for this bivalve or for Ostrea edulis L. and Crassostrea gigas (Thunberg), the other two species under investigation.

Lavoro eseguito con contributo del C.N.R. nell'ambito del Piano Finalizzato I.P.R.A. - Sottoprogetto 1. Pubblicazione N° 1195.

INTRODUZIONE

Uno dei problemi più sentiti dai molluschicoltori é quello della non sempre agevole disponibilità di giovani individui (seme), con i quali iniziare le operazioni di allevamento.
Questa situazione causa agli allevatori un notevole dispendio di tempo per organizzare vere e proprie campagne di raccolta del seme, ed inoltre provoca complicazioni di ordine giuridico ed il sorgere di tensioni sociali fra operatori dei diversi compartimenti marittimi; altre implicazioni sono di carattere sanitario, in quanto la raccolta dei bivalvi viene a volte effettuata abusivamente in aree non idonee o precluse (ai sensi della Legge 192/1977).
E' sorta quindi l'esigenza di sviluppare dei mètodi per favorire l'insediamento delle larve nelle stesse zone degli allevamenti, al fine di ottenere dei quantitativi tali da soddisfare le necessità dei molluschicoltori.
E' iniziata quindi una ricerca con vari tipi di collettori per la messa a punto di modelli di valida applicazione commerciale da proporre agli allevatori.

Mitili

Per quanto riguarda Mytilus galloprovincialis Lmk, in Laguna di Venezia, solo il 10-50 % del seme viene fornito dalle strutture del vivaio (pali, cordicelle e residui della lavorazione delle "reste" (rete in nylon tubolare di circa 2 m di lunghezza, chiusa alla base, dove vengono introdotti grappoli di mitili da allevare); il restante proviene da zone anche molto lontane dalle aree di allevamento (i.e. Caorle, Ravenna, ecc.).
Dal 1980 si sono perciò periodicamente sospesi ai vivai, vari modelli di collettori, fatti con diversi materiali; le indagini sono state in particolare intensificate nei periodi che si riteneva fossero i più favorevoli alla raccolta delle larve (Renzoni, 1973; Ceccherelli e Rossi, 1984; Fabi, Fiorentini e Giannini, 1985; comunicazioni personali dei locali mitilicoltori).
Dei vari collettori collaudati é stato possibile osservare pregi ed inconvenienti di ciascun modello ed adottare di conseguenza gli accorgimenti tecnici che spesso si sono rivelati determinanti per la riuscita stessa degli esperimenti (dati non pubblicati).
Si é osservata, ad esempio, la necessità di proteggere i collettori da eventuali strappi o danneggiamenti provocati da corpi galleggianti trasportati dalla corrente; é stato confermato l'effetto positivo di epifiti fissatisi sui collettori prima dell'insediamento dei mitili; é stata rilevata la migliore profondità alla quale immergere in laguna i collettori.
Nel 1985, grazie all'esperienza accumulata nelle numerose prove effettuate, é stato possibile affinare un sistema che forniva, per praticità, costi ed efficienza, garanzie tali da essere proposto agli allevatori.

Ostriche

In Italia, non essendo particolarmente richiesta "l'ostrica di allevamento" come invece avviene in altri Paesi (Francia, Olanda, ecc.), il produttore non ha generalmente convenienza a coltivarla: provvede invece ad una stabulazione del prodotto pescato, in attesa di commercializzarlo secondo la richiesta del mercato.
Si è tuttavia continuato uno studio iniziato nel 1979 sui periodi di insediamento e sulla disponibilità di seme di Ostrea edulis L. e Crassostrea gigas (Thunberg) per mezzo di collettori (Pellizzato, 1984a).
Le prove di allevamento del seme di ostrica, ottenuto da reclutamento naturale in Laguna di Venezia, sono state indirizzate per acquisire ulteriori dati in ostreicoltura ad integrazione di precedenti sperimentazioni (Renzoni, 1974; Da Ros e Pellizzato, 1984, 1985; Pellizzato e Da Ros, 1985). In particolare si é voluto iniziare l'allevamento di queste specie per un confronto con i dati ottenuti dalla sperimentazione condotta con seme proveniente da laboratori che effettuano la riproduzione controllata (Pellizzato, Da Ros e Renzoni, 1983).

MATERIALI E METODI

Inizialmente si é proceduto ad identificare le zone adatte alla sperimentazione (aree già adibite all'allevamento con differenti caratteristiche ambientali, una certa guardiania alla zona ed una relativa facilità ad essere raggiunte).

Per la raccolta del seme, sono state individuate due stazioni nel bacino Sud della Laguna di Venezia (fig. 1): la stazione A, in diretto contatto con il mare Adriatico e la stazione B, localizzata ai margini di un canale lagunare che riceve, a marea entrante l'acqua proveniente dal Porto Canale ed a marea uscente viene attraversata da acque che provengono dalle aree lagunari più interne.

I collettori impiegati per la raccolta commerciale di Mytilus galloprovincialis, sono costituiti da una rete tubolare in nylon alta 75 cm (sviluppo di una superficie di circa 0.56 mq) e con maglia di 1 cm; con frequenza mensile, 30 collettori venivano immersi nelle due zone di allevamento (fig. 1) alla profondità di un metro.

Per il controllo dei periodi di insediamento di Ostrea edulis e di Crassostrea gigas, sono stati utilizzati due diversi tipi di collettori: piastre rettangolari in eternit e valve di ostrica contenute in sacchetti di rete in plastica, entrambe con superficie di 600 cmq.
Tali substrati, già collaudati in precedenti esperienze, venivano sospesi in posizione verticale a 50 cm dal fondale e periodicamente sostituiti (ogni 6-12 giorni), in base all'abbondanza dell'insediamento osservato (Pellizzato, 1984a; 1984b).
Nel maggio 1983, accanto a questi collettori, sono stati immersi dei con-

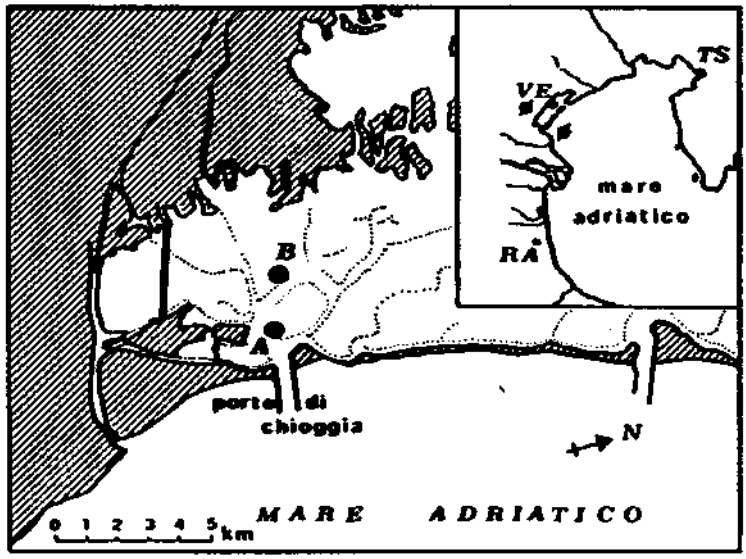


Fig. 1. Bacino Sud della Laguna di Venezia. Sono indicate le stazioni di campionamento utilizzate per la sperimentazione dei collettori di seme di mitili ed ostriche.

tenitori tubolari in rete con all'interno nicchi di bivalvi (scarti di lavorazione di pettini e ostriche), per raccogliere un quantitativo di ostriche tale da realizzare un piccolo allevamento. In settembre, dopo 4 mesi, é stato possibile staccare dai collettori le ostriche ed effettuare la cernita per la suddivisione delle due specie. Per il successivo allevamento in sospensione si sono usati dei contenitori in pvc, già utilizzati in precedenti sperimentazioni (Da Ros e Pellizzato, 1984; 1985; Pellizzato, Da Ros e Renzoni, 1983).

Per la valutazione degli accrescimenti di mitili ed ostriche, ei si é basati su campioni prelevati casualmente, in numero sempre superiore ai 100 esemplari; la lunghezza delle valve é stata misurata con un calibro (precisione 0.1 mm) ed il peso fresco dell'animale "in toto" (conchiglia + parti molli), con bilancia elettronica (precisione 0.01 gr).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Mitili

Le osservazioni sull'insediamento dei mitili sui collettori sperimentati sono state limitate all'insediamento secondario, cioè al reclutamento degli stadi larvali dei mitili superiori a 1.5 mm di lunghezza, corrispondente alla taglia massima dei plantigradi (0.25-1.5 mm; Bayne, 1965).

Di tutti i collettori utilizzati durante l'anno, solo quelli immersi in marzo ed aprile hanno fornito soddisfacenti risultati commerciali per la raccolta del seme (tab. 1).
L'immersione dei collettori con circa due mesi di anticipo al periodo supposto di massimo insediamento (maggio e giugno), ha permesso l'instaurarsi di comunità epifite (soprattutto idrozoi, briozoi ed alcune alghe), considerate determinanti nello stabilire l'efficacia dei collettori stessi (Bayne, 1976; Dare, Edwards e Davies, 1983).

	Stazione A			Stazione B			Lunghezza Mitili		
MESE	N°	Peso (Kg)	D.S.	N°	Peso (Kg)	D.S.	(mm)	D.S.	Range (mm)
Giugno 1985	30	2.9	0.2	30	0.7	0.1	3.8	1.5	1.5-12.7
Luglio 1985	30	10.8	1.1	30	3.0	0.4	7.1	2.5	1.5-19.8
Agosto 1985	30	19.7	1.7	30	4.0	0.7	13.9	5.3	2.1-30.0

Tab. 1. Incremento medio in peso dei collettori (immersi in marzo e aprile) conseguente alla presenza del seme reclutato. Viene riportato anche l'accrescimento medio in lunghezza di Mytilus galloprovincialis Lmk (media degli individui campionati nelle stazioni A e B).

Il periodo di insediamento in Laguna di Venezia é risultato essere compreso tra maggio e giugno, anche se occasionalmente si sono verificati sporadici insediamenti nel corso di altri mesi. Queste osservazioni concordano con quanto rilevato per la Sacca degli Scardovari (delta del Po) in un banco naturale di mitili (Ceccherelli e Rossi, 1984); inoltre, anche osservazioni morfometriche confermano che in mitili allevati in Laguna di Venezia (Da Ros, Bressan e Marin, 1985) e lungo le coste yugoslave (Hrs Brenko, 1971), il periodo di maturazione delle gonadi va da ottobre ad aprile, mentre la massima emissione dei gameti avviene da febbraio ad aprile. L'apparente ritardo tra emissione dei gameti ed insediamento delle larve, può essere spiegato dalle basse temperature registrate alle nostre latitudini durante i mesi invernali, nei quali gli stadi larvali di Mytilus galloprovincialis possono ritardare la metamorfosi di oltre quaranta giorni, se la temperatura dell'acqua é intorno ai 10° C (Bayne, 1965).
Dalla stazione A, dopo 5 mesi dall'emissione, é stato possibile raccogliere in media 19.7 Kg di mitili per collettore, con seme di dimensioni comprese tra 2.1 e 30.0 mm (tab. 1).
In agosto, mese in cui generalmente iniziano le operazioni di sistemazione dei giovani mitili nei vivai, da ciascun collettore sperimentale é stato dunque possibile ottenere in media 11 "reste" da 1.8 Kg dalla stazione A, e circa 3 "reste" di uguale peso dalla stazione B.

MESE	Lunghezza Mitili (mm)	D.S.	Range (mm)	Peso Mitili (gr)	Peso "resta" (Kg)	N° "reste" /collettore
Agosto 1985	13.9	5.3	2.1-30.0	0.38	1.8	11
Settembre	19.0	6.1	3.5-32.6	0.57	3.9	
Ottobre	27.3	6.5	7.5-44.5	1.56	10.4	
Ottobre: 1^ lavorazione della "resta"					3.2	33
Dicembre	30.8	9.5	7.5-46.6	2.23	4.5	
Aprile 1986	33.3	11.0	9.3-51.6	4.25	8.8	
Aprile: 2^ lavorazione della "resta"					6.3	42
Giugno	37.1	12.9	10.7-57.7	5.61	8.2	
Luglio	43.0	10.4	27.0-60.0	8.21	12.5	
Agosto	44.7	11.4	15.0-66.5	8.98	21.9	
Agosto: 3^ lavorazione della "resta"					12.5	74

Tab. 2. Accrescimento dei mitili in allevamento e la loro resa nelle "reste" di allevamento.

Queste "reste" sono state successivamente allevate all'interno dei vivai, utilizzando gli stessi sistemi e materiali che vengono commercialmente impiegati nelle lagune venete.
Ciò ha permesso di valutare nella popolazione reclutata, in quanto tempo viene raggiunta la taglia minima legale e le varie taglie più richieste dal mercato.
Nella tabella 2 sono riportati i risultati ottenuti con tale metodo di coltura.
Pur non operando l'usuale selezione per taglia, normalmente effettuata negli allevamenti ad ogni cambio di "resta", la misura commerciale di una parte del prodotto viene ugualmente raggiunta in aprile, dopo soli 9 mesi di allevamento.
E' da sottolineare, infine, che da un solo collettore di seme é stato possibile ottenere in un anno di allevamento, ben 74 "reste" di oltre 12 Kg ciascuna.
Da questo emerge come l'applicazione dei collettori possa soddisfare ampiamente la richiesta di seme degli allevatori, rendendo taluni vivai autosufficienti. Inoltre i materiali che costituiscono i collettori in rete, sono facilmente reperibili a basso costo ed hanno la possibilità di essere riutilizzati per più anni.
In base alle osservazioni compiute ed agli studi effettuati sulle variazioni stagionali della composizione biochimica dei mitili e sull'indice di condizione (Bressan e Marin, 1985), si propone la successione delle operarioni necessarie ad una più corretta conduzione dell'attività di mitilicoltura in Laguna di Venezia, secondo lo schema riportato in tabella 3.

Marzo - Aprile	Immersione dei collettori.
Maggio	Inizio del periodico di insediamento.
Giugno	Fine del periodo di massimo insediamento.
Maggio - Agosto	Crescita del seme sui collettori.
Agosto	Confezionamento della 1ª "resta".
Ottobre 1ª	lavorazione delle "reste".
Ottobre - Marzo	Moderata crescita invernale.
Aprile 2ª	lavorazione delle "reste".
Maggio - Giugno	Rapida crescita del prodotto e nuovi insediamenti di seme di mitilo.
Luglio Il	prodotto inizia ad essere venduto. 3ª lavorazione delle "reste".
Agosto 4ª	lavorazione delle "reste"(affinamento del prodotto).
Settembre - Ottobre	Vendita di tutto il prodotto che ha raggiunto la taglia di mercato.

Tab. 3. Calendario delle operazioni proposte per la raccolta di seme di mitilo e successivo allevamento nelle lagune venete.

Ostriche

Dalle osservazioni effettuate, il periodo di insediamento delle larve di Ostrea edulis risulta compreso tra maggio ed ottobre di ogni anno, con picchi in giugno (1983) ed in luglio (1984 e 1985) (fig. 2); per quanto riguarda Crassostrea gigas gli insediamenti iniziano a giugno e si concludono in novembre, con picchi in luglio (1983) ed agosto (1984 e 1985) (fig. 2).
A parità di superficie é confermato che l'insediamento sia per Ostrea che per Crassostrea é maggiore sui gusci d'ostrica contenuti nei sacchetti, rispetto a quello osservato sulle piastre, e che nella stazione A é nella maggior parte dei casi superiore alla stazione B (Pellizzato, 1984).
Va notata, inoltre, la diversa abbondanza di seme delle due specie raccolte nel bacino di Chioggia: per 0. edulis 2.350 (su gusci) e 625 (su eternit) individui/mq/anno; per C. gigas 7.018 (su gusci) e 2.923 (su eternit) individui/mq/anno (medie ottenute dall'analisi dei risultati ottenuti nelle due stazioni di campionamento dal 1983 al 1985).
Anche nei collettori utilizzati per raccogliere il seme per le prove di allevamento, si é constatato un rapporto quantitativo di insediamento tra le due specie sempre a favore del genere Crassostrea (da 2 a 10 volte).

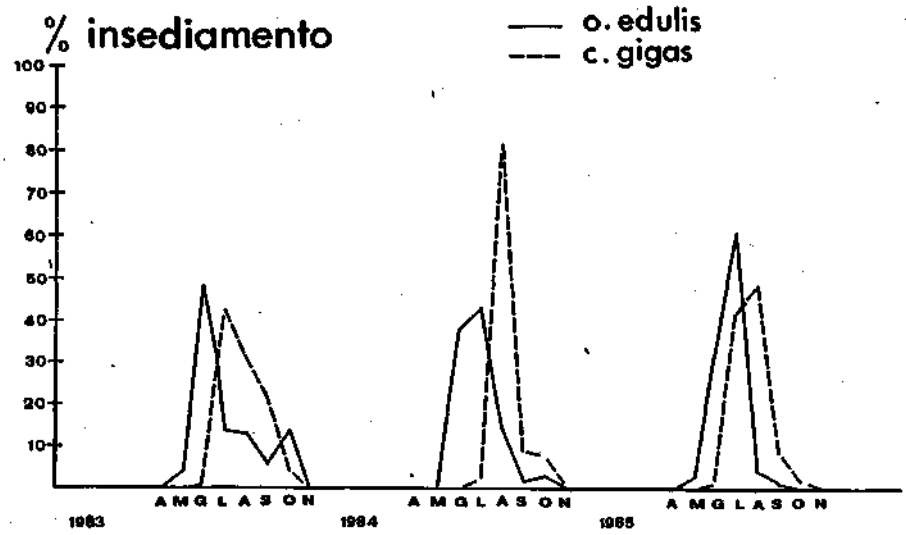


Fig. 2. Insediamento di Ostrea edulis L. (linea continua) e di Crassostrea gigas (Thunberg) (linea tratteggiata) relativo al substrato che ha avuto insediamenti significativamente maggiori (100 % di insediamento = numero totale delle ostriche fissate nelle due stazioni di campionamento per anno).

Ostrea edulis L.

	Insediamento 1983		Insediamento 1984		Insediamento 1985	
	gusci	eternit	gusci	eternit	gusci	eternit
Staz.A n° ind/mq	1.200	67	1.950	383	5.200	1.267
Staz.B n° ind/mq	567	117	700	183	4.484	1.734
TOTALI	1.767	184	2.650	566	9.684	3.001

Tab. 4/a. Numero cumulativo di 0. edulis insediate su gusci di ostrica e su piastre in eternit per anno nelle due stazioni di campionamento.

Crassostrea gigas (Thunberg)

	Insediamento 1983		Insediamento 1984		Insediamento 1985	
	gusci	eternit	gusci	eternit	gusci	eternit
Staz.A n° ind/mq	2.234	333	7.168	2.234	20.687	8.585
Staz.B n° ind/mq	1.384	250	1.884	1.017	8.752	5.118
TOTALI	3.618	583	9.052	3.251	29.439	13.703

Tab. 4/b. Numero cumulativo di C. gigas insediate su gusci di ostrica e su piastre in eternit per anno nelle due stazioni di campionamento.

Queste prove sembrano evidenziare come 0. edulis raccolta in natura, presenti una buona crescita e una mortalità iniziale sensibilmente inferiore a quella registrata per il seme proveniente da schiuditoio. Proprio l'elevata mortalità osservata nel seme nato in laboratorio ha vanificato sia sotto il profilo economico che quello produttivo, i positivi accrescimenti ottenuti nei mesi successivi (tab. 5); non va comunque esclusa la possibilità di allevare 0. edulis riprodotta in ambiente controllato, utilizzando dei riproduttori di provenienza locale.

Risultati relativamente omogenei si sono invece riscontrati per la specie C. gigas: le giovani ostriche, sia reclutate naturalmente che riprodotte in ambiente controllato, hanno dimostrato di ben adattarsi all'allevamento in cesta con accettabili indici di mortalità (circa il 24 % dopo 12 mesi di allevamento) e raggiungono taglia commerciale (60 mm) in meno di un anno (tab. 6).

Va però detto che gli esemplari raccolti in laguna si sono sviluppati con valve meno slanciate e sensibilmente più pesanti della C. gigas importata: questo comporta un notevole deprezzamento del prodotto, in quanto il mercato accetta con difficoltà questo tipo di ostrica.

Va segnalato, infine, che da quest'anno (1986) una cooperativa di pescatori di Chioggia (Ve) ha iniziato un'attività di ostreicoltura: sulla scorta delle nostre informazioni é cominciata la raccolta e la lavorazione delle piccole ostriche.

Questa nuova attività, stimolata dai risultati ottenuti dalla nostra sperimentazione, é così riuscita a coinvolgere i locali operatori del settore. Si ritiene comunque necessaria una verifica sulla validità economica delle eventuali operazioni di raccolta del seme con l'uso di collettori e successivo allevamento.

Ostrea edulis L.

MESE	Lunghezza (mm)		Peso (gr)		Mortalità (%)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Marzo		6.0		0.04		----
Settembre	30.0	52.8	5.3	14.7	----	78.0
Marzo	32.7	59.3	5.9	30.9	13.2	79.5
Settembre	59.9	62.1	26.1	47.6	16.9	88.1
Marzo	63.6		45.3		18.5	

Tab. 5. Accrescimento lineare, ponderale e mortalità cumulativa rilevata nel corso degli allevamenti effettuati in Laguna di Venezia.
Colonna (1): O. edulis - seme proveniente da reclutamento naturale (collettori da maggio a settembre 1983).
Colonna (2): O. edulis - seme proveniente da riproduzione controllata (marzo 1982).

Crassostrea gigas (Thunberg)

MESE	Lunghezza (mm)		Peso (gr)		Mortalità (%)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Settembre	40.0	22.8	6.0	2.0	----	----
Marzo	47.2	38.8	11.7	6.2	22.6	15.3
Settembre	68.4	69.1	43.3	36.7	24.1	23.3
Marzo	68.6	72.5	50.5	48.1	26.2	29.9
Settembre		82.1		75.4		46.4

Tab. 6. Accrescimento lineare, ponderale e mortalità cumulativa rilevata nel corso degli allevamenti effettuati in Laguna di Venezia.
Colonna (1): C. gigas - seme proveniente da reclutamento naturale (collettori da giugno a settembre 1983).
Colonna (2): C. gigas - seme proveniente da riproduzione controllata (da: Pellizzato, Da Ros e Renzoni, 1983).

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano le Cooperative di Pesca ed i pescatori che hanno collaborato alla realizzazione degli allevamenti.
Desiderano inoltre ricordare per il cortese aiuto la Dott.ssa L. Da Ros ed il Sig. R. Bellemo del Co.S.P.A.V. di Chioggia (Ve).

BIBLIOGRAFIA

B.L. BAYNE - 1965 - Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of Mytilus edulis L. - Ophelia, 2, 1-47.

B.L. BAYNE - 1976 - Marine mussels: their ecology and physiology - Cambridge University press, Cambridge.

M. BRESSAN, M.G. MARIN - 1985 - Seasonal variations in biochemical composition and condition index of cultured mussels (Mytilus galloprovincialis Lmk) in the Lagoon of Venice (North Adriatic) - Aquaculture, 48, 13-21.

V.U. CECCHERELLI, R. ROSSI - 1984 - Settlement, growth and production of the mussel Mytilus galloprovincialis - Mar. Ecol. Prog. Ser., 16, 173-184.

P.J. DARE, D.B. EDWARDS, G. DAVIES - 1983 - Experimental collection of spat mussels (Mytilus edulis L.) on ropes for intertidal cultivation - Lowestoft M.A.F.F.- T.R., 74, 1-23.

L. DA ROS, M. PELLIZZATO - 1984 - Ostreicoltura: sperimentazione ed allevamento nella Laguna di Venezia - Agricoltura Ricerca, 35/36, 10-19.

L. DA ROS, M. PELLIZZATO - 1985 - Pesca, commercializzazione e prospettive di allevamento delle ostriche in Italia - Il Pesce, 2(6), 24-27.

L. DA ROS, M. BRESSAN, M.G. MARIN - 1985 - Reproductive cycle of the mussel (Mytilus galloprovincialis Lmk) in Venice Lagoon (North Adriatic) - Boll. Zool., 52, 223-229.

G. FABI, L. FIORENTINI, S. GIANNINI - 1985 - Osservazioni sull'insediamento e sull'accrescimento di Mytilus galloprovincialis Lamk su di un modulo sperimentale per mitilicoltura immerso nella Baia di Portonovo (Promontorio del Conero, Medio Adriatico) - Oebalia, 11(2), 681-692.

M. HRS-BRENKO - 1971 - The reproductive cycle of Mytilus galloprovincialis Lamk in the Northern Adriatic Sea and Mytilus edulis L. at Long Island Sound - Thalassia Jugoslavica, 7(2), 533-542.

M. PELLIZZATO - 1984a - Monitoring of oyster spat settlement (Ostrea edulis L. and Crassostrea gigas (Thunberg)) on collectors in Venice Lagoon (Italy) - Nova Thalassia, 6(suppl.), 683.

M. PELLIZZATO - 1984b - Monitoraggio dell'insediamento su substrati artificiali dei bivalvi Ostrea edulis L. e Crassostrea gigas (Thunberg) nella Laguna di Venezia - Lavori Soc. Ven. Sci. Nat., 9(2), 219-223.

M. PELLIZZATO, L. DA ROS - 1983 - I bivalvi. In: Acquacoltura, a cura di E. Tibaldi - Milano, Ed. CLESAV, pagg. 21-48.

M. PELLIZZATO, L. DA ROS - 1985 - Allevamento sperimentale di Ostrea edulis L. e Crassostrea gigas (Thunberg) in Laguna di Venezia - Oebalia, 11(3), 891-893.

M. PELLIZZATO, L. DA ROS, A. RENZONI - 1983 - Acclimazione in Laguna di Venezia di Crassostrea gigas (Thunberg) proveniente da schiuditoio - Quaderni dell'Istituto Brunelli, 3(2), 81-94.

A. RENZONI - 1973 - Dati su accrescimento e ciclo riproduttivo di Mytilus galloprovincialis Lamk nella Sacca di Scardovari - Boll. Pesca, Piscic. Idrobiol., 28, 205-216.

A . RENZONI - 1974 - Preliminary data on Crassostrea angulata Lam. in the Adriatic Sea - Aquaculture, 3, 119-133.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	393-402	1986

ALLEVAMENTO DI TAPES (RUDITAPES) PHILIPPINARUM (ADAMS & REEVE, 1850) IN ALCUNI BIOTOPI LAGUNARI VENETI.

M. Pellizzato°, N. Mattei °°

° Co.S.P.A.V., Viale Stazione 5, 30015 Chioggia (Venezia).
°° Dipartimento di Biologia Ambientale, Via delle Cerchia 3, 53100 Siena.

Key words: Tapes philippinarum, Tapes decussatus, rearing, Northwestern adriatic lagoons.

RIASSUNTO

Le ricerche condotte hanno dimostrato la notevole adattabilità del bivalve Tapes philippinarum (Adams & Reeve) in alcuni ambienti lagunari nord-adriatici (lagune venete e delta del Po).
Le prove sperimentali effettuate hanno portato a risultati non del tutto omogenei per quanto riguarda l'accrescimento e l'indice di sopravvivenza. Alla luce dei dati disponibili, sia nelle aree del presente studio che in altri ambienti salmastri veneti, si rendono necessarie altre prove di conferma, prima del passaggio al modello commerciale.

SUMMARY

Our research has shown the remarkable adaptability of the bivalve Tapes philippinarum (Adams & Reeve) to various areas along the northwestern Adriatic coast (Venice and Po river delta lagoons).
The results obtained with various trials were not completely consistent either as to rate of growth or survival index. Therefore more data should be gathered before applying our results to commercial enterprises.

Lavoro eseguito con contributo del C.N.R. nell'ambito del Piano Finalizzato I.P.R.A. - Sottoprogetto 1. Pubblicazione N° 1196.

INTRODUZIONE

I molluschi bivalvi hanno ormai assunto in Italia un ruolo di primaria importanza nella produzione alieutica nazionale con oltre 200.000 ton/anno. Di fronte alla pressante richiesta di prodotto da parte dei mercati, é stato notevolmente intensificato lo sforzo di pesca sui banchi naturali e, nel contempo, si sono diffusi ed ampliati gli impianti di molluschicoltura. Un tempo questa forma di acquicoltura era considerata di limitata importanza, ma oggi é sorta l'esigenza di risolvere i problemi tecnici che impediscono una sua ulteriore espansione.

Molti sono infatti i vantaggi di questo tipo di zoocoltura: costi di investimento relativamente contenuti, nessuna spesa per integratori alimentari, importanti risvolti sociali ed occupazionali, ecc...

Dal 1977 il Laboratorio del Consorzio per lo Sviluppo della Pesca e della Acquicoltura del Veneto (Co.S.P.A.V.), ha iniziato delle ricerche in questo settore; in particolare, per incrementare la produzione di bivalvi eduli, sono state realizzate delle sperimentazioni "in campo" che hanno coinvolto le varie categorie interessate, favorendo così il diffondersi di nuovi sistemi, di nuove attrezzature, di nuove specie da allevare.

In questo lavoro vengono affrontati alcuni aspetti dell'introduzione e dell'allevamento di Tapes (Ruditapes) philippinarum (Adams & Reeve, 1850) in alcuni biotopi lagunari veneti; benché esistano recenti studi su T. philippinarum (Beninger, 1984; Beninger e Lucas, 1984; Maitre-Allain, 1982; Body, Maitre-Allain e Riva, 1980; Menesguen, Flassch e Nedelec, 1984) e manuali per il suo allevamento (p.e. Anderson, Miller e Chew, 1982), si rende ugualmente necessario verificare le tecniche che meglio si adattano agli ambienti nord-adriatici e procedere ad una "messa a punto" secondo le esigenze locali.

MATERIALI E METODI

L'introduzione di Tapes philippinarum in Laguna di Venezia (Bacino di Chioggia) risale al marzo 1983, quando vi furono importati 3 Kg di seme (circa 200.000 individui) ottenuti da riproduzione controllata in uno schiuditoio inglese.

E' cominciato quindi un primo studio sull'acclimazione e sulla possibile resa produttiva di questa specie in varie aree lagunari venete (Pellizzato e Nanni, 1984; Pellizzato, Sordelli e Nanni, 1985; Breber 1985a; 1985b).

Queste prove sono servite anche per un confronto con la specie autoctona (T. decussatus), che é stata oggetto di precedenti ricerche (Pellizzato e Da Ros, 1985; Breber, 1985c).

I promettenti risultati ottenuti e l'interesse sorto da più parti per questa nuova zoocoltura, hanno determinato per l'anno 1985, il diffondersi delle semine in varie aree costiere del Veneto. E' stato quindi opportuno suddividere le varie iniziative secondo il tipo di attività che vi veniva svolta:

- aree dove venivano effettuate ricerche applicate alla specie T. philip-

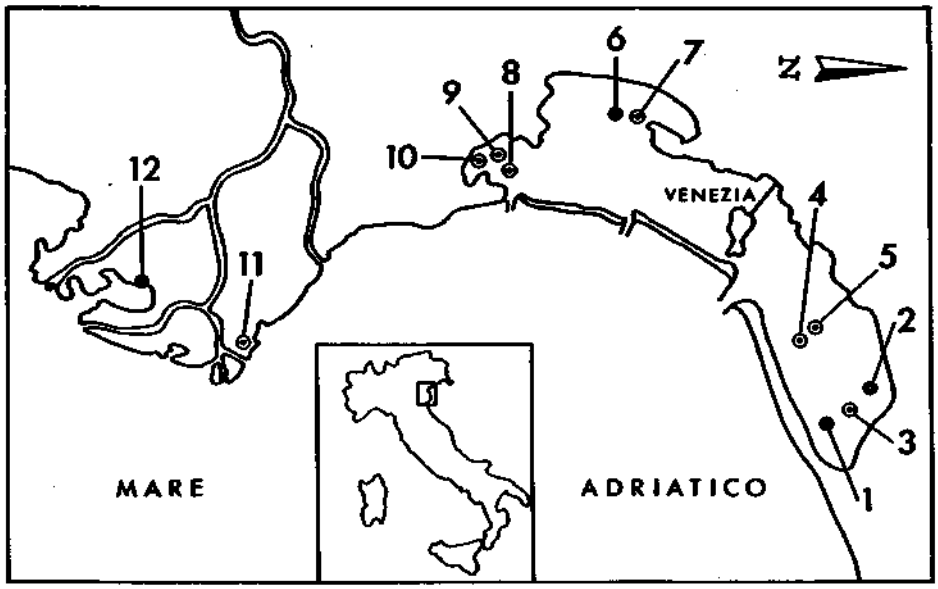


Fig. 1 - Biotopi lagunari veneti dove nel 1985 sono state effettuate semine di Tapes philippinarum (©): 1- Valle Fosse; 2- Valle Dogà; 3- Valle Grassabò; 4- Valle Sparesera; 5- Canale S. Felice; 6- Valle Zappa; 7- Valle Contarina; 8- Canale Fosse; 9- Canale Trezze; 10- Valle Brenta; li-Valle Cà Zuliani; 12- Valle Bonello. Nelle aree 1, 2, 6 e 12 sono stati sperimentati anche moduli commerciali di coltura (●)

pinarum, per la prima volta introdotta in questi ambienti;
- aree dove invece veniva assicurata l'assistenza tecnica specializzata agli allevatori per la conduzione dei moduli commerciali di coltura.

I biotopi costieri veneti dove sono avvenute semine di T. philippinarum sono indicate nella figura 1. In particolare nelle Valli Fosse, Dogà, Zappa e Bonello, sono stati sperimentati anche i moduli commerciali di allevamento con semine rispettivamente di 4.500.000, 219.000, 3.500.000 e 600.000 individui.

In tutti gli ambienti oggetto di sperimentazione sono stati predisposti dei contenitori (ceste-campione in polipropilene atossico), che venivano collocati in sospensione con metodi già sperimentati con successo in precedenti ricerche (Pellizzato, Da Ros e Renzoni, 1983; Da Ros e Pellizzato, 1984).

Da ogni lotto di semina si sono scelti casualmente 200 esemplari che veniva no misurati e posti a crescere all'interno di questi contenitori. Ciò ha permesso di seguire nel tempo la crescita dei bivalvi nei vari ambienti, nelle stesse condizioni: in particolare é stato possibile controllare con sicurezza la mortalità naturale, evitando perdite di animali causate da migrazione e/o predazione. Inoltre, potendo disporre di questi contenitori con la stessa densità iniziale (2.000 es./mq), risulta possibile effettuare confronti omogenei fra i vari siti sperimentati.

Nel 1985, grazie al diffondersi delle iniziative ed alla disponibilità di notevoli quantitativi di seme, si é cercato, quindi, di ottenere il maggior numero di informazioni possibili diversificando al massimo le semine in più biotopi (fig. 1); in queste aree oggetto di ricerca, sono stati inoltre sperimentati vari sistemi di allevamento ed accorgimenti tecnici "ad hoc". L'assistenza tecnica fornita nelle valli Fosse, Dogà, Zappa e Bonello, é consistita invece nell'effettuare semine di quantitativi commerciali (per un totale di circa nove milioni di esemplari di T. philippinarum), utilizzando le metodologie commerciali di una ditta che fornisce i moduli di allevamento.

I materiali e le modalità con cui sono state effettuate queste semine, possono essere così sintetizzati: nell'area prescelta venivano ancorati al fondale dei telai in pvc, con all'interno il seme in alte concentrazioni (1° accrescimento ad una densità di circa 20.000 es./mq); dopo qualche settimana, quando cioè philippinarum raggiungeva mediamente la lunghezza (intesa come asse maggiore del nicchio) di 1 cm, il seme veniva prelevato e distribuito direttamente sul fondale (2° accrescimento ad una densità variabile a seconda del sito: da 20 a 3.000 es./mq). Infine si proteggeva la zona da eventuali predatori (pesci, granchi, uccelli, ecc.) con reti a maglia larga, in nylon. Anche questi allevamenti sono stati oggetto di frequenti operazioni di pulizia e di periodici controlli effettuati con benna o in immersione.

Per la valutazione dei parametri di crescita si é usato un calibro (precisione 0.1 mm) ed una bilancia elettronica (precisione 0.01 gr).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nell'allevamento in sospensione del Canale delle Fosse (fig.l, nº 8), si é dapprima confrontato l'accrescimento e la mortalità di Tapes philippinarum (Adams & Reeve) e di Tapes decussatus L. (tab. 1).

Appare evidente la modesta crescita della specie locale, T. decussatus, che, in 17 mesi di allevamento, ha avuto un incremento di appena 1.54 gr in peso (da 1.84 a 3.38 gr) e 3.1 mm in lunghezza (da 21.9 a 25.0 mm).

Inoltre l'alta mortalità registrata, nei primi 5 mesi (29.6%) e da giugno ad ottobre dell'anno successivo (pari al 47.2%), ha accertato l'impossibilità di utilizzare per questa specie tale metodo di coltura. T. philippinarum, invece, da una taglia di 4.7 mm (aprile 1984), raggiunge le dimensioni di T. decussatus dopo appena 6 mesi di allevamento e la taglia più richiesta dal mercato (35 mm) già alla fine del secondo anno. La mortalità dopo due anni dalla semina rimane contenuta (37 %).

Confronti effettuati per le stesse specie, allevate sul fondale dello stagno di Thau (Francia), hanno manifestato un simile comportamento (Maitre-Allain, 1982).

La prova effettuata in sospensione nel Canale delle Fosse, é stata realizzata non solo per valutare la possibilità di utilizzare questo metodo di coltura per scopi commerciali, ma anche per la praticità e la sicurezza con le quali si realizzano i controlli.

MESE	Tapes philippinarum			Tapes decussatus		
	Peso	Lun.	Mort.	Peso	Lun.	Mort.
Aprile 1984	0.03	4.7				
Maggio	0.08	7.1	10.0	1.84	21.9	
Giugno	----	----	11.0	2.10	22.4	6.7
Luglio	1.58	18.9	11.0	2.48	23.5	11.4
Agosto	----	----	13.0	----	----	15.0
Settembre	3.07	23.5	13.0	----	----	17.9
Ottobre	----	----	13.5	2.54	23.7	29.6
Novembre	----	----	----	----	----	30.9
Dicembre	4.13	26.7	14.5	----	----	31.4
Gennaio 1985	----	----	15.0	----	----	31.9
Febbraio	----	----	----	2.75	23.5	32.8
Marzo	4.61	27.2	15.0	----	----	34.1
Aprile	----	----	16.0	----	----	35.3
Maggio	6.58	30.1	18.0	2.75	24.2	36.4
Giugno	----	----	22.5	3.27	24.8	39.5
Luglio	9.15	32.6	25.5	3.40	24.7	51.9
Agosto	10.08	34.6	27.5	----	----	63.1
Settembre	10.11	34.6	31.0	3.37	25.0	80.9
Ottobre	10.41	34.9	32.0	3.38	25.0	86.7
Novembre	----	----	33.0			87.1
Dicembre	10.67	35.2	34.0			88.1
Gennaio 1986	11.04	35.6	36.0			88.1
Febbraio	----	----	----			88.6
Marzo	----	----	----			90.5
Aprile	11.63	36.2	37.0			
Maggio	13.11	37.7	41.0			
Giugno	----	----	----			
Luglio	14.53	38.9	44.0			
Agosto	15.30	39.6	51.0			

Tab. 1. Canale delle Fosse. Allevamento sperimentale di Tapes philippinarum e di Tapes decussatus con ceste in sospensione.
Sono riportati l'accrescimento medio ponderale (in gr), l'accrescimento medio lineare (in mm) e la mortalità percentuale cumulativa.

A causa delle ingenti quantità di seme ordinate dai vari operatori italiani e spagnoli in particolare, lo schiuditoio inglese, che pure effettua su larga scala la riproduzione di questi bivalvi, si é trovato impreparato a produrre, nel 1985, le partite richieste: ciò ha causato non trascurabili contrattempi e difficoltà per la nostra sperimentazione. In particolare si é verificato un ritardo di 2-3 mesi nelle consegne dalla data prevista, con conseguente perdita del periodo più adatto alla acclimazione ed al primo accrescimento di questi molluschi (aprile-giugno); inoltre, la fornitura é consistita in seme di taglia decisamente piccola e nettamente inferiore

a quelle spedite negli anni precedenti (109 e 118 es./gr nel 1985, rispetto ai 33 es/gr forniti nel 1984 ed ai 67 es/gr inviati nel 1983).
Nella tabella 2 (2/A-2/H) vengono messi a confronto i risultati di otto allevamenti che fanno parte della sperimentazione iniziata nel 1985 sulla von gola T. philippinarum.
I valori riportati nelle tabelle 2/A e 2/B si riferiscono all'allevamento in sospensione di due lotti importati rispettivamente il 31.V.1985 e il 2.VII.1985, e mantenuti nel parco del Canale delle Fosse. E' da sottolineare come, dopo circa un anno di allevamento, i due lotti abbiano raggiunto mediamente i 26.6 mm di lunghezza e lo stesso peso (circa 4.5 gr).
La mortalità registrata nel primo lotto é però stata sempre inferiore a quella osservata nel secondo lotto.
Le prove effettuate nelle Valli Sparesera (tab. 2/C) e Zappa (tab. 2/D), hanno invece fornito risposte negative.
In Valle Sparesera ad un mese dalla semina di T. philippinarum, avvenuta il 28.VI.1985, é stato riscontrato un indice di mortalità superiore al 60%, ed un limitato accrescimento; si é quindi proceduto ad una nuova semina di verifica con esemplari provenienti da Valle Fosse il 23.VIII.1985: anche questa prova, condotta con individui già svezzati (10.5 mm), ha fornito risultati insoddisfacenti per la modesta crescita e l'elevata mortalità (superiore al 79% dopo 8 mesi).
Risultati negativi si sono avuti anche nelle semine di Valle Zappa dove da luglio ad ottobre il seme allevato ha raggiunto indici di mortalità superiori al 98%. Da queste tre prove va esclusa la possibilità di aver operato con una fornitura difettosa o con animali sottoposti a particolari manipolazioni stressanti: infatti, esemplari della stessa partita allevati in altri luoghi (Valle Dogà, Canale delle Fosse, ecc.), hanno prodotto differenti risultati.
In Valle Dogà, la più estesa valle veneta, é stato possibile effettuare numerose prove. Le tabelle 2/E e 2/F, riportano i due esperimenti limite: mortalità del 100% registrata dopo 4 mesi dalla semina e, per contro, l'ottimo accrescimento (9 gr/es. in agosto 1986), accompagnato da una mortalità di appena il 12% in 14 mesi di allevamento.
Infine, sono a confronto i risultati ottenuti in due aree della Valle Bonello. I dati di crescita e di mortalità, riportati dalla tabella 2/G, sono fra i migliori risultati ottenuti (in agosto peso medio di 8.25 gr ed una mortalità del 14%); in un'altra zona della valle, invece, anche se non completamente negativi, si sono registrati ben più alti indici di mortalità (30% nel primo anno) e solo modesti incrementi in peso e lunghezza (sempre nel mese di agosto 0.53 gr e 13.2 mm).
Per quanto riguarda la produzione finale dei moduli commerciali, non é stato ancora possibile quantificare la produzione in quanto gli esemplari seminati nel maggio-luglio 1985 non sono stati ancora raccolti.
La taglia attualmente raggiunta, infatti, pur essendo oltre la misura minima legale (25 mm), non é ancora la più richiesta dal mercato.
E' stato comunque possibile verificare, già da ora, una notevole variabilità nella resa produttiva delle aree poste a coltura, non solo da valle a valle, ma anche da zona a zona dello stesso bacino (dati forniti dal monito

Tab. 2/A
Canale delle Fosse (fig.1, n°8)
Inizio allevamento: 31.V.1985

MESE	Peso	Lun.	Mort.
Maggio 1985	0.01	3.5	
Giugno	----	----	----
Luglio	0.04	5.8	9.5
Agosto	0.30	9.7	10.0
Settembre	0.51	13.1	14.0
Ottobre	0.96	16.1	15.0
Novembre	----	----	16.0
Dicembre	1.16	17.1	26.0
Gennaio 1986	1.38	18.1	26.0
Febbraio	----	----	----
Marzo	----	----	----
Aprile	1.88	20.0	26.0
Maggio	3.15	23.7	27.0
Giugno	4.52	26.6	27.0
Luglio	----	----	----
Agosto	5.49	28.4	29.0

Tab. 2/B
Canale delle Fosse (fig.1, n°8)
Inizio allevamento: 2.VII.1985

MESE	Peso	Lun.	Mort.
Luglio 1985	0.01	3.4	
Agosto	0.17	8.7	15.0
Settembre	0.32	11.3	28.0
Ottobre	0.70	14.5	30.0
Novembre	----	----	30.0
Dicembre	0.91	15.8	38.0
Gennaio 1986	1.06	16.6	38.0
Febbraio	----	----	----
Marzo	----	----	----
Aprile	1.59	19.0	41.0
Maggio	2.91	23.1	41.0
Giugno	4.58	26.7	41.0
Luglio	----	----	----
Agosto	5.80	28.9	56.0

Tab. 2/C
Valle Sparesera (fig.1, n°4)
Inizio allevamento: 28.VI.1985

MESE	Peso	Lun.	Mort.
Giugno 1985	0.01	4.0	
Luglio	0.02	4.5	>60
Inizio allevamento: 23.VIII.1985			
Agosto 1985	0.26	10.5	
Settembre	----	----	----
Ottobre	0.28	10.8	36
Novembre	----	----	----
Dicembre	----	----	----
Gennaio 1986	----	----	----
Febbraio	----	----	----
Marzo	----	----	----
Aprile	0.62	14.8	>79

Tab. 2/D
Valle Zappa (fig.1, n°6)
Inizio allevamento: 2.VII.1985

MESE	Peso	Lun.	Mort.
Luglio 1985	0.01	3.4	
Agosto	0.01	3.6	51.0
Settembre	0.02	4.6	74.3
Ottobre	0.08	7.2	>98.0

Tab. 2 (A-D). Alcuni risultati ottenuti dalle semine di Tapes philippinarum effettuate nel 1985. Sono riportati l'accrescimento medio ponderale (in gr), l'accrescimento medio lineare (in mm) e la mortalità percentuale cumulativa.

Tab. 2/E
Valle Dogà (fig.1, n°2)
Inizio allevamento: 10.VI.1985

MESE	Peso	Lun.	Mort.
Giugno 1985	0.02	4.6	
Luglio	0.38	11.8	2.5
Agosto	1.12	16.9	5.5
Settembre	2.06	20.6	6.5
Ottobre	2.26	21.2	6.5
Novembre	2.62	22.3	6.5
Dicembre	----	----	----
Gennaio 1986	----	----	----
Febbraio	----	----	----
Marzo	2.96	23.2	6.5
Aprile	----	----	----
Maggio	5.37	28.2	7.0
Giugno	----	----	----
Luglio	7.90	31.9	9.0
Agosto	9.00	33.3	12.0

Tab. 2/F
Valle Dogà (fig.1, n°2)
Inizio allevamento: 10.VI.1985

MESE	Peso	Lun.	Mort.
Giugno 1985	0.01	4.0	
Luglio	0.03	5.1	47.5
Agosto	0.05	6.1	66.0
Settembre	----	---	100.0

Tab. 2/G
Valle Bonello (fig.1, n°12)
Inizio allevamento: 4.VII.1985

MESE	Peso	Lun.	Mort.
Luglio 1985	0.01	3.4	
Agosto	0.19	9.4	2.5
Settembre	0.39	12.0	4.5
Ottobre	0.64	14.1	5.5
Novembre	0.96	16.1	5.5
Dicembre	----	----	----
Gennaio 1986	----	----	----
Febbraio	----	----	----
Marzo	1.42	18.3	5.5
Aprile	2.08	20.7	6.0
Maggio	4.62	26.8	8.0
Giugno	6.78	30.4	11.0
Luglio	----	----	----
Agosto	8.25	32.4	14.0

Tab. 2/H
Valle Bonello (fig.1, n°12)
Inizio allevamento: 4.VII.1985

MESE	Peso	Lun.	Mort.
Luglio 1985	0.01	3.4	
Agosto	0.02	4.7	5.0
Settembre	0.08	7.1	20.0
Ottobre	0.09	7.5	23.5
Novembre	0.10	7.6	23.5
Dicembre	----	----	----
Gennaio 1986	----	----	----
Febbraio	----	----	----
Marzo	0.13	8.4	28.5
Aprile	0.19	9.6	29.0
Maggio	0.26	10.5	30.0
Giugno	0.28	10.7	30.0
Luglio	----	----	----
Agosto	0.53	13.2	30.0

Tab. 2 (E-H). Alcuni risultati ottenuti dalle semine di Tapes philippinarum effettuate nel 1985. Sono riportati l'accrescimento medio ponderale (in gr), l'accrescimento medio lineare (in mm) e la mortalità percentuale cumulativa.

raggio condotto su alcuni moduli commerciali).
Per iniziare l'allevamento di T. philippinarum si ricorre attualmente a seme riprodotto da schiuditoio: non é infatti per ora possibile confermare l'avvenuta diffusione naturale di T. philippinarum negli areali di importazione, come accaduto in passato per altri molluschi (Cesari e Pellizzato, 1985): si é constatata più volte (in luglio, agosto e settembre) l'emissione di gameti maturi anche in esemplari di soli 20 mm di lunghezza, a soli 5 mesi dalla semina. Ciò lascia bene sperare per futuri insediamenti "naturali" di questa specie.

CONCLUSIONE

Tapes philippinarum si può adattare bene all'ambiente lagunare ed in alcuni casi raggiungere taglie di notevole valore commerciale con rapidità ed alti indici di sopravvivenza. Tuttavia, gli allevamenti di questa specie realizzati in alcuni biotopi lagunari veneti, vanno considerati come prove preliminari della concreta possibilità di attivare in tempi brevi un nuovo e redditizio tipo di molluschicoltura regionale.
Le ricerche iniziate e le future ci consentiranno di colmare le lacune di ordine tecnologico e biologico che ancora esistono in questa nuova zoocoltura: solo così sarà possibile disporre in tempi brevi di sicure metodologie per l'intero ciclo produttivo.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano i proprietari ed il personale tecnico delle Valli Venete e l'Ente di Sviluppo Agricolo della Regione Veneto (E.S.A.V), che hanno collaborato alla realizzazione degli allevamenti.
Desiderano ancora ricordare per il cortese aiuto i Dott.ri A. Francescon, A. Barbaro (C.N.R. - Istituto di Biologia del Mare, Venezia) e L. Da Ros (Co. S.P.A.V., Chioggia-Venezia).

BIBLIOGRAFIA

G.J. ANDERSON, M.B. MILLER, K.K. CHEW - 1982 - A guide to Manila Clam aquacultura in Puget Sound - Washington Sea Grant Program, Technical Report, 82-4, 1-45.

P.G. BENINGER - 1984 - Seasonal variations of major lipid classes in relation to the reproductive activity of two species of clams raised in a common habitat: Tapes decussatus L. (Jeffreys, 1863) and T. philippinarum (Adams & Reeve, 1850) - J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 79, 79-90.

P.G. BENINGER, A. LUCAS - 1984 - Seasonal variations in condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of two species of adult

clam reared in a common habitat: Tapes decussatus L. (Jeffreys) and T. philippinarum (Adams & Reeve) - J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 79, 19-37.

A. BODY, T. MAITRE-ALLAIN, A. RIVA - 1980 - Croissance comparée de la palourde européenne Ruditapes decussatus et de la palourde japonaise Ruditapes philippinarum dans un écosystème artificiel méditerranée - Vie Marine, 2, 39-51.

P. BREBER - 1985a - L'introduzione e l'allevamento in Italia dell'arsella del Pacifico, Tapes semi decussatus Reeve (Bivalvia; Veneridae) - Oebalia, 9(2), 675-680.

P. BREBER - 1985b - L'allevamento delle arselle. Un nuovo settore nella acquacoltura italiana - Il Pesce, 2(3), 37-39.

P. BREBER - 1985c - On-growing of the carpet-shell clam (Tapes decussatus (L.)): two years' experience in Venice Lagoon - Aquaculture, 44, 51-56.

P. CESARI, M. PELLIZZATO - 1985 - Molluschi pervenuti in Laguna di Venezia per apporti antropici volontari o casuali. Acclimazione di Saccostrea commercialis (Iredale & Roughely, 1933) e di Tapes philippinarum (Adams & Reeve, 1850) - Boll. Malacologico, 21(10-12), 237-274.

L. DA ROS, M. PELLIZZATO - 1984 - Ostreicoltura: sperimentazione ed allevamento nella Laguna di Venezia - Agricoltura Ricerca, 35-36, 10-19.

T. MAITRE-ALLAIN - 1982 - Influence du milieu sur la croissance de deux palourdes, Ruditapes decussatus et Ruditapes philippinarum, dans l'étang de Thau (Herault) - Vie Marine, 4, 37-50.

A. MENESGUEN, J.P. FLASSCH, J. NEDELEC - 1984 - Utilisation de l'analyse mathématique de la croissance dans la comparaison de diverses techniques d'élevage de la palourde - Oceanologica acta, 7(4), 499-507.

M. PELLIZZATO, L. DA ROS - 1981/84 - Allevamenti sperimentali di Ostrea, Crassostrea e Venerupis (Tapes), in Laguna di Venezia. Progetto Sviluppo Acquacoltura Nazionale, Sottoprogetto Molluschicoltura. Ministero Agricoltura e Foreste, Relazioni 1°, 2°, 3° anno di attività. pagg. 31; 68; 58.

M. PELLIZZATO, L. DA ROS - 1985 - Risultati acquisiti in molluschicoltura in seguito ad attività di ricerca e sperimentazione. Allevamento della vongola verace - Ambiente, Risorse, Salute, 41-42, 42-43.

M. PELLIZZATO, L. DA ROS, A. RENZONI - 1983 - Acclimazione in Laguna di Venezia di Crassostre gigas (Thunberg) proveniente da schiuditoio - Quaderni dell'Istituto Brunelli, 3(2), 81-94.

M. PELLIZZATO, C. NANNI - 1984 - Prove di allevamento di molluschi bivalvi in Valle Bonello (Porto Tolle, Ro) - Rapp. Tecn. E.S.A.V. - CO.S.P.A.V., pagg. 8.

M. PELLIZZATO, E. SORDELLI, C. NANNI - 1985 - Semine di molluschi bivalvi effettuate in Valle Bonello (Porto Tolle, Ro) -Rapp. Tecn. E.S.A.V. - CO.S.P. A.V., pagg. 16.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	403-410	1986

ANALISI DELLA VARIABILITÀ GENETICA DEL BRANZINO (Dicentrarchus labrax L.) APPLICATA ALL' ACQUICOLTURA.

Massimiliano Cervelli

C.N.R. - Istituto di Biologia del Mare - Venezia.

Keywords: Aquaculture; Dicentrarchus labrax; Enzymatic polymorphism; Genetic variability.

ABSTRACT - More than 20 enzyme systems of D. labrax in three samples from the italian coasts and two samples of induced spawning are analyzed with electrophoresis.

RIASSUNTO

Sono stati raccolti campioni di avannotti di tre popolazioni naturali di D. labrax delle coste italiane (Alto Adriatico, Sicilia, Toscana) e due campioni provenienti da un impianto di riproduzione artificiale (SIRAP di Pellestrina-Venezia). Su di essi sono stati esaminati oltre 20 sistemi enzimatici per un totale di una quarantina di loci.

Le popolazioni naturali hanno rivelato una variabilità molto ridotta, con valori di eterozigosi media di 0,003-0,005, e si sono mostrate omogenee tra di loro. Nei campioni di origine artificiale sono stati riscontrati valori di eterozigosi media più alti (0,012-0,013), però dovuti ad un numero molto ristretto di loci polimorfi.

Vengono discusse le prospettive per l'acquicoltura che sono messe in evi¬ denza dalla situazione genetica propria di questa specie.

SUMMARY

More than 20 enzyme systems in D. labrax of three populations from the italian coasts (Adriatic, Sicily, Tuscany) and of two stocks of induced spawning (SIRAP farm, Pellestrina-Venice), were analyzed with starch gel electrophoresis. The natural populations showed a very low degree of genetic variability and were very similar; the farm's samples were more variable, but only in few loci (PGM-2,SOD,GOT-1). The results and the

Lavoro eseguito con un contributo del C.N.R. nell'ambito del P.F. IPRA Sottoprogetto 1. Pubblicazione N° 1191.

implications in aquaculture are discussed.

INTRODUZIONE

Nell'ambito del P.F. IPRA è stato avviato da alcuni anni un programma di ricerca che si occupa dello studio di organismi utilizzati o utilizzabili nelle pratiche di acquicoltura, per sviluppare il grado di conoscenza che si ha delle loro caratteristiche biologiche. Tra le altre specie è stato ritenuto interessante, per via del suo alto pregio commerciale, il branzino che già viene usato nella vallicoltura estensiva e, negli impianti più avanzati, in allevamento intensivo in vasche artificiali. Su questo pesce si è iniziato uno studio delle caratteristiche genetiche tramite l'elettroforesi orizzontale su gel di alcuni sistemi enzimatici; dai dati ottenibili con questo metodo è possibile avere una stima della variabilità genetica caratteristica della specie, ed eventualmente fare un confronto con quella di altre specie ittiche già studiate sotto questo punto di vista.

Oltre a queste informazioni di carattere generale, l'elettroforesi delle proteine offre altre possibilità particolari; infatti è possibile individuare all'interno di uno stesso locus delle varianti alleliche che si prestino alla funzione di marcatori e, tramite questi, distinguere nelle popolazioni ittiche naturali l'esistenza di stock separati tra loro, con frequenze alleliche diverse o addirittura caratterizzati dalla fissazione di alleli differenti (Cross e Payne, 1978). Per specifici loci Mork e Sundness (1985) indicano anche la possibilità di riconoscere le diverse classi di età all'interno di una stessa popolazione.

La capacità di riconoscere genotipi diversi in una specie è un'utile guida nello sperimentare incroci ed ibridazioni per ottenere miglioramenti nella resa degli stock di allevamento; inoltre delle varianti alleliche permettono di marcare in modo indolore e permanente ceppi diversi da utilizzare in ambienti sperimentali comuni.

In questa ricerca verranno esaminati dei campioni di popolazioni provenienti da zone diverse delle coste italiane per verificare se vi sono differenze genetiche tra di esse. Questi campioni verranno poi confrontati con altri di stock ottenuti con la riproduzione artificiale, allo scopo di rilevare se essa può indurre modificazioni a livello genetico nel novellame prodotto industrialmente per l'allevamento.

MATERIALI E METODI

Sono stati esaminati tre campioni di origine naturale di zone geografiche diverse (delta del Po, costa meridionale della Sicilia, costa toscana) e due campioni, di anni diversi, provenienti da stock ottenuti con la riproduzione dalla SIRAP di Pellestrina-Venezia. Gli individui erano in tutti i casi avannotti di circa 50-60 giorni di età.

Di ogni avannotto è stato ottenuto l'omogenato totale che è stato utilizzato con le tecniche già descritte da Cervelli e coll. (1985). Nella Tabella 1 sono riassunti i sistemi enzimatici studiati con relative abbreviazioni, tampone usato, loci individuati, repliche analizzate per ogni campione. Tutte le corse elettroforetiche sono state eseguite deponendo i campioni all'ano-

TABELLA 1 - Sistemi enzimatici studiati con relative abbreviazioni, loci individuati, sistemi di tampone usati e numero di repliche per ogni campione. (Tampone B = elettrodo: Acido Borico 0,16 M, Tris 0,23 M, EDTA 0,03 M; gel: la stessa soluzione diluita 1/10. Tampone C = elettrodo: Acido Citrico 0,04 M, Tris 0,14 M, EDTA 0,01 M; gel: la stessa soluzione diluita 1/15.)

Sistemi enzimatici	Loci	Tamp.	N° individui				
			GORO	SIC.	TOSC.	S-84	S-85
ADH - Alcool deidrogenasi	1	C	40	40	26	112	30
AK - Adenilato chinasi	1	B	40	30	40	97	30
ALD - Aldolasi	1	C	20	20	20	107	30
CK - Creatina-P chinasi	3	B	30	50	36	112	40
ES - Esterasi	3	B	50	40	76	92	50
FH - Fumarasi	1	B	60	80	56	92	70
GAPDH - Gliceraldeide-3P deidrogenasi	1	C	40	50	46	107	40
Gd - Glucosio-6P deidrogenasi	2	C	30	40	36	52	30
GLUD - Glutammato deidrogenasi	1	C	40	50	40	--	30
GOT - Glutammato-ossalacetato transaminasi	3	C	80	50	66	112	40
GPD - a-Glicerofosfato deidrogenasi	2	C	80	90	72	112	80
GPI - Glucosio-P isomerasi	2	C	80	90	62	112	50
HK - Esochinasi	2	C	20	50	40	40	50
ICD - Isocitrato deidrogenasi	2	C	80	60	72	112	60
LAP - Leucino-amino peptidasi	1	B	30	20	20	--	10
LDH - Lattato deidrogenasi	3	C	80	90	82	112	60
MDH - Malato deidrogenasi	2	C	50	70	52	112	60
ME - Enzima malico	1	B	60	50	36	112	40
MPI - Mannosio-6P isomerasi	1	B	60	40	52	87	60
PEP - Aminopeptidasi	1	B	20	50	36	63	50
PGD - 6P-Gluconato deidrogenasi	2	C	40	50	46	112	40
PGM - Fosfoglucomutasi	2	B	80	90	86	112	80
SOD - Superossido dismutasi	1	B	60	30	46	60	20

do e facendoli trasferire verso il catodo; quindi le maggiori o minori velocità che verranno riferite corrispondono ad un maggiore o minore spostamento verso il catodo. Le colorazioni specifiche per i diversi enzimi sono state eseguite secondo le ricette illustrate da Shaw e Prasad (1970), ma portandole a pH 8,0 tranne che per ES e PEP, colorate a pH 7,2.

DISCUSSIONE

Dalle cifre esposte nella Tabella 2 si può notare che vi è una netta separazione dei valori di eterozigosi osservata media tra i campioni di bran-

TABELLA 2 - Quadro riassuntivo del numero di sistemi enzimatici, loci polimorfi, rapporto di alleli per locus, del grado di polimorfismo (% loci polimorfi), dell'eterozigosi osservata media Ho (± errore standard) trovati in D. labrax.

	GORO	SICILIA	TOSCANA	S-84	S-85
N° sistemi	23	23	23	21	23
N° loci	39	39	39	37	39
Loci polimorfi	4	5	2	2	1
% loci polimorfi	10,26	12,82	5,13	5,40	2,56
N° alleli	43	44	42	39	40
Alleli/locus	1,10	1,13	1,08	1,05	1,03
Eterozigosi osservata (e.s.)	0,005 (0,002)	0,005 (0,002)	0,002 (0,002)	0,013 (0,009)	0,012 (0,002)

zino di origine selvatica, che si mantengono ad una frequenza ampiamente inferiore a 0,01, e i campioni di riproduzione artificiale, che si mantengono invece al di sopra di questo livello, con frequenze più che doppie rispetto ai primi. Il contrario avviene per quanto riguarda il numero di loci variabili e quello degli alleli: l'incidenza maggiore si riscontra nei campioni naturali, e in particolare in quelli di Sicilia e di Goro. La ragione di ciò sta nel fatto che mentre negli stock artificiali vi è una discreta variabilità concentrata in pochi loci, nei campioni selvatici è implicato un numero maggiore di sistemi enzimatici, ma in ciascuno di essi la frequenza con cui compaiono le varianti alleliche è molto ridotta e, in generale, è vicina o addirittura inferiore al limite del polimorfismo (viene considerato polimorfo un locus dove l'allele più frequente non compare in più del 99% dei casi).

Qui di seguito vengono riportati i dati di variabilità genetica riscontrati nei diversi campioni; le frequenze alleliche e di eterozigosi osservata sono riassunte nella Tabella 3.

GORO. In questo campione sono stati evidenziati quattro loci polimorfi: il primo è costituito dal locus più spostato verso il catodo del sistema GOT dove oltre all'allele normale è stata trovata una variante più lenta. Un altro è il locus intermedio del sistema LDH, dove all'allele più frequente se ne aggiunge un altro elettroforeticamente più veloce. La stessa cosa avviene negli altri due loci: quello intermedio della PGM e nell'unico rinvenuto nell'enzima SOD.

SICILIA. In questo campione i loci che si possono considerare polimorfi sono cinque: nel locus più veloce della GOT vi è una variante allelica, caratterizzata da una velocità anodica più bassa rispetto all'allele principale, che sembra corrispondere a quella già trovata nel campione di Goro. Un allele raro lento è stato trovato anche nel secondo locus dello stesso sistema. Varianti più veloci dell'allele principale sono state trovate nel locus più lento della GPI, in quello intermedio della LDH e nel secondo della PGM; negli ultimi due casi gli alleli sembrano coincidere con quelli già descrit-

TABELLA 3 - Polimorfismi enzimatici di D. labrax dei vari campioni; Ho = eterozigosi osservata.

	GORO 85	SICILIA 85	TOSCANA 85	SIRAP 84	SIRAP 85
GOT - 1					
Allele 1	0,987	0,990	1,0	1,0	0,760
2	0,013	0,010			-
3	-	-			0,240
Ho	0,025	0,020			0,480
GOT - 2					
Allele 1	1,0	0,980	1,0	1,0	1,0
2		0,020			
Ho		0,040			
GPD - 2					
Allele 1		0,006			
2	1,0	0,994	1,0	1,0	1,0
Ho		0,011			
GPI - 1					
Allele 1		-	0,008		
2	1,0	0,994	0,992	1,0	1,0
3		0,006	-		
Ho		0,011	0,016		
GPI - 2					
Allele 1		0,011			
2	1,0	0,989	1,0	1,0	1,0
Ho		0,022			
LDH - 2					
Allele 1	0,031	0,011	0,012		
2	0,969	0,989	0,988	1,0	1,0
Ho	0,062	0,022	0,024		
PGM - 2					
Allele 1	0,031	0,028	0,028	0,125	
2	0,969	0,972	0,967	0,875	1,0
3	-	-	0,005	-	
Ho	0,062	0,055	0,067	0,250	
SOD					
Allele 1	0,017			0,108	
2	0,983	1,0	1,0	0,892	1,0
Ho	0,033			0,217	

ti per Goro. A questi loci se ne aggiungono altri due dove sono state trovate varianti alleliche con una frequenza insufficiente perchè possano essere

considerati polimorfi; sono il locus più lento della PGD e quello più veloce della GPI.

TOSCANA. Questa popolazione ha mostrato polimorfismo, sempre a bassi livelli, in due loci: il primo è il locus intermedio del sistema LDH dove è comparsa la stessa variante dei campioni di Goro e Sicilia; l'altro è il secondo locus della PGM dove, oltre all'allele principale più frequente comune a tutti i campioni, sono state trovate alcune varianti: una elettroforeticamente più veloce, corrispondente a quella di Goro e Sicilia, ed una più lenta senza corrispondente in nessun'altra popolazione. E' stato trovato inoltre un allele raro veloce nel primo locus della GPI; la sua frequenza, però, non è sufficiente per classificarlo come polimorfo.

SIRAP '84. Nel campione di uno stock di riproduzione artificiale ottenuto nello stabilimento della SIRAP nel 1984 sono stati rinvenuti solo due loci polimorfi, però la loro variabilità ha raggiunto livelli molto più elevati che nelle popolazioni naturali, come è dimostrato dalle eterozigosi osservate di 0,22-0,25. Il primo locus appartiene al sistema PGM ed è lo stesso che ha mostrato una leggera variabilità in tutti i campioni selvatici; anche in questo caso l'allele più frequente è lo stesso, e così pure il più raro e più veloce del precedente. L'altro locus variabile è quello della SOD, e in questo caso la variante trovata corrisponde a quella della popolazione di Goro.

SIRAP '85. Da uno stock riprodotto dalla SIRAP nel 1985 è stato tratto un campione nel quale è stato trovato un unico locus polimorfo che presenta, tuttavia, un livello di variabilità maggiore di qualsiasi locus degli altri campioni; la GOT-1 ha mostrato un grado di eterozigosi osservata di quasi 0,5 con due alleli. Il primo è il più veloce ed il più frequente nonchè comune a tutti i campioni; il secondo, caratterizzato da una velocità anodica inferiore, non coincide invece con quello, pur sempre lento, trovato nelle popolazioni naturali.

Data la situazione che è emersa, di bassa frequenza delle varianti alleliche nei campioni di origine naturale, e di discreto grado di eterozigosi nei loci polimorfi dei campioni di riproduzione artificiale, è stato ritenuto interessante saggiare statisticamente queste diverse situazioni per verificare il livello di significatività dei dati ottenuti. Tutti questi confronti sono stati fatti tramite il test G descritto da Sokal e Rohlf (1969).

L'analisi statistica dei campioni selvatici ha mostrato che tra di essi vi è una completa uniformità. In generale le frequenze dei loci variabili sono basse a tal punto che non si discostano significativamente dall'ipotesi di variabilità zero; fanno eccezione la PGM-2 in tutte le località e la LDH-2 di Goro, ma anche in questo caso non sono state trovate differenze tra i tre gruppi. Non sono state notate, inoltre, differenze tra le frequenze genotipiche osservate (omozigoti ed eterozigoti) e quelle attese in base all'equilibrio Hardy-Weinberg, nonchè tra eterozigosi osservate ed attese.

Molto diversa è la situazione nei loci degli stock artificiali che hanno mostrato polimorfismo. Tutti gli alleli che compaiono raggiungono percentuali rilevanti; d'altra parte le frequenze genotipiche osservate tendono a scostarsi da quelle attese, con carenza dell'omozigote dell'allele meno frequente; questo effetto risulta significativo in GOT-1 di SIRAP 85, mentre per la PGM-2 e la SOD di SIRAP 84 non raggiunge il livello di significatività. In realtà il binomio di Hardy-Weinberg è valido per popolazioni vaste e panmit-

tiche; se negli stock esaminati la variante allelica è indotta in forma di eterozigote da uno solo di due o quattro genitori, come nel nostro caso, la mancanza di un certo tipo di omozigote è logica.

Per finire, il confronto tra i due campioni artificiali ha evidenziato differenze altamente significative tra i due per tutti i loci polimorfi ($P<0,005$ sia per GOT-1 che PGM-2 e SOD); inoltre entrambi sono risultati diversi per i medesimi loci dal gruppo di campioni naturali ($P<0,005$ in tutti).

CONCLUSIONI

Il basso grado di eterozigosi media riportato in Tabella 2 indica una notevole uniformità genetica all'interno di questa specie. Situazioni simili sembrano abbastanza diffuse tra i teleostei. In alcune sintesi sulla variabilità genetica dei pesci, calcolata sui loci enzimatici, viene riportato un livello medio di eterozigosi di 0,05-0,06 da Powell (1975), Smith e Fujio (1982), Nevo e coll. (1984). Questi stessi autori, però, riferiscono anche di un certo numero di specie la cui eterozigosi non supera il valore di 0,01: su 38 specie Powell (1975) ne indica oltre il 5% inferiori a tale limite; Smith e Fujio (1982) più del 13% su 89 specie; Nevo e coll. (1984) il 10% su 183.

Un livello di polimorfismo cosi basso, ha come effetto di rendere indifferenziabili le varie popolazioni. Dai campioni selvatici emerge quindi una sostanziale identità genetica nei loci analizzati in questo lavoro. I pochi casi in cui la variabilità supera la soglia della significatività, come è il caso della LDH-2 e della PGM-2, in tutti e tre i campioni si ritrovano gli stessi alleli rari, per cui non sarebbe possibile, coi dati tuttora in possesso, poter attribuire un eventuale campione di origini sconosciute a questa o a quella zona geografica; la situazione può suggerire quindi, due ipotesi: l'esistenza di una unica grande popolazione panmittica che occupa tutte le coste italiane, o che il tipo di marcatore genetico utilizzato non sia in realtà sufficiente a mettere in evidenza eventuali differenze.

Se viene a mancare la possibilità di distinguere, in questa specie, gli stock naturali col metodo dell'elettroforesi degli isoenzimi, i risultati dati dai campioni di riproduzione artificiale indicano l'esistenza di altre opportunità di lavoro nel campo dell'acquicoltura. In effetti il contrasto dei valori di eterozigosi osservati nei loci polimorfi dei campioni selvatici da una parte, e di allevamento dall'altra, dimostra che è possibile introdurre e portare ad alti livelli di frequenza, negli stock di allevamento, delle varianti alleliche che nelle popolazioni naturali sono rare, ottenendo dei ceppi marcati geneticamente e facilmente riconoscibili tramite elettroforesi.

Un'altra eventualità è quella di cercare di introdurre le varianti alleliche trovate in natura in tutti i loci possibili aumentando così artificialmente il grado di eterozigosi, non solo nei loci enzimatici, ma anche eventualmente in altri loci strettamente concatenati ad essi. Ovviamente per fare questo è prima necessario verificare che le varianti alleliche introdotte non abbiano un'influenza selettivamente negativa sulla fitness degli stock che si vogliono produrre. In questo modo si può cercare di ottenere un effetto di eterosi negli stock resi eterozigoti, come è già stato dimostrato per altri organismi oggetto di acquicoltura (Garthwaite e coll., 1985).

Per ultimo resta sempre la possibilità che cercando in zone geografiche

distanti da quelle studiate, si possano rinvenire popolazioni con caratteristiche genetiche diverse e quindi si possano tentare ibridazioni tra ceppi naturali.

BIBLIOGRAFIA

M. CERVELLI, A. COMPARINI, G. FAVA, E. RODINO' - 1985 - Prime ricerche di genetica biochimica applicate all'acquacoltura di Orata (Sparus aurata L.) - Oebalia, 9, N.S., 49-58.

T.F. CROSS, R.H. PAYNE - 1978 - Geographic variation in Atlantic cod, Gadus morhua, off eastern North America: a biochemical systematics approach - J. Fish. Res. Bd Can., 35., 117-123.

R.L. GARTHWAITE, D. WALSH, S. TABIN -1985 - Leucine aminopeptidase specific differential growth rate in hatchery reared Mercenaria mercenaria - Biol. Bull., 169, 535.

J. MORK, G. SUNDNESS - 1985 - Haemoglobin polymorphism in Atlantic cod (Gadus morhua): Allele frequency variation between yearclasses in a Norwegian fijord stock - Helgolander Meeresunters., 39, 55-62.

E. NEVO, A. BEILES, R. BEN-SHLOMO - 1984 - The evolutionary significance of genetic diversity: ecological, demographic and life history correlates. - Evolutionary dynamics of genetic diversity, G.S. Mani Ed., Lecture notes in biomathematics, 53, 13-213.

J.R. POWELL - 1975 - Protein variation in natural populations of animals - Evol. Biol., 8, 79-119.

C.R. SHAW, R. PRASAD - 1970 - Starch gel electrophoresis of enzymes. A compilation of recipes. - Biochem. Genet., 4, 297-320.

P.J. SMITH, Y. FUJIO - 1982 - Genetic variation in marine teleosts: high variability in habitat specialists and low variability in habitat generalists - Mar. Biol., 69, 7-20.

R.R. SOKAL, F.J. ROHLF - 1969 - Biometry - W.H. Freeman & C., San Francisco, 776 pp.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	411-419	1986

L'ECONOMIA IN ACQUACOLTURA: CONSIDERAZIONI DI ECONOMIA AZIENDALE E SETTORIALE.

C. Iandoli*, M. Saroglia**, P. Arata*.

* I.C.R.A.P., Roma; ** ENEL-CRTN Stazione Sperimentale per l'acquacoltura termica di Torre Valdaliga - Civitavecchia.

Key-words: aquaculture, fixed costs, variable costs.

ABSTRACT - The importance of economy in aquaculture is shown with cost analisys of fish-farming and cost-benefit analyses of economy as a whole.

RIASSUNTO

L'economia dell'acquacoltura può essere analizzata sotto un duplice aspetto: aziendale e settoriale. L'aspetto aziendale, che ha per oggetto la singola impresa, la sua gestione ed i fattori influenzanti l'efficienza delle operazioni, analizza i costi di investimento e di esercizio di un singolo impianto, rapportandoli alla produzione ed ai ricavi ed evidenziandone gli eventuali aspetti critici. Nel testo è riportata l'analisi dei costi di investimento e di esercizio di un singolo impianto, l'individuazione della quantità ottimale di mangime da impiegare in un impianto di acquacoltura, l'andamento dei costi totali di produzione correlati all'aumentare della dimensione dell'impianto. L'aspetto settoriale analizza invece l'impatto dei costi e benefici sociali di un progetto di acquacoltura, correlandoli anche agli altri settori dell'economia. Nel testo si intende sottolineare l'importanza della ricerca economica in acquacoltura, sia sotto l'aspetto aziendale che settoriale.

SUMMARY

The economy in aquaculture is rewieved on two levels: firm and sectoral level. The first aspect deals mainly with the management measures and elements affecting the efficiency of operation at the farm level, while the second aspect addresses the assessment of social benefits and costs of an aquaculture project. The economic analyses provides a basis not only in the decision making of the individual farmer, but also in the formulation of aquaculture policies.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni l'importanza dell'acquacoltura nel nostro Paese si è notevolmente accresciuta per una serie di motivi, tra cui la necessità di adeguare l'offerta di pesce all'incremento di domanda verificatosi nella popolazione italiana. Tale incremento è in parte dovuto agli aumentati consumi, infatti il consumo annuale medio di pesce in Italia è passato dai 12 kg pro capite del 1979 ai 15 kg pro capite del 1985. D'altra parte la crisi che sta attraversando il settore della pesca a causa degli elevati costi di gestione e dell'allargamento della zona esclusiva di pesca da parte dei Paesi rivieraschi non permette di coprire i nuovi fabbisogni. Il conseguente aumento delle importazioni rende quindi necessario di adottare una politica

di incremento di offerta delle produzioni nazionali.

Prevedendo quindi, nel lungo periodo un ruolo sempre più importante dell'acquacoltura nell'approvvigionamento di prodotti ittici nel nostro Paese, si fa pressante l'esigenza di un'analisi economica, sia sotto il profilo settoriale che aziendale, col duplice fine di giungere ad una corretta programmazione del settore e disporre di informazioni precise per indirizzare le scelte tecnologiche dei singoli operatori.

A tal fine occorre sviluppare un'approfondita analisi del settore, sia in termini aziendali, ossia analizzando quella parte dell'economia che interessa l'azione economica dei singoli operatori, sia in termini settoriali, cioè studiando l'attività economica da un punto di vista globale, correlata anche agli settori dell'economia. Come possibile soluzione di tali problematiche l'ICRAP intende svolgere, nell'ambito del Piano Nazionale Acquacoltura, elaborato dallo stesso istituto, le seguenti ricerche economiche:

- individuazione delle aree, degli impianti, delle tipologie produttive, determinandone la produzione ottimale e quella potenziale;
- identificazione dei principali canali distributivi, della struttura commerciale, delle politiche di approvvigionamento;
- analisi del mercato nazionale e comunitario, con particolare riferimento alla domanda di pesce, a forme di segmentazione, all'impatto della stagionalità;
- analisi della produzione, della produttività dei vari fattori, delle tecniche adottate, dell'efficienza e redditività degli impianti e del comparto complessivo e trasposizione di questi elementi nella funzione dell'offerta;
- individuazione delle linee di intervento politico per razionalizzare gli investimenti, le scelte produttive, le strutture di mercato, l'orientamento dei consumatori nell'ambito delle possibilità e dei condizionamenti offerti dal contesto comunitario ed internazionale;
- indicazione dei parametri reddito-economici dell'acquacoltura al fine di una migliore razionalizzazione degli investimenti;
- creazione di una banca dati dove confluiscano le suddette informazioni, comprese quelle gestionali degli impianti al fine di determinare eventuali scostamenti ed orientare correttamente le scelte dei produttori.

ECONOMIA AZIENDALE

L'analisi economico-aziendale, che ha per oggetto la singola impresa, la sua gestione ed i fattori influenzanti l'efficienza delle operazioni, si propone di analizzare i costi di investimento e di produzione di un singolo impianto rapportandoli alla produzione ed ai ricavi, evidenziandone gli eventuali aspetti critici.

I costi di produzione possono essere suddivisi in costi fissi e costi variabili, intendendo per costi fissi quelli il cui ammontare non varia al variare della quantità prodotta e per costi variabili quelli che al contrario variano in funzione della suddetta quantità. Comunque, se visti nel lungo periodo, anche i costi fissi possono essere considerati variabili, mentre nel breve periodo il produttore deve affrontare costi che sono indipendenti dall'ammontare della produzione.

Esempi di costi fissi sono l'interesse sul capitale preso in prestito sia per costruire l'impianto che per finanziare il capitale circolante necessario alla copertura delle spese di esercizio; l'acquisto o l'affitto del terreno; il deprezzamento del capitale.

Un esempio di costi variabili è il costo dei mangimi, dove il costo per unità di prodotto dipende dal prezzo unitario del mangime e dal fattore di conversione in carne degli stessi (F.C.). Quindi, per ridurre il costo del mangime occorre migliorare la resa di conversione o ridurre il prezzo unitario.

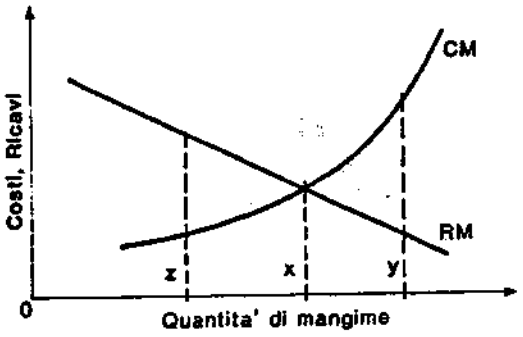


Fig. 1 - Individuazione della quantità ottimale di un fattore produttivo da impiegare in un impianto di acquacoltura: il caso del mangime

CM = costo marginale del mangime

RM = ricavo marginale del mangime

Il F.C. ha uh ruolo molto importante nell'insieme dei costi di produzione; esso dipende principalmente dalla specie allevata, dall'età degli animali in ingrasso, dal tasso di densità, dalla temperatura e dalla quantità di cibo a disposizione. Un'elevata densità può ridurre oltre il tasso di sopravvivenza, anche l'efficienza della conversione in carne, il che implica in entrambi i casi un aumento dei costi. Al contrario, nel caso di un basso tasso di densità, si può avere uno spreco di mangime oltre che di spazio produttivo. Il F.C. può essere quindi migliorato eliminando lo spreco o migliorando la qualità dei mangimi stessi, quando questo è possibile.

Nella Fig.l riportiamo l'individuazione della quantità ottimale di mangime da impiegare in un impianto di acquacoltura. Sul grafico sono riportate la curva del costo marginale (CM) e quella del ricavo marginale (RM), ottenibile da una maggiore produzione derivante a sua volta da una maggiore quantità di mangime impiegato. Il CM presenta un andamento positivo, mentre il RM decresce dal momento che un'ulteriore quantità di cibo aumenterà la produzione ma ad un tasso via via inferiore. Quindi la quantità ottimale di mangime corrisponderà al punto X, dove CM = RM. Anche una scelta diversa porterà automaticamente il produttore nel punto X. Ad esempio, nel punto Y, il CM supera il RM, quindi i profitti totali potranno essere aumentati diminuendo la quantità di mangime, almeno per il contributo specifico che tale fattore può dare; al contrario, in corrispondenza del punto Z, l'offerta di mangime dovrà essere aumentata.

La determinazione del punto ottimale comunque presenta qualche problema in quanto, sebbene il CM possa essere più facilmente determinato rispetto al RM, l'esatta determinazione di quest'ultimo sarà influenzata dalla natura del mercato del prodotto finale; la domanda di mangime è infatti di tipo derivata poichè dipende dalla domanda di mercato della specie allevata.

Un altro costo variabile è rappresentato dal materiale da semina, uova embrionate e/o avannotti. Tale costo incide in modo rilevante sui costi di produzione, tranne nel caso in cui sia possibile la riproduzione artificiale presso lo stesso impianto di ingrasso. L'integrazione verticale permetterebbe infatti di produrre ad un costo inferiore rispetto a quello di mercato e di assicurare allo stesso impianto sicurezza nella quantità e qualità

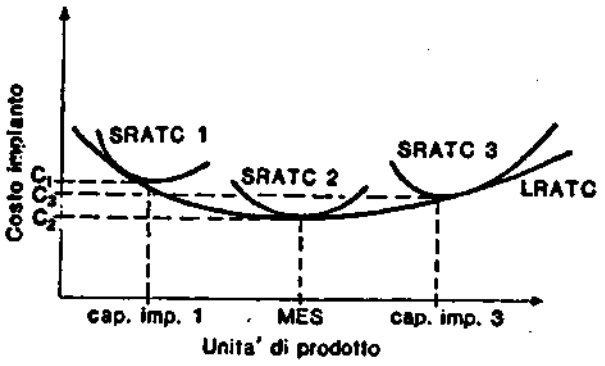


Fig. 2 · Curve di costo nel breve e nel lungo periodo

LRATC = curva dei costi di lungo periodo

SRATC = curva dei costi di breve periodo

MES = minimum efficiency scale

degli approvvigionamenti del materiale da semina.

Il costo del lavoro incide maggiormente nei sistemi a bassa intensità di capitale. La scelta del produttore tra un sistema ad alta intensità di capitale o di lavoro, dipenderà anche dai relativi prezzi dei fattori coinvolti.

I costi dell'energia variano in funzione del sistema impiegato; tale costo è molto alto nel sistema intensivo, dove occorre pompare grandi volumi di acqua nell'impianto e si rende necessario mantenere in esercizio impianti per l'ossigenazione artificiale.

In questo studio, a titolo di esempio è stato considerato un impianto avente una determinata dimensione che presenta quindi una data serie di costi fissi; dal momento che la dimensione può essere cambiata nel tempo, tutti i costi possono a loro volta diventare variabili nel lungo periodo. Ci si chiede pertanto cosa succede ai costi totali di produzione, in particolare se essi diminuiranno all'aumentare della dimensione dell'impianto (economie di scala) o se tenderanno ad aumentare oltre tale dimensione (diseconomie di scala).

Le economie di scala tendono a ridurre i costi unitari di un impianto di maggiore dimensione rispetto ad uno di dimensione inferiore. Se sono rilevanti esse implicano un forte investimento iniziale di capitale che costituisce un disincentivo all'entrata nel mercato di potenziali nuovi produttori. Esse inoltre riducono l'incidenza dei costi: quello inerente la costruzione, quello del lavoro, sebbene il costo totale del lavoro aumenti, quello del mangime ecc.

Rappresentando graficamente quanto sopra detto, l'andamento della curva dei costi di lungo periodo (Long Run Average Total Cost, LRATC) indica che le economie di scala sono presenti solo ad una determinata dimensione dell'impianto, provocando un ribasso dei costi medi totali mentre, superata una certa dimensione, gli effetti saranno annullati dalle diseconomie di scala che, al contrario, generano un aumento dei costi.

Nella figura 2 la curva dei costi di breve periodo (Short Run Average Total Cost, SRATC) presenta un livello dei costi totali C2 che è inferiore sia a SRATC1 (Cl) che a SRATC3 (C3). Supponendo di incrementare la dimensione dell'impianto, la curva LRATC rappresenta la produzione al minimo costo

a diversi livelli di prodotto. In presenza di economie di scala la suddetta curva diminuisce, mentre aumenterà nel caso di diseconomie di scala. La dimensione ottimale dell'impianto è rappresentata da SRATC2 il cui incontro con la LRATC determina il più basso livello di costo raggiungibile (Minimum Efficiency Scale, MES). Altre soluzioni sono subottimali: la SRATC1 presenta infatti un livello di costo Cl maggiore di C2 a livelli inferiori di dimensione dell'impianto; la SRATC3 genera un costo C3 anch'esso superiore a C2 in presenza di un'elevata dimensione. Quindi nel primo caso l'aumento della dimensione genera un ribasso dei costi; nel secondo l'effetto delle diseconomie può essere annullato riducendo la dimensione dell'impianto.

L'integrazione verticale di un impianto, tramite la produzione autonoma di mangime e avannotti, fino alla distribuzione e al marketing del prodotto finito, permetterebbe al produttore di non dipendere per tali forniture dal mercato esterno e di abbassare quindi i costi di produzione e di vendita, nel caso in cui il prezzo dell'approvvigionamento dei fattori di produzione risulti maggiore del costo di produzione interno. Mediante l'integrazione verticale è infatti possibile un flusso di produzione di maggiore dimensione, da ciò i costi per unità di prodotto possono ridursi in misura significativa.

Per quanto riguarda la scelta del sistema di allevamento, intensivo, semintensivo od estensivo, esso dipende dalla disponibilità e dal costo del lavoro, del capitale, del terreno e dell'acqua. La tecnologia in estensivo è impiegata preferibilmente in luoghi dove vi è disponibilità di grandi spazi e di acqua e disponibilità limitate di capitale. Nelle zone dove il terreno ed il lavoro hanno un costo più alto rispetto al capitale è di solito preferita la tecnologia in intensivo, più sofisticata, che consente di raggiungere economie di produzione allevando un numero maggiore di animali in minor spazio e tempo e usando più inputs, ma solo se i ricavi marginali superano i costi marginali.

Un altro aspetto da considerare è quello dei problemi che ostacolano l'entrata nel mercato dell'acquacoltura, dovuti a continue cadute di prezzi; quindi il potenziale allevatore deve prevedere una dimensione dell'impianto tale da adeguare i costi a nuovi e meno remunerativi livelli di ricavi. Le dimensioni dell'impianto risultano quindi di vasta scala e con ingente investimento di capitali. E' inoltre necessario un alto tasso di recupero per superare i problemi di variabilità del mercato ed operativi. Il problema scaturisce dal fatto che, essendo il "pay-back period" abbastanza lungo, ossia necessitano alcuni anni di produzione per recuperare l'investimento previsto, verranno contemporaneamente a sommarsi in tale periodo problemi di "cash-flow" che dovranno essere previsti ed affrontati.

Potendo alimentare l'impianto con acqua a regime termico incrementato, come ad esempio impiegando acqua di raffreddamento di centrali termoelettriche o quelle di sorgenti naturali, la crescita del pesce viene accelerata, e conseguente riduzione del pay-back period. Riportiamo a tale proposito nella tabella I i costi relativi ad un impianto di acquacoltura termica e di un impianto alimentato con acqua a temperatura naturale per l'allevamento della spigola. Le considerazioni economiche sono state formulate considerando un impianto tipo di piscicoltura marina con vasche in terra riportata o scavata, rivestite da teli il poliestere, di 1-2 ha di superficie netta per un impegno di 2-3 ha di superficie lorda di terreno. Si considerano trascurabili i costi del terreno nell'ipotesi di uno sfruttamento di zone marginali o comunque non altrimenti utilizzabili. I dati sono estrapolati dai risultati ottenuti presso la Stazione di Torre Valdaliga, che opera come impianto pilota utilizzando le acque calde di raffreddamento di una centrale termoelettrica.

Dai dati riportati emerge che la soluzione con impiego di acqua calda

Tab. 1: costi relativi ad un impianto di acquacoltura termica e di un impianto alimentato con acqua a temperatura naturale.
La cifre sono espresse in Lire 10^6 per ettaro netto di impianto.

	REGIME TERMICO			
	Naturale		Incrementato	
COSTI				
Investimento				
- realizzazione impianto	1600		1600	
- opere pompaggio e derivazione acqua	400		800	
Esercizio				
- energia elettrica	80		120	
- personale	150		180	
- avannotti	90		120	
- mangime	252		420	
- ammortamento	200		240	
- altri costi	30		35	
RICAVI		*		*
P.L.V. (quantità x prezzo)	1200	960	2000	1600
utile	398	158	885	485
cash-flow (ammort. + utile)	598	358	1125	725
INDICI DI BILANCIO				
redditività investimento (utile/investimento)	0.20	0.08	0.36	0.20
redditività gestione (utile/P.L.V.)	0.33	0.16	0.44	0.30
pay-back period (invest./cash-flow)	3.3	5.5	2.1	3.3
rotazione capitale (P.L.V./invest.)	0.6	0.48	0.8	0.6

* a titolo cautelativo viene considerata l'ipotesi di una perdita di produzione del 20% dovuta ad incidenti tecnici che si venissero a verificare durante il ciclo produttivo. Tale fattore di rischio potrà venire ridotto con l'ulteriore miglioramento delle tecnologie di allevamento, dei materiali e con l'introduzione di automatismi di sicurezza.

comporta un utile annuo che va dal 20% al 36% del capitale investito rispetto all'8% - 20% della soluzione convenzionale; inoltre, essendo il pay-back period della prima ipotesi più breve della soluzione con acqua a temperatura naturale, il primo tipo di investimento ricrea più rapidamente la liquidità sottratta e procura in un tempo più breve il ritorno dei capitali impegnati: questi, riconvertendosi più rapidamente in denaro liquido permettono di far fronte alle continue necessità di esborsi monetari evitando insoluti e rendendo inutile il ricorso ad onerose forme di indebitamento. I maggiori costi di investimento riportati nell'esempio per un impianto di acquacoltura termica, sono dovuti alla necessità di predisporre 2 opere di presa, una per l'acqua a temperatura naturale e una per l'acqua riscaldata. Questa soluzione, oltre a permettere di abbreviare il ciclo di produzione del pesce allevato, consente un maggior caricamento nelle vasche, con conseguente maggiore produttività per unità di superficie attrezzata; il maggiore consumo di energia elettrica è quindi compensato dall'incremento di produzione. In entrambi i casi, a scopo cautelativo, si è considerato un prezzo di vendita

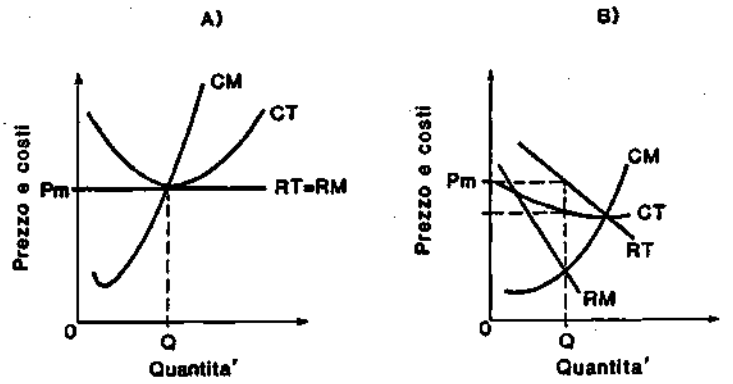


Fig. 3 - Struttura del mercato: a) libera concorrenza perfetta
b) monopolio

CM Costi marginali
RM Ricavi marginali
CT Costi totali
RT Ricavi totali
pm prezzo di mercato

del pesce di £. 20.000 kg., contro un ben più elevato prezzo attuale di mercato, al fine di tenere presenti possibili variazioni del mercato stesso; è stata anche considerata l'ipotesi di una perdita di produzione del 20%, dovuta ad incidenti tecnici durante il ciclo produttivo.

Alcuni limiti all'entrata nel mercato possono essere rappresentati dal controllo sul prodotto esercitato dalle imprese già esistenti, dalla necessità di acquisire un notevole know-how, dall'esistenza di economie di scala e dalla conseguente necessità di affrontare costi iniziali di investimento. Al contrario vi sono poi alcuni fattori che, riducendo l'offerta di tali limiti, facilitano l'entrata nel mercato di nuovi allevatori: ad esempio una crescita della domanda o un cambiamento di tecnologia. A tal riguardo, il Governo e le Amministrazioni pubbliche potrebbero intervenire con una politica di basso costo del denaro, o con finanziamenti a tassi agevolati specifici del settore, oppure controllando essi stessi l'offerta di novellame. Tale ultimo intervento offrirebbe tra l'altro il vantaggio di evitare il monopolio di un solo produttore che, provocando intenzionalmente una scarsa reperibilità e/o un alto costo del prodotto, verrebbe a creare un collo di bottiglia che blocca lo sviluppo di nuove imprese e limita la produzione di quelle già esistenti. Per giustificare un intervento governativo o della Pubblica Amministrazione, un progetto di investimento basato esclusivamente su criteri aziendali può non essere soddisfacente. Esso pertanto dovrebbe essere inquadrato in una più ampia visione settoriale, tenendo conto anche dell'analisi dei costi e benefici sociali che essa comporta.

Nella figura 3 è rappresentata graficamente la situazione di monopolio paragonabile ad esempio a quella verificatasi negli scorsi anni in Italia nel settore del novellame di anguilla (Accademia It. Anguilla: informazione non pubblicata). La conseguenza più evidente è la determinazione di un costo maggiore rispetto a quello che verrebbe a determinarsi in una situazione di concorrenza perfetta.

La libera concorrenza perfetta è caratterizzata dall'inesistenza di limiti all'entrata nel settore da parte di nuovi produttori e dall'impossibilità dell'imprenditore di variare il prezzo di vendita in quanto questo è determinato dall'interazione della curva di domanda e di offerta. Il ricavo unitario sarà quindi costante ed uguale al prezzo di mercato, mentre la quantità di prodotto sarà determinata dalla relazione tra quest'ultimo e la curva dei costi (fig. 3a). Il profitto massimo si ha nel punto dove CM = RM, ma siccome RM = pm (prezzo di mercato), la quantità prodotta è determinata da CM = RM = pm. Egli guadagna quindi solo un prezzo "normale", necessario alla remunerazione dei fattori produttivi; se guadagna di meno dovrà abbandonare la sua attività; se, al contrario, ha un "extra" profitto, questo attirerà l'entrata di nuovi produttori, la cui attività riporterà automaticamente il profitto ad un livello normale. Nel caso del monopolio invece, vi è invece vi 7 un unico produttore che ha la possibilità di variare il prezzo di vendita sia direttamente che indirettamente, cioè mediante variazioni della quantità offerta; egli può però fissare o il prezzo o il prezzo o la quantità da vendere, ma non entrambi. La domanda sarà perciò determinata indirettamente dai consumatori, come risultato delle loro singole scelte. Il monopolista fisserà quindi un prezzo di mercato maggiore di quello che si verrebbe a determinare automaticamente nel caso della concorrenza perfetta. Egli perciò, per massimizzare il profitto, lavorerà mantenendo CM = RM, determinando conseguentemente pm (fig. 3b).

ECONOMIA SETTORIALE

Considerando gli aspetti settoriali, intendiamo riferirci ad una data economia considerata come un tutto, e non alle sue singole parti, includendo sia gli effetti diretti o primari che indiretti o secondari, ossia quelli a carico di altri settori dell'economia. Le possibili "esternalità" di un progetto devono essere considerate quando esso può alterare i costi di altri produttori. Ad esempio, l'incremento dell'acquacoltura può contribuire a risolvere il problema del fabbisogno alimentare e creare occupazione, ma potrebbe anche essere in contrasto con altre attività economiche come l'agricoltura e la pesca o con altre forme di gestione del territorio. Quando esiste la possibilità di tali conflitti sorge la necessità di una comparazione dei costi e benefici a livello sociale. In tale modo vengono enucleati i fattori che devono essere presi in considerazione nell'effettuare determinate scelte economiche. In generale, al concetto di ricavo per l'impresa privata, si sostituisce in questo caso il concetto di beneficio sociale ed al semplice concetto di costo, il concetto costo-opportunità, ossia di valore sociale a cui si rinuncia con il destinare le risorse verso una progettata attività economica. In luogo del profitto infine, viene sostituito il concetto di eccedenza di beneficio sociale sul costo. Un aspetto da considerare è quello della scelta dei prezzi da adottare per la valutazione dei costi e dei benefici suscettibili di essere espressi in termini monetari. L'imperfezione spesso crea una divergenza tra il reale valore del prodotto ed il reale costo degli inputs. Di conseguenza, nell'analisi costi-benefici è usato un "prezzo ombra" che corrisponde in linea di massima al prezzo che potrebbe verificarsi sul mercato se non sussistessero squilibri nella sua dinamica di funziona mento, a volte per beni non facilmente monetizzabili tramite una indicazione di carattere politico. Il calcolo figurativo di tale prezzo tende a determinare decisioni di investimento o di programmazione in cui la combinazione dei fattori avvenga in modo più coerente ai loro effettivi rapporti di scarsità, peraltro non sempre adeguatamente segnalati dai prezzi di mercato.

La ricerca economica dell'acquacoltura ha quindi un ruolo molto importante nello sviluppo razionale della stessa. Essa fornisce un supporto non solo alle decisioni degli allevatori-imprenditori, ma anche alla formulazio-

ne di una politica pubblica, che abbia come scopo primario uno sviluppo razionale del settore in modo da ridurre tra l'altro la dipendenza del Paese in tema di approvigionamento alimentare. Maggiore attenzione deve essere per ciò rivolta al miglioramento del rilevamento ed elaborazione dei dati economici, sia sotto l'aspetto aziendalistico, condizione necessaria nell'interesse dell'imprenditore per una corretta gestione economica; sia sotto l'aspetto settoriale, per orientare correttamente le scelte dei responsabili di Governo e degli Enti preposti alla programmazione del settore.

BIBLIOGRAFIA

S.CUNNINGHAM, M.R.DUNN, D. WHITMARSH - 1985 - Fisheries economics: an introduction - Mansell Publishing Limited London.
M.DE BENEDICTIS, V. COSENTINO - 1979 - Economia dell'azienda agraria; Mulino.
G. LO MARTIRE - 1984 - Investimenti aziendali - Buffetti.
Y.C. SHANG - 1981 - Aquaculture economics: basic concepts and method of analysis - London: Croom Helm.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	421-429	1986

GESTIONE DI UN MODULO COMMERCIALE PER LA PRODUZIONE DI UOVA EMBRIONATE DI SPIGOLA (Dicentrarchus labrax)

M. Saroglia*, E. Ingle**, C. Iandoli**, P. Arata**.

* ENEL-CRTN Stazione Sperimentale per L'Acquacoltura Termica di TOR-re Valdaliga - Civitavecchia.

** I.C.R.A.P. , Roma.

Parole chiave: RIPRODUZIONE ARTIFICIALE, EMISSIONE DI UOVA, ANALISI ECONOMICA.

Riassunto

E' stato allestito un modulo per la produzione di 30 milioni/anno di uova embrionate di spigola. Nella primavera 1984, sono stati introdotti 180 riproduttori di spigola in una vasca circolare da 170 m^3 con un rapporto sessi 2:1 a favore dei maschi éd una biomassa totale di circa 300 Kg. Nel testo sono riportati i principali parametri gestionali e ambienta; li con le deposizioni spontanee delle uova. Durante il periodo compreso tra il Gennaio 1985 ed il marzo dello stesso anno sono state registrate almeno 45 emissioni spontanee di uova per un totale di oltre 45 Kg , di cui il 70% sono risultate viabili. Durante il ciclo riproduttivo successivo, dal dicembre 1985 fino al 27 marzo 1986, sono state registrate almeno 52 emissioni spontanee, per un totale di oltre 42 Kg. di uova, di cui il 76% sono risultate viabili. Sulla base di tali risultati si è valutato tentativamente il costo di produzione delle uova embrionate di spigola. Sono state inoltre ricercate le eventuali correlazioni tra variazioni dei fattori ambientali con la frequenza ed entità delle emissioni spontanee.

Summary

It has been carried out a model to produce 30 milions/year sea-bass embryonic eggs. During spring 1984, 180 broodstock fish have been stalled in a circle basin of 170 m^3 with a relation male/female 2:1 and a total biomass of 300 Kg. The main managing and environmental parameters with data related to spontaneous deposition have been reported on the test. During January and march 1985 more than 45 spontaneous spawning have been observed with a total of 45Kg. eggs, of wich 70% did hatch. From December 1985 until 27th march 1986 more than 52 spontaneous spawning have been observed, corresponding to 42Kg. eggs, 76% of which did hatch. The cost production of embryonic sea-bass eggs has been evaluated on the bases of such results. Any possible relationship has been analyzed among environmental factors and the frequency and amount of spontaneous spawning.

Introduzione

I problemi legati alla riproduzione artificiale ed allo svezzamento delle specie eurialine rappresentano i principali nodi per lo sviluppo dell'acquacoltura marina. Fin dalla prima metà degli anni '70 sono stati intensificati gli sforzi, principalmente in Francia ed in Italia per sviluppare una tecnologia che potesse fornire agli allevatori le necessarie quantità di novellame da "ingrasso" riprodotto artificialmente, per non dipendere dalle fluttuazioni della pesca.

Anche se inizialmente la riproduzione di spigola veniva effettuata con spremitura ovarica e fecondazione a secco (Arcarese et al. 1972), le tecnologie descritte successivamente da vari autori (Barnabé, 1976; Lumare e Villani, 1973; Alessio et al., 1976; Franchetti, 1983; Saroglia, 1983) prevedono la stimolazione ovarica delle femmine con gonadotropine corioniche e successiva fecondazione di tipo naturale in vasca, direttamente ad opera dei maschi. Se pure in maniera assai minore della spremitura, tale tecnica compromette spesso irrimediabilmente la carriera riproduttiva della femmina, predisponendola a lesioni di tipo anatomico che impediscono l' espletamento della deposizione e portano in alcuni casi l'animale a morte. Benchè in letteratura non sia chiaramente indicata la percentuale di ovodeposizioni fertili su femmine trattate in questo modo, da informazioni personali (Villani P., Magugliani C., Brasola V., Doimi M., Fommei F.) risulta piuttosto bassa, nell'ordine del 10=20 %.

Tecniche più moderne, sviluppate anche per altre specie, prevedono l'uso di fattori ormonali preipofisari (Colombo et al., 1986) associati in alcuni casi a neurofarmaci (Hao-Ren-Lin et al., 1985) che sembrano garantire risultati migliori, sia in termini di percentuale di risposta che nella qualità delle uova.

Presso la Stazione Sperimentale per l'Acquacoltura Termica dell'Enel a Torre Valdaliga, è stato sperimentato per due stagioni successive, dal 1984 al 1986, un modulo per la produzione di trenta milioni di uova embrionate di spigola. In ciascuna delle due stagioni riproduttive le uova embrionate sono state ottenute per deposizione e fecondazione naturale e spontanea, senza alcun trattamento ormonale.

La valutazione del costo delle uova embrionate da avviare alla schiusa è stata affrontata basandosi sul metodo suggerito da Benedictis e Casentino (1979) relativo al calcolo del costo totale di produzione, risultante dalla somma dei costi variabili e dei costi fissi totali. L'unità di modulo prescelta è da intendersi, al fine del calcolo dei costi, facente parte di una struttura più complessa, frazionabile in costi unitari di investimento e di esercizio.

Materiali e metodi

E'stato preso in esame un modulo produttivo costituite da una vasca in cemento di forma circolare con 15 m di diametro, profonda oltre un metro, capace di un volume complessivo di 170 mc d'acqua.

In tale vasca sono stati stabulati, fin dalla primavera 1984, 180 riproduttori di spigola (il peso medio è risultato essere di 1670 g ,

mentre il "range" di biomassa era compreso tra 500 g e 4000 g per una biomassa totale di circa 300 Kg).
Nella vasca il flusso d'acqua è sempre stato mantenuto pari a 5 l/sec. al fine di ricambiare l'acqua almeno 3 volte al giorno. Ossigeno e temperatura sono stati misurati giornalmente. Il livello dell'ossigeno disciolto è stato mantenuto a valori di saturazione con l'impiego di mezzi ausiliari di ossigenazione, quali pompe di ricircolo, a sbattimento d'acqua e/o insufflazione di ossigeno puro. La temperatura, nei periodi di riproduzione (dicembre-marzo), ha raggiunto valori minimi di 10°C e massimi di 19°C.
Le altre caratteristiche chimico-fisiche, controllate due volte alla settimana, nei periodi riproduttivi e quindicinalmente nei periodi successivi, si sono mantenute negli intervalli qui riportati di seguito:

Salinità = 36% + 0.5
pH = 8.1 - 8.4
N-NH4+ = 0.08 - 0.3 mg/l
N-N02 = 0.005 - 0.015 mg/l
P-P04 = 0.005 - 0.05 ml/l

Durante i periodi riproduttivi, veniva inoltre registrata la pressione barometrica e si seguivano le fasi lunari, con l'intenzione di tentare eventuali correlazioni con la produzione delle uova.
Il sistema per la raccolta delle uova, schematizzato in Fig. 1 e ripreso da Barnabé (1976), è costituito da una piccola vasca di circa 1 mc di volume, provvista di scarico, all'interno della quale è stato posto un cestello da plancton con maglia da 0.3 mm. Le uova galleggianti venivano spinte perifericamente dalla rotazione della massa d'acqua, verso il tubo di sfioro superficiale che dalla vasca dei riproduttori le trasferiva all'interno del cestello da plancton. Tale cestello veniva controllato due volte al giorno e le uova eventualmente presenti, raccolte con un retino manicato. Le uova fecondate venivano separate da quelle sterili per semplice sedimentazione di queste ultime. La quantità di uova embrionate veniva stimata per pesata, assumendo un peso unitario di 1 mg. La valutazione di eventuali uova precipitate prima dello sfioro nella vasca di raccolta, pure osservata come minima, non veniva effettuata quantitativamente, in quanto tale valutazione esula dai fini del presente lavoro.
Il numero delle emissioni veniva valutato tentativamente quando un differente stadio di sviluppo embrionale lo permetteva. Per la valutazione del costo-uovo di produzione delle uova embrionate, in entrambi i cicli (1984-85 e 1985-86) ci si è riferiti alla funzione di produzione:

$$CT = CVT = CFT$$

Dove:
CT = Costo totale;

CVT = Costi variabili totali;
CFT = Costi fissi totali.

I fattoti che hanno concorso al suddetto calcolo sono stati i seguenti: ammortamento del modulo per i riproduttori, quota reintegro parco riproduttori, mano d'opera, mangime e consumi vari, ricambio idrico, ossigenazione ausiliarie ed oneri vari.

Risultati

Produzione di uova

Nel periodo compreso tra il 26 gennaio 1985 ed il successivo 25 marzo sono state osservate almeno 45 emissioni spontanee per un totale di Kg 45.536 di uova raccolte equivalenti ad un nùmero di circa 45.5 milioni; di queste 32.2 milioni, corrispondenti al 70%, sono risultate viabili.

Nel successivo ciclo produttivo, compreso tra il 20 dicembre 1985 e il 27 marzo 1986, sono state osservate almeno 52 emissioni spontanee, per un totale di Kg. 42.085 di uova raccolte, equivalenti ad un numero di circa 42 milioni; di queste 32 milioni, corrispondenti al 76%, sono risultate viabili.

Disponendo di solo due anni di osservazione, si è dovuto rinunciare ad una completa analisi statistica sulle uova viabili. Pertanto, per il calcolo del costo unitario, è stata adottata l'ipotesi di una produzione di 30 milioni di uova viabili, peraltro cautelativamente inferiore del 7% rispetto all'effettivo valore medio osservato.

Nella Tab.l vengono riportate le percentuali relative alla quantità di uova raccolte durante tutto l'arco delle due stagioni e risultate viabili.

Per due volte, durante la stagione riproduttiva 1985-86, in occasione di un accidentale repentino abbassamento del tenore dell'ossigeno disciolto, è stato osservato un sensibile incremento della quantità di uova raccolte, sempre a circa 20 ore dall'evento accidentale. Per cercare una conferma sul ruolo che lo stress da ipossia può avere avuto sulla stimolazione dell'ovodeposizione, il valore dell'ossigeno disciolto è stato sperimentalmente abbassato riducendo l'insufflazione di ossigeno puro. Anche in questo caso, dopo circa 20 ore dall'evento provocato, si è registrato un sensibile aumento della quantità di uova raccolte. (Fig.2).

Nessuna chiara relazione è invece emersa tra il numero delle uova raccolte e l'andamento della pressione barometrica o l'avvicendarsi delle fasi lunari.

Analisi economica

Il costo di un uovo embrionato, calcolato secondo il metodo precedentemente illustrato ed analizzato in Tab.2, risulta essere di Lire 0.62. Poichè i cicli di produzione, nel periodo considerato, sono

stati due ed il numero delle uova raccolte in ciascuno di essi è risultato equiparabile, si è ritenuto opportuno mediare sui due anni consecutivi i costi relativi alle singole voci di spesa per una produzione annuale media di 30 milioni di uova viabili.

Discussione

I costi di produzione, così come sono stati calcolati, rappresentano una frazione dei costi di un impianto produttivo più completo, del quale il modulo per La produzione di uova embrionate rappresenta un singolo capitolo di spesa.

Il metodo analizzato si presta in maniera particolare per l'ottenimento di una produzione di tipo commerciale in quanto la gestione del modulo è risultata semplice e poco dispendiosa e la qualità delle uova prodotte facilmente inseribile in un ciclo produttivo.

Tuttavia, il principale problema da segnalare consiste nel fatto che le emissioni non sono prevedibili per data e per quantità. Ciò potrebbe comportare difficoltà oggettive nella corretta gestione della avannotteria posta a valle in termini di caricamento di una corretta quantità di larve di taglia omogenea per unità di volume. Una previsione di emissione basata sulla variazione della pressione barometrica e/o sull'andamento delle fasi lunari non risulta possibile comunque sembra esistere una relazione tra stress da carenza di ossigeno e quantità di uova raccolte nella giornata successiva. Al momento attuale, soltanto il controllo del tempo di schiusa dello uovo e del tempo necessario per il riassorbimento del sacco vitellino mediante manipolazioni termiche, sembra essere la strada utilizzabile per caricare correttamente le vasche di svezzamento con larve di-taglia omogenea.

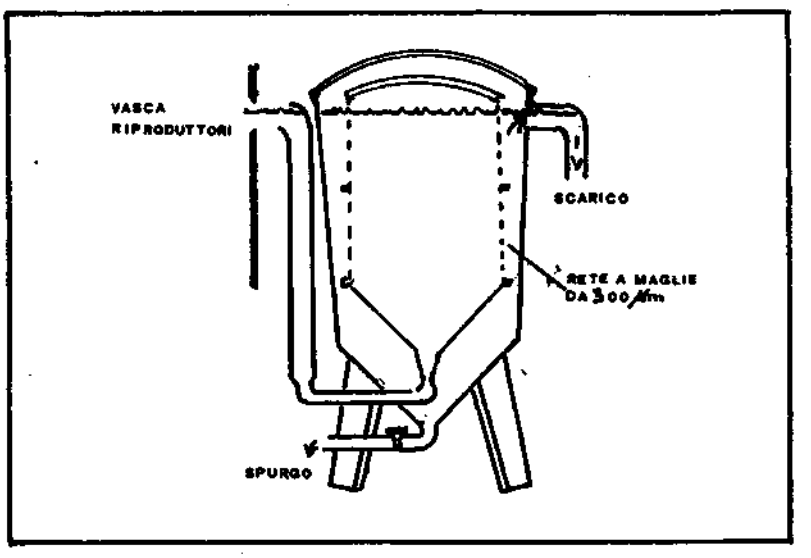


Fig. 1 IMBUTO PER LA RACCOLTA DELLE UOVA, (da BARNABÈ, ridisegnato)

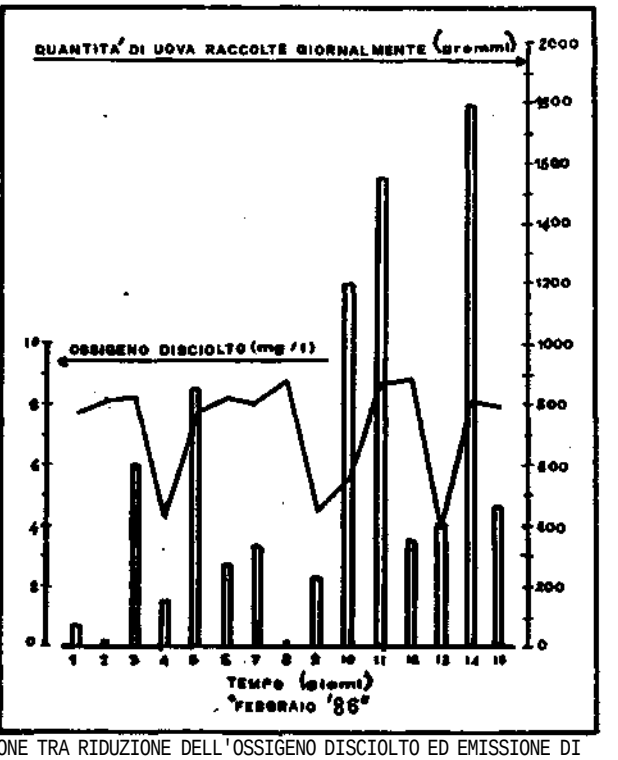


Fig. 2 IPOTESI DI RELAZIONE TRA RIDUZIONE DELL'OSSIGENO DISCIOLTO ED EMISSIONE DI UOVA IN SPIGOLA. (D. labrax)

Numero progressivo deposizioni	STAGIONE 1984-85		STAGIONE 1985-86	
	Totale uova deposte grammi	Uova viabili %	Totale uova deposte grammi	Uova viabili %
1	370	100	745	12.7
2	250	100	130	100
3	30	100	15	100
4	1300	42.3	215	81.4
5	410	14.6	305	34.4
6	30	100	175	100
7	1180	15.2	10	100
8	778	3.6	225	100
9	1810	6.0	50	100
10	60	95.0	200	100
11	800	75.0	300	100
12	750	60.0	120	100
13	900	44.4	350	100
14	430	53.5	50	100
15	1450	96.5	100	100
16	360	100	250	100
17	250	100	70	100
18	1000	48.0	600	83.3
19	580	100	150	100
20	900	100	650	82.3
21	2450	18.3	275	81.8
22	1500	100	330	54.5
23	1370	67.1	235	100
24	1500	100	1200	95.8
25	320	100	1550	45.1
26	2000	100	350	100
27	800	100	410	100
28	800	100	1760	100
29	1115	69.6	460	100
30	370	95.0	805	44.1
31	300	95.0	750	100
32	830	95.0	1050	100
33	800	25.0	1800	100
34	610	70.5	310	100
35	320	100	1000	70.0
36	145	100	2350	55.5
37	850	100	2900	65.5
38	1940	100	700	71.4
39	1150	100	500	60.0
40	950	100	1600	62.5
41	1270	69.0	2500	88.0
42	600	83.3	1570	45.8
43	580	100	1400	50.0
44	900	100	960	89.5
45	240	100	4200	88.1
46	---	---	480	79.1
47	---	---	2000	75.0
48	---	---	1070	80.0
49	---	---	1050	80.9
50	---	---	550	100
51	---	---	560	28.2
52	---	---	500	80.0

Tab. 1 - Raccolta totale di uova registrata nelle successive stagioni 1984-85 e 1985-86 e relative percentuali di uova risultate "viabili". Le prime ed ultime deposizioni in ordine progressivo sono state registrate rispettivamente: per la prima stagione il 26-1-85 ed il 25-3-85; per la seconda stagione sono state registrate il 20-12-85 ed il 27-3-86.

COSTO D'INVESTIMENTO (*)		
- Vasche (**)	£.	20.000.000
- Oneri pluriennali (riproduttori)	£.	6.000.000
TOTALE	£.	26.000.000

COSTI DI ESERCIZIO		
- Ammortamento modulo	£.	2.000.000
- Ammortamento oneri pluriennali	£.	600.000
- Reintegro parco riproduttori	£.	300.000
- Mano d'opera (***)	£.	5.480.000
- Mangime e integratori alimentari(****)	£.	4.350.000
- Ricambi acqua (****)	£.	1.055.000
- Ossigenazione ausiliaria (****)	£.	337.000
- Oneri vari e assicurativi	£.	4.500.000
TOTALE	£.	18.622.000

COSTO-UOVO = costo totale/n°uova = 18.622.000/30.000.000 =
= £. 0,62

(*) I costi sono da intendersi in £., valuta corrente al 1985.
(**) Nella cifra é compreso il costo di una vasca completa della frazione ad essa relativa dei diversi costi di impianto, quali opere di presa, impiantistica idraulica ed elettrica, distribuzione ossigeno, area ecc.
(***) Si intende quantificato l'impegno relativo al numero di ore/uomo per anno, necessario ad ogni singolo modulo.
(*****) Si intendono i consumi relativi ad un intero anno solare.

Tab. 2 - Schema di analisi e di calcolo del costo medio di produzione per ogni singolo uovo fecondato ed embrionato.

BIBLIOGRAFIA

G. Alessio, P. Bronzi, G. Gandolfi, B. Schreiber -1973- Primi risultati sulla riproduzione artificiale di branzini Morone labrax L. allevati in acque salmastre - Ist. Lombardo (Rend. Scient.) B-107.

G. Alessio, -1976— Tecniche e metodiche generali di riproduzione artificiale della spigola Dicentrarchus labrax L. - Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 28(1), 71-76.

G. Arcarese, G. Ravagnan, P. Ghittino -1972- Primi risultati di fecondazione artificiale nel branzino (Dicentrarchus labrax) su vasta scala - Riv. Piscic. Ittiopatol., 7(2), 27-34.

G. Barnabè, F. Renè -1972- Reproduction controlèe du loup D. labrax L. et production en masse d'alevins - C.R. Acad. Sc. Paris 275, D: 2741/4.

G. Barnabè, F. Boulineau/Coatanea, F. Rene -1976- Chronologie de morphogenese chez le loup Dicentrarchus labrax obtenu par reproduction artificielle - Aquaculture 8 351-363.

G. Barnabè -1976- Contribution a la connaissance de la biologie du loup Dicentrarchus labrax L. - Thèse Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier 426 pp.

B. Chatain -1986- La vessie natatoire chez Dicentrarchus labrax et Sparus auratus. Aspects morphologiques du developpement - Aquaculture 53 303-311.

L. Colombo, P. Belvedere, A. Barbaro, A. Francescon -1986- Induzione dell'ovulazione mediante HCG e un omologo dell' LHRH nel branzino - Conferenza internazionale "Verona Acquacoltura'86" sez. posters.

S. Cunningham, M.R. Dunn, D. Whitmarsh -1985- Fisheries economics an introduction - Mansell publishing limited London.

M. De Benedictis, V. Casentino -1979- Economia dell'azienda agraria - Ediz. Il Mulino.

F. Donati -1973— Economia ed organizzazione aziendale in acquacoltura Ediz. Edagricole Bologna.

A. Franchetti -1983- Elementi di maricoltura - Ed. Edagricole Bologna.

Hao—Ren Lin, Chun Peng, Long-Zhi Lu, Xi-Juan Zhou, Glen Van Der Kraak and R.E.Peter -1985- Induction of ovulation in the loach (Paramisgurnus dabryanus) using pimozide and (D-ALA6, PRO9-N-Ethylamide)-LHRH - Aquaculture 46, 333-340.

G. Lomartire -1984- Investimenti aziendali - Ediz. Buffetti Roma.

F. Lumare, P. Villani -1973- Ricerche sulla riproduzione artificiale e svezzamento larvale di Dicentrarchus labrax L. - Boll. Pesca Piscic. Idrobiol. 28 (I), 71-75.

M.G. Saroglia -1983- Allevamento di orate e spigole - in Acquacoltura (E. Tibaldi editor) Clesav Milano 149-175.

Y.C. Shang -1975- Aquacolture economics: an overview - Geo Journal 10.03.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	431-435	1986

PRODUZIONE DI AVANNOTTI DI SPIGOLA (Dicentrarchus labrax. L.) IN GRANDI VOLUMI CON IMPIEGO DI ACQUE IPOTERMALI.

Mauro LENZI & Fernando FOMMEI

Laboratorio Ittiogenico, COMITATO GESTIONE PESCHIERE COMUNALI ORBETELLO, via Palestro 18, 58015 Orbetello (GR).

KEYWORDS: geothermal aquaculture, Dicentrarchus labrax, fry production.

ABSTRACT- Sea bass fingerlings production in wide milieu by using hypothermal water.

Some experiences have been carried out to get a swift weaning and a cutting down of production costs of sea bass fry. The development of growth has been quick by heating up of milieu and using heat exchanger and warm waters. Costs reduction has been based on plankton cultures too, maintained in the same rearing tanks. It has been lastly obtained a good survival and better values of growth are partially due to low fry densities and wide rearing environments.

RIASSUNTO- Durante il biennio 1985-86 sono state condotte alcune esperienze al fine di ridurre i costi di produzione degli avannotti di spigola. L'allevamento è stato effettuato in una vasca da 80 m^2 (96 m^3), tenendo una densità di circa 1.5 larve/l. L'acqua è stata riscaldata con scambio di calore mediante tubi di PVC leggero, entro i quali scorreva acqua ipotermale (25.5°C). Le larve sono state trasferite nella vasca di grande volume a 15-20 giorni di età; esse provenivano da una vasca più piccola di 18 m^2 (18 m^3) arricchita in continuo di acqua marina e acqua ipotermale miscelate fino a li-15°C. La vasca di allevamento è stata fertilizzata con concimi di uso agricolo per consentire lo sviluppo di colture di fito-zooplancton. Tale ambiente ha subito ricambio idrico solo 15 giorni dopo la distribuzione delle larve. Questo sistema ha permesso di ottenere un notevole risparmio energetico e ha reso possibile uno svezzamento dei soggetti allevati a 30-35 giorni di vita, consentendo così una riduzione dei consumi di Artemia salina. La sopravvivenza finale a 120 giorni di allevamento e per i due anni di esperienze è stata del 48-36%, mentre il peso medio raggiunto è stato di circa 5 g per individuo.

INTRODUZIONE

La produzione del novellame di spigola è legata a tecniche complesse e costose: frequenti trasferimenti e selezioni di larve e avannotti, riciclaggio dell'acqua di allevamento e l'uso di ambienti termostatati (BARNABE, 1976; ARCARESE, 1982; SALVATORI et al., 1985a). Anche modeste soluzioni, che hanno consentito la produzione di plancton a temperatura ambiente (SALVATORI et al.,

1985a) e la raccolta di zooplancton in ambienti naturali (BARNABÈ, 1978; PONTICELLI et al., 1985), richiedono alla fine un continuo impegno di manodopera, soprattutto se il lavoro viene proiettato verso una produzione industriale e svolto presso impianti situati lontano da lagune, stagni o bacini artificiali. Perchè le attività di acquacoltura possano interessare con profitto una quantità sempre maggiore di piccole e medie imprese, è necessario semplificare i processi di produzione. La tecnica proposta in questo lavoro si basa su tale convinzione e trae spunto da una recente indagine tecnologica già in uso per la produzione di novellame di sogliola (SALVATORI et al., 1985c, 1986).

MATERIALI E METODI

Le tecniche adottate per la riproduzione e l'allevamento dei primi stadi larvali della spigola sono state descritte da SALVATORI et al., 1985a,b. E' stata modificata la dieta naturale, con la somministrazione di tuorlo di uovo lesso o liofilizzato in aggiunta all'alimento vivo nel corso del 1985 (SALVATORI et al., 1986) o addirittura sostituito al rotifero durante il 1986. Incubazione, schiusa e primi stadi larvali (fino a 15-20 giorni) sono avvenuti in vasche di cemento di 18 m^2 (18 m^3), alimentate con acqua di mare a circuito aperto, miscelata a quantità variabile di acqua ipotermale (25.5°C; 38‰ S) prelevata a 70 m dal sottosuolo, fino a raggiungere li-15°C, come descritto da SALVATORI et al., 1985b. Nel biennio 1985-86 sono state impostate nuove esperienze per migliorare l'utilizzazione del pozzo ipotermale, poichè le caratteristiche chimico-fisiche di quest'acqua non consentono miscelazioni superiori a quelle adottate (SALVATORI et al., 1985b). A tale proposito si è utilizzata una vasca di 80 m^2 (96 m^3) sul cui fondo sono stati predisposti degli scambiatori di calore, realizzati con tubi in PVC leggero (32 mm Ø) della lunghezza complessiva di 300 m. Nella conduttura è stata convogliata acqua del pozzo con una portata di 0.5 l/sec. La vasca è stata riempita di acqua di mare filtrata a 200 µ e fertilizzata con concimi di uso agricolo (SALVATORI et al., 1985 a,c) per favorire lo sviluppo "endogeno" del plancton; quando questo tardava a svilupparsi sono state seminate in vasca colture di Chlorella sp., Dunaliella sp. e Brachionus plicatilis, precedentemente coltivate in vasche all'aperto come descritto da SALVATORI et al., 1985a, in ragione di 1/40 del volume totale. Nella vasca, durante questa fase, è stata mantenuta una intensa aerazione. Nel marzo del 1985 sono state trasferite in questa vasca circa 100000 larve di 20 giorni di vita (10 mm di lunghezza), mentre nel marzo 1986 vi sono state trasferite circa 150000 larve di 15 giorni (9.5 mm di lunghezza). Sono state imposte densità di 1-1.6 larve/l, allo scopo di non provocare un rapido consumo dello zooplancton "endogeno".

Per 15 giorni non è stato somministrato alimento e non è stato fornito ricambio idrico, sia per evitare perdite di nutrienti e di plancton, sia per rendere efficace il debole scambio termico con l'acqua ipotermale, che in assenza di ricambio consentiva di mantenere la temperatura a 18-20°C. Trascorso tale periodo il ricambio totale dell'acqua di allevamento è avvenuto ogni 72-160 h, ed è stato aumentato dal 70-75mo giorno, per compensare la maggiore richiesta di ossigeno. Per i 15 giorni in cui non è avvenuto ricambio, gli stock allevati si sono alimentati esclusivamente dello zooplancton che la vasca è riuscita a produrre.

Quindi si è somministrata Artemia salina per circa 1 settimana, allo stadio di nauplii appena schiusi. Questo alimento è stato fornito una sola volta al giorno, nel tardo pomeriggio, mentre nel corso della mattina si forniva alimento artificiale. Lo svezzamento è stato eseguito per mezzo di un piccolo serbatoio munito di rubinetto, attraverso il quale passavano acqua dolce e, periodicamente, alimento artificiale. La dieta era costituita di sbriciolato a base di farine di pesce e Calanus liofilizzato, le cui dimensioni erano di 300-500 µm. All'età di 45(1985) -40(1986) giorni è stato interrotto il sistema di somministrazione continua dell'alimento attraverso un flusso di acqua dolce e sono state introdotte le mangiatoie automatiche valide per la distribuzione di mangimi secchi reperibili in commercio.
I valori di lunghezza e peso di larve e avannotti si riferiscono a medie ottenute da campioni raccolti al momento del trasferimento (larve 15-20 giorni) e della pesca finale(avannotti 120 e 160 giorni). La percentuale di schiusa delle uova è stata stimata su test di laboratorio, in cui aliquote di uova contate sono state incubate nelle stesse condizioni di luce e temperatura delle vasche di allevamento.

RISULTATI E CONCLUSIONI

La temperatura nella vasca riscaldata non è mai scesa al di sotto di 18°C. Lo zooplancton sviluppatosi in questo ambiente si componeva di rotiferi (3-20 ind./ml), copepodi (circa 1 ind./ml) e larve di policheti.
La fase di svezzamento è durata 4-6 giorni, in seguito ai quali la maggior parte dei soggetti allevati si è nutrita dell'alimento artificiale ed è stato possibile sospendere la somministrazione di nauplii di A.salina.
Fenomeni di cannibalismo sono comparsi nel 1985 a 65-70 giorni di età e sono stati attribuiti al ridotto numero di punti di distribuzione dell'alimento secco. Il fenomeno è cessato, e non si è più presentato nel 1986, con l'aggiunta di altre mangiatoie collocate sul bordo della vasca. I risultati delle due esperienze, confrontati con quelli ottenuti dalla produzione "tradizionale" effettuata nel 1984, vengono riportati nelle tabelle 1 e 2.
Dalle tabelle si osserva che l'utilizzazione della vasca riscaldata e fertilizzata ha portato ad un aumento di biomassa/m^2 (tab. 2) e ad una riduzione dei costi/m^2 (tab. 1) rispetto alla metodologia tradizionale descritta da SALVATORI et al., 1985 a,b; 1986. La temperatura ottenuta con gli scambiatori di calore è stata la più alta possibile nei limiti imposti sia dalla struttura dell'impianto e dalle condizioni del ricambio idrico, sia dalla ricerca di semplicità ed economicità. D'altra parte altre esperienze hanno indicato risultati di crescita superiori, com'è il caso dell'impianto che sfrutta le acque reflue della centrale termoelettrica di Martignes-Ponteau (Bouches-du-Rhône, Francia), nelle cui vasche vengono allevate spigole alle temperature di 23-25°C (SELTZ, 1980). L'uso dell'uovo liofilizzato non sembra aver causato carenze alimentari nei soggetti trasferiti nelle vasche riscaldate, che hanno potuto usufruire, dopo l'uovo, di plancton "naturale" (tab. 2);

mentre è probabile che questo possa essersi verificato per gli allevamenti tradizionali, poichè si è passato da una sopravvivenza finale del 9.8%, nel caso di alimentazione con soli rotiferi durante il 1984, al 9% nel 1985, mediante alimentazione mista rotifero-uovo liofilizzato, al 7.4%

nel caso di esclusiva alimentazione con tuorlo d'uovo. Il sistema sperimentato presenta lo svantaggio di produrre un numero relativamente basso di avannotti/m^2, pertanto richiede spazi più ampi di quelli richiesti da una avannotteria moderna. D'altra parte, poichè l'utilizzo delle tecnologie più avanzate nella produzione in acquacoltura presenta ancora costi gestionali proibitivi, il modello descritto in questo lavoro, per la semplificazione delle operazioni, la non dipendenza da personale altamente qualificato e la riduzione della manodopera, è proponibile soprattutto alle piccole e medie imprese, purchè possano usufruire di una fonte di energia a basso costo (acque reflue dal raffreddamento di impianti industriali e centrali termoelettriche, geotermia, ecc.). Queste imprese attualmente dipendono per lo più dalla pesca costiera del novellame.

	1986			1985			1984		
		£·10^6	£		£·10^6	£		£·10^6	£
manodopera	35h	0.47	8.7	44h	0.59	12.2	287h	3.9	28
uova di spigola	5♀	0.2	3.9	3.5♀	0.14	2.9	26♀	1.2	8.5
personale tecnico	9h	0.14	2.5	29h	0.45	9.4	235h	3.7	27
cisti A. salina	2.2Kg	0.4	7	2.2Kg	0.4	8	11.5Kg	2	15
alimento artificiale	-	1.3	24	-	0.9	20	-	0.7	5
energia elettrica	240KW	0.02	0.4	1465KW	0.14	2.8	9343KW	0.86	6
costo totale,£			46.5			55.3			89.7
costo £/m^2 della superficie di allevamento.	31000			33000			114000		

TABELLA 1 - Costi di produzione degli avannotti (costi di ammortamento esclusi). 1984: uso per 60 giorni di camera termostatica per produrre plancton; produzione degli avannotti in 6 vasche da 18 m^3, secondo tecniche descritte da SALVATORI et al., 1985a, b, 1986. 1985: uso di camera termostatica per 30 giorni. 1986: la camera termostatica non è stata utilizzata per questa esperienza, h = ore; ♀ = numero di riproduttori utilizzati; KW = chilowatt consumati; £·10^6 = costo in milioni di lire per ciascuna voce; £ = costo in lire per avannotto.

numero di avannotti	54000	48000	137000
età in giorni	120	120(160)	120
peso in grammi	5.4	5(7.8)	0.7
lunghezza in cm	6	- (7)	3.3
sopravvivenza a partire dalla schiusa			9.8%
sopravvivenza a partire da larve di 15-20 giorni	36%	48(48)%	
numero di individui/m^2	675	600(600)	1268
biomassa, kg/m^2	3.6	3(4.7)	0.89
	1986	1985	1984

TABELLA 2 - Produzione di avannotti di spigola: confronto tra il 1984 (uso diretto di acqua ipotermale, uso di camera termostatica per la produzione di plancton) e il biennio '85-86 (uso di scambiatori di calore e sviluppo "endogeno" del plancton). I dati in parentesi sono relativi al periodo della semina degli avannotti nella laguna di Orbetello.

BIBLIOGRAFIA

ARCARESE G., 1982 - L'allevamento del branzino. L'Acquacoltura. Agricoltura Ricerca, 103-108, Roma.

BARNABE G., 1976 - Rapport technique sur la ponte induite et l'elevage des larves du loup Dicentrarchus labrax L. et de la dorade Sparus aurata L. CGPM FAO 55: 63-116, Roma.

BARNABE G., 1978 - Utilisation des chaines alimentaires naturelles et du recyclage des eaux usées dains la production à grande échelle de juvéniles pour l'aquaculture. Pubbl. Sci. Tech. CNEXO: Actes. Colloq. 20: 221-238.

PONTICELLI A., ANGELINI M., LENZI M., SALVATORI R., 1985 - Raccolte di zooplancton in ambienti eutrofici a mezzo di un'apparecchiatura automatica. Oebalia 11: 181-186.

SALVATORI R., ANGELINI M., LENZI M., FOMMEI F., 1985a - Attività di acquacoltura nella laguna di Orbetello. Regione Toscana, 117 p., Firenze.

SALVATORI R., ANGELINI M., LENZI M., FOMMEI F., 1985b - Allevamenti larvali di Dicentrarchus labrax L. mediante utilizzazione di acque ipotermali salse. Tre anni di esperienze. Oebalia, 11: 729-736.

SALVATORI R., LENZI M., ANGELINI M., FOMMEI F., 1985c - Esperienze di riproduzione artificiale e allevamento larvale della sogliola. Oebalia, 11: 737-744

SALVATORI R., ANGELINI M., LENZI M., FOMMEI F., 1986 - Kunstliche fortpflanzung von euryokfischarten und schaltieren zwecks einer wiederbeytzeng der lagune von Orbetello. Regione Toscana, 27 p., Firenze.

SALTZ J., 1980 - Utilisation des basses calories en aquaculture. L'exemple des Martignes-Ponteau (Bouches-du-Rhône). CGPM FAO 57: 109-130.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	439-448	1986

ENDEMISMO, VAGILITÀ E SPECIAZIONE ALLOPATRICA IN ANIMALI MARINI

Alessandro Minelli

Dipartimento di Biologia, Università di Padova.

Key words: biogeography, speciation, dispersal.

Riassunto

I fenomeni di endemismo e di speciazione nel mare vengono sommariamente confrontati con le analoghe situazioni concernenti il popolamento delle acque interne e delle terre emerse. Le differenze tra il dominio marino e quello continentale vengono attribuite principalmente a semplici differenze di scala. Si suggerisce di interpretare la speciazione all'interno di generi ricchi di specie come Conus o Acropora in riferimento all' "effetto arcipelago" previsto da alcuni modelli di speciazione allopatrica.

Summary

A short comparative account of endemism and speciation patterns in the sea, in inland waters and on land is given. The differences between the marine domain and the continental one are regarded as mainly dependent on simple scale factors. It is suggested to analyse the speciation patterns within species-rich genera of sea animals such as Conus or Acropora against the framework of the "archipelago effect" variety of allopatric speciation models.

Introduzione

Nell'affrontare lo studio dell'endemismo e della speciazione negli animali marini, non si può dimenticare come la problematica relativa e gli stessi concetti di endemismo e di speciazione si siano evoluti soprattutto attraverso lo studio degli organismi terrestri e di acqua dolce. A tutti è nota l'entità delle conoscenze che si sono accumulate negli anni circa le situazioni di endemismo, di vicarianza e di differenziamento geografico concernenti le popolazioni accantonate sulle diverse isole di un qualche arcipelago o sulle vette montuose di una grande catena oppure le popolazioni dulcacquicole che vivono in bacini lacustri o fluviali più o meno isolati.

La situazione è abbastanza diversa, quando passiamo agli animali marini. Ciò non significa, naturalmente, che allo studio di questi ultimi sia estranea la problematica dell'endemismo, della vicarianza geografica e della speciazione, tutt'altro. Fu anzi in questo preciso spirito che la Systematics Association e la Challenger Society promossero a suo tempo quel simposio sulla speciazione nel mare, che si tenne dal 27 al 29 settembre 1961 a Plymouth e che portò alla pubblicazione di un volumetto intitolato appunto "Speciation in the sea" (Harding e Tebble, 1963), che ancora oggi vale la pena di consultare. In quell'occasione, però, la maggior parte degli autori doveva confessare che "the processes by wich one species gives rise to two in the sea are very difficult to examine, and in many instances almost impossible to diagnose. The nature of the sea as an environment imposes experimental limitations wich never arise in terrestrial habitats and wich are difficult to overcome. The almost complete lack of genetic information and the very great difficulties in the way of obtaining it, makes the distinctions between phenotypic and genotypic differences very difficult to assess".

A distanza di un quarto di secolo, possiamo notare con soddisfazione il notevole progresso compiuto dalle nostre conoscenze sulla genetica degli animali marini e su diversi aspetti della loro ecologia, etologia, fisiologia e zoogeografia, utili per una comprensione degli eventi di speciazione nel mare.

Richiamiamo anzitutto qualche dato quantitativo, per impostare più correttamente un confronto fra le situazioni meglio note, che riguardano il popolamento delle acque dolci e delle terre emerse con quelle, meno note, che riguardano l'ambiente marino. Vedremo così che la situazione, nel mare, non è poi molto diversa da quella che ci è più familiare per le faune terrestri e di acqua dolce purchè si aggiustino alcuni problemi di scala e si sappiano adattare i modelli interpretativi generali alle situazioni proprie di ogni gruppo tassonomico.

Certo, le possibilità di isolamento geografico e quindi di speciazione sono molto maggiori in ambiente continentale che in ambiente marino. Quest'ultimo, nonostante si estenda sul 70,8% della superficie terrestre e sia abitato in tre dimensioni, su uno spessore medio di 3.800 metri, mentre le terre emerse contano solo il 29,2% della superficie del pianeta in uno spazio quasi privo della terza dimensione, ospita in effetti una frazione abbastanza modesta di tutte le specie animali e vegetali conosciute: possiamo stimarla nell' 8-10% del totale per i Metazoi, e nell' 1% (o meno) per i Funghi, mentre il regno delle Piante conta nell'ambiente marino un numero irrisorio di specie, anche se ecologicamente importanti, come le posidonie; la partita è un po' riequilibrata dai Protisti (Alghe comprese), con un 30-40% di specie marine sul totale conosciuto, ma la disparità rimane.

Ancor più impressionante, forse, è un confronto fra le acque dolci e quelle marine, se teniamo conto del fatto che il volume delle prime è pari, si e no, alla decimillesima parte del volume delle seconde. Ebbene, Cohen (1970) stimava i teleostei marini conosciuti in circa 11.690 specie, accanto a 8.275 specie d'acqua dolce, ed è probabile che il progres-

so delle conoscenze continui a spostare questo rapporto numerico proprio in favore dei pesci non marini!

Conviene però osservare come le specie neritiche, a loro volta, siano a stento un quinto di tutte le specie marine, pur avendo a loro disposizione la massima parte del volume d'acqua degli oceani. La maggior parte delle specie marine vive in acque epicontinentali, la cui distribuzione geografica non è continua e approssimativamente uniforme, come quella delle grandi masse oceaniche, ma tende a frammentarsi, soprattutto lungo le coste delle isole, a somiglianza delle aree continentali e dei bacini fluviali e lacustri.

Endemismo

E' appunto a questa fauna costiera che dedicheremo qui la nostra attenzione.

Ad un esame un po' più attento non sfugge la grande varietà di situazioni, in cui l'endemismo accentuato delle faune che abitano le acque prossime alle più remote isole oceaniche si contrappone all'amplissima distribuzione di molte specie costiere, alcune delle quali possono essere addirittura definite circumtropicali. Già Ekman (1953) elencava tra queste, oltre alle grandi tartarughe marine, echinodermi come Holothuria atra e Amphipholis squamata, crostacei come Grapsus grapsus, Planes minutus e Plagusa depressa e pesci come Diodon hystrix e Zygaena malleus (cito seguendo la nomenclatura adottata dall'autore svedese) ricordando che alcuni di questi, come Grapsus grapsus, si ritrovano spesso galleggianti anche lontano dalle coste. Da un secolo almeno, del resto, è noto il numero molto elevato di specie di pesci il cui areale si estende dal Mar Rosso e dalle coste orientali dell'Africa fino alla Polinesia, conferendo così un carattere unitario ben preciso a quella che ora chiamiamo la regione indo-west-pacifica. Più di recente, i pesci a distribuzione circumtropicale sono stati oggetto di una revisione da parte di Briggs (1960).

L'endemismo, comunque, è cospicuo, anche presso gli animali marini. Stando ai dati riassunti da Briggs (1974), la percentuale di specie endemiche, nelle rispettive ittiofaune costiere, assomma al 22% per Sant'Elena, al 34% per l'arcipelago delle Hawaii e al 35% per l'Isola di Pasqua, pur essendo relativamente modesta per altre isole e per altri arcipelaghi, come le Azzorre con l'1%, Madeira con il 3,2%, le Isole di Capo Verde con il 4% e le Bermuda con il 5%. Relativamente basso è anche il tasso di specie endemiche di qualche isola oceanica alquanto remota, come Ascensione, con il solo 4%, oppure Cocos, con il 7%. Per contro, relativamente alto è l'endemismo nelle ittiofaune di bacini molto isolati, come il Mediterraneo, con il 14,4%, oppure il Mar Rosso con il 15% circa. Si tratta peraltro di dati suscettibili di ridimensionamento, se consideriamo che un più recente studio di Randall (1976) fa scendere al 29% (su un totale di 442 specie) il tasso di endemismo dell'ittiofauna hawaiana, ed al 27% (su 99 specie in tutto) quello dell'ittiofauna dell'Isola di Pasqua.

Limitandoci agli altri gruppi meglio studiati (ma le lacune sono comunque moltissime), si può affermare, in linea di principio, che il tasso di endemismo delle malacofaune è inferiore a quello riscontrato nei pesci, mentre per gli Echinodermi e per i Crostacei Decapodi le percentuali sono simili a quelle delle faune ittiche o, più spesso, più elevate. Per gli Echinodermi, ad esempio, si stima che la percentuale delle specie endemiche sia del 36% alle Hawaii e, addirittura, del 64% in Nuova Zelanda (si vedano in proposito i dati compilati da Ekman (1953) e da Briggs (1974), mentre è di circa il 24% per il Mediterraneo (Tortonese, 1985). Per quanto riguarda i Decapodi, possiamo ricordare i dati relativi al Mar Rosso, dove le specie endemiche assommano al 31% per i Macruri ed al 33% per i Brachiuri (Ekman, 1953).

Questi valori percentuali di endemismo sono, certo, molto più bassi di quelli relativi ai popolamenti continentali. Basterà ricordare che l'ittiofauna del Lago Vittoria conta un tasso di endemismo del 90% circa (Greenwood, 1974) e che il 94,4% delle piante e la quasi totalità degli insetti, dei molluschi continentali e degli uccelli non marini viventi sulle Hawaii è esclusivo di quell'arcipelago (Carlquist, 1974). E non occorre raggiungere situazioni oceaniche così estreme, per trovare un alto tasso di endemismo, come dimostrano ad esempio i molluschi terrestri di Madeira e delle isole Canarie, in cui la percentuale delle specie endemiche sale, rispettivamente, al 73,9% o al 77,9% (Walden, 1984).

Vagilità

Fra i fattori da prendere in esame, in vista di un'analisi causale dell'endemismo, vi è soprattutto la diversa vagilità degli organismi.

Quando Ekman dava alle stampe la sua Zoogeography of the sea, le conoscenze positive sulla vagilità degli animali marini bentonici erano abbastanza scarse. Era facile avanzare l'ipotesi che la durata della vita larvale fosse un fattore decisivo da cui dipendevano la capacità di dispersione e, quindi, l'ampiezza dell'areale di diffusione di una determinata specie; ma il geniale autore svedese era costretto a citare, come evidenza in proposito, solo le osservazioni di Mortensen su alcune specie di Echinodermi tropicali e non poteva offrire molti dati quantitativi. In tempi più vicini a noi, l'evidenza empirica si è accumulata, arricchendosi peraltro di aspetti imprevisti.

Scheltema (1971, 1972a, 1972b), sulla base di un ricchissimo materiale raccolto in numerose campagne oceanografiche, ha dimostrato con sufficiente chiarezza come alcuni gasteropodi dei generi Bursa, Cymatium, Charonia, Tonna etc. possano attraversare l'Atlantico in qualità di "larve teleplaniche"; secondo questo autore, in opportune condizioni ambientali la metamorfosi potrebbe avvenire anche più di dieci mesi dopo la liberazione delle uova nell'acqua da parte del genitore.

Altri autori hanno recentemente dimostrato la possibilità, per alcuni invertebrati marini, di prolungare alquanto la durata della loro vita larvale pelagica, oltre il limite consueto per la specie: secondo Domanski (1984), ad esempio, la larva della stella di mare Luidia sarsi

può ritardare la metamorfosi di oltre un anno, raggiungendo l'eccezionale lunghezza di 35 mm! Beaumont e Budd (1982), da parte loro, hanno dimostrato come le basse temperature possano prolungare la vita larvale di Mytilus edulis fino a due mesi, quanto basta per garantire la panmissia tra le popolazioni di questa specie che vivono nelle acque britanniche.

Anche gli stadi post larvali possono contribuire alla dispersione, come dimostra Jokiel (1984) per colonie di coralli che sarebbero andate alla deriva per 40.000 Km!

Il reperto più singolare, in questo contesto, è però forse quello di Sigurdsson et al. (1976), relativo alla produzione, da parte di veliger di bivalvi appartenenti alle più disparate famiglie, di un filamento di bisso che faciliterebbe il galleggiamento e quindi la dispersione delle larve. Questa precocissima produzione di bisso si manifesta anche in generi che, dopo la metamorfosi, non ne produrranno più. Sigurdsson et al. hanno creato per queste larve il suggestivo epiteto di "larve bisso-pelagiche" e descrivono in particolare quella di Abra che, lunga appena un millimetro, si fabbrica un galleggiante filiforme sottilissimo (appena 2-4 um di diametro), ma lungo anche 3 cm e giustamente lo confrontano con il sottilissimo filo di seta al quale molti ragni neonati affidano la loro sorte, appena usciti dal bozzolo.

La relazione fra vagilità ed endemismo appare molto chiara da un confronto fra Gasteropodi e Bivalvi delle coste tropicali.

Nei Gasteropodi Vermeij (1972) trova una maggiore tendenza all'endemismo fra le forme del piano intertidale superiore rispetto a quelle dell'intertidale inferiore ed osserva come le famiglie che tipicamente colonizzano gli orizzonti superiori delle coste rocciose (Neritidae, Acmaeidae, Patellidae, Siphonariidae, Littorinidae) contino molto specie ad areale alquanto ristretto. Vi sono forti indizi che questa situazione sia legata a differenze di vagilità fra le specie dei due orizzonti. Thorson (1940) e Lewis (1960) hanno infatti osservato, nei Gasteropodi di due distinte zone tropicali (Golfo Persico e I. Barbados, rispettivamente) come le specie del piano subtidale abbiano in genere fecondazione esterna e vita larvale lunga, mentre quelle dell'intertidale conservano la fecondazione esterna, accorciando però la vita larvale, oppure conservano una lunga vita larvale, passando però alla fecondazione interna.

Situazione apparentemente opposta trova Jackson (1974) per alcune famiglie di Bivalvi (Lucinidae, Veneridae, Tellinidae) dell'area caraibica e dell'Oceano Indiano. Qui, infatti, le specie che vivono a profondità non superiore al metro hanno un areale medio di distribuzione maggiore di quello delle specie viventi sotto il metro di profondità.

In realtà, nelle faune (e nelle flore) insulari contrasti di questo genere sono all'ordine del giorno. Un po' dappertutto, dalla Sardegna fino a Vulcano, dalle Canarie fino alla Guadalupa e perfino nelle Galapagos o nelle Hawaii, le faune e le flore insulari presentano un duplice volto. Una prima componente è costituita da specie con grandissime capacità di spostamento attivo o passivo, adattate ad ambienti instabili, spesso largamente euriecie, pronte a colonizzare una nuova isola ed

altrettanto pronte ad estinguersi localmente, magari per rispuntare di là a qualche anno; si tratta di quelle specie che gli autori anglosassoni definiscono "weedy", paragonandole, nel loro comportamento ecologico, alle erbacce dei campi. La seconda componente ha vagilità ridotta, a volte in maniera clamorosa, e non può più allontanarsi dall'isola dove si è differenziata, avendo perduto quell'attitudine agli spostamenti che aveva permesso ai suoi antenati di giungere fin lì: l'argomento è trattato ampiamente da Carlquist (1974) nella sua Island biology.

La riduzione di vagilità, naturalmente, è più probabile e più valida sul piano adattativo nell'ambito di certi gruppi piuttosto che in altri. Non tutte le famiglie di uccelli presenti su isole oceaniche hanno la stessa attitudine alla perdita del volo che troviamo nei Rallidi. Analogamente, è possibile spiegare le diverse risultanze dei lavori di Vermeij (1972) e di Jackson (1974) considerando i differenti adattamenti dei gasteropodi e dei bivalvi: tipicamente epifaunali i primi, infaunali invece i secondi; pronti quelli a rinunciare alla larva pelagica, come dimostra il loro largo successo in ambiente continentale, restii gli altri a passare a modalità di sviluppo diretto.

Che una tendenza alla riduzione della vagilità sia carattere abituale dei Gasteropodi, risulta anche da altra evidenza. In sei specie di Conus endemici delle I. Hawaii, Perron (1981) ha riscontrato modalità di sviluppo notevolmente varie: dalla condizione di larva planctotrofica a lunga vita libera (fino a 64 giorni) si arriva alla condizione di larva lecitotrofica non pelagica, a vagilità ridottissima. Che questa modalità, insolita per un Conus, si sia evoluta proprio in una specie che vive lungo le coste di un remotissimo arcipelago, sembra tutt'altro che casuale.

Proprio in questo contesto Knox (1963) ricordava la significativa concomitanza fra la perdita della larva pelagica e l'origine di una specie insulare a partire da un antenato vivente in acque prossime ad una massa continentale di dimensioni maggiori. In Nuova Zelanda vivono due specie, tra loro molto affini di Onchidella, genere di gasteropodi appartenente a quella famiglia Onchidiidae, della cui posizione sistematica, nell'ambito dei Polmonati o al margine di questi, oggi molto si discute. Una di queste specie, O. nigricans, vive lungo le coste delle due isole maggiori, mentre la seconda, O. campbelli, vive nelle acque che circondano le isole subantartiche più a sud. Orbene, la prima delle due specie ha conservato la larva pelagica, mentre la seconda è passata alla sviluppo diretto.

Analogo valore adattativo potrebbe avere la riduzione di vagilità che Lutz et al. (1984) segnalano per numerosi invertebrati delle sorgenti idrotermali sottomarine; condizione che gli AA. citati interpretano nel senso di "phylogenetic constraint" ma che potrebbe meglio interpretarsi, a mio avviso, come adattamento alla non-dispersione, nello stesso senso dell'atterismo di molti uccelli e insetti di isole oceaniche, come già suggerito da Darwin (1859).

In altri casi, tutto sommato più banali, la riduzione della vagilità e quindi l'attenuarsi del flusso genico sono effetti di parziale isolamento geografico come si ha spesso in acque salmastre (v. ad esempio Battaglia,

1982; Bulnheim e Scholl, 1981).

Del resto, non è nemmeno detto che una larva a notevole vagilità garantisca senz'altro un notevole flusso genico. In una Siphonaria australiana, Johnson e Black (1982, 1984) hanno riscontrato differenze genetiche significative tra popolazioni distanti appena 50 m l'una dall'altra, nonchè fra gli adulti e i giovani appena metamorfosati della stessa popolazione; essi riconducono tali differenze alla diversa origine degli sciami di larve che si metamorfosano su tratti anche vicini della stessa costa, o sul medesimo tratto di costa in anni successivi. Questa situazione, forse non isolata, suggerisce che i gradi di integrazione genetica fra popolazioni più o meno distanti siano assai vari e variabili nello spazio e nel tempo, per uno stesso insieme di popolazioni.

Speciazione allopatrica

In un confronto fra gli organismi continentali e quelli marini colpisce la scarsità, in questi ultimi, di generi molto ricchi di specie quali sono frequenti, invece, tra le forme terrestri e d'acqua dolce. Il primato assoluto spetterebbe ai funghi ascomiceti del genere Puccinia, con 4.000 specie descritte, ma forse sono da prendere maggiormente sul serio le 2.500 specie attribuite ad un genere di piante a fiore, Senecio, delle Composite. Caso limite, questo, ma tutt'altro che isolato, se pensiamo che fra le piante vascolari 634 generi contano almeno 100 specie ciascuno, 153 ne contano almeno 300 e 13 almeno 1.000. La grande dispersione della letteratura mi impedisce un rigoroso calcolo di questo tipo per il regno animale, ma non è difficile citare generi di insetti che contino mille o più specie ciascuno. I numeri sono più bassi per i vertebrati, ma non può non colpire il fatto che il 10% delle 4.000 specie di Anfibi oggi note appartenga al solo genere Eleutherodactylus, nè si può sottovalutare l'esistenza, nell'ambito dei Mammiferi, di un genere con circa 150 specie, quale è Crocidura (Insettivori), che comprende dunque tante specie quante se ne attribuiscono all'intero ordine degli Artiodattili, con tutta la sua diversità.

Generi ricchi di specie si trovano anche presso i pesci d'acqua dolce (basterebbe citare Haplochromis ed altri Ciclidi dei grandi laghi africani).

Ben diversa è la situazione dei pesci marini, fra i quali un solo genere (Sebastodes degli Scorpenidi) supera le 100 specie. E si tratta, guarda caso, di pesci che hanno scoperto la viviparità, condizione a cui si accompagna un'ovvia riduzione di vagilità, buona premessa per una estesa speciazione. Per tutti gli altri generi di Pesci sembra non ci sia spazio, nel mare, per una speciazione altrettanto vistosa.

Di conseguenza, non accade di trovare insieme, in uno stesso biotopo, un grande numero di specie congeneri strettamente imparentate, fatto che invece ricorre molto spesso nei popolamenti continentali, provocando non di rado forte imbarazzo allo studioso che cerca di ricondurre queste "folle" di specie (gli species flocks degli autori di lingua inglese) ad una serie di eventi di speciazione allopatrica.

Per i pesci marini, questo modello sembra invece funzionare bene. Valga, per tutti, l'esempio dei saraghi (genere Diplodus) studiati da de la Paz (1975). Secondo questo autore, dei Diplodus sargus provenienti dalle coste orientali dell'Atlantico settentrionale, avendo occasionalmente raggiunto le isole di Sant'Elena e di Ascensione, vi si sarebbero differenziati a livello specifico, rispettivamente come D. helenae e D. ascensionis. Presso le Isole del Capo Verde, più vicine al continente africano e più facilmente raggiungibili da parte di questi pesci, il differenziamento delle popolazioni locali, sarebbe, per ora, di livello sottospecifico (D.s. lineatus). Presso le stesse Isole di Capo Verde, tuttavia, le altre due specie orientali (D. vulgaris e D. cervinus), verosimilmente meno vagili e quindi meno adatte a sopportare lunghi viaggi oceanici, avrebbero dato origine a popolazioni già differenziate a livello specifico, rispettivamente D. prayensis e D. fasciatus), quest'ultimo presente anche alla Canarie (v. anche Daget e Bauchot, 1976).

Ma è anche vero che alcuni generi di invertebrati marini presentano una ricchezza di specie del tutto confrontabile con quella dei grandi generi di animali terrestri, ricchezza di specie reale e non legata a quell'ingiustificato splitting che è di moda soprattutto fra i conchigliologi. E' difficile, in ogni caso, non attribuire al genere Conus meno di 300 specie; altri esempi di grandi generi potremmo trovare, oltre che tra i Molluschi, anche fra gli Antozoi, ma v'è di più. Wallace (1985) ha identificato ben 41 specie di Acropora sul Big Broadhurst Reef, nella Grande Barriera Corallina australiana, e Kohn e Nybakken (1975) segnalano la presenza di 27 specie di Conus su uno stesso tratto di scogliera. Queste situazioni, così diverse da quelle abituali nei Pesci, ricordano piuttosto la presenza di 67 specie di Miocalles (Coleotteri Curculionidi) sui 40 Km. dell'isola di Rapa (Paulay, 1985), fatto che non è facile interpretare come semplice prodotto di eventi di speciazione allopatrica.

Ma... non è il caso di disperare. L'esempio delle Siphonaria australiane cui ho accennato poco sopra può suggerire un modello interpretativo. Vagilità mediocre ed erratica e tempi di generazione piuttosto lunghi sono buone premesse per un differenziamento geografico. L'occasionale formazione di nuove isole coralline o la ricorrente disponibilità di nuovi fondali dove le larve possano insediarsi rappresentano occasioni per il differenziamento delle popolazioni che si possono paragonare, fatte le debite correzioni di scala, a quelle che si sono presentate alle specie terrestri in un arcipelago come le Hawaii.

Anche nel mare, cioè, potrebbe operare quell' "effetto arcipelago" che amplifica l'entità della speciazione allopatrica in contesti geografici discontinui, quali sono offerti appunto da un insieme di isole non troppo piccole e non troppo vicine tra loro ma comunque, come arcipelago, remote da altri lembi di terra emersa: sufficientemente grandi e isolate, sì da permettere ad un lotto iniziale di propaguli colonizzatori di differenziarsi adattandosi a più nicchie ecologiche distinte, disponibili per mancanza di competitori, ma vicine abbastanza da rappresentare, per le altre e magari nuove isole dell'arcipelago, il serbatoio faunistico da cui con maggiore probabilità provengono i nuovi propaguli; così che, a

partire da un unico ceppo iniziale, ripetuti cicli successivi di colonizzazione portano ad un moltiplicarsi delle occasioni di isolamento e di speciazione.

Ringraziamenti

Lavoro eseguito con contributi del Ministero della Pubblica Istruzione (40%) e del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Naz. di Biologia Naturalistica, contr. n. 85.00823.04.

Bibliografia

B. BATTAGLIA - 1982 - Genetic variation and speciation events in marine copepods, in C. Barigozzi (Ed.) - Mechanisms of speciation - New York, Alan Liss, 377-392.
A.R. BEAUMONT, M.D. BUDD - 1982 - Delayed growth of mussel (Mytilus edulis) and scallop (Pecten maximus) veligers at low temperatures - Marine Biology, 71, 97-100.
J.C. BRIGGS - 1960 - Fishes of worldwide (circumtropical) distribution - Copeia, 3, 171-180.
J.C. BRIGGS - 1974 - Marine Zoogeography - New York, McGraw-Hill.
H.P. BULNHEIM, A. SCHOLL - 1981 - Genetic variation between geographic populations of the amphipods Gammarus zaddachi and G.salinus - Marine Biology, 64, 105-115.
S. CARLQUIST - 1974 - Island biology - New York, Columbia Univ. Press.
D.M. COHEN - 1970 - How many recent fishes are there? - Proc.Calif.Acad. Sci., 38, 341-345.
J. DAGET, M.L. BAUCHOT - 1976 - Les problèmes de l'espèce chez les Téléostéens, in Ch. Bocquet, J. Genermont & M. Lamotte (eds.) - Les problèmes de l'espèce dans le règne animal, Tome 1 - Mém. Soc.Zool.Fr., 38, 67-127.
Ch. DARWIN - 1859 - On the origin of species by means of natural selection - London, Murray.
P.A. DOMANSKI - 1984 - Giant larvae: prolonged planktonic larval phase in the asteroid Luidia sarsi - Marine Biology, 80, 189-195.
S. EKMAN - 1953 - Zoogeography of the sea - Sidgwick and Jackson, London.
P.H. GREENWOOD - 1974 - Cichlid fishes of Lake Victoria, East Africa: the biology and evolution of a species flock - Bull.Brit.Mus.(Nat.Hist.), Zool., suppl. 6, 1-134.
J.P. HARDING, N. TEBBLE (Eds.) - 1963 - Speciation in the sea - Syst.Ass. Publ., n. 5 London.
J.B.C. JACKSON - 1974 - Biogeographic consequence of eurytopy and stenotopy among marine bivalves and their evolutionary significance - Amer. Nat., 108, 541-560.
P.L. JOKIEL - 1984 - Long distance dispersal of reef corals by rafting - Coral reefs, 3, 113-116.
M.S. JOHNSON, R. BLACK - 1982 - Chaotic genetic Patchiness in an inter-

tidal limpet, Siphonaria sp. - Marine Biology, 70, 157-164.
M.S. JOHNSON, R. BLACK - 1982 - Pattern beneath the chaos: the effect of recruitment on genetic Patchiness in an intertidal limpet (Siphonaria jeanae) - Evolution, 38, 1371-1383.
A.J. KOHN, J.W. NYBAKKEN - 1975 - Ecology of Conus on Eastern Indian Ocean fringing reefs; diversity of species and resource utilization - Marine Biology, 29, 211-234.
G. KNOX - 1963 - Problems of speciation in intertidal animals with special reference to the New Zealand shores, in J.P. Harding & N. Tebble (Eds.) - Speciation in the sea - Syst. Assoc. Publ., n. 5, 7-29.
J.B. LEWIS - 1960 - The fauna of rocky shores of Barbados, West Indies - Can.J.Zool., 38, 393-435.
R.A. LUTZ, D.JABLONSKI, R.D. TURNER - 1984 - Larval development and dispersal at deep-sea hydrothermal vents - Science, 226, 1451-1454.
G. PAULAY - 1985 - Adaptive radiation on an isolated oceanic island: the Cryptorhynchinae (Curculionidae) of Rapa revisited - Biol.J.Linn.Soc., 26, 95-187.
F.E. PERRON - 1981 - Larval biology of six species of the genus Conus (Gastropoda: Toxoglossa) in Hawaii, USA - Marine Biology, 61, 215-220.
J.E. RANDALL - 1976 - The endemic shore fishes of the Hawaiian Islands, Lord Howe Island and Easter Island - O.R.S.T.O.M., Paris, Tra.Doc., 47, (1973), 49-73.
R.S. SCHELTEMA - 1971 - Larval dispersal as a means of genetic exchange between geographically separated populations of shallow water benthic marine gastropods - Biol. Bull., 140, 284-322.
R.S. SCHELTEMA - 1972a - Eastward and westward dispersal across the tropical Atlantic Ocean of larvae belonging to the genus Bursa (Prosobranchia, Mesogastropoda, Bursidae) - Int. Rev. ges. Hydrobiol., 57, 863-873.
R.S. SCHELTEMA - 1972b - Dispersal of larvae as a means of genetic exchange between widely separated populations of shoal-water benthic invertebrate species, in Battaglia B. (Ed.) - Fifth European Marine Biology Symposium - Piccin, Padua & London, 101-114.
J.B. SIGURDSSON, C.W. TITMAN, P.A. DAVIES - 1976 - The dispersal of young post-larval bivalve molluscs by bissus threads - Nature, 262, 386-387.
G. THORSON - 1940 - Studies on the egg masses and larval development of Gastropoda from the Iranian Gulf - Danish Sci.Invest.Iran, 2, 159-238 (non consultato).
E. TORTONESE - 1985 - Stelle e ricci di mare - Verona, Museo Civico di Storia Naturale, 91 pp.
G.J. VERMEIJ - 1972 - Endemisms and environment: some shore molluscs of the tropical Atlantic - Amer.Nat., 106, 89-101.
C.C. WALLACE - 1985 - Reproduction, recruitment and fragmentation in nine sympatric species of the coral genus Acropora - Marine Biology, 88, 217-233.
H.W. WALDEN - 1984 - The land mollusc fauna of Madeira in relation to the other Atlantic islands and the Palaearctic Region - in A. Solem & A.C. Van Bruggen (Eds.) - Worldwide snails - Leiden, E.J. Brill / Dr. W. Backhuys, 38-45.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	449-460	1986

EVOLUZIONE DEI TARDIGRADI MARINI.

S. Grimaldi de Zio

Istituto di Zoologia ed Anatomia comparata dell'Università di Bari

Key words: Evolution; Tardigrada

ABSTRACT.

A reconstruction of the evolutionary history of the Heterotardigrada is proposed. On the basis of the morphological study of the digestive, nervous, reproductive and locomotory apparatus, Neostygarctidae and Renaudarctidae seem to preserve the most plesiomorphic characters, whereas Halechiniscidae have had a spectacular adaptive radiation.

RIASSUNTO.

Lo studio dei Tardigradi marini, Artrotardigradi ed Echiniscoidei, ha avuto negli ultimi vent'anni un notevole impulso: sono state individuate, infatti, oltre un centinaio di specie, il 50% delle quali rinvenuto anche nel Mediterraneo. Ciò rende possibile un approccio filogenetico del phylum: è possibile ormai individuare alcuni caratteri plesiomorfici, mettendo in evidenza quelli che sono invece gli adattamenti che hanno reso possibile un'ampia conquista dell'ambiente marino. Il maggior numero di informazioni si ricavano oltre che dall'ecologia, dallo studio comparativo dei diversi apparati in particolare dell'apparato locomotore. E' infatti dall'evoluzione delle unghie e dita che si può ricostruire una storia filogenetica della classe Eterotardigradi che tenga conto anche dell'origine degli Echiniscoidei che con gli Echiniscidi hanno conquistato l'ambiente terrestre. In questa ricostruzione le forme più antiche risultano i Neostygarctidi ed i Renaudarctidi custodi della maggior parte dei caratteri plesiomorfici, mentre gli Halechiniscidi mostrano una notevole radiazione adattativa. L'evoluzione del gruppo è partita da forme antiche che popolavano un substrato ricco di nutrimento e che offriva grandi possibilità di rifugio, come il coralligeno di piattaforma in cui sono state, d'altro canto, ritrovate la maggior parte delle specie del Mediterraneo. E' di qui che l'evoluzione della classe ha preso due direzioni opposte: verso la zona intertidale, conquistata soprattutto dalle specie interstiziali, e verso le grandi profondità con specie abissali come i Coronarctidi e alcuni Halechiniscidi.

SUMMARY

Up to date one hundred of marine Heterotardigrada are known. It makes possible to recognize plesiomorphic and apomorphic characters necessary to reconstruct the phylogenetic history of this group; the locomotory apparatus gives the most informations about evolution. Neostygarctidae and Renaudarctidae are very ancient families preserving numerous plesiomorphic characters, whereas Halechiniscidae have had a spectacular adaptive radiation. The Heterotardigrada evolution started with species living in a coarse detritus like the coralligenous detritus, from the littoral shelf towards two opposite directions: the intertidal zone (Stygarctidae, Renaudarctidae, Halechiniscidae, Batillipedidae, Orzeliscidae and Echiniscoidea) and the depth with Coronarctidae and some Halechiniscidae as Euclavarctinae and Styraconixinae.

INTRODUZIONE

Lo studio dell'evoluzione dei Tardigradi marini, si presenta molto interessante sia per i rapporti filogenetici che questo gruppo ha con gli altri phyla, poichè sono proprio loro, gli Eterotardigradi, soprattutto Artrotardigradi che, essendo 1 più primitivi, si trovano a ridosso sia degli Anelli di che degli Artropodi, ma anche perchè tra di essi sono sicuramente presenti le forme custodi del maggior numero di caratteri plesiomorfici. Attraverso l'identificazione di questi e seguendone la storia delle modificazioni, sarà possibile arrivare a costruire l'evoluzione che si è verificata all'interno del phylum.

Certo oggi, con una quarantina di generi ed un centinaio di specie, è più facile che in passato individuare questi caratteri per cui diventa possibile uno studio dei meccanismi evolutivi che hanno operato dando origine, da una parte a specie che si sono diffuse nel mare e dall'altra, a specie che hanno tentato la via della terraferma. Mentre però nell'ambiente marino l'evoluzione ha portato ad una straordinaria ricchezza morfologica, basti pensare a generi come *Floractus*, *Actinarctus*, *Parastygarctus* ecc. così diversi fra loro, nell'ambiente terrestre, molto più severo, le differenze a livello di generi sono molto meno vistose.

Il phylum Tardigrada si divide in tre classi (Schuster, Nelsen, Grigarick e Kristenberry, 1980): Heterotardigrada Marcus 1927, Mesotardigrada Rahm 1937 ed Eutardigrada Marcus 1927. I più conosciuti sono gli Eutardigradi a cui appartengono le specie più comuni identificate fin dal XVIII secolo (il nome di Tardigradi, infatti, fu dato dallo Spallanzani nel 1776), dei Mesotardigradi, invece, si conosce una sola specie ritrovata una sola volta e descritta dal suo Autore (Rahm 1937) il cui valore sistematico è però da rivedere. Quasi un secolo più tardi, bisogna arrivare al 1840 (Schultze 1840, Doyère 1840), furono individuati i primi Eterotardigradi terrestri, mentre notizie di specie marine risalgono al 1851, quando Dujardin ritrovò in un acquario marini un esemplare inizialmente indicato con il nome di *Lydella* e successivamente trasferito, per motivi di omonimia, da Hay (1906) nel genere *Microlyda*. Da quel momento le scoperte si sono andate susseguendo con un ritmo che, se nella prima metà di questo secolo ha lasciato un po' a desiderare, negli ultimi vent'anni è invece diventato particolarmente vivace. Te-

nuto conto delle difficoltà che presenta la ricerca di questi piccoli animali, intesa proprio come andarli a cercare, i risultati ottenuti sono particolarmente interessanti per quanto riguarda l'ecologia e l'evoluzione di questa classe e di conseguenza di tutto il phylum. La distribuzione geografica, lo studio sistematico ed istologico, quest'ultimo grazie soprattutto all'impiego della microscopia elettronica, anche se ancora agli inizi, stanno contribuendo a far luce nella storia evolutiva di questo gruppo.

ECOLOGIA E ZOOGEOGRAFIA.

Data la rarità dei rinvenimenti è difficile programmare qualunque studio di tipo ecologico, infatti accade raramente, a chi studia i Tardigradi marini, di ritrovare una stessa specie due volte di seguito nella stessa stazione. Il loro rinvenimento è il più delle volte del tutto casuale e, benchè questi animali siano ovunque nel mare, sono purtroppo presenti con popolazioni estremamente rarefatte. Come ho appena detto, i Tardigradi sono presenti dovunque nel mare, dalle sabbie costiere che essi popolano dagli strati più superficiali fino a qualche metro di profondità (Kristensen e Higgins 1984), fino ad oltre 4.000 metri di profondità (Renaud Mornant 1975, 1983). La distribuzione geografica è certamente ampia: gli studi degli ultimi anni hanno infatti dimostrato che si possono trovare ovunque li si cerchi, data però l'unicità dei reperti che riguardano la maggior parte delle specie conosciute e rinvenute in oceani diversi è più facile riconoscere specie cosmopolite che non parlare di endemismi. Grazie, infatti, allo studio da noi condotto negli ultimi 20 anni nel Mediterraneo, se secondo quanto afferma Sterrer (1973), una specie può essere considerata cosmopolita quando viene segnalata in almeno due oceani diversi e nei mari con essi collegati, non solo le quattro o cinque specie citate da Renaud Mornant (1982) potrebbero essere considerate cosmopolite, ma oltre il 50% delle specie conosciute che noi abbiamo rinvenuto in questo mare. Ciò risulta particolarmente interessante se si tiene conto del fatto che non esistono dati riferiti alla maggior parte delle coste africane, sia orientali che occidentali, americane, soprattutto occidentali, o dell'Asia di cui non si sa quasi nulla.

Data quindi anche l'antichità del substrato da essi popolato, se ben poco dell'evoluzione dei Tardigradi può essere ricavato dai dati attuali sulla loro distribuzione geografica, qualche informazione può essere invece ottenuta dallo studio sull'ecologia di questi animali bentonici i quali, con speeie diverse hanno popolato tutti i diversi tipi di substrato, avendo conquistato tutti i possibili adattamenti fino al raggiungimento, da parte di alcune specie, di una condizione semibentonica. Naturalmente qui si fanno ipotesi più che affermazioni basate soprattutto sull'esperienza personale che è indispensabile quando si devono affrontare problemi di tassonomia. Non solo la rarità dei rinvenimenti, infatti, ma anche e soprattutto la povertà delle popolazioni, rendono difficile la valutazione del polimorfismo legato al ciclo di sviluppo e della variabilità intraspecifica che naturalmente esistono (Grimaldi de Zio e D'Addabbo Gallo 1975 a, b; Kristensen 1978 a, b). Pertanto il modo migliore in assenza di dati sullo sviluppo embrionale sarebbe il momento di controllare i pochi che ci sono (Marcus 1929; Von Erlanger 1935 a, b)- è di tener conto delle differenze morfologiche, e dell'evo-

luzione delle strutture di rivestimento, degli organi di senso, delle appendici locomotorie, dell'apparato riproduttore e dell'apparato digerente.

APPARATO DIGERENTE.

Per quello che si sa l'origine della bocca dei Tardigradi è secondaria e per di più il celoma si forma per enterocelia; ciò può essere anche vero, ma alla luce delle attuali conoscenze questi dati sono difficilmente accettabili senza ulteriori riscontri: i Tardigradi, infatti, appartengono certamente alla linea dei Protostomi ed il loro piano organizzativo è molto vicino a quello degli Anellidi ed Artropodi che sono schizocelici. L'apparato digerente non si presta molto bene ad un tipo di studio filogenetico dal momento che si presenta molto uniforme in rapporto ad un sistema di alimentazione che è sempre per suzione. Il piano organizzativo è sostanzialmente lo stesso per tutti: apertura boccale più o meno semplice, tubo boccale, stiletti con guaina più o meno lunga, supporti degli stiletti e bulbo con o senza placoidi. La maggior parte delle differenze sono sottili e rappresentano variazioni a livello di specie dipendenti soprattutto dal substrato e dal tipo di alimento che questo fornisce. Negli Eterotardigradi 1 supporti degli stiletti sono presenti negli Echiniscoidei e, fra gli Artrotardigradi, negli Halechiniscidi, Orzeliscidi e Batillipedidi, mentre negli Stygarctidi e Renaudarctidi sono sostituiti da fasce muscolari; i supporti degli stiletti che sono presenti anche negli Eutardigradi, rappresentano dunque un carattere plesiomorfico che indica precisi rapporti filogenetici negli Eterotardigradi tra Artrotardigradi ed Echiniscoidei e tra questi ultimi e gli Eutardigradi. Non esistono rilevanti differenze a livello dei placoidi che negli Eterotardigradi sono sempre interi ed indicati, talvolta, col termine di sbarrette bulbari. Anche il tubo boccale sembra più semplice che negli Eutardigradi, ma di recente Kristensen e Higgins (1984) hanno riconosciuto in *Styraconyx nanoqsunguack* una sbarretta di rinforzo nel tubo boccale. Tale struttura deve essere più frequente di quanto non si sospetti in quanto anche noi l'abbiamo individuata in un'altra specie di *Styraconyx* del Mediterraneo che stiamo ancora studiando. Questa sbarretta, che è frequente negli Eutardigradi, può dunque rappresentare un altro carattere plesiomorfico conservatosi solo in alcuni Eterotardigradi. Qualunque altra variazione dell'apparato boccale non sembra per il momento avere alcun valore filogenetico, ma rappresentare piuttosto il risultato di adattamenti alimentari, come la posizione della bocca che può essere ventrale o terminale o il cono boccale protrusibile più o meno lungo. Adattamento interessante, invece, è la presenza in alcuni Halechiniscidi di tasche batteriche molto ampie che fiancheggiano il tubo boccale (Kristensen 1984). Tali sacche non comunicano col tubo digerente, ma si aprono all'esterno con un poro ventrale. Questa apertura consente l'ingresso di sostanza organica sotto forma, per esempio, di macromolecole. I Batteri trasformano questo materiale rendendolo utilizzabile dai Tardigradi, l'elaborato poi passa attraverso le pareti delle tasche direttamente nell'emocele. Quando i Batteri sono diventati molto numerosi, le tasche vengono rovesciate all'esterno e parzialmente svuotate. Tale simbiosi è molto interessante perchè ci permette di riconoscere ai Batteri un ruolo da intermediari tra alimento ed animali. Tale ruolo è già stato rico-

nosciuto anche fra Nematodi e molti altri animali appartenenti alla Meiofauna (Giere 1981; Hope e Murphy 1969, Rieman e Schrage 1978).

APPARATO DI RIVESTIMENTO.

Uno degli elementi diagnostici più importanti dal punto di vista evolutivo oltre che tassonomico, è invece rappresentato dalla morfologia dell'esoscheletro cuticolare che presenta la maggiore quantità di modificazioni soprattutto in rapporto all'ambiente (Grimaldi de Zio et Alii 1982 a, b; 1983, 1984; Kristensen e Higgins 1984; Renaud Mornant 1982). Particolarmente importanti sono gli studi di Greven (1982, 1984), Greven e Grohe (1975), Kristensen (1976; 1978 a, b; 1981; 1982) e Walz (1975 a, b; 1978; 1982) i quali, grazie all'impiego della microscopia elettronica, hanno messo in evidenza le relazioni filogenetiche con gli Artropodi anche se la cuticola dei Tardigradi, pur presentando chitina, mostra un'organizzazione che per certi aspetti è assolutamente unica. In verità è troppo presto per formulare precise affermazioni di affinità o parentela perchè troppo poche e soprattutto terrestri sono le specie studiate ed il ruolo delle analogie a questo livello può essere tale da confondere le carte. Infatti l'epicuticola caratterizzata da uno strato a pilastrini, all'interno del quale possono trovarsi anche Batteri (Kristensen 1976), veniva considerata tipico appannaggio degli Eterotardigradi finchè in alcuni Eutardigradi d'acqua dolce non si è rinvenuto un modello di cuticola molto simile (Greven 1982; Kristensen 1982). Ciò crea inevitabilmente delle grosse confusioni perchè la presenza dei pilastrini in forme d'acqua dolce può essere, come dice Kristensen, un carattere plesiomorfico da Eterotardigrado che si è conservato solo in un gruppo molto antico degli Eutardigradi i quali, per quel poco che si sa, vi hanno in genere rinunciato, ma può essere anche un caso di convergenza dal momento che un medesimo tipo di vita richiede medesimi adattamenti.

Quindi lo studio istologico ci sta dando tutta una serie di elementi che però solo più in là potranno essere utilizzati per uno studio filogenetico e che ora permettono di mettere in luce evidenti affinità con gli Artropodi (Kristensen 1978 b). Ciò vale anche per la muscolatura che rivela un carattere ancestrale condiviso dagli Artropodi e Pentastomidi, ma è interessante sottolineare che il carattere muscolatura striata è presente solo negli Artrotardigradi perchè nei Tardigradi terrestri Eutardigradi ed Echiniscoidei, forse in rapporto alle loro capacità di entrare in criptobiosi, esiste una muscolatura liscia o a striatura obliqua. Tenuto conto di tutti i dati sulla cuticola degli Artrotardigradi, Echiniscoidei ed Eutardigradi, possiamo però dire che la condizione che si riscontra negli Halechiniscidi è così complicata da rappresentare necessariamente una condizione primitiva e che gli Echiniscoidei che invece mostrano varie modificazioni nello schema fondamentale sono derivati dagli Artrotardigradi. Nell'ambito di questi ultimi le modificazioni della cuticola presentate dai Batillipedidi, sarebbero dovute ad adattamenti alla vita intertidale interstiziale. E' auspicabile che quanto prima siano raccolti dati sull'apparato di rivestimento degli Stygarctidi. Ciò dovrebbe facilitare molto l'interpretazione di queste strutture in chiave filogenetica.

RADIAZIONE ADATTATIVA.

Interessante e molto più facile è lo studio della radiazione adattativa che ha portato al differenziamento di tre categorie di Tardigradi marini, riconoscibili per tutta una serie di elementi uno dei quali è il diverso sviluppo dell'esoscheletro cuticolare. Già in passato è stata fatta una ripartizione dei Tardigradi in forme intertidali e subtidali, distinguendo fra questi ultimi, specie che popolano i sedimenti grossolani e quelle dei fanghi (Grimaldi de Zio et Alii 1984). Le specie che popolano i fondi mobili soprattutto a sabbie grossolane ed organogene della piattaforma continentale, sono, nella maggior parte dei casi, specie che hanno elaborato uno sviluppo straordinario della cuticola, soprattutto dell'epicuticola, allargandola tutt'intorno al corpo, formando ali o rigonfiandola, organizzando così strutture di galleggiamento o ancora, sviluppando in maniera vistosissima appendici cefaliche e caudali. Tutto ciò allo scopo di garantire una maggiore, se non migliore mobilità sul substrato, trasformando specie bentoniche in specie semibentoniche, capaci di nuotare utilizzando le espansioni alari come l'ombrella di una medusa, o la cupola dorsale come un galleggiante. Queste espansioni non esistono o sono estremamente limitate nelle specie mesopsammiche e limicole. In queste ultime la vita all'interno del sedimento ha ridotto moltissimo lo sviluppo della cuticola e delle appendici; anche l'apparato locomotore risulta meno sviluppato. Questa riduzione è particolarmente vistosa nei Tardigradi che vivono nei compatti fanghi specialmente abissali, molto meno nelle acque interstiziali dell'intertidale dove esiste uno spazio abbastanza ampio, in proporzione alle loro dimensioni, in cui è comunque garantita una circolazione dell'acqua dovuta alle maree ed ai movimenti del mare.

APPARATO LOCOMOTORE.

La morfologia generale del corpo ci mostra dunque come hanno operato certi meccanismi evolutivi in un ambiente così vario come il mare, per garantire una buona mobilità in ogni habitat. Osservando l'apparato locomotore si possono ricavare altre interessanti informazioni sull'evoluzione di questo gruppo.

I Tardigradi hanno quattro paia di zampe telescopiche più o meno estensibili in cui Van der Land (1968) riconosce quattro segmenti indicati con i termini di: coxa, femore, tibia e tarso; il tarso è una sorta di cuscinetto su cui si trovano o unghie o dita terminanti con unghie e ventose. La condizione più primitiva è rappresentata dalla presenza di quattro unghie, formazioni cuticolari che suggeriscono una qualche affinità con le setole degli Anellidi Policheti. E' questa l'idea suggestiva di Richters (1926) secondo il quale da una setola di Polichete si sarebbero appunto evoluti il dito con disco adesivo di *Batillipes* e il dito con unghia di *Halechiniscus*. I Tardigradi che possono essere considerati custodi del maggior numero di caratteri plesiomorfici sono gli Stygarctidi ed i Neostygarctidi. In questi ultimi le zampe terminano con un tarso da cui partono quattro peduncoli digitiformi su ognuno dei quali si articola un robusto unghiello. Questa specie di dito ha una certa rigidità ed il tutto, nel complesso, richiama alla mente una setola di Polichete, neanche tanto complicata. Questa condizione

non esiste in nessun altro Tardigrado, le forme più vicine ai Neostygarctidi, gli Stygarctidi, hanno unghie sessili collegate con la base mediante una membranella; ma anche i Renaudarctidi sono molto vicini ai Neostygarctidi, ma hanno un'unghia falciforme impiantata su di un dito che è ben diverso da quello di *Neostygartcus*, perchè è oltretutto molto flessibile. E' verosimile che dall'unghia sessile si sia passati al dito con unghia terminale, tipico degli Halechiniscidi. Questa sembra la giusta sequenza che pone una setola articolata alla base (Neostygarctidae) e che vede all'estremità della linea evolutiva, un'unghia sostenuta da un dito, passando per l'unghia sessile degli Stygarctidi. Il dito con ventosa terminale dei Batillipedidae è certo un adattamento alla vita mesopsammica che ha portato all'organizzazione anzichè di un'unghia, di un disco adesivo all'estremità del dito; lo stesso dicasi per gli Orzeliscidi che hanno una lunga ventosa in luogo del dito. In questa serie i Renaudarctidi rappresentano un gruppo che separatosi precocemente con gli Stygarctidi dal comune antenato, ha fatto storia a sè conservando caratteri plesiomorfici come l'uguale morfologia dei gonopori maschile e femminile ed una pesante corazzatura. I Renaudarctidi, inoltre, vivono profondamente all'interno delle sabbie intertidali, in un ambiente dunque molto conservativo, in cui hanno trovato rifugio fin da quando si sono staccati dal ceppo originario. Lo stesso dicasi per i Coronarctidi che si sono rifugiati in un ambiente altrettanto conservativo come i fanghi abissali ed hanno sviluppato un'unghia che si colloca bene fra Stygarctidi ed Echiniscoidei specialmente Echiniscoididi. I Coronarctidi sono caratterizzati da abito vermiforme e da zampe molto corte paragonabili a parapodi di Anellidi.

Considerando quindi la morfologia generale del corpo e delle zampe ed in particolare delle porzioni terminali di queste, riusciamo non solo a costruire uno schema dell'evoluzione degli ordini e delle famiglie, ma possiamo ipotizzare in base alla distribuzione delle specie nell'ambiente marino, che i Tardigradi siano comparsi in un sedimento organogeno come il detrito di coralligeno in acque non molto profonde (nel detrito di coralligeno di piattaforma sono state rinvenute la maggior parte delle specie del Mediterraneo), e di qui si siano poi spostati in due direzioni: verso la costa e verso la scarpata e di qui fino ai fanghi abissali. Da un antenato che poi si vedrà quali caratteristiche dovrà avere, sono partiti i Neostygarctidi da cui si sono evidentemente differenziati gli Stygarctidi. Dalla base di questi ultimi si è precocemente distaccato un ceppo che ha dato origine da una parte ai Coronarctidi che si sono diretti verso i sedimenti più fini e quindi lungo la scarpata per popolare i fanghi più profondi, fino ai fanghi abissali, e dall'altra agli Echiniscoidei che muovendosi in direzione opposta, verso la zona di marea e di qui attraverso le acque costiere, verso la vegetazione costiera emersa, hanno dato origine agli Echiniscoidei con gli Echiniscoididi intertidali e d'acqua dolce, agli Oreellidi, e agli Echiniscidi terrestri. Dagli Stygarctidi l'evoluzione procede verso gli Halechiniscidi. In questa famiglia la zampa ha raggiunto l'organizzazione che meglio si concilia con le dimensioni dell'animale e l'ambiente in cui esse vive. Ciò ha contribuito a realizzare una radiazione adattativa spettacolare per cui questi Tardigradi, con specie diverse, hanno colonizzato tutti i tipi

di substrato diventando anche epibionti e parassiti. I Batillipedidi in questo discorso evolutivo condividono con gli Orzeliscidi l'ultimo posto.

ORGANI DI SENSO.

Ciò che pone gli Stygarctidi ed i Neostygarctidi soprattutto, molto prossimi alla base, è anche la disposizione arcaica degli organi di senso cefalici e la morfologia di alcuni di essi. La disposizione è primitiva perchè il margine frontale è profondamente inciso in lobi orientati in senso dorsale, ventrale e laterale per cui anche i cirri, impiantati su questi, risultano orientati in modo tale da garantire una completa esplorazione dell'ambiente. Nel corso dell'evoluzione tale situazione si modifica: la fronte tende a diventare piana, mentre gli organi di senso perfezionano l'articolazione basale inizialmente grossolana e vistosa. Particolarmente interessante a questo proposito, è l'evoluzione del cirro mediano e del cirro E: la presenza di processi spinosi impari dorsali in tutte le piastre dello scheletro di *Neostygarctus*, suggerisce l'idea che il cirro impari mediano rappresenti il risultato della specializzazione di una spina in rapporto alla sua vicinanza con i gangli cerebroidi; in molti Stygarctidi ed Halechiniscidi, come *Halechiniscus tuleari* Renaud Mornant 1979, tale organo di senso è sostenuto da un vistoso processo conico. In *Hypechiniscus* si osservano processi dorsali impari simili a quelli di *Neostygarctus*. Anche il cirro E di quest'ultima specie, con la sua grossolana articolazione, rappresenta un documento dell'antichità del genere e può corrispondere per posizione ed inserzione ad un processo spinoso analogo a quelli laterali delle piastre toraciche. La sua specializzazione sarebbe stata resa necessaria in rapporto alla sua vicinanza con ano e gonoporo. Viene da sè che i cirri B, C e D degli Echiniscidi sono evidenti tracce dei processi spinosi delle piastre toraciche *(Pseudechiniscus* per esempio). E' interessante, inoltre, notare che il cirro E è sempre associato ad un organo di senso dorsale al IV paio di zampe che è un chemiorecettore (Kristensen 1981), il quale negli Stygarctidi, Halechiniscidi e anche negli Echiniscoididi ha sovente la stessa forma dèlia clava primaria; quest'ultima anch'essa un chemiorecettore associata al cirro A.

Sicchè, se noi guardiamo questi animali tenendo conto della morfologia degli organi di senso e di questi ultimi in particolare, e della loro distribuzione alle due estremità del corpo, possiamo identificare due territori adibiti all'esplorazione dell'ambiente, uno cefalico con tutta la batteria di cirri e clave orientati e distribuiti su diversi piani (anteriore, dorsale, laterale e ventrale), ed uno caudale con il cirro E che da solo si arricchisce di un sistema di articolazione a fisarmonica che gli permette di orientarsi in tutte le direzioni ed un chemiorecettore che funziona come la clava primaria a cui spesso somiglia. Nei Neostygarctidi le pieghe articolari del cirro E sono molto grossolane, mentre negli Stygarctidi, Halechiniscidi, Coronarctidi, ed Echiniscoididi le pieghe, più numerose, si assottigliano conferendo al cirro una migliore mobilità. La presenza di questo organi di senso così vicini al gonoporo, è certo legata oltre che alla locomozione, al comportamento sessuale.

APPARATO RIPRODUTTORE.

Questo non presenta una grande varietà: in tutti i Tardigradi Hetetotardigradi la gonade è unica, dorsale all'intestino. Nel maschio è fornita di due gonodotti che circondano il tubo digerente e si aprono ventralmente in prossimità dell'ano. Il gonoporo circolare è di solito coperto da una piega cuticolare a semiluna che ribaltandosi forma una sorta di organo copulatore. Nella Femmina, invece, alla base dell'ovario esiste un solo gonodotto, destro o sinistro, che si apre ventralmente. Il gonoporo, piuttosto distante dall'ano, è un'apertura stellata che grazie ad un sistema di sei pieghe cuticolari convergenti determinate da sei cellule, garantisce un ampio varco all'uovo. Solo i Renaudarctidi hanno gonopori uguali in entrambi i sessi, molto vicini all'ano il che rappresenta una situazione che prelude alla fusione dei due apparati per dare luogo alla cloaca degli Eutardigradi. La differenza tra maschi con due gonodotti simmetrici e femmine con un solo gonodotto è un segno abbastanza evidente che la situazione femminile è una condizione derivata: la rinuncia ad un ovidutto deve essere avvenuta molto precocemente in rapporto alle notevoli dimensioni degli ovociti. Nei Batillipedidi però dal lato opposto all'ovidutto, in posizione simmetrica a questo, esiste un ricettacolo seminale sovente ricolmo di spermi vivi (Grimaldi de Zio e D'Addabbo Gallo 1975 a, b). Ciò significa che in rapporto alla necessità di una fecondazione interna, dettata dalle esigenze ambientali (si tratta di Tardigradi mesopsammici che quindi hanno dovuto far ricorso a tutta una serie di adattamenti molto particolari in rapporto all'ambiente), in questa famiglia soltanto, uno degli ovidutti si sia specializzato in spermateca separandosi dall'ovario. In tutti gli altri Heterotardigradi esistono spermateche di tutt'altro genere. Negli Stygarctidi, Renaudarctidi, Coronarctidi ed Halechiniscidi, a destra ed a sinistra del gonoporo femminile, al di sotto di questo o al di sopra, si aprono i dotti di due tasche cuticolari nelle quali è facile riconoscere spermi vivi. Le tasche sono di solito laterodorsali ed i tubuli hanno un andamento tortuoso, a volte molto complicato, forse per garantire così la conservazione degli spermi all'interno di esse. Non si sa come avvenga la fecondazione. Quando le aperture dei dotti sono vicine al gonoporo si può pensare che questo avvenga al momento dell'emissione dell'uovo, ma quando le aperture sono molto distanti come in *Raiarticus* (D'Addabbo Gallo et Alii 1986) o in *Archechiniscus*, si può pensare che i dotti rappresentino invece la via di accesso degli spermi che in tal modo, passati nella cavità del corpo, fecondino le uova nell'ovario. In ogni caso è difficile arrivare a conclusioni precise in mancanza di osservazioni dal vivo. Cercando però di ricostruire una storia evolutiva dell'apparato riproduttore, si può ipotizzare una condizione ancestrale rappresentata da gonadi impari con gonopori uguali in entrambi i sessi vicini all'ano, un solo ovidutto e spermateche sotto forma di tasche cuticolari. Non bisogna però dimenticare i Batillipedidi che hanno una spermateca interna possibile traccia di un altro ovidutto.

CONCLUSIONI

In base alla rassegna fin qui condotta vien fatto di chiedersi quale potesse essere l'aspetto del Tardigrado ancestrale che popolava un detrito

grossolano della piattaforma continentale. Doveva somigliare molto ai Neostygarctidi, con un esoscheletro massiccio simile a quello dei Renaudarctidi, munito di grosse spinosità dorsali e laterali, con spine impari, la prima delle quali, a ridosso del cervello, funzionava da organo di senso e il cirro E anch'esso già presente con una articolazione grossolana. Apparato boccale con stiletti e supporti degli stiletti e placoidi. Gonadi impari dorsali che si aprivano in un gonoporo ventrale vicino all'ano uguale in entrambi i sessi. Spermateche cuticolari come quelle dei Renaudarctidi; zampe dotate di quattro unghioni sessili terminanti con una punta articolata, molto robusta con setola dorsale come nei Neostygarctidi.

BIBLIOGRAFIA.

M. D'ADDABBO GALLO, S.GRIMALDI de ZIO, M.R. MORONE DE LUCIA -1986- Description of two species of Halechiniscidae belonging to the sub-families Halechiniscinae and Styraconixinae (Tardigrada: Heterotardigrada). *Oebalia, 13 n.s.,* 69-75.

L.M. DOYERE -1840- Memoire sur les Tardigrades. I .*Ann. Sc. Nat. Paris, ser.2, 14,* 269-362.

F.DUJARDIN -1851- Sur les Tardigrades et sur une espece a long pieds vivant dans l'eau de mer. *Ann. Sc. Nat. Paris, ser. 3, 15,* 161-166.

O. GIERE -1981- The gutless marine Oligochaete *Phallodrilus leucodermatus.* Structural studies on an aberrant tubificid associated with Bacteria. *Mar. Ecol. Progr., ser. 5,* 353-357.

H.GREVEN -1982- Homologues or analogues? A survey of some structural patterns in Tardigrada. In: Nelson D.: *Proc. 3rd Int. Symp. Tardigrada, August 1980. Johnson City Tenn. U.S.A.. East Tenn. Univ. PRESS,* 55-75.

" -1984- Tardigrada. Ziemsen Verlag, 1-101.

" , G. GROHE -1975- Die feinstruktur des integumentes und der Muskelansatzstellen von *Eckiniscoides sigismundi* (Heterotardigrada). *Helgol. Wiss. Neeressunters, 21,* 450-460.

S.GRIMALDI de ZIO, M. D'ADDABBO GALLO -1975 a- Reproductive cycle of *Batillipes pennaki* Marcus. *Publ. Staz. Zool. Napoli, 39, suppl.,* 212-225.

" " -1975 b- Sviluppo postembrionale e mute in *Batillipes pennaki* Marcus (Heterotardigrada). *Riv. Biol., 68, (3),* 243-274.

" , M.R.MORONE DE LUCIA -1982 a- Note sull'ecologia dei Tardigradi marini (Heterotardigrada). *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50 suppl.,* 223-227.

" " " , R. VACCARELLA, P.GRIMALDI -1982 b- Quattro nuove specie di Halechiniscidae rinvenute in due grotte sottomarine dell'Italia meridionale. (Tardigrada: Heterotardigrada). *Cah. Biol. Mar., 23,* 415-426.

" " " -1983- Marine Tardigrades ecology. *Oebalia, 9, n.s.,* 15-31.

" , M.R. MORONE DE LUCIA, M. D'ADDABBO GALLO -1984- Relazione tra morfologia ed ecologia nei Tardigradi marini (Heterotardigrada: Arthrotardigrada). *Cah. Biol Mar.,* 25, 67-73.

W.P. HAY -1906- A Bear animalcule renamed. Proc. Biol. Soc. Wash., *19,* 46-47.

D. HOPE, D.G. MURPHY -1969- *Rhaptothyreus typiens* n.g., n.sp.. An abyssal ma-

rine Nematode representing a new family of uncertain taxonomic position. *Proc. Biol. Soc. wash., 82,* 81-92.
R.M.KRISTENSEN -1976- On the fine structure of *Batillipes noerrevangi.* Kristensen 1976. I. Tegument and moulting cycle. *Zool.Anz., 197,* 129-150.
" -1978 a- Notes on marine Heterotardigrades. I. Description of two new *Batillipes* species, using the electron microscope. *Zool.Anz., 200* 1-17.
" -1978 b- On the structure of *Batillipes noerrevangi* Kristensen1978. II. The Muscle attachments and true cross striated Muscles. *Zool. Anz., 200,* 173-184.
" -1981- Sense organs of two marine Arthrotardigrades (Heterotardigrada, Tardigrada). *Acta, Zool., 62,* 27-41.
" -1982- New aberrant Eutardigrades fro Homothermic springs on Disko Island, West Greenland. In: Nelson, D.: *Proc. 3rd Int. Symp. Tardigrada, August 1980. Johnson City Tenn.* U.S.A.. *East T e n n . Univ. Press,* 203-220.
" -1984- On the biology of *Wingstrandarctus corallinus* n.g., n. sp., with notes on the symbiotic Bacteria in the subfamily Florarctinae. *Vidensk Meddr. Dansk. Naturh. Foren., 145,* 201-218.
, R.P.HIGGINS -1984- A new family of Arthrotardigrada (Tardigrada: Heterotardigrada) from the Atlantic coast of Florida U.S.A.. *Trans. Amer. Microsc. Soc., 103, 3,* 295-311.
E.MARCUS -1929- Zur Embryologie der Tardigraden. *Zool. Jahrb., 1,* 333-384.
G.RAHM -1937- A new ordo of Tardigrades from the Hot Springs of Japan. *Annot. Zool. Jap., 16,* 345-352.
J.RENAUD MORNANT -1975- Deep Sea Tardigrada from the Meteor Indian Ocean Expedition. *Meteor Forsch. Ergebnisse, 21,* 54-61.
" -1979- Tardigrades marins de Madagascar. I. Halechiniscidae et Batillipedidae. *Mus. natn. Hist. Nat. Paris, 4 ser., 1,* 257-277.
" -1982- Species diversity in marine Tardigrada. In: Nelson, D.: *Proc. 3rd Int. Symp. Tardigrada, August 1980. Johnson City Tenn. Univ. Press.* 151-177.
" -1983- Tardigrades abyssaux nouveaux de la sous famille des Euclavarctinae n. subfam. (Arthrotardigrada, Halechiniscidae). *Bull. Mus. natn. Hist. Nat. Paris, 4 ser., 5,* 201-219.
F.RICHTERS -1926- Tardigrada. In: Kukenthal: Handbuch der Zoologie, 3, 1-68.
F. RIEMAN, M.SCHRAGE -1978- The mucus-trap hypothesis on feeding of aquatic Nematodes and implications for biodegradation and sediment texture. *Oecologia, 34,* 75-88.
C.A.S.SCHULTZE -1840- *Echiniscus bellermanni* animal crustaceum. Berlin 1840, 1, tab. 1.
R.O.SCHUSTER, D.R.NELSON, A.A.GRIGARICK, D.KRISTENBERRY -1980- Systematic criteria of the Eutardigrada. *Trans. Amer. Microsc. Soc., 99, 3,* 284-303.
W.STERRER -1973- Plate tectonics as a mechanism for dispersal and speciation in interstitial sand Fauna. *Netherl. J. Sea Res., 7,* 200-222.
J.VAN DER LAND -1968- *Florarctus antillensis* a new Tardigrade from the coral sand of Curacao. *Studies on the Fauna of Curacao and other Caribbean Islands, 25,* 140-146.
R.VON ERLANGER -1935 a- Beitrage zue morphologie der Tardigraden. I. Zur

embryologie eines Tardigraden: *Macrobiotus macronyx* Duj.. *Morphol. Jahrb., 22,* 491-513.

" -1935 b- Zur morphologie und embryologie eines Tardigraden. (*Macrobiotus macronyx* Duj.). *Vorlauf. Mitteil., 11, Biol. Ctrbl, 15,* 772-777.

B. WALZ -1975 a- Ultrastructure of muscle cells in *Macrobiotus hufelandi. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 32, suppl.,* 425-443.

" -1975 b- Modified ciliary structures in receptor cells of *Macrobiotus hufelandi* (Tardigrada). *Cytobiologia, 2,* (1), 181-185.

" -1978- Electron microscope investigation of cephalic sense organs of the Tardigrade *Macrobiotus hufelandi* C.A.S. Schultze. *Zoomorphologia, 89,* 8-19.

" -1982- Moulting in Tardigrada. A rewiev including new results on cuticle formation in *Macrobiotus hufelandi.* In: Nelson D.: *Proc. 3rd Int. Symp. Tardigrada, August 1980. Johnson City Tenn. U.S.A.. East Tenn. Univ. Press,* 129-148.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	461-469	1986

ASPETTI EVOLUZIONISTICI DEI CICLI VITALI IN ANIMALI MARINI DEL BENTHOS SESSILE (°)

Michele Sarà

Istituto di Zoologia dell'Università di Genova.

Key words: Life histories; Life cycles; Life strategies; Evolution; Sponges; Hydrozoans, Anthozoans.

ABSTRACT - The life cycles of marine sessile invertebrates show a wide plasticity in the succession of sessile and motile phases, each one susceptible of being improved, reduced or even suppressed, with remarkable consequences from an evolutionary point of view. The A. reports some examples of life cycles plasticity in Sponges, Hydrozoans and Anthozoans and emphasizes the general points of adaptative and evolutionary significance in the different life strategies arising from this plasticity.

RIASSUNTO

Il significato adattativo ed evoluzionistico della plasticità delle storie vitali è stato ampiamente sottolineato in anni recenti soprattutto per i caratteri demografici. Tuttavia una speciale attenzione meritano gli aspetti evoluzionistici collegati alla grande varietà e plasticità dei cicli vitali degli invertebrati marini, in cui si succedono fasi sessili e mobili caratterizzate da una diversa morfologia e da differenti requisiti ecologici. Esempi presi dai cicli vitali di spugne, idrozoi ed antozoi mostrano i seguenti aspetti generali: a) la grande varietà di cicli vitali dipende sia da fattori ecologici che da fattori morfogenetici; b) la riproduzione sessuale con la produzione di larve planctoniche rappresenta non solo la fonte della variabilità genetica ma anche il principale mezzo di dispersione; c) due opposti tipi di strategie vitali possono essere riconosciuti, uno favorisce la riproduzione sessuale e la dispersione e l'altro la crescita e specializzazione individuale o coloniale; d) la riproduzione asessuale ha in molti casi il ruolo essenziale di favorire la sopravvivenza delle speeie in difficili condizioni ambientali; e) le tendenze evolutive di questi animali vanno in generale da una strategia più primitiva opportunistica di tipo r, con alti valori di fecondità e dispersione ma anche di mortalità, ad una strategia specialistica, di tipo K, basata su adattamenti individuali o coloniali per l'occupazione dello spazio e una più lunga sopravvivenza; f) le nette variazioni nei cicli vitali portano ad importanti conseguenze evolutive in rapporto all'instaurarsi di differenti regimi selettivi. Queste variazioni tuttavia, grazie alla flessibilità epigenetica di questi animali, possono essere determinate facilmente, anche da piccole modificazioni genotipiche, se queste interessano il sistema regolatore della morfogenesi; infatti esse sembrano spesso causate da processi di tipo eterocronico e pedogenetico.

(°) Lavoro eseguito con contributo M.P.I. (fondi dei programmi 60%).

SUMMARY

The adaptative and evolutionary significance of life histories plasticity has been in recent years emphasized mainly with regard to demographic traits. However, life cycles of marine invertebrates, characterized by the succession of sessile and motile phases, which sharply differ in their morphology and ecological requirements, deserve special attention for the evolutionary impact of their wide plasticity. Examples taken from the life cycles of Sponges, Hydrozoans and Anthozoans show the following general aspects: a) the great variety of life cycles is related both to ecological and morphogenetic factors; b) sexual reproduction with the production of planctonic larvae represents not only the source of genetic variability but also the chief factor in the species dispersal; c) two opposite types of life strategies can be recognized, one improving the sexual reproduction and dispersal and the other the individual or colonial growth and specialisation; d) asexual reproduction plays in many cases the essential role of favouring the species survival in severe ecological conditions; e) evolutionary trends generally point from a more primitive, opportunistic, r-selected strategy, with high values of fecundity and dispersal, but with high mortality rates, to a specialistic, K-selected strategy, based on individual or colonial adaptations for space occupation and longer survival; f) sharp variations in the life cycles bring to important evolutionary consequences, related to the different selective regimes. These variations however, can be, thanks to the epigenetic flexibility of these animals, produced easily, on the basis of even small genotypic changes if these changes interest the morphogenetic regulatorys system: they seem often caused by heterochronic and paedogenetic processes.

INTRODUZIONE

I geni e l' ambiente di un organismo determinano il suo fenotipo non come una struttura cristallizzata nel tempo ma come un processo dinamico, epigenetico che si svolge lungo l' intera storia vitale dell' individuo. Tale processo ha un notevole interesse per la teoria evolutiva (Caswell, 1983). Stearns (1982) ha sottolineato in particolare che la modificazione dei caratteri delle storie vitali tocca i meccanismi morfogenetici e quindi il suo studio riguarda l' interazione fra processi di sviluppo, e l' ecologia e l' evoluzione delle specie. La plasticità delle storie vitali è stata studiata in particolare su tratti demografici come sopravvivenza, fecondità e velocità di sviluppo, di cui è stato dimostrato in vari casi un controllo genetico ed è chiaro il significato adattativo (Smith Gill, 1983). La plasticità delle storie vitali può, nell' ambito del processo evolutivo, essere considerata come un sistema di regolazione a feedback in quanto lo condiziona ma ne è a sua volta condizionato.

L'attenzione sulla plasticità è stata rivolta finora soprattutto agli aspetti demografici delle storie vitali ma è importante, anche per la teoria evolutiva, la plasticità delle storie vitali che si riferisce alla presenza di morfe alternative espresse contemporaneamente (come le caste degli insetti sociali, i fenotipi sessuali, ecc.) o nella successione del ciclo vitale (larve e adulti, ecc.). Smith-Gili (1983) ha mostrato come la teoria delle storie vitali possa essere estesa a queste più ampie modificazioni morfogenetiche con implicazioni eco-evolutive. Per esse è stata recentemente formulata (West-Eberhard, 1986) la teoria degli adattamenti alternativi regolati in base a meccanismi sia genetici sia facoltativi (epigenetici), innescati da interruttori rappresentati da piccole variazioni a livello di geni o della loro espressione con significato regolatore. Ciò vale per l' emergenza delle morfe contemporanee ma anche per quei sistemi polifasici in cui si succedono forme diverse, nell'ambito di cicli vitali.

In quanto al significato evoluzionistico ed adattativo di tali sistemi polifasici diacronici Hall (1984) ha indicato l'importanza che un'ontogenesi a salti, attraverso meccanismi eterocronici, può avere per l'evoluzione, in quanto produttrice di nuove storie vitali e Balon (1984, 1985) ha studiato questi meccanismi nello sviluppo dei pesci soffermandosi sul significato adattativo dell'assenza di larve e della sua presenza nonostante i costi della metamorfosi.

I cicli vitali in animali marini bentonici sessili

E' ben noto che la grande maggioranza degli invertebrati marini è caratterizzata da una fase bentonica (in taluni gruppi sessile, in altri più o meno sedentaria anche se vagile) e da una fase planctonica e quindi mobile e dispersiva. In questa relazione vengono presi in esame due gruppi di invertebrati sessili, cioè Poriferi e Cnidari, entrambi con una notevole varietà di cicli vitali.

Per comprendere la varietà dei cicli vitali, espressa da un singolo gruppo di organismi un punto essenziale da prendere in considerazione nell'ambito della teoria evolutiva, è quello adattativo dell'ottimizzazione delle strategie riproduttive e di sopravvivenza in rapporto ai loro costi e benefici. Teoricamente la ottimizzazione completa si dovrebbe avere con l'esaltazione contemporanea di tre elementi essenziali delle storie vitali: a) la produzione di elevata biomassa; b) un processo efficace di dispersione; c) una sufficiente produzione di variabilità genetica. In realtà ciascuno di questi elementi può essere più o meno sviluppato in base alla strategia riproduttiva prescelta, anche se vi è fra di essi una ovvia interconnessione: ad es. la produzione di elevata biomassa favorisce quella di un maggior numero di propaguli con maggiori possibilità di dispersione e di variabilità genetica nella specie. Tuttavia per il principio dell'allocazione delle risorse l'ottimizzazione contemporanea dei vari elementi della storia vitale non può verificarsi, in quanto il successo di una strategia vitale va vista non solo in termini di benefici ma anche di costi. Così le specie sceglieranno strategie diverse in base alle diverse situazioni ecologiche e alle loro potenzialità o costrizioni genetiche ed epigenetiche. Si è ampiamente discusso a questo proposito di strategie di tipo r e di tipo K (Pianka, 1970) ma la semplice polarità non esprime sufficientemente la complessità delle situazioni che possono essere individuate caso per caso ed è perciò meglio parlare di un continuum r-K, Sono state anche descritte (Stearns, 1976; Grahame e Branch, 1985) strategie che pongono l'accento sul differente impatto della mortalità e predicibilità in differenti stadi del ciclo vitale. In questi casi si può distinguere una mortalità giovanile impredicibile, che favorisce lo sforzo riproduttivo e una vita più lunga dell'adulto e l'iteroparità, da una mortalità impredicibile e notevole nella fase adulta che favorisce un investimento precoce e significativo nella riproduzione ed è accompagnato da semelparità. L'analogia con le strategie r e K è comunque evidente.

Cicli vitali nei Poriferi

I Poriferi offrono un interessante materiale per lo studio dei vari tipi di strategia. In alcuni casi si osserva l'ottimizzazione del processo dispersivo, in altri e forse più numerosi quella del processo di crescita somatica che prevale sul potenziale riproduttivo probabilmente in rapporto alle esigenze poste dalla competizione per la principale risorsa, cioè la disponibilità di substrato. In effetti i Poriferi presentano una grande varietà di storie vitali nell'ambito di uno schema generale che è quello della

successione: zigote - larva lecitrofica - adulto.

Calcispongie e Demospongie, esprimono peraltro strategie vitali diverse (Sarà, 1984). Le Calcispongie si comportano sostanzialmente come organismi di tipo solitario pur formando talora piccole colonie costituite da moduli distinti mentre le Demospongie si comportano, pur non essendo costituite, in genere, da moduli distinti, come organismi di tipo coloniale per le loro caratteristiche di crescita e di comportamento ecologico. Le Calcispongie d'altra parte ottimizzano i meccanismi di dispersione e pertanto risultano specie pioniere nella colonizzazione di nuovi ambienti anche isolati (Harmelin, 1980), in cui vengono solo successivamente sostituite dalle Demospongie (Pansini e Pronzato, 1981), che ottimizzano i processi di crescita. Le Calcispongie utilizzano il rinnovamento annuale degli stocks riproduttivi e non danno luogo ad elevata biomassa. La loro strategia complessiva può quindi definirsi di tipo r. Esse sono bene adattate per il popolamento di ambienti instabili ed imprevedibili. Le Demospongie si comportano, pur nella varietà dei loro atteggiamenti, in complesso in modo opposto. Le storie vitali delle Demospongie presentano peraltro vari punti che vanno chiariti. Ad esempio l'alternativa fra oviparità e viviparità (Sarà, 1980). L'oviparità compare in numerosi Tetractinomorfi, gruppo nel quale si verifica talora una caratteristica abbreviazione dei cicli vitali.

La riproduzione sessuale è la modalità fondamentale nella riproduzione delle spugne e la larva con la sua specializzazione nella ricerca e fissazione sul substrato ne costituisce la principale forma di dispersione. Un altro aspetto fondamentale dei cicli vitali delle spugne è pero dato dalla crescita vegetativa continua. In virtù di essa le spugne - in particolare le Demospongie - hanno una strategia ecologica di tipo coloniale che le porta ad occupare con successo il substrato per cui risultano ottimi competitori anche nei riguardi di altri gruppi del benthos sessile (Jackson & Winston, 1982). L'allocazione delle risorse di molte specie avviene appunto nella direzione di una grande potenzialità di crescita. La crescita vegetativa continua ed aperta può dar luogo a riproduzione asessuale sotto forma di produzione di gemmule o gemme di durata, di altri tipi di gemme e di frammenti, propaguli il cui significato adattativo può essere diverso (Simpson, 1980). Per le gemmule degli Spongillidi e per quelle di alcune demospongie marine di acque temperate fredde è chiaro il significato di elementi di durata per la sopravvivenza della specie nella stagione sfavorevole.

Il significato dell'alternanza fra i due tipi di riproduzione, sessuale ed asessuale, non può comunque essere generalizzato perchè sono stati studiati solo pochi casi. Le forme più analizzate sono demospongie delle coste atlantiche nordamericane, appartenenti soprattutto ai generi Haliclona ed Halichondria, che seguono un ciclo tipicamente stagionale. Gli studi di Fell et al. (1979, 1984), Lewandrovski e Fell (1981), Fell e Lewandrovski (1983), hanno mostrato che in queste spugne durante l'anno si succedono: a) la fissazione delle larve che ha luogo durante un lungo periodo di 4-7 mesi; b) una generazione post-larvale che è in grado di riprodursi attivamente nel corso dell'anno con aumento considerevole della densità di popolazione e della sua biomassa; c) la regressione con produzione di gemmule o di tessuti di resistenza che ha luogo alla fine dell'estate e dell'autunno. Le modalità di questa regressione sono varie: Haliclona sp. e Prosuberites epiphytum producono gemmule, Lissodendoryx isodictyalis, Microciona prolifera, Halichondria sp. regrediscono in una forma invernale dormiente priva di camere flagellate, Cliona celata diventa quiescente, ritirando osculi e papille; d) la generazione post-dormiente. Essa nell'anno successivo, verso maggio, è in grado di dare le forme larvali che fissandosi attraverso un intenso periodo riproduttivo forniscono la successiva generazione post-larvale.

In sostanza questi cicli, associati alla Zostera, mostrano una scarsa longevità ed un elevato potenziale riproduttivo delle specie, con una strategia essenzialmente di tipo opportunistico. La formazione delle gemmule o di tessuto dormiente più che un significato dispersivo ha quello di assicurare la sopravvivenza durante la stagione sfavorevole, come è dimostrato dalla formazione di due fasi di gemmulazione, invernale ed estiva, per Haliclona loosanoffi, nelle acque di Hatteras Harbor dove vengono raggiunte alte temperature nella stagione estiva (Wells et al., 1964). Esistono poi delle varianti estreme del ciclo che dipendono dal fatto che l'allocazione delle risorse nella riproduzione sessuale può risultare eccessivamente dispendiosa se le condizioni ambientali si fanno ancora più sfavorevoli. Un ciclo estremo di questo tipo può essere presentato da Haliclona loosanoffi in cui poche larve vengono prodotte e si passa, senza generazione postlarvale, alla formazione di gemmule con cui viene assicurata la generazione successiva postdormiente. Si può osservare quindi che formazione di larve e produzione di gemmule sono due processi antitetici fra cui la spugna deve scegliere la strategia più adatta per la sua sopravvivenza. In genere quelle spugne - la maggioranza - che optano per le larve hanno come forma di resistenza, nell'ambiente considerato, la formazione di tessuti ibernanti.

Questi cicli annuali, a rapido turnover, con fasi ibernanti, sono tipici delle regioni temperate fredde. I cicli delle spugne tropicali sono diversi (Reiswig, 1973) e legati essenzialmente alla riproduzione sessuale. Anch'essi però sono eterogenei in base alle diverse nicchie ecologiche delle specie e conseguentemente delle loro strategie riproduttive, di tipo opportunistico (r) e specialistico (K), e si differenziano quindi per numero e grandezza delle uova, durata dei periodi riproduttivo e d'insediamento, ecc.

Per quanto riguarda la riproduzione sessuale si osserva che essa, pur seguendo lo schema generale zigote - larva - adulto - zigote, presenta notevoli varianti in base alle caratteristiche e durata di vita della larva che può anche essere sostanzialmente abolita. Borojevic (1970) ha mostrato che la fase larvale sia nelle Calcispongie che nelle Demospongie può notevolmente differire a seguito di processi morfogenetici diversificati. Nelle Calcispongie si osserva a questo riguardo una contrapposizione fra Calcinee e Calcaronee. Nelle Calcinee come Clathrina la segmentazione dà origine a larve di tipo blastula (celoblastula) con blastomeri ancora indifferenziati. Nelle Calcaronee, come Sycon, la larva è un' anfiblastula che deriva da uova già polarizzate, con regioni presuntive. Ciò porta nei due ordini ad un differente livello di polarità che ha importanza nel movimento e orientamento della larva. Secondo Borojevic (1970) esistono nei Poriferi (Calcispongie e Demospongie) cinque tipi fondamentali di ciclo vitale che si differenziano in rapporto al momento più o meno precoce in cui nella successione zigote-adulto ha luogo la fissazione e differenziamento della fase giovanile che porta all'adulto.

In un primo tipo (Tetilla) si ha la fissazione diretta dell'uovo prima ancora della segmentazione: il differenziamento, anche embrionale, avviene nella fase fissa. Si ha quindi un secondo tipo caratteristico delle Calcispongie Calcinee e di Demospongie come Polymastia con larva di tipo blastula. Quindi il tipo più diffuso nelle Demospongie con larve di tipo parenchimella. Infine i due tipi con larve di tipo anfiblastula, cioè polarizzata, quello delle Demospongie Omoscleroforidi e quello delle Calcispongie Calcaronee come Sycon. Come osserva Borojevic, lo sviluppo dei Tetractinomorfi (Omoscleroforidi esclusi) è caratterizzato da una precocità crescente nella fissazione della larva il che va d'accordo con una strategia coloniale rivolta all'occupazione precoce del substrato. Essa è quindi accompagnata da un ritardo nel differenziamento cellulare. Così, ad es., Tethya

passa per uno stadio libero di blastula, che si trasforma prima della metamorfosi in una parenchimella, secondo modalità comparabili a quelle di Halisarca. Presso Polymastia e Raspailia la metamorfosi si verifica dopo lo stadio di blastula e quello di parenchimella è omesso. Presso Tetilla blastula e diamorfa (pupa) si confondono. La stessa precocità si può osservare nei Calcinei rispetto a Calcaronei.

Si può avanzare l'ipotesi che il ciclo più primitivo sia quello a fase larvale più prolungata, nel quale l'organismo investe nella riproduzione e nella dispersione una parte considerevole delle sue risorse e che si siano successivamente prodotti cicli abbreviati con riduzione della fase dispersiva a vantaggio della fase adulta colonizzatrice del substrato. Questa evoluzione è stata possibile grazie a meccanismi eterocronici di tipo progenetico che hanno portato all'anticipazione del momento di sviluppo e maturazione sessuale dell'adulto. I benefici possono essere trovati sia nella diminuzione dei costi legati al mantenimento di una lunga fase larvale e dei suoi processi dispersivi, che implicano elevati rischi di mortalità, sia nel convogliamento di energie verso la fase di crescita e la specializzazione dell'adulto. Esso è stato reso in tal modo, anche per la precocità della sua fissazione, sempre più efficace nella competizione per il substrato.

Cicli vitali negli Cnidari

Nel phylum degli Cnidari si trovano cicli particolarmente complessi nella classe degli Idrozoi perchè allo schema di zigote-larva-adulto si sovrappone quello polipo-medusa. Perciò il ciclo completo secondo le recenti vedute (Boero e Bouillon, in stampa) che tendono a riconoscere nel polipo una forma larvale (che potrebbe anche definirsi a mio avviso come post-larva) e nella medusa la forma adulta diventa zigote-planula (larva)-polipo (post-larva) - medusa (adulto). Naumov (1970) ha descritto ben dieci varianti di tale ciclo vitale. I più primitivi sembrano quelli in cui la medusa dà origine per riproduzione sessuale ad una larva, la planula, da cui si formano polipi solitari o in piccole colonie che a loro volta danno origine a meduse. Se si considera che il polipo come forma larvale (o postlarvale) può essersi originato attraverso un meccanismo progenetico (Boero e Bouillon, in stampa) le numerose varianti del ciclo degli Idrozoi possono essere spiegate attraverso meccanismi morfogenetici eterocronici paragonabili a quelli che avrebbero portato ai diversi cicli vitali delle spugne descritti da Borojevic (1970). Anche nei cicli degli Idrozoi è la larva di tipo planula e non la medusa a rappresentare la principale forma di dispersione e ciò in quanto e essa che è specializzata per la ricerca del substrato adatto su cui fissarsi per dare origine al polipo. I polipi, con la loro struttura più o meno complessa e coloniale costituiscono la fase, opposta a quella di fissazione, in cui si ha accrescimento di biomassa e può verificarsi la riproduzione asessuale. I polipi hanno pero un significato pure dal punto di vista riproduttivo sessuale in quanto dalla quantità di biomassa prodotta dipende il numero di meduse o gonofori prodotti. L'economia delle risorse in habitat più o meno particolari può portare all'abolizione della forma di medusa e allo sviluppo esclusivo della forma di polipo, il quale diventa capace di riprodursi sessualmente per via progenetica. Vi é analogia fra la dominanza della fase di polipo in taluni cicli di idrozoi e quella della post-larva nei cicli di Halichondria sp. e di altre specie di spugne di habitat particolare; un'altra analogia può osservarsi nel raccorciamento dei cicli vitali mediante meccanismi che possono considerarsi di tipo progenetico.

Anche negli Attiniari (Chia, 1976) esistono numerosi tipi di ciclo vitale legati a varie modalità inerenti alla riproduzione sessuale come ovi-

parità, larviparità, incubazione, larve lecitotrofiche e planctotrofiche e alla riproduzione asessuale come lacerazione pedale, scissione longitudinale, scissione trasversa o gemmazione. I diversi tipi di ciclo vitale possono essere ordinati secondo una serie filogenetica (Chia, 1976) considerando come più primitivi quelli con oviparità e larve planctotrofiche che assicurano il massimo della dispersione anche se sono accompagnati dalla maggiore mortalità e quindi spreco di biomassa. Da questi si sarebbero originati gli altri cicli in cui vi è riduzione della dispersione e quindi della mortalità. Secondo Chia pero i cicli più opportunistici - che sono quelli più primitivi - sono i più favorevoli per la strategia riproduttiva delle specie. Al quesito su come si siano potuti evolvere da essi selettivamente gli altri cicli Chia risponde che ciò è avvenuto a causa di particolari condizioni ecologiche e di una restrizione delle risorse (come nel ciclo di Haliclona loosanoffi). Da notare che anche Balon (1984), per i pesci, ritiene che l'ontogenesi diretta rappresenti un tipo di sviluppo più specializzato e che il trend evolutivo vada verso l'accorciamento del periodo più vulnerabile e nello stesso tempo verso un incremento della competitività nell'ambito della comunità. D'altra parte particolari risposte a specifiche condizioni ambientali e costrizioni strutturali o fisiologiche possono favorire anche l'altro tipo di ontogenesi. In taluni casi la pedogenesi può rappresentare un processo di specializzazione che contrasta la tendenza alla sovra-specializzazione che può portare all'estinzione. La riproduzione asessuale delle attinie è rispetto a quella dei poriferi e degli idrozoi maggiormente sganciata da fenomeni di crescita vegetativa ed ha comunque il chiaro significato di sopravvivenza della specie in condizioni particolari e sfavorevoli di ambiente.

CONCLUSIONI

Nello stabilire analogie fra le storie e cicli vitali che si verificano in taxa diversi occorre anzitutto tener conto del fatto che in ogni phylum vi sono potenzialità e costrizioni morfogenetiche che regolano l'espressione delle diverse fasi e fenotipi. Inoltre, anche per la varietà delle nicchie e degli adattamenti, ogni specie va considerata come un caso a parte. Ciò dovrebbe stimolare ricerche accurate sulla variabilità dei cicli vitali dalle quali si potrebbero trarre considerazioni generali approfondite sul loro ruolo e sul significato nella teoria evolutiva. Si possono comunque già adesso individuare alcuni punti generali d'interesse evoluzionistico che emergono da un confronto fra i cicli delle Calcispongie, Demospongie, Idrozoi ed Antozoi.

1) La riproduzione sessuale con la formazione di una larva essenzialmente pelagica rappresenta la principale forma di dispersione e di mantenimento della variabilità genetica della specie.
2) Tale tipo di riproduzione ha un significato adattativo contrapposto allo sviluppo vegetativo che porta ad elevata biomassa. Lo sviluppo vegetativo porta anche a riproduzione asessuale. In genere le specie scelgono fra la strategia che privilegia i processi riproduttivi e di dispersione larvale e quella che incrementa lo sviluppo vegetativo postlarvale.
3) La riproduzione asessuale, che nei Poriferi può essere fiancheggiata da formazione di tessuti resistenti, ha essenzialmente il significato di favorire la sopravvivenza della specie in periodi sfavorevoli.
4) Nei gruppi esaminati la condizione opportunistica che privilegia il massimo della dispersione appare come la più primitiva. La limitazione delle risorse ha peraltro condotto a specializzazione e a conseguenti alternative. Sembrerebbe comunque generale il processo osservato da Schopf

(1977) per i Briozoi, che cioè in ogni trend evolutivo si va da strategie di tipo r, fondate sulla fecondità e dispersione, ma accompagnate da elevata mortalità a quelle di tipo K in cui il maggiore investimento delle risorse è nella crescita e perfezionamento dell'individuo o della colonia in modo che questi possano far fronte per più lunghi periodi ai disturbi delle condizioni ambientali.

5) Le variazioni nei cicli vitali, che hanno importanti conseguenze nei processi evolutivi delle specie a causa dei diversi regimi selettivi che in tal modo vengono ad instaurarsi, possono realizzarsi in periodi relativamente brevi. Infatti esse sembrano dipendere da meccanismi morfogenetici di tipo progenetico che sono regolati dalla variazione di pochi geni e utilizzano la grande flessibilità epigenetica di questi organismi. Ciò lega la teoria delle storie vitali alla teoria evoluzionistica, indicando, conformemente alla teoria degli equilibri punteggiati, una possibile via di cambiamenti macroevolutivi (Gould, 1977).

BIBLIOGRAFIA

BALON E.K. - 1984 - Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. In: C.W. Potts and H.J. Wooton (eds.) Fish Reproduction: Strategies and Tactics. Ac. Press, London, 33-53.

BALON E.K. - 1985 - Early histories of fishes: new developmental, ecological and evolutionary perspectives. Developments in Env. Biol. Fish., 5. W. Junk Publishers, Dordrecht.

BOERO F., J. BOUILLON - Inconsistent evolution and paedomorphosis among hydroids and medusae of Athecatae Anthomedusae and Thecatae Leptomedusae (Cnidaria, Hydrozoa). In: J. Bouillon, F. Boero, F. Cicogna & P.F.S. Cornelius (eds): "Modern trends in systematics, ecology and evolution of hydroids and hydromedusae" Oxford University Press, Oxford (in stampa).

BOROJEVIC R. - 1970 - Differenciacion cellulaire dans l'embryogenèse et la morphogenèse chez les Spongiaires. Symp. Zool. Soc, London, 25, 464-490.

CASWELL H. - 1983 - Phenotypic plasticity in life-history traits: demographic effects and evolutionary consequences. Am. Zool., 23, 35-46.

CHIA F. - 1976 - Sea anemone reproduction: patterns and adaptive radiations. In: Mackie, G.O. (ed.): Coelenterate ecology and behavior, Plenum Press, New York & London, 261-270.

FELL P.E., K.B. LEWANDROWSKI - 1983 - Seasonal fluctuations in standing stock biomass of Halichondria sp. (Porifera: Demospongia) within a New England ecolgrass community. J. exp. mar. Biol. Ecol., 66, 11-24.

FELL P.E., K.B. LEWANDROWSKI, M. LOVICE - 1979 - Postlarval reproduction and reproductive strategies in Haliclona loosanoffi and Halichondria sp. In: Levi C. & Boury-Esnault, N. (eds): Biologie des Spongiaires, CNRS, Paris, 113-120.

FELL P.E., E.H. PARRY, A.M. BALSAMO - 1984 - The life histories of sponges in the Mystic and Thames estuaries (Connecticut), with emphasis on larval settlement and postlarval reproduction. J. Exp. Mar. Biol.Ecol., 78, 127-142.

GOULD S.J. - 1977 - Ontogeny and phylogeny.Harvard Univ. Press, Cambridge.

GRAHAME J., G.M. BRANCH - 1985 - Reproductive patterns of marine invertebrates. Oceanogr. Mar. Biol., Ann. Rev., 23, 373-398.

HALL B.K. - 1984 - Developmental processes underlying heterochrony as an evolutionary mechanism. Can. J. Zool., 62, 1-22.

HARMELIN J.G. - 1980 - Etablissement des comunautés de substrats durs en milieu obscur. Resultats preliminaires d'une experience a long terme en Méditerranée. Mem. Biol. mar. Oceanogr., N.S., 10, Suppl.: 29-52.

JACKSON J.B.C, J.E. WINSTON - 1982 - Ecology of cryptic coral reef communities. I. Distribution and abundance of major groups of encrusting organisms. J. Exp. mar. Biol. Ecol., 57, 135-147.

LEWANDROWSKI K.B., P.E. FELL - 1981 - Sequential reproduction by different types of specimens of the estuarine sponge, Halichondria sp. with an emphasis on reproduction of postlarval specimens. Int. J. Invertebr. Reprod., 3, 4, 227-236.

NAUMOV D.V. - 1960 - Hydroids and Hydromedusae of the marine, brackish and freshwater basins of the U.S.S.R. Opred. Faune SSSR 70: 1-585 (in Russian, translated by Israel Program for Scientific Translation, 1969).

PANSINI M., R. PRONZATO - 1981 - Etude des Spongiaires de substrats artificiels immergés durant quatre ans. Vie Milieu, 31(1): 77-82.

PLANKA E.R. - 1970 - On r- and K- selection. Am. Nat., 104, 592-597.

REISWIG H.M. - 1973 - Population dynamics of three jamaican Demospongiae. Bull. Mar. Sci., 23, 191-226.

SARA' M. - 1980 - La riproduzione sessuale nei Poriferi: aspetti e problematica. Mem. Biol. mar. Ocean., N.S. Suppl. 10, 71-84.

SARA' M. - 1984 - Reproductive strategies in the sessile macrofauna. Boll. Zool., 51, 571-576.

SCHOPF T.J.M. - 1977 - Patterns and themes of evolution among the Bryozoa. In: Hallam A. (ed.) - Patterns of evolution as illustrated by the fossil record, Elsevier, Amsterdam, 159-207.

SIMPSON T.L. - 1980 - Reproductive processes in sponges: a critical evaluation of current data and views. Int. J. Invertebr. Reprod., 2, 251-269.

SMITH GILL S.J. - 1983 - Developmental plasticity: developmental conversion versus phenotypic modulation. Am. Zool., 23, 47-55.

STEARNS S.C. - 1982 - The role of development in the evolution of life histories. In: Bonner J.T. (ed.): Evolution and Development, Berlin, Springer-Verlag, 237-258.

WELLS H.W., M.J. WELLS, J.E. GRAY - 1964 - Ecology of sponges in Hatteras Harbor, North Carolina. Ecology, 45, 4, 752-767.

WEST-EBERHARD M.J. - 1986 - Alternative adaptations, speciation and phylogeny (a review). Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 83, 1388-1392.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	471-476	1986

ECOLOGY AND EVOLUTION: CONTRIBUTIONS FROM THE STUDY OF HYDROMEDUSAE (CNIDARIA).

Ferdinando Boero

Istituto di Zoologia, Via Balbi 5, 16126 Genova, Italy

Key words: Hydroids, Medusae, Life cycles, Ecology, Evolution.

ABSTRACT - Ecological aspects of life cycle patterns of hydromedusae are considered and evolutionary consequences discussed.

RIASSUNTO

Idroidi e idromeduse presentano una serie di adattamenti all'ambiente che ha portato a specializzazioni estreme dei due stadi del ciclo vitale. I diversi tipi di strategie adattative sono passati in rassegna, ed attribuiti a tre categorie: cicli con entrambi gli stadi, cicli con soppressione della medusa, cicli con riduzione dell'idroide.

SUMMARY

Hydroids and hydromedusae show a series of adaptations which have led to extreme specializations of the two stages of the life cycle. The different types of adaptations are reviewed and referred to three categories: cycles with both stages, cycles with medusa suppression, and cycles with hydroid reduction.

INTRODUCTION

In theory, evolutionary studies can rarely ignore ecological aspects, evolution often being a function of environmental constraints. But, in

practice, ecology and evolutionary biology are rarely integrated, and this is most true in studies of lower marine invertebrates. Incomplete knowledge of the taxonomy of these organisms often makes their identification difficult for ecologists, so that many ecological papers do not even include a list of the recorded species. Conversely, taxonomists tend to ignore the ecology of the species they describe. Evolutionary biologists tend not to show interest in lower marine invertebrates, probably owing to our incomplete basic knowledge of these animals. The importance of hydromedusae in the study of evolutionary processes, nevertheless, has been stressed, for example, by Hennig (1979) who proposed that phylogenetic analysis of this group would be a good test for his ideas (a test which has not yet been made).

In recent years a growing interest in evolutionary aspects of hydromedusan ecology and systematics has led to a thorough review of the modern trends in this field (Bouillon et al., 1987).

DISCUSSION

Hydromedusae form one of the groups which are most frequently cited as an example of metagenesis, that is the alternation of a sexually reproducing stage (the medusa) and an asexually reproducing one (the hydroid). Boero and Bouillon (1987) interpreted the polypoid stage (usually benthic) as the larva and the medusoid stage (usually planktonic) as the sexually reproducing adult. The planula is interpreted as a free gastrula, that is a free-living embryonic stage, and not a true larva. Furthermore, Boero and Bouillon (1987) noticed that, contrary to the great majority of marine organisms, hydromedusae have planktonic adults and benthic larvae.

The different environmental requirements of the two stages in the life cycle have led to a great differentiation between hydroids and medusae, with specializations reflecting their different requirements. The structure of medusae is more uniform than that of hydroids. As already noticed by Boero and Bouillon (1987) in fact, medusae have a quite consistent morphology, with a single structural plan, always recognizable, reflecting their adaptation to planktonic life. Hydroids, on the contrary, show great structural variation, with coloniality and morpho-functional specialization of zooids (gastrozooids, gonozooids, dactylozooids, etc.). Numerous adaptive forms are recognizable, related to the kind of environment colonized. Through polymorphism hydroids develop colonies of zooids specialized to perform particular functions, sometimes with extreme modifications, mainly in the cases of mutualism, parasitism and commensalism.

As far as hydroids symbiotic with bryozoans are concerned, for example, it is possible to trace an evolutionary trend from forms with no polymorphism and scarce integration with the host colony, to polymorphic forms, almost completely integrated with the bryozoan. Zanclea costata (and

the other described species of this genus) is at the base of this trend, having monomorphic colonies. Osman and Haugsness (1981) demonstrated that the symbiosis between Zanclea and bryozoans is a mutualism: the hydrorhizae are enveloped by the skeleton of the bryozoan, receiving physical protection from predators; whereas the hydroid, on the other hand, is assumed to protect the bryozoan with its nematocysts. A further specialization of the symbiosis with bryozoans is recognizable in a species of Zanclea not yet described, with polymorphic colonies similar to those of Halocoryne with gastro-gonozooids and dactylozooids (Boero and Bouillon, unpublished observation). But the most extreme specialization is that of an undescribed species of polymorphic zancleid, the hydrants of which can completely retract into the skeleton of the bryozoan. The dactylozooids, furthermore, "steal" the food from the lophophores of the bryozoan polipids, then passing it to gastrogonozooids.

The two Zanclea species have normal medusae, the undescribed zancleid (possibly referable to a new genus) having free medusoids which live only a few hours.

If these zancleids can be assumed to represent an evolutionary trend, than it could be inferred that the specialization of the hydroid stage may be accompanied by a reduction of the medusa stage, sometimes leading to complete suppression of the medusa, with sexual reproduction in the hydroid stage (Boero and Sara, in press; Boero and Bouillon, 1987). The reduction and loss of a long-lived planktonic stage in the life cycle possibly represent a limit to overdispersion by medusae and consequent difficulty for the planula, when released far from the locality of the parent hydroid, to find the necessary specialized microhabitat. An almost general phenomenon in hydroids and hydromedusae, then, seems to be the tendency to avoid the medusa stage in the species with a specialized ecology. A further question is whether it was the reduction of the medusa which facilitated the specialization of the hydroid stage or, vice-versa, if the specialization of the hydroids led to the reduction of the medusa. The study of life cycles indicates that both might have occurred. Many species with medusa reduction apparently have unspecialized environmental requirements, suggesting that abolition of their planktonic stages could have been pre-adaptations towards their occupation of particular niches. But this is not always so, as shown by Kubota (1983) in a group of bivalve-inhabiting hydroids. These hydroids live in the mantle-cavities of bivalves and are morphologically specialized. The medusae of these forms are referred to a genus comprising also species with hydroids showing no particular specialization. Kubota (1983) hypothesized an evolutionary trend from these last species, through commensal ones with long lived medusae, to those with commensal hydroids and free but short-lived medusoids. No species of bivalve-inhabiting hydroid is known to have fixed gonophores. The same is valid for the species symbiotic with bryozoans, so that it seems that the tendency towards medusa reduction occurred after the beginning of the association and perhaps has not yet been completed.

If medusa reduction may facilitate hydroid specialization, the contrary might also occur. The presence of a benthic stage is a limitation

in the cycle of long lived medusae which live in the open ocean, where there are no available substrata for planula settlement. Some species have solved this problem by associating with planktonic or nectonic animals such as pteropods, fishes and reptiles. But species are known in which the hydroid stage is planktonic (Bouillon 1983) or is transported by the medusa (Mills, 1987).

CONCLUSION

Hydromedusae show three main evolutionary trends, according to the ecology of the species:

1 - Coexistence of both stages in generalist species or, also, in species adapted to the occupation of niches allowing the utilization, by the hydroid, of substrata available also in open waters.

2 - Abolition or reduction of the medusa stage as an adaptation or pre-adaptation to the occupation of restricted or specialized ecological niches, with particular associations in the hydroid stage.

3 - Reduction of the hydroid stage culminating in a few species in an almost holoplanktonic life.

With these three different strategies hydromedusae have colonized numerous marine environments, both planktonic and benthic. They have achieved a variety of adaptations, not only of single stages, but also of whole life cycles. The three types of life cycle, however, *are* only the main themes *of* a series of adaptations encompassing, for example, extreme expression in the evolution of colonies of planktonic hydroids (Velella, Porpita) and of benthic medusae (Cladonema, Staurocladia), with a reversal of the original role of the two stages.

Another extreme case is that of Dipurena spongicola, a species symbiotic with sponges, in which both hydroids and medusae live in the canal system of the host (Anger, 1972): the two stages are physically separated, but share the same microhabitat.

The progress of our knowledge of the ecology and the life cycles of hydromedusae, instead of clarifying general patterns, introduces more and more "exceptions", eroding the former hypotheses. A further evolutionary trend deriving from a particular adaptation has been described, for instance, in the hydroids colonizing the leaves of Posidonia oceanica, the common Mediterranean sea grass (Boero, 1987). These hydroids, in fact, have noticeably reduced the sexual reproduction, developing a type of asexual reproduction (stolonization) which allows the transfer of parts of the colonies from one leaf to the other. This has possibly led to collective speciation in the hydroid population of Posidonia meadows, following from environmental and reproductive isolation. A fourth type of evolutionary

trend could thus be envisaged: reduction of sexual reproduction with the occupation, by the hydroid stage, of a specialized habitat.

Incomplete knowledge of many of the life cycles and of the general biology of hydromedusae contributes to a rather confused general picture: the scenario envisaged in this paper, then, is to be taken simply as a series of working hypotheses.

ACKNOWLEDGEMENTS

Work done with financial support of the Ministero Pubblica Istruzione (funds of 60 % and 40 % programs). Thanks are due to Prof. J. Bouillon (Bruxelles) and Dr P.F.S. Cornelius (London) for commenting on and correcting the manuscript.

LITERATURE CITED

ANGER K. - 1972 - Dipurena spongicola sp.n. (Hydrozoa, Corynidae), ein in Schwämmen lebender Hydroidpolyp aus dem Kattegat und der nördlichen Kieler Bucht - Kieler Meeresforsch., 28 (1), 80-83.

BOERO F. - 1987 - Evolutionary implications of the habitat selection in the hydroids of Posidonia oceanica meadows - in: J. BOUILLON, F. BOERO, F. CICOGNA, P.F.S. CORNELIUS (eds) "Modern trends in systematics, ecology, and evolution of hydroids and hydromedusae" - Oxford University Press, Oxford, (in press).

BOERO F., J. BOUILLON -1987 - Inconsistent evolution and paedomorphosis among hydroids and medusae of Athecatae/Anthomedusae and Thecatae/Leptomedusae (Cnidaria, Hydrozoa) - in: J. BOUILLON, F. BOERO, F. CICOGNA, P.F.S. CORNELIUS (eds) "Modern trends in systematics, ecology and evolution of hydroids and hydromedusae" - Oxford University Press, Oxford (in press).

BOERO F., M. SARA' - 1987 - Motile sexual stages and evolution of Leptomedusae (Cnidaria) - Boll. Zool. (in press).

BOUILLON J. - 1983 - Sur le cycle biologique de Eirene hexanemalis (Goette 1886), (Eirenidae, Leptomedusae, Hydrozoa, Cnidaria) - Cah. Biol. Mar., 24, 421-427.

BOUILLON J., F. BOERO, F. CICOGNA, P.F.S. CORNELIUS - 1987 - Modern trends in systematics, ecology and evolution of hydroids and hydromedusae Oxford University Press, Oxford (in press).

HENNIG W. - 1979 - Phylogenetic systematics - University of Illinois Press, Urbana, Chicago, London, 1-263.

KUBOTA S. - 1983 - Studies on life history and systematics of the Japanese commensal hydroids in bivalves, with some reference to their evolution. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool., 23 (3), 296-402.

MILLS C. - 1987 - In situ and shipboard studies of living hydromedusae and hydroids: life cycle adaptations to the open ocean. - in: J. BOUILLON, F. BOERO, F. CICOGNA, P.F.S. CORNELIUS (eds) "Modern trends in systematics, ecology and evolution of hydroids and hydromedusae", Oxford University Press, Oxford (in press).

OSMAN W., J. HAUGSNESS - 1981 - Mutualism among sessile invertebrates: a mediator of competition and predation - Science, 211, 846-848.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	477-485	1986

MAPPA STRUTTURALE DELLA COMUNITÀ EPIFITA DI POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE: INTERPRETAZIONE EVOLUZIONISTICA

Michele Scardi, Enrico Casola, Eugenio Fresi[0] e Lucia Mazzella °°

Soc. coop. BIOSERVICE a r.l., via Belvedere 212, 80127 Napoli
° Dip. di Zoologia, Università di Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli
°° Stazione Zoologica di Napoli, Lab. di Ecologia del Benthos, 80077 Ischia

Key words: epifiti, Posidonia oceanica, evoluzione, clustering non gerarchico.

ABSTRACT - The epiphytic community of a shallow Posidonia oceanica bed was studied by means of a non-hierarchical clustering technique (Dynamic Clusters) in order to map its structure on the examined leaf surfaces.

RIASSUNTO

La comunità epifita di una prateria superficiale di Posidonia oceanica è stata studiata mediante una tecnica di clustering non gerarchico (Nubi Dinamiche) al fine di ottenere una mappa della sua struttura in rapporto alle superfici foliari esaminate. In tal modo è stato possibile evidenziare come la dinamica che governa la comunità epifita, pur essendo sostanzialmente di tipo deterministico, è in grado di rispondere a perturbazioni aleatorie. Ciò testimonia come un processo coevolutivo abbia determinato un alto grado di adattamento della comunità stessa alla pianta ospite sia per quanto riguarda le sue peculiari caratteristiche di substrato sia per quanto attiene alle sue specifiche condizioni trofiche e microclimatiche.

SUMMARY

The epiphytic community of a shallow Posidonia oceanica bed was studied by means of a non-hierarchical clustering technique (Dynamic Clusters) in order to map its structure on the examined leaf surfaces. It

was shown that the epiphyte community dynamics, although chiefly deterministic, can effectively control random disturbances. This is probably an issue of co-evolutionary processes which gave rise to an high degree of adaptation of the epiphytic community to the host plant both as substrate and as regards its trophic and microclimatic features.

INTRODUZIONE

Una delle comunità più interessanti e particolari dell'ecosistema-Posidonia è quella epifita delle lamine foliari. I suoi rapporti con la pianta ospite sono infatti quanto mai stretti e gli adattamenti sviluppati, tanto globalmente quanto a livello di singole specie, rappresentano la migliore risposta sia alla peculiarità del substrato sia alle specifiche condizioni microclimatiche e trofiche esistenti all'interno della prateria.

Le specie che compongono la comunità epifita, pur variando all'interno della prateria in funzione di fattori climatici e stagionali, appartengono ad un insieme ben definito e, in generale, mostrano un rimarchevole grado di specificità per la P. oceanica. Ciò sembra il prodotto di processi selettivi cui le specie potenzialmente adatte ad epifitare la pianta (a loro volta un sottoinsieme di quelle sessili presenti nell'ambiente) sono andate incontro nel corso dell'evoluzione del sistema (BEN, 1971).

Le lamine foliari della P. oceanica sono caratterizzate dal fatto di essere un substrato in costante espansione, poichè il loro meristema basale è in continuo accrescimento. La lunghezza delle foglie, e quindi la superficie disponibile per la colonizzazione, è tuttavia variabile, sia per l'ineguale tasso di crescita (influenzato da molteplici fattori endogeni ed esogeni), sia perchè le loro porzioni apicali sono soggette ad erosione meccanica e biologica. Inoltre, sempre nuove foglie compaiono al centro del ciuffo, mentre quelle più vecchie, e quindi esterne, vengono via via perse (OTT, 1980). Tale disposizione delle lamine foliari concorre a determinare differenti condizioni microclimatiche sulle due facce di ciascuna di esse.

La risultante dei fenomeni a cui si è accennato agisce sulla comunità epifita determinandone la struttura e la dinamica. E' opportuno sottolineare come la natura di tali interazioni sia molto complessa, poichè fenomeni di insediamento, competizione e successione si osservano simultaneamente e sul medesimo substrato.

Anche senza scendere in ulteriori dettagli sulla natura dei rapporti esistenti fra la P. oceanica ed la sua comunità epifita, si può affermare che esse sono intimamente legate dal punto di vista ecofisiologico e che, pur essendo fisicamente identificabili come entità separate, costituiscono un complesso non scindibile dal punto di vista funzionale.

Alla luce di quanto accennato si può ipotizzare che le due componenti del sistema siano andate incontro ad un processo evolutivo (o, meglio, co-evolutivo) che ne ha reso sempre più stretta la specificità reciproca.

Lo scopo di questo lavoro è studiare il tipo di dinamica della comunità epifita attraverso l'analisi dei suoi patterns spaziali e di tentare di inferirne le proprietà strutturali per ottenere una lettura dei meccanismi

adattativi da essa sviluppati. In particolare, questo tipo di approccio si propone di confrontare i patterns osservati con dei modelli teorici che rappresentino le possibili strutture del sistema e quindi le dinamiche ad esse soggiacenti.

Facendo riferimento ad una mappatura schematica della comunità epifita, nella quale a differenti rapporti di dominanza corrispondono campiture diverse delle porzioni di foglia rappresentate, si possono formulare le tre ipotesi schematizzate in Fig. 1. Il primo modello corrisponde ad una configurazione spaziale casuale, quale risulterebbe se governata da una dinamica di tipo stocastico, mentre il secondo modello, concettualmente opposto, rappresenta una possibile realizzazione di un processo strettamente deterministico. Il terzo modello si colloca a metà strada fra i precedenti, essendo una combinazione di essi.

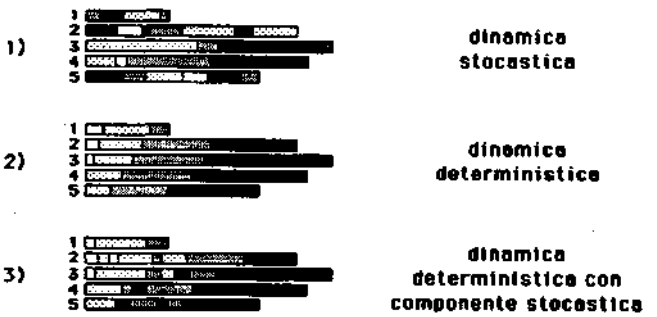


Fig. 1 - Modelli strutturali ipotetici e relative dinamiche della comunità epifita.

L'analisi che viene effettuata ha dunque il duplice fine di stabilire quale sia, fra quelli proposti, il modello più verosimile e di cercare di interpretarlo in rapporto ai processi co-evolutivi del sistema ospite-comunità epifita.

MATERIALI E METODI

Data la generalità del tema in oggetto, si è scelto di lavorare su un campione di natura puntiforme nello spazio e nel tempo, approfondendo però l'indagine a più ciuffi raccolti all'interno di un quadrato di un metro di lato e quindi esposti a condizioni ambientali verosimilmente identiche. E' dunque opportuno sottolineare che i risultati che vengono presentati sono da ritenersi generalizzabili dal punto di vista concettuale, mentre è evidente che le liste faunistiche e floristiche, come pure alcune caratteristiche strutturali della comunità epifita, possono differire anche radicalmente in situazioni diverse.

I ciuffi di P. oceanica esaminati sono stati raccolti in una stazione superficiale (profondità 1m) della prateria prospiciente Lacco Ameno (Isola di Ischia, Napoli) durante il mese di luglio. Nella stazione in cui è stato

effettuato il prelievo la prateria si presenta come "rada" (GIRAUD, 1977), con una densità media di 350 fasci/mq.

Il campione preso in esame comprende 8 ciuffi, per ognuno dei quali sono state considerate le prime 5 foglie, laddove presenti. In questo lavoro si farà riferimento ad esse considerando come foglia #1 quella più giovane e interna, mentre la foglia #5 è, al contrario, quella più vecchia ed esterna (GIRAUD, 1979).

Per ogni foglia è stata rilevata la superficie ricoperta da ciascuna delle specie epifite animali e vegetali, esprimendola in percentuale per ogni centimetro di foglia. Per quanto riguarda le specie erette si è valutata l'area corrispondente alla loro proiezione sul piano foliare.

I dati cosi raccolti, per un totale di 3090 osservazioni su segmenti di 1 cm, sono stati trattati mediante un algoritmo di clustering non gerarchico noto come Analisi delle Nubi Dinamiche (DIDAY, 1972).

Tale algoritmo consente di identificare la migliore partizione in k clusters di n oggetti nello spazio definito da p descrittori, usando come criterio la massimizzazione della distanza euclidea fra i centroidi dei clusters. Il vantaggio principale di tale metodo consiste nella possibilità di elaborare, in tempi di calcolo ragionevoli, anche insiemi di dati di dimensioni tali da risultare praticamente impossibili da trattare con algoritmi di clustering gerarchico.

I descrittori della struttura della comunità epifita utilizzati ai fini dell'analisi sono i seguenti taxa: i Briozoi Fenestrulina johannae (Microporellidae), Electra posidoniae (Electridae), Aetea truncata (Aeteidae); le Macrofite Fosliella spp. (che comprende, in realtà, i generi Fosliella e Pneophyllum), Myrionema orbiculare e Giraudya sphacelarioides.

La scelta di un numero limitato di descrittori è stata motivata dal fatto che in un'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze effettuata sull'intero insieme dei 16 taxa osservati, i 6 citati fornivano i contributi assoluti più elevati, per un totale del 97% al primo, del 90% al secondo e del 94% al terzo asse fattoriale. Ciò testimonia il loro ruolo centrale nel determinare la struttura della comunità epifita della prateria in esame (CASOLA et al., 1985).

Si è scelto, infine, di lavorare sui profili dei ricoprimenti, cioè su dati espressi come rapporto tra il ricoprimento di ogni singolo taxon e la superficie totale colonizzata per ciascun segmento di foglia, al fine di enfatizzare i rapporti di dominanza piuttosto che le abbondanze assolute.

La partizione dell'insieme dei dati è stata effettuata in tre sole classi per garantirne la massima semplicità di interpretazione. A queste va aggiunta una classe 0 che comprende le porzioni di foglia libere da macroepifiti.

I risultati sono stati restituiti in forma grafica mediante la mappatura della partizione sulle superfici foliari.

RISULTATI E DISCUSSIONE

L'analisi delle Nubi Dinamiche è stata effettuata simultaneamente sui

dati relativi alle singole foglie, divise in segmenti di 3 cm di lunghezza, e sulle medie generali, cui è stato attribuito un peso pari al numero di osservazioni su cui sono state stimate. Ciò ha consentito di ottenere una partizione simultanea dell'insieme delle medie e delle osservazioni in ciascun fascio del campione (Fig. 2).

La partizione ottenuta corrisponde ad un'inerzia interclasse pari al 78.0% di quella totale del sistema. Le tre classi in cui sono stati divisi i segmenti di superficie foliare assorbono, nell'ordine, il 22.5%, il 32.8% ed il 44.7% dell'inerzia del sistema ed ad esse appartengono rispettivamente il 27.5%, il 18.9% ed il 50.6% delle osservazioni. La superficie libera da epifiti, assegnata alla classe 0, è pari al 3.0% del totale di quella esaminata.

Il centroide della classe 1 corrisponde ad una netta dominanza di F. johannae (84% della superficie epifitata) nelle porzioni basali delle foglie. In tali porzioni sono anche rappresentate Fosliella spp., M. orbiculare ed E. posidoniae.

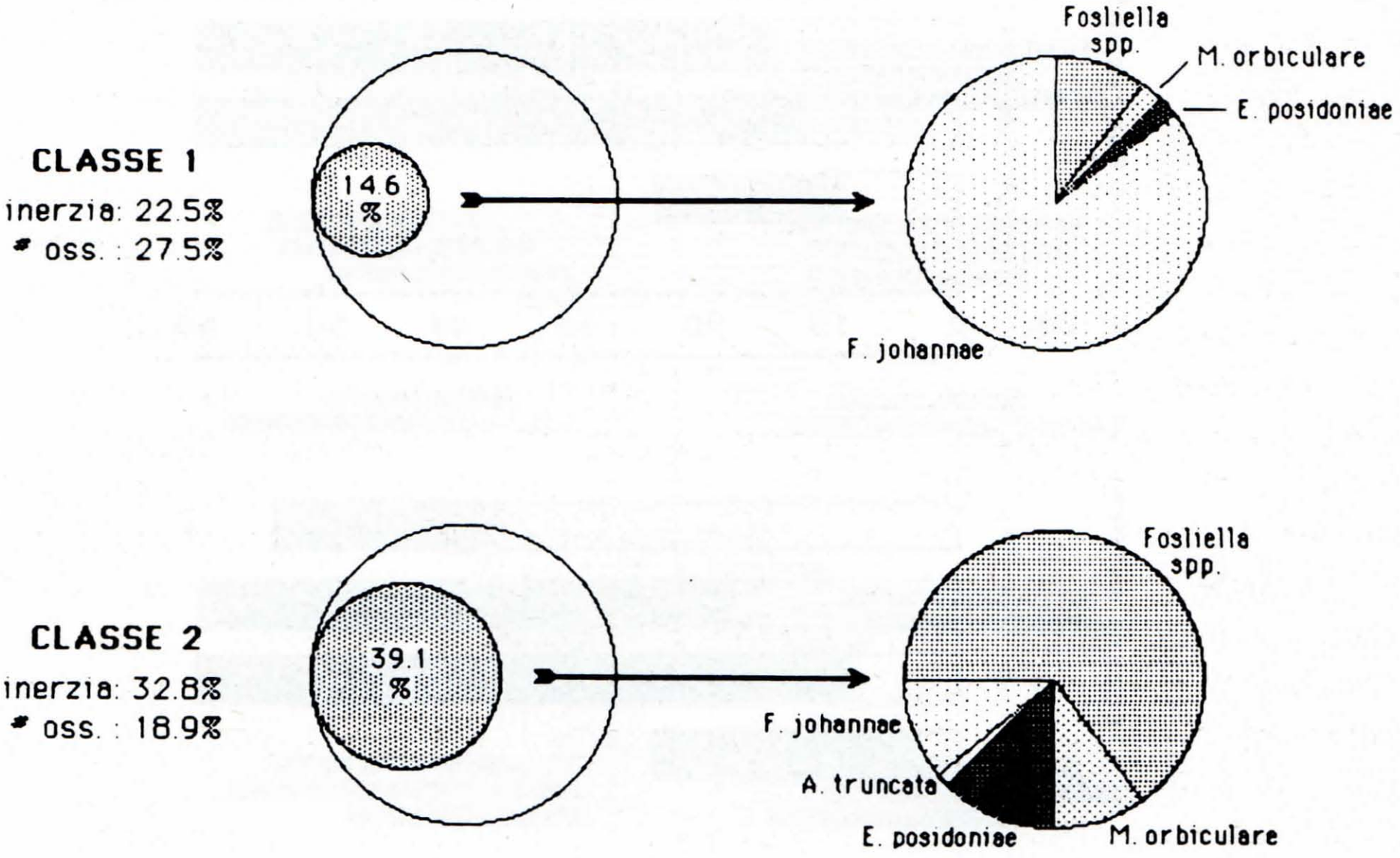


Fig. 2 - Analisi delle Nubi Dinamiche: struttura delle classi.

Le porzioni di foglia attribuite a tale classe hanno in media un ricoprimento del 14.6% della superficie totale.

La classe 2 contiene osservazioni relative alla parte centrale delle foglie, caratterizzate dalla prevalente presenza di Fosliella spp. (65%) a fianco di M. orbiculare (10%), E. posidoniae (13%) e F. iohannae (11%) e da un ricoprimento medio del 39.1% della superficie totale. Nelle osservazioni attribuite a questa classe è talvolta presente, con basse percentuali di ricoprimento, anche A. truncata.

Alla classe 3, infine, appartengono in generale le porzioni distali delle foglie, nelle quali la specie dominante è M. orbiculare (56%), seguita da Fosliella spp. (30%) e da tutte le altre specie con ricoprimenti oscillanti tra il 6 e l'1%. Tali porzioni di foglia mostrano un ricoprimento medio pari all' 88.3% della superficie totale.

Le mappe presentate sono state ottenute riportando in una proiezione schematica l'attribuzione delle porzioni di foglia alle 4 classi.

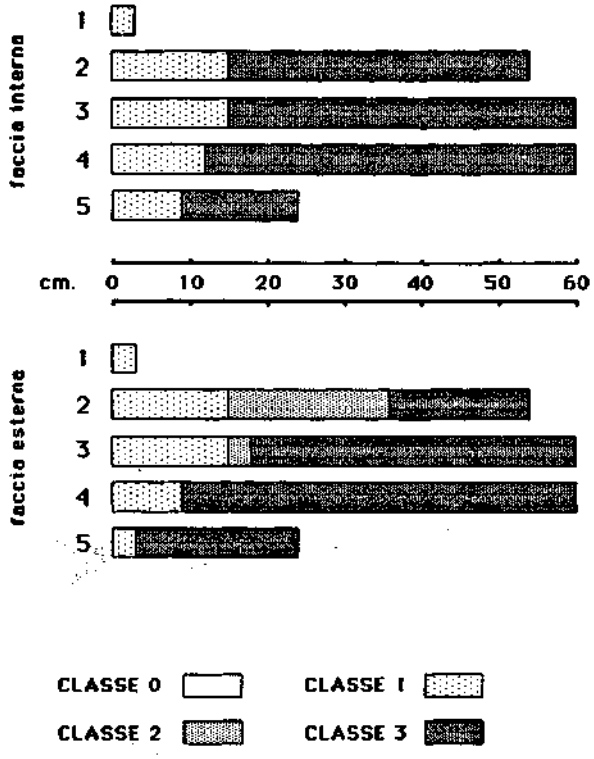


Fig. 3 - Mappa strutturale: ricoprimenti medi.

La mappa relativa ai ricoprimenti medi osservati è mostrata in Fig. 3. Considerando la classe 3 come corrispondente ad una struttura matura della comunità epifita, si osserva come tale stato sia raggiunto in punti diversi delle varie foglie e comunque in posizione più basale per le foglie più vecchie. La faccia esterna delle foglie sembra presentare, in linea di massima, una transizione più graduale, in particolare nelle foglie più giovani. Su tale faccia sono rilevabili le maggiori differenze strutturali

tra le foglie più giovani e quelle più vecchie.

La mappa dei singoli ciuffi mostra come, almeno per grandi linee, questo schema sia sempre rispettato (Fig. 4). In particolare, si osserva che la classe 3 caratterizza gli apici, corrispondendo ad una struttura matura della comunità, largamente dominata dalla frazione vegetale. Va sottolineato il fatto che a tale classe appartengono 21 apici su 37 per la faccia interna delle foglie e ben 28 su 37 per quella esterna, la quale presenta generalmente andamenti più regolari. Queste proporzioni appaiono ancor più significative se si considera che gli apici sono spesso molto deteriorati.

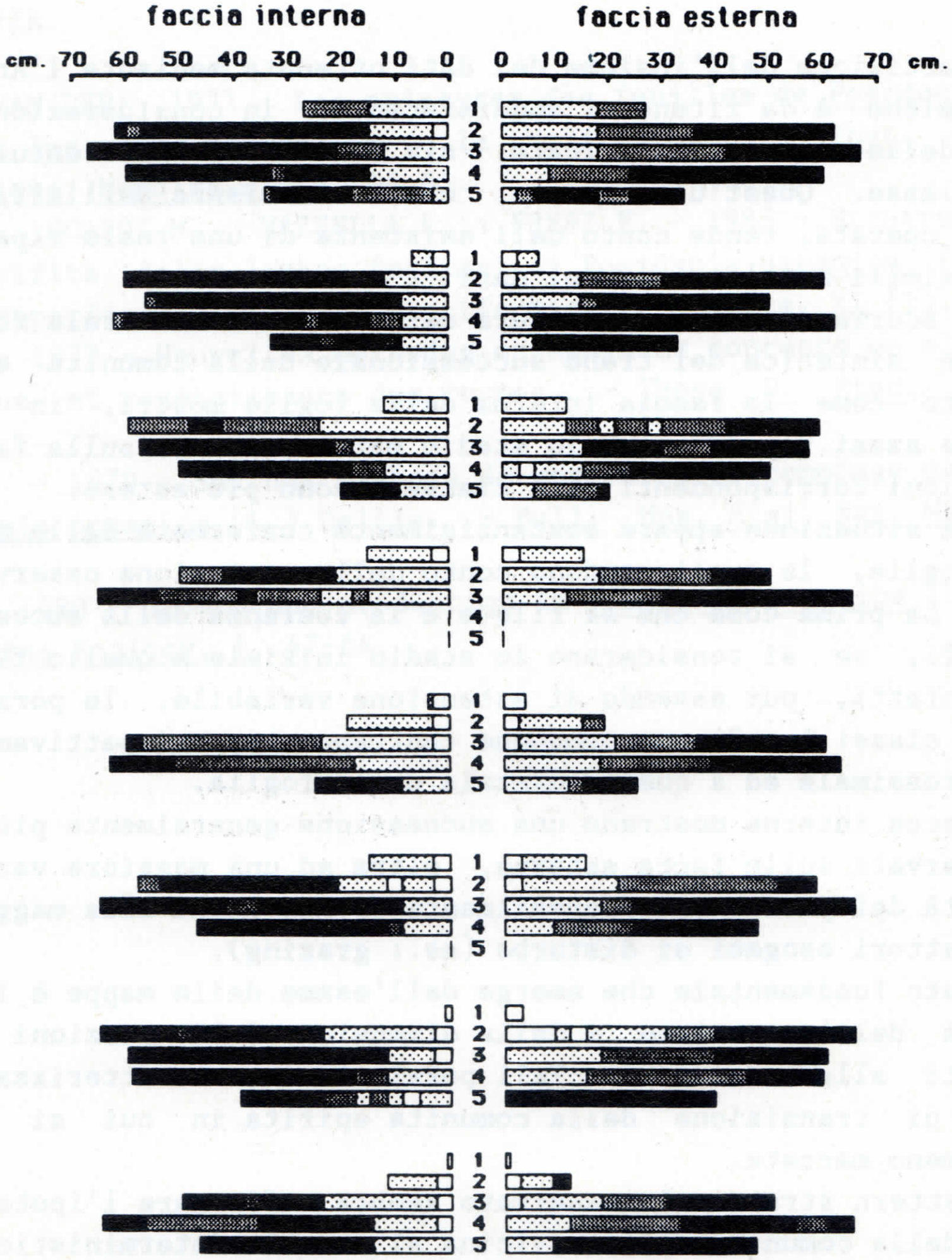


Fig. 4 - Mappa strutturale: superfici foliari osservate.

Le porzioni di foglia appartenenti alla classe 2 mostrano, al contrario, la massima variabilità, tanto in termini di estensione quanto di posizione. Giova tuttavia ricordare che questa classe rappresenta una fase di transizione della comunità epifita, all'interno della quale si osserva un struttura di dominanze più equilibrata nonostante Fosliella spp. rivesta un ruolo preponderante.

Le estremità basali delle foglie, infine, sono contraddistinte da una netta dominanza di F. iohannae.

CONCLUSIONI

La partizione dell'insieme dei dati ottenuta mediante l'Analisi delle Nubi Dinamiche è da ritenersi soddisfacente, in considerazione sia dei centroidi delle classi identificate, sia dell'elevata percentuale di inerzia interclasse. Quest'ultimo dato, che è una misura dell'efficacia della partizione operata, rende conto dell'esistenza di una reale ripetitività di strutture simili nell'insieme dei dati.

Sulla scorta di ciò, la lettura della mappa strutturale fornisce una descrizione sintetica del trend successionale della comunità epifita. Va sottolineato come la faccia interna delle foglie mostri, in media, una transizione assai rapida verso lo stadio maturo, mentre sulla faccia esterna le porzioni corrispondenti alla classe 2 sono più estese.

Questa situazione appare sostanzialmente confermata dalle mappe delle singole foglie, le quali rendono conto della variazione osservata intorno al trend. La prima cosa che si rileva è la coerenza della successione nei vari ciuffi, se si considerano lo stadio iniziale e quello finale della stessa. Infatti, pur essendo di estensione variabile, le porzioni attribuite alle classi 1 e 3 sono comunque contrapposte, rispettivamente all'estremità prossimale ed a quella distale della foglia.

Le facce interne mostrano una successione generalmente più rapida di quella osservata sulle facce esterne, oltre ad una maggiore variabilità ed irregolarità dei patterns, probabilmente dovuta anche alla maggiore intensità dei fattori esogeni di disturbo (es.: grazing).

Il dato fondamentale che emerge dall'esame delle mappe è la notevole variabilità dell'estensione e della dimensione delle porzioni di foglia appartenenti alla classe 2. Tali porzioni sono caratterizzate da una struttura di transizione della comunità epifita in cui si manifestano dominanze meno marcate.

Il pattern strutturale osservato sembra suffragare l'ipotesi di una dinamica della comunità epifita vicina al modello deterministico, ma con una componente stocastica più o meno rilevante, in particolare negli stadi intermedi della successione. Il significato di una situazione di questo genere, in cui una successione omeoretica mostra una spiccata variabilità in alcune sue fasi, può essere ricondotto ad una strategia adattativa sviluppata dalla comunità, quale si è andata selezionando nel corso dei processi coevoluivi, in risposta alla necessità di resistere a perturbazioni di varia natura.

In conclusione, si può ritenere che si sia affermata una struttura tale da essere in grado di replicare se stessa anche attraverso una successione di stadi non univocamente determinati, fornendo la migliore risposta alle possibili sorgenti di disturbo quali grazing intensivo, alterazioni climatiche, variazioni nel ritmo d'accrescimento della pianta, etc..

Evidentemente ciò non costituisce l'enunciazione di un principio generale, ma piuttosto un'ipotesi di lavoro che potrà essere testata ed eventualmente generalizzata solo mediante l'impostazione di un piano sperimentale ad hoc.

BIBLIOGRAFIA

BEN D. VAN DER - 1971 - Les epiphytes des feuilles de Posidonia oceanica Delile sur les cotes françaises de la Méditerranée. - Inst. R. Sciences Nat. Belgique, Memoire n. 168, 16-85.

CASOLA E., SCARDI M., MAZZELLA L., FRESI E. - 1985 - Struttura della comunità epifita delle lamine fogliari di Posidonia oceanica (L.) Delile: prateria superficiale, Lacco Ameno (Ischia). - Oebalia, XI (1), N.S., 375.

DIDAY E. - 1972 - Nouvelles methodes et nouveaux concepts en classification automatique et reconaissance des formes. - These D. Etat, L'Universitè Paris VI.

GIRAUD G. - 1979 - Sur une methode de mesure et de comptage des structures de Posidonia oceanica (L.) Delile. - Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, 39, 33-39.

OTT J. - 1980 - Growth and production in Posidonia oceanica (L.) Delile. - PSZNI Marine Ecology, 1, 47-64.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	487-491	1986

EFFETTI DELLA RIDUZIONE DI SALINITÀ E DELLA CONSANGUINEITÀ NEL COPEPODE TISBE HOLOTHURIAE (HUMES)

E. Martini e G. Fava

CNR - Istituto di Biologia del Mare - Venezia

Key words: Ecological genetics; Inbreeding; Salinity; Life-history; Copepods

ABSTRACT - Combined effects of inbreeding and salinity reduction on life-history traits in laboratory populations of a benthic copepod are reported.

RIASSUNTO

Si sono studiati gli effetti della riduzione di salinità su alcuni parametri biologici in ceppi con diverso grado di consanguineità che hanno mostrato risposte diverse.

SUMMARY

The effects of salinity reduction on some life-history traits have been studied in outbred and inbred strains. The two showed a different behaviour, the outbred being the most adapted to salinity variations.

INTRODUZIONE

Le ricerche sulla struttura genetica, e sul grado di differenziamento, di popolazioni naturali insediate in aree con diversi regimi di variabilità ambientale rivestono una particolare rilevanza nello studio dei processi microevolutivi. Negli ultimi anni questo argomento è stato affrontato in prevalenza usando tecniche elettroforetiche per stimare il grado di variabilità genetica. Con organismi che possono essere mantenuti in condizioni sperimentali controllate per un numero indefinito di generazioni, come nel caso di Tisbe, è possibile considerare uno spettro più ampio di caratteri, alcuni sicuramente legati

alla "fitness", sui quali saggiare gli effetti delle variazioni di singoli parametri ambientali su ceppi di differente provenienza e con diversi gradi di omozigosi, cioè con livelli di variabilità genetica alterabili sperimentalmente.

Tisbe holothuriae, come alcune altre specie del genere, è caratterizzata da un'ampia distribuzione geografica e può formare popolazioni permanenti sia in mare sia in aree salmastre dove le fluttuazioni delle condizioni ambientali si presentano elevate ed imprevedibili. La salinità, in particolare, è uno dei parametri maggiormente variabili e con una rilevante influenza sulla biologia degli organismi marini (Kinne, 1971). Si è quindi ritenuto opportuno considerare in primo luogo gli effetti delle sue variazioni.

La presenza di risposte differenziali a varie salinità in popolazioni di T. holothuriae geograficamente ed ecologicamente "lontane", fu individuata da Battaglia e D'Avella (1964). Recentemente Fava e Fusari (dati non pubblicati) hanno rilevato l'esistenza di un certo differenziamento saggiando animali provenienti da Trieste e dalle lagune di Grado e Venezia. Uno studio in una popolazione del Mediterraneo occidentale è stato compiuto da Gaudy e coll. (1982).

Complessivamente questi dati suggeriscono che le risposte differenziali ottenute possano avere una base genetica. Per quanto riguarda l'influenza della consanguineità Fava et al. (1976) hanno verificato come questa induca un generale effetto depressore su vari tratti biologici.

Gli esperimenti che vengono ora presentati sono stati programmati per verificare se la risposta alla diminuzione della salinità si presentasse omogenea in ceppi con ridotto o con elevato grado di omozigosi, e per ottenere una informazione più diretta sul ruolo che l'assetto genetico può svolgere nel determinare la capacità di adattamento alle variazioni di salinità.

MATERIALI E METODI

Gli animali usati per l'esperimento provenivano da popolazioni di laboratorio, formate con individui pescati a Trieste-Miramare nell'ottobre 1985, mantenute per circa un mese a 18° C alla salinità del 35 p. 1000. L'alimento è sempre consistito in frammenti di frumento bollito. Si è usata acqua marina naturale, eventualmente diluita con acqua bidistillata per ottenere i valori voluti. L'effettuazione delle coppie e l'allevamento delle singole discendenze sono avvenuti in capsule con 20 ml di acqua ed un frammento di Ulva. Le discendenze di 100 femmine prelevate dalle popolazioni sono state usate per effettuare numerosi incroci al 35 p. 1000, dai quali si sono ottenute 160 femmine ovigere: il primo sacco venne usato per produrre i ceppi omozigoti, lasciando che nelle successive discendenze gli accoppiamenti avvenissero tra fratelli. Il secondo sacco fu usato per avere i ceppi esincrociati, predisponendo varie coppie tra individui senza

antenati in comune. Gli animali vennero tenuti alle rispettive salinità sperimentali del 35, 25 e 20 p. 1000 per le due generazioni precedenti l'esperimento. Tre successive generazioni di inincrocio hanno fornito animali con un coefficiente di consanguineità di 0,5, sui quali sono state effettuate le misure.

Sull'insieme dei dati si è applicata l'analisi della varianza. Poiché le varianze tendevano talora a non essere omogenee (n. femmine ovigere, n. di uova), si è usato anche il test t per confrontare ciascuna media ottenuta al 35 p. 1000 con quelle relative al 25 e 20 p. 1000 e, per ogni salinità, le differenze tra gradi di consanguineità. Ove necessario si è effettuata la correzione per compensare la non omogeneità delle varianze. Per la frequenza delle femmine che non hanno emesso un sacco ovigero si è applicato il test non parametrico di Wilcoxon, poiché le distribuzioni si scostavano eccessivamente dalla normalità (Sokal e Rohlf, 1969).

RISULTATI

Nella tabella sono sinteticamente riportate le medie e le deviazioni standard per i parametri biologici considerati ed i risultati dell'analisi statistica.

Numero di adulti e numero di femmine ovigere per famiglia. Questi due parametri hanno presentato un andamento molto simile. L'effetto della consanguineità è sempre significativo e la presenza di un'interazione molto significativa indica l'esistenza di meccanismi di risposta diversi nei due ceppi.

Frequenza di femmine non ovigere. La risposta è nettamente diversa tra gradi di consanguineità: nel ceppo inincrociato vi è un forte aumento della sterilità con la diminuzione di salinità, mentre l'andamento è opposto nel ceppo esincrociato.

Frequenza di maschi. Il solo effetto significativo è il forte aumento alla salinità minima, riscontrato per entrambi i livelli di omozigosi.

Intervallo minimo di generazione. E' significativo sia l'effetto della salinità che della consanguineità. La significatività dell'interazione suggerisce l'esistenza di moduli di risposta diversi.

Numero di uova del primo sacco ovigero. E' stato misurato in una femmina per famiglia. L'effetto della salinità è opposto nei due ceppi.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Confrontando complessivamente l'andamento delle risposte alla diminuzione della salinità per i parametri biologici considerati, si può evidenziare come il ceppo con elevato grado di consanguineità sia quello che dimostra le minori capacità di adattamento. Ciò concorda con l'ipotesi che siano presenti dei geni capaci di controllare risposte di tipo adattativo alle variazioni di salinità, e che per questi

TABELLA. Medie, deviazioni standard e numero di osservazioni dei parametri misurati alle diverse condizioni sperimentali. La colonna ANOVA porta i risultati globali dell'analisi della varianza per l'omozigosi (0), la salinità (S) e l'interazione (I). Gli asterischi a fianco delle medie si riferiscono al confronto con la salinità 35 p. 1000; quelli delle righe E/I al confronto, per ogni salinità, tra gradi di consanguineità. * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001.
TABLE. Means, standard deviations and number of observations for the measured life-history traits. The ANOVA column refers to a two-way anova for the components 0 (homozygosity), S (salinity) and I (interaction). The asterisks beside the means refer to the comparisons with 35 p. 1000 salinity. Those on the rows E/I refer to within salinity between consanguinity comparisons.

		Esincrocio			Inincrocio			
Salinità		35	25	20	35	25	20	ANOVA
N.	$\bar{x}$	40,36	46,16*	25,40***	20.89	20,89	14.07**	0***
ADULTI	s	12,072	11,611	14,869	12,702	12,547	9,036	S***
n=45	E/I	***	***	***				I***
N.	$\bar{x}$	16,33	20,64	7,47***	8,09	8,13	3,07***	
OVIGERE	s	10,093	10,663	7,338	7,585	7,344	3,689	
n=45	E/I	***	***	***				
F. NON	$\bar{x}$	0,15	0,03***	0,03***	0,16	0,11	0,23***	
OVIGERE	s	0,225	0,062	0,119	0,270	0,200	0,366	
n=45	E/I		*	***				
FREQ.	$\bar{x}$	0,53	0,53	0,71***	0,57	0,58	0,69*	0
MASCHI	s	0,217	0,234	0,203	0,263	0,280	0,275	S*
n=45	E/I							I
INTER.	$\bar{x}$	18,86	16,11**	13,39***	15,40	13,28**	13,53*	0***
GENER.	s	3,711	3,333	2,972	3,399	2,781	2,143	S***
n=31	E/I	***	***					I**
N.	$\bar{x}$	28,16	33,74**	40,45***	42,19	42,97	31,64*	
UOVA	s	7,225	9,055	15,468	16,867	17,246	18,333	
n=31	E/I	***	*	*				

loci esista un certo grado di variabilità. Questo non significa necessariamente che le popolazioni naturali debbano essere dotate di un elevato grado di eterozigosi per adattarsi ad ambienti variabili. Studi precedenti tenderebbero a suggerire l'esistenza del fenomeno

opposto (Battaglia e Fava, 1982). Bisogna infatti tener presente come le tecniche di inincrocio determinino l'omozigosi in modo rapido e casuale, potendo rivelare l'effetto di alleli recessivi più o meno deleteri che inducono una riduzione della "fitness". Il fenomeno può essere definito stress da inbreeding, come indicato da Clarke et al. (1986) che ne hanno studiato gli effetti sull'asimmetria in T. holothuriae. La fissazione di particolari alleli nelle popolazioni naturali è invece un processo che può svolgersi in un numero elevato di generazioni e sotto la pressione di una selezione direzionale. L'alterazione sperimentale del grado di omozigosi è comunque un tecnica estremamente efficace per svelare la presenza di variabilità genetica per loci capaci di controllare la risposta a variazioni di parametri ambientali.

I risultati dei nostri esperimenti indicano come in T. holothuriae questi loci esistano, siano variabili e che, controllando dei caratteri biologici strettamente legati alla "fitness", forniscano un pool genico sul quale può operare la selezione naturale, particolarmente nelle popolazioni che colonizzano aree salmastre dove le variazioni di salinità determinano condizioni ambientali molto rigorose.

Appare pertanto ragionevole l'ipotesi che le differenze nei tipi di risposta rilevate tra popolazioni geografiche siano dovute, in buona misura, all'esistenza di un certo grado di diversificazione genetica.

BIBLIOGRAFIA

BATTAGLIA, B. e G. D'AVELLA - 1964 - Differenziamento di caratteri geno-geografici nel copepode Tisbe furcata (Baird). La tolleranza alle variazioni di salinità. Boll. Zool. 31, 1233-124 1.

BATTAGLIA, B. e G. FAVA - 1982 - Genetic adaptation to brackish water environments. Oceanol. Acta, N. SP. Actes Symp. Int. lagunes cotières, 221-224.

CLARKE, G.M., G.W. BRAND e M.J. WHITTEN - 1986 - Fluctuating asymmetry: a technique for measuring developmental stress caused by inbreeding. Aust. J. Biol. Sci. 39, 145-153.

FAVA, G., I. LAZZARETTO-COLOMBERA e M. CERVELLI - 1976 - Carico genetico in Tisbe (Copepoda, Harpacticoida). II. T. holothuriae e T. bulbisetosa della laguna di Venezia. Accad. Naz. Lincei Rc. 60, 699-708.

GAUDY, R., J.P. GUERIN e M. MORAITOU-APOSTOLOPOULOU - 1982 - Effect of temperature and salinity on the population dynamics of Tisbe holothuriae Humes (Copepoda: Harpacticoida) fed on two different diets. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 57, 257-271.

KINNE, 0. - 197 1 - Salinity, Animals, Invertebrates. In: Marine Ecology, vol. 1, part 2, Ed. 0. KINNE, Wiley, N.Y., pp. 821-995.

SOKAL, R.R. e F.J. ROHLF - 1969 - Biometry. Freeman, San Francisco, 776 pp.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	493-496	1986

EVOLUZIONE DEL POPOLAMENTO COSTIERO DI Scapharca inaequivalvis Bruguière E CONSIDERAZIONI BIOLOGICHE

P. CASALI e M. COLAFRANCESCHI

Laboratorio di Biologia Marina e Pesca, Viale Adriatico 52, Fano

Key words: Mollusca, Bivalvia, Adriatic Sea

ABSTRACT

The evolution of the population of Scapharca inaequivalvis Bruguière is described in the area of distribution of Chamelea gallina L. inside the marine compartment of Rimini over a number of years. Some biological features are considered of this newly introduced species in the Adriatic.

RIASSUNTO

Si descrive l'evoluzione della popolazione del mollusco bivalve Scapharca inaequivalvis Bruguière all'interno dell'areale di distribuzione di Chamelea gallina L., relativamente al Compartimento Marittimo di Rimini (fiume Cesano - Cesenatico), nell'arco di vari anni. Si prendono inoltre in considerazione alcune caratteristiche biologiche di questa specie di recente insediamento nel mare Adriatico.

INTRODUZIONE

Con l'apertura del Canale di Suez, avvenuta nel 1869 , si è verificata una lenta introduzione di alcune specie di provenienza indo-pacifica nel Mediterraneo, dovuta sia a fenomeni di migrazione spontanea sia a trasporto casuale attraverso le navi, i cui trasferimenti risultavano di conseguenza molto accelerati. E' questo il caso di Scapharca inaequivalvis, i cui primi ritrovamenti in Adriatico risalgono al 1969 (GHISOTTI, 1972; 1973; 1974; 1976). L'incremento di animali spiaggiati ritrovati da Trieste a Brindisi, mostrò l'aumento dell'areale di distribuzione e la perfetta acclimatazione del mollusco che, essendo pescato in quantità rilevanti dalle vongolare e non avendo richiesta sul mercato, non mancò di suscitare ben presto la preoccupazione degli operatori nel settore pesca e l'interesse dei ricercatori.

Scopo di questo lavoro è seguire attraverso una serie di campionamenti effettuati nell'areale di distribuzione della vongola nel corso di alcuni anni, l'evoluzione della popolazione di questo bivalve. I primi cam-

pionamenti di cui si parla in questo lavoro furono eseguiti nel 1981 nell'area costiera della Provincia di Pesaro, successivamente, 1983/84/85, nell'ambito di un programma volto a valutare lo stock di vongole in Adriatico, le aree studiate furono allargate all'intero Compartimento Marittimo di Rimini e poi a quello di Ravenna. I dati qui riportati si riferiscono al solo Compartimento di Rimini e ad una fascia costiera larga circa due chilometri da Cesenatico al fiume Cesano.

MATERIALI E METODI

Il materiale è stato raccolto con una draga commerciale lungo una serie di transetti diversi da un anno all'altro. I campioni non sottoposti a vaglio in barca venivano esaminati successivamente in laboratorio.

Per la Scapharca sono stati misurati peso, larghezza massima, altezza, spessore e negli esemplari dove erano particolarmente ben visibili sono stati contati gli anelli di rallentamento di crescita invernale per risalire all'età del mollusco.

DISCUSSIONE

I valori relativi al numero e alla biomassa per l'intero Compartimento mostrano un calo dal 1983 al 1984 ed una ripresa solo numerica si registra nel 1985. Situazione quasi analoga si riscontra per la parte settentrionale del Compartimento, mentre per la Provincia di Pesaro si registra un aumento dal 1981 al 1983 sia in numero che in peso, diminuzione dei due valori per il 1984 e, a differenza di quanto osservato per l'intera area, la diminuzione continua anche nel 1985 non solo per il peso, ma anche per il numero. La variabilità che si riscontra da un anno all'altro e nelle due zone considerate è ancora più evidente se si considerano aree più ristrette.

Nella seguente tabella sono riportati i valori numerici di densità e biomassa che quantificano i suddetti incrementi e diminuzioni.

ANNO	CESANO-CATTOLICA		CATTOLICA-CESENATICO		TOTALE COMPARTIMENTO	
	N/1000mq	Kg/1000mq	N/1000mq	Kg/1000mq	N/1000mq	Kg/1000mq
1981	183	2.62	-	-	-	-
1983	12366	59.28	16504	52.31	14176	56.83
1984	7023	55.51	2317	24.30	5011	41.90
1985	3074	45.15	22093	28.61	11791	37.20

Nel totale del Compartimento il forte calo numerico del 1984 (circa 2/3 rispetto al 1983) è accompagnato da una diminuzione in peso non proporzionale (circa 1/2 della biomassa). Nel 1985 il numero di individui torna dell'ordine di grandezza del 1983, ma il peso continua a diminuire. Come si vede dai valori relativi alla parte nord del Compartimento è proprio qui che si registra il forte aumento numerico, ma non in peso del 1985, già descritto per l'area totale, mentre per la Provincia di Pesaro, dopo il rilevante aumento in numero e peso dal 1981 al 1983, la forte di-

minuzione numerica molto più accentuata di quella ponderale del 1984, si assiste ad un ulteriore dimezzamento della densità accompagnato da una bassa diminuzione in peso.

La distribuzione per taglia della specie (fig. 1) mostra nel 1983 picchi di frequenza a 4, 22 e 40 rara. L'anno successivo il forte calo numerico aveva interessato soprattutto gli individui di piccola taglia in quanto il picco di maggior frequenza si rileva a 33 mm. Nel 1985 infine si riscontra un picco a 16 mm ed uno a 38 mm, evidenziando un significativo abbassamento della taglia più frequente. Nel 1981 sono stati pescati quasi esclusivamente individui di taglia superiore a 30 mm.

Nell'area campionata i valori di massima densità della specie si riscontrano in una fascia compresa tra 7 e 10 metri di profondità. Negli ultimi due anni di campionamento, specie verso il Nord, le profondità preferenziali sembrano spostarsi verso terra, 2-5 metri di profondità.

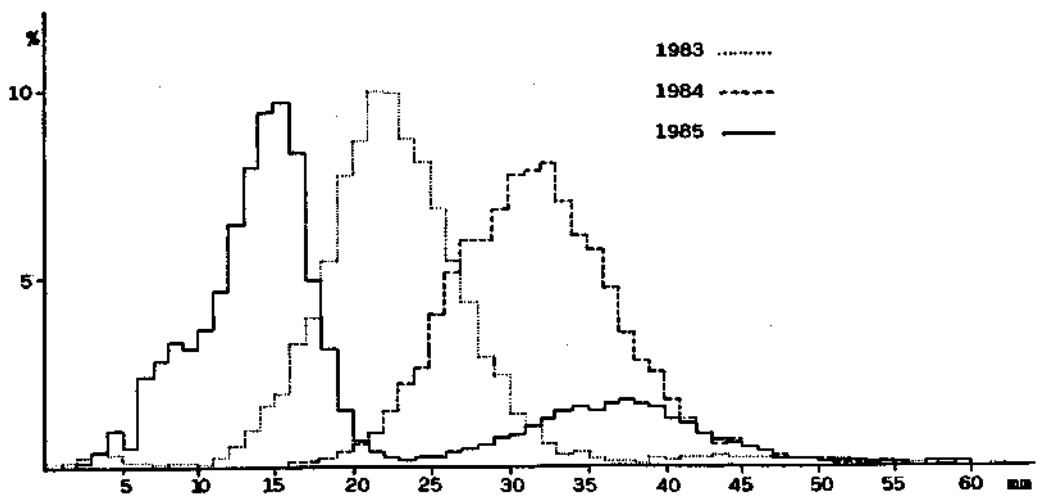


Fig. 1 - Distribuzione per taglia di Scapharca nei diversi anni.

Utilizzando il numero degli anelli di rallentamento di crescita invernale si è risaliti all'età del mollusco (fig. 2).

CONCLUSIONI

L'impressione generale che deriva dai dati rilevati è che questa specie non sia in costante aumento come è dimostrato dal fatto che si sono verificate rilevanti fluttuazioni numeriche e ponderali nei vari anni di indagine. Senza dubbio l'areale di distribuzione si è ampliato nel corso degli anni, ma densità e biomassa hanno subito profonde modificazioni da

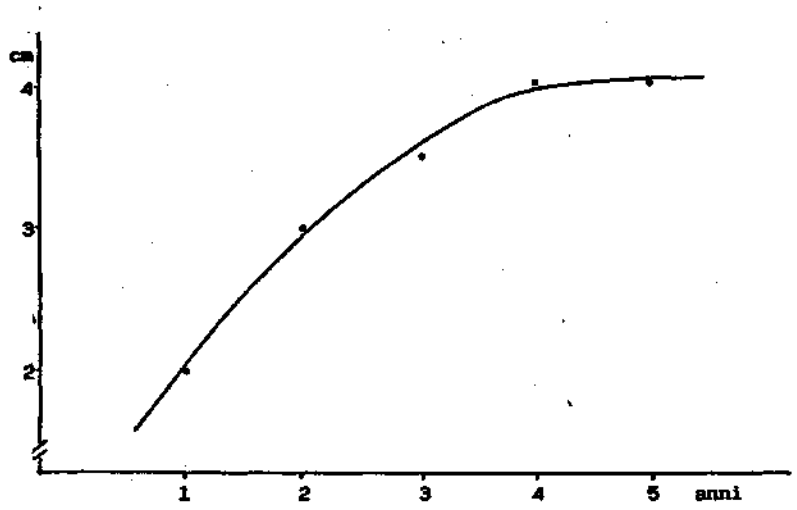


Fig. 2 - Curva di accrescimento di Scapharca inaequivalvis.

un anno all'altro e da zona a zona. E' evidente come si sia anche modificata la composizione per taglia nel corso degli anni e come siano evidenziabili distribuzioni di frequenza di taglie diverse da un'area all'altra.

Per quanto riguarda le interrelazioni tra Scapharca e vongola, si può osservare che dove la densità della prima è massima, i valori di Chamelea gallina sono minimi, in tali aree il sedimento è composto da una maggiore quantità di fango.

La Scapharca, non essendo sfruttata come risorsa al contrario della vongola, potrebbe effettivamente competere spazialmente con quest'ultima, se anche tale specie non verrà attivamente pescata.

BIBLIOGRAFIA

GHISOTTI F. - 1972 - Ritrovamenti malacologici nel Mediterraneo. Conchiglie, Milano, 8 (1/2): 21 pp.

GHISOTTI F. - 1973 - Scapharca cfr. cornea (Reeve) ospite nuova del Mediterraneo. Conchiglie, Milano, 9 (3/4): 68 pp.

GHISOTTI F. - 1974 - Penetrazione di Molluschi indo-pacifici nel Mediterraneo. Quad. Civ. Staz. Idrob., Milano, 5 (Aggiornamenti di malacologia mediterranea): 7-22.

GHISOTTI F., E. RINALDI - 1976 - Osservazioni sulla popolazione di Scapharca insediatasi in questi ultimi anni su un tratto del litorale romagnolo. Conchiglie, Milano, 12 (9/10): 183-195.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	499-512	1986

ATTUALI CONOSCENZE SUI CEFALOPODI DEL MEDITERRANEO

Marco Borri

Museo Zoologico "La Specola" - Sezione di Zoologia del Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze.

Key words: Cephalopods; Mediterranean sea.

ABSTRACT - Recent date on the distribution, taxonomy and biology of Mediterranean cephalopods, with notes on their fishing management.

RIASSUNTO

L'ultimo censimento sulla teutofauna mediterranea è quello di Torchio (1968-69). Vi sono elencata 63 specie (54 delle quali presenti in acque italiane), alcune di dubbia presenza nel Mediterraneo, altre di dubbia validità sistematica.

E' perciò di notevole interesse un maggior approfondimento delle nostre conoscenze sulla distribuzione e la biologia delle specie, fra le quali possono rivestire particolare importanza quelle oggetto di sfruttamento commerciale, per una giusta e corretta gestione delle risorse dell'ambiente marino.

Il coordinamento della raccolta dati e delle metodiche di rilevamento è tanto più necessario quanto maggiori sono le esigenze di confronto fra risultati di gruppi di ricerca diversi (per es.: uniformità nella valutazione degli stadi di maturità, nel trattamento dei campioni, nel rilevamento dei dati morfologici, ecc.).

Auspicabile è l'incremento di un tipo di indagine qualitativa e quantitativa basata sullo studio dei contenuti stomacali dei grossi predatori teutofagi (Condroitti, Osteitti, Cetacei Odontoceti), basata principalmente sul riconoscimento delle specie dai becchi ritrovati all'interno del loro apparato digerente.

Un notevole arricchimento delle nostre conoscenze sulla storia naturale dei Cefalopodi apporterà sicuramente lo studio approfondito della biologia evolutiva e delle strategie riproduttive che attualmente rappresentano alcuni fra i più stimolanti settori di ricerca nell'ambito della teutologia.

SUMMARY

Of the 63 species (54 of which inhabitat italian waters) listed in the most recent census of Mediterranean teuthofaune (Torchio, 1968-69), some may not actually inhabit the Mediterranean while the systematic validity of other is doubtful. Thus further data on the distribution and biology of the species - especially of the commercially important ones - are not only of great interest but also essential for a correct management of the marine environment. The need for a greater coordination in data collection and sampling methods increases with the quantity of comparisons to be made Between different research groups (for example: uniform evaluation of mature stages, sample treatment, survey of morphological data, etc.). It is hoped that there will be an increase in qualitative and quantitative investigations, based mainly on the recognition of the beaks of the species found in the stomachs of large cephalopod predators (Chondrichthyes, Osteichthyes, Cetacea Odontoceti).

Thorough study of the evolutionary biology and reproductive strategies, two of the most promising research areas in the field of teuthology, will certainly enrich our knowledge on cephalopod natural history.

INTRODUZIONE

Scopo di questa breve relazione è fare il punto della situazione sulla Teutologia mediterranea ma è anche rivolgere µn invito a una collaborazione sempre maggiore fra i gruppi che sono impegnati nello studio dei Cefalopodi, con la proposta sia di specifici indirizzi di ricerca, sia di metodologie più o meno nuove, ma applicate il più possibile in maniera uniforme, in modo da poter rendere sempre più facile il confronto dei risultati ottenuti da ciascun gruppo di ricerca nell'ambito di quell'interscambio di dati, di notizie e di risultati che rimane alla base del potenziale ampliamento di ogni tipo di conoscenza.

"Nel suo complesso il Mediterraneo ha caratteri faunistici atlantici". Con questa considerazione di Tortonese (1951) inizia una rapida analisi sulla composizione della teutofauna mediterranea. Essa presenta aspetti di grande affinità con quella dell'Atlantico nord-orientale; infatti delle 57 specie presenti, ben 48 vivono in entrambi i mari. Le forme che la costituiscono sono essenzialmente tipiche di acque temperate e, in parte minore, di acque tropicali o sub-tropicali. Una sola specie è indubbiamente di origine indopacifica, Symplectoteuthis oualaniensis, penetrata nel Mediterraneo attraverso il Canale di Suez (Zuev, 1965), mentre il percorso inverso è stato compiuto dal Loligine¬de Loligo forbesi che si è diffuso nel Mar Rosso (Adam, 1955) spin-

gendosi forse fino alle coste orientali dell'Africa.

L'ultimo censimento della teutofauna mediterranea è quello di Torchio (1968-69) che, alla luce delle attuali conoscenze, deve essere aggiornato e, talvolta, parzialmente rivisto. Delle 63 specie elencate, 57 sono state confermate (Mangold, 1973). Opisthoteuthis agassiei e Histioteutlus elongata la presenza delle quali era posta come dubbia da Torchio per le acque italiane è stata invece successivamente convalidata.

8 sono le specie endemiche, tutte bentoniche già fin dalla schiusa delle uova, 6 appartenenti al genere Sepiola e 2 Ottopodidi, Octopus salutii e Eledone moschata.

Rispetto ad altri mari la percentuale di endemismi può sembrare minore, ma solo relativamente se si tiene presente la storia paleogeografica del Mediterraneo. Ricordiamoci che la cosiddetta "crisi di salinità" risale appena a circa 5 milioni di anni fa, tempo assai breve per la formazione di endemismi, tenendo conto che il Mediterraneo è molto chiuso ed è stato definitivamente invaso da acque e fauna tipicamente atlantiche.

Dato che soprattutto in alcuni gruppi, basti pensare ai Sepiolidae Sepiolinae, la distinzione delle specie sulla scorta dei caratteri morfologici tradizionali si è rilevata spesso fallace o almeno opinabile, sarà necessario ricorrere di qui in avanti anche all'esame di caratteri, nuovi o finora raramente utilizzati, e, forse soprattutto a tecniche cariologiche, immunologiche, elettroforetiche, etc. Queste ultime ad esempio permettono spesso analisi genetiche dotate di un valore discriminante enormemente superiore a quello dei caratteri morfologici, che come è tristemente noto ci portano non di rado fuori strada nascondendo i vari rapporti filogenetici con fenomeni di convergenza e parallelismo e di significato prevalentemente adattativo.

Si continua ancora ad affermare che l'alobio si impoverisce di specie e di individui nel Mediterraneo procedendo verso est, con la spiegazione che ciò avviene per il semplice variare delle condizioni ambientali abiotiche.

Ciò in linea di massima è vero, però, in relazione ai Cefalopodi, bisogna tener presente che il Mediterraneo occidentale è stato fino ad ora la zona più studiata e che i ritrovamenti nel bacino orientale di specie non ancora segnalate sono sempre più frequenti tanto da far pensare che il divario sia fra il numero di specie sia fra il numero di individui, esistente nei due bacini, occidentale e orientale, possa essere in realtà minore di quello che i dati fino ad ora raccolti possano far supporre è causato da difetto di ricerca nel bacino orientale. Senza uscire dai mari di casa nostra, bastano le segnalazioni di Bello (1983-85-86) per renderci conto come in certe aree le specie presenti, rispetto ai censimenti precedenti, siano più numerose e non come occasionali. Per la verità bisogna sottolineare che spesso le indagini faunistiche sui Cefalopodi vengono purtroppo effettuate soltanto attraverso sporadiche campagne strettamente finalizzate. In tal modo molti

ambienti non vengono indagati (soprattutto quelli pelagici e bentonici profondi) rendendo quindi impossibili le catture di tutte quelle specie caratteristiche di questi ambienti. Inoltre i ritrovamenti occasionali o frequenti delle specie prive di ogni e qualsiasi interesse commerciale non arrivano che sporadicamente sul tavolo, o tantomeno alle orecchie, del teutolago, rendendo così molto difficile il lento lavoro di composizione del mosaico faunistico.

Nel Mediterraneo, da lungo tempo una delle aree in cui maggiore è la pesca e il consumo di Cefalopodi, viene sfruttato prevalentemente il bacino occidentale, soprattutto dalle marinerie italiane e spagnole, con uno sbarco medio annuo di circa 52000 tonnellate (FAO, 1983) così suddivise: circa 42% di ottopodi, circa 37% di seppie e circa il 21% di calamari. Rispetto a quelle presenti, le specie di interesse commerciale sono circa il 25% ed è proprio su alcune di esse che viene concentrata oggi gran parte della ricerca finalizzata.

Le possibilità di indagine in questo campo si possono ricondurre a due tipi fondamentali: diretto e indiretto (Levi, 1979). Il primo è costituito da tutte quelle campagne, programmate scientificamente e organizzate dal Ministero della Marina Mercantile, atte a valutare sul campo le risorse potenziali di una certa area, cioè la composizione, la distribuzione e la quantità degli stock disponibili.

A questo proposito si ricorda che dal 1985 è in fase di avanzato svolgimento il programma del Ministero della Marina Mercantile "Valutazione delle risorse demersali" che durerà fino al 1987. E' una ricerca che per la prima volta si svolge in contemporanea in tutte le acque italiane con l'intento di fornire un quadro generale sulle potenzialità della pesca nei nostri mari. Questa mia nota vuole essere un invito a collaborare al massimo con le varie unità operative impegnate in questa complessa ricerca, come noi stiamo già facendo fra università di Firenze (Museo "La Specola") e Istituto Scientifico Tecnico di Idrobiologia e Pesca di Livorno, per trarre il massimo dei risultati da una iniziativa di tale importanza nazionale.

Il secondo, quello indiretto, è invece basato sullo studio del prodotto sbarcato dalle flottiglie da pesca, che evidentemente è ristretto esclusivamente alle specie commerciali.

Le possibilità offerte da questi due tipi di indagine sono per il teutologo mediterraneo di notevole importanza se si tengono presenti i dati statistici riferiti poco sopra. Purtroppo sono le uniche possibilità di ricerca sul campo, anche se di tipo generale, che sono oggi praticamente realizzabili e mi sembra opportuno sottolineare la necessità di "sfruttare" al massimo i due metodi che sono comunque complementari l'uno dell'altro.

E' pressante l'esigenza di un coordinamento della raccolta di tutti quei dati utili e necessari per l'ampliamento delle conoscenze sia del mosaico faunistico sia sulla biologia della specie.

I problemi sorgono già subito dopo la cattura dell'animale.

Infatti certi dati morfologici variano se presi sul campione fresco o fissato. Sarebbe necessario quindi poter uniformare i metodi di preparazione e conservazione allo scopo di poter rendere più esattamente confrontabili i dati e i risultati così ottenuti.

Quando, per le finalità della ricerca in atto, è richiesta una grande quantità di esemplari, generalmente il materiale raccolto in mare viene, per comodità di operazione, immediatamente messo sotto ghiaccio e, una volta sbarcato, congelato. Per una migliore possibilità di studio sarebbe opportuno procedere al fissaggio e alla conservazione dei campioni seguendo una metodica standardizzata attraverso vari passaggi successivi ben individuati. Lo scongelamento deve avvenire completamente, mettendo in posizione distesa l'animale in modo che i tentacoli assumano una posizione rilassata e allungata. Questo è un problema particolarmente sentito per gli Ottopodi che, a differenza dei Decapodi con la sola eccezione di Sepia, arrivano in superficie ancora vivi e, data l'alta contrattilità, dovrebbero essere narcotizzati prima di essere fissati, narcosi che può in parte essere ottenuta già con l'abbassamento di temperatura dovuta allo stockaggio sotto ghiaccio. Eventualmente allo sbarco varie sostanze possono essere usate a questo scopo, quali MS 222 della Sandoz allo 0,1% cloruro di magnesio isotonico all'acqua di mare, alcol etilico al 95% aggiunto lentamente all'acqua di mare, ecc.. Materiale fissato in condizioni di alta contrazione talvolta rende difficilmente studiabili alcuni caratteri di ritenuto valore sistematico, impedendone l'identificazione stessa. Uno scongelamento incompleto può ostacolare la penetrazione del fissativo all'interno dei tessuti compromettendo la conservazione del campione. Si può quindi procedere al fissaggio per alcune ore, secondo le dimensioni dell'animale, in formalina all'8% rigorosamente neutra. La conservazione definitiva viene effettuata in alcol etilico al 75%. E' importante riportare sul cartellino, posto all'interno del contenitore, insieme agli altri dati, anche il metodo usato per il fissaggio e la conservazione. Per alcuni esemplari, estratti dal campione in esame, sarebbe opportuno asportare il becco, il gladio e il sepiostiario, conservando poi i primi in alcol insieme all'animale e il secondo a secco, mentre la radula, una volta estratta dal bulbo boccale dovrebbe venire predisposta per l'osservazione al SEM: una iniziale pulitura ottenuta con un apparecchio ad ultrasuoni per eliminare le particelle organiche rimaste fra i dentelli è generalmente seguita da completa disidratazione attraverso passaggi in soluzioni alcoliche progressivamente più concentrate. Le misure rilevate di solito nei Cefalopodi sono esaurientemente illustrate da Roper e Sweeney (1983) (Techniques for fixation, preservation and curation of cephalopods).

Il rilevamento dei parametri biologici presenta problemi più complessi. E' sufficiente l'esempio degli stadi di maturità, che sarebbe molto meglio chiamare stadi di sviluppo, per comprendere la necessità di dover scegliere, dopo un accurato esame collettivo, una metodica comune che meglio si adatti ad essere utilizzata soprattutto su grossi

quantitativi di animali. Teniamo presente che sarebbe utile individuare e utilizzare metodi di determinazione degli stadi di sviluppo che abbinino semplicità e rapidità di rilevamento, dato il gran numero di esemplari che si ha spesso la necessità di trattare in tempo limitato. E' ovvio comunque che la scelta deve essere finalizzata al tipo di indagine che stiamo conducendo e al tipo di materiale che abbiamo a disposizione oltre che, naturalmente, all'ambiente di rilevamento (sul campo o in un comodo laboratorio).

Un breve excursus sui metodi di valutazione degli stadi di maturità, oggi in uso, potrà servire a chiarire certi punti.

Nel 1983 Juanico pubblica un elenco critico delle scale di maturità, analizzandole una per una e confrontandole fra loro, usate per i Calamari ma alcune delle quali applicabili a tutti i Cefalopodi. Anche se alcune sono simili, tuttavia sono sempre diverse da quelle riguardanti sessi diversi di una stessa specie. Quelle che comprendono due soli stadi, immaturità e maturità, sono troppo semplici per essere utilizzate nello studio approfondito di una popolazione e quindi devono essere scartate.

Gli stadi di sviluppo nei o o possono essere riferiti a sei tipi base di scale, ognuna delle quali a seconda degli autori può avere sfumature diverse.

1) Nesis (1970) e Schuldt (1979) individuano un solo stadio di maturazione definito soltanto dalla presenza di poche spermatofore nella tasca del Needham e viene completato da altri autori dell'osservazione dello spermidutto (Mangold, 1963) o dalle dimensioni del testicolo (Juanico, 1979).

2) Mercer (1973,1975) e Whitaker (1978) indicano nella loro scala due stadi di maturazione derivanti dall'analisi dell'aspetto dei vari componenti dell'apparato di riproduzione. Lipinski (1979) mette a punto quella che lui stesso definisce una "scala universale" basata sui dati raccolti su 17 specie di calamari e riconducibile a quella dei due autori precedenti.

3) Vouk (1972) compila una scala nella quale i tre stadi iniziali si basano principalmente sul colore e sulla consistenza del testicolo, sulla formazione dell'ectocotile e sul rapporto % fra il peso degli organi genitali e il peso totale dei calamari, mentre nei due stadi finali fa distinzione fra individui maturi e completamente maturi.

4) La scala gravimetrica di Hayashi (1970) è basata sul rapporto in peso fra il testicolo e il sacco spermatoforico e distingue fra individui maturi e immaturi.

5) Tinbergen & VerweY (1945) hanno invece considerato il grado di riempimento del sacco spermatoforico, dividendo la scala in 5 stadi: vuoto, quasi vuoto, pieno per 1/4, pieno per 1/2, pieno.

6) Schuldt (1979) ha trovato un rapporto diretto in % fra lunghezza dell'ectocotile, lunghezza del calamaro e dell'organo spermatoforico. E' questo un sistema utile da usarsi con specie commerciali una volta che si è determinato, per ogni singola specie, il rapporto fra ectoco-

tilizzazione e maturità.
Anche per le ♀♀ le numerose scale degli stadi di sviluppo messe a punto da vari autori, sono riconducibili a 4 tipi fondamentali.
1) La presenza di uova mature, dal colore ambrato e prive del sistema reticolare, indipendentemente dal numero, è l'indice di maturità nella scala comprendente ♀♀ immature, in corso di maturazione e mature. Mangold (1963) considera la lunghezza delle uova, Witaker (1979) il colore delle ghiandole nidamentali accessorie, Holme (1974) il rapporto fra le dimensioni dell'ovario e delle ghiandole nidamentali.
2) Hamabe & Shimuzu (1966) hanno messo in evidenza nella loro scala la differenza fra ♀♀ mature e completamente mature; è importante cioè, in questo caso, il numero delle uova mature come indice delle ♀♀ pronte alla deposizione rispetto a quelle che non lo sono, pur avendo raggiunto la maturità. A questo tipo è riconducibile la "scala universale" di Lipinski della quale si è già parlato per i ♂♂.
3) Molti autori hanno costruito scale degli stadi di sviluppo su varie relazioni morfometriche e gravimetriche riferite al peso e alle dimensioni dell'ovario e delle ghiandole nidamentali comparate ad altri organi e al corpo dell'animale;
4) Tinbergen & VerweY (1945), così come hanno fatto per i ♂♂ hanno classificato le ♀♀ in base alla quantità di uova mature con il grado di riempimento del sacco del Needham nell'ovidutto, distinguendo 4 stadi: vuoto, con poche uova, con molte uova, pieno.

Altri metodi mettono in relazione il colore e la lunghezza delle ghiandole nidamentali accessorie con lo stadio di maturità raggiunto dall'animale, ma bisogna ricordare che non è ancora nota la funzione delle ghiandole stesse e quindi non è possibile affermare che sono collegate alla maturità. Inoltre il colore rosso delle ghiandole nidamentali accessorie è legato alla presenza di batteri, fenomeno di cui per ora ci è ignoto il significato (Buchner, 1967).

Clarke (1962) infine afferma che sia nei ♂♂ sia nelle ♀♀, l'inizio dello scurimento del becco corrisponde all'inizio della maturità sessuale (presenza delle spermatofore nei ♂♂, ingrossamento delle ghiandole nidamentale nelle ♀♀).

Da questa breve sintesi scaturiscono alcune considerazioni da tener ben presenti nella scelata del tipo di scala degli stadi di sviluppo.

Quasi tutti gli autori considerati, con l'eccezione di Lipinski, hanno sempre lavorato su una sola specie, massimo su due e nessuno si è mai preoccupato di verificare, sulla stessa specie, risultati ottenuti con metodi diversi. Il colore, il grado di riempimento dell'ovidutto o del sacco spermatoforico ecc. sono tutti criteri di valutazione estremamente soggettivi e quindi poco attendibili. Rimangono validi, pertanto, l'indice gonadosomatico, cioè il rapporto in peso fra le gonadi e l'animale eviscerato o non e la scala degli stadi di sviluppo basata sulla lunghezza delle uova e delle spermatofore (Mangold, 1963) che sono fra quelle più comunemente usate.

E' noto come ormai da tempo vari gruppi di ricerca abbiano avviato una serie di indagini sul contenuto stomacale dei grossi predatori (teutofagi (Osteitti, Condroitti e soprattutto Cetacei Odontoceti), basate sull'analisi delle grandi quantità di becchi in essi rinvenuti in quanto non digeribili dai succhi gastrici.

Molteplici sono le informazioni che si possono ottenere da questo tipo di ricerca, sia sui Cefalopodi sia sulle abitudini alimentari e le migrazioni dei predatori stessi. Situazioni faunistiche che passano spesso inosservate perchè altrimenti non investigabili, dato che si riferiscono frequentemente a specie pelagiche o che comunque sfuggono ai sistemi di cattura tradizionali, vengono messe in luce oltre che qualitativamente anche quantitativamente. E' possibile infatti valutare, con una certa approssimazione, la biomassa, nel nostro caso di una o più specie di Cefalopodi presenti in una certa area, da alcuni dati particolari derivati sia dalla preda sia dal predatore, quali la percentuale in peso che la preda rappresentata nella dieta del predatore (dalla misura del becco è possibile stimare la lunghezza del mantello e quindi risalire al peso dell'animale) e la quantità in peso di nutrimento richiesto, la popolazione totale e il peso medio del predatore (Clarke, 1980). Il metodo utilizzato a questo proposito da Clarke per i capodogli, è applicabile a qualsiasi predatore e a qualsiasi preda e i risultati ottenibili sono tanto più affidabili quanto più chiusa e delimitata è l'area di ricerca, situazione ottimale questa che si verifica per esempio nel Mediterraneo (Clarke, 1983). Dai lavori di Clarke (1983,86) si può rilevare l'importanza dei Cefalopodi nella dieta dei capodogli e dei Cetacei Odontoceti in genere. Ma l'aspetto forse più interessante è rappresentato dalle differenze, qualitative e quantitative, a parità di area studiata, fra le catture effettuate con reti da pesca commerciali e da ricerca e le presenze riscontrate nei contenuti stomacali dei capodogli, differenze che non sono altro che aspetti diversi e complementari della quantità, della taglia e delle caratteristiche etoecologiche delle singole specie di Cefalopodi. La media dei becchi presenti nello stomaco di un capodoglio, frutto della alimentazione di una giornata, è compresa fra i 2000 e gli 8000, numero di cattura che può essere raggiunto con una rete a strascico, con un'apertura di 700 m^2, in circa 10 giorni di pesca. Sono sufficienti questi dati per sottolineare l'importanza di un tale metodo di campionamento. E' evidente che l'Italia, come pure tutti gli altri paesi circummediterranei, non ha tradizioni baleniere e quindi si dovrebbe avvalere di altri canali di raccolta di questo tipo di dati. E' stato costituito quest'anno il Centro Studi Cetacei (CSC) nell'ambito della Società Italiana di Scienze Naturali, con sede a Milano presso il Museo Civico di Storia Naturale. Il fine prioritario del Centro è quello di aumentare le attuali conoscenze sui Cetacei del Mediterraneo. A questo scopo è stata messa a punto una rete, a livello nazionale, di gruppi operativi che possono intervenire regionalmente in tutti quei casi di spiaggiamenti, o comunque di rinvenimento di carcasse, di Cetacei lungo le nostre coste, e che si verificano con una media di cir-

ca 100/anno. Ora se noi confrontiamo i dati forniti da Clarke (1977, 1980), che riporta stime di 100 milioni di tonnellate annue di Cefalopodi predate dai Cetacei con i 70 milioni annui di pescato complessivo (pesci, molluschi e crostacei) a livello mondiale, ci rendiamo conto di come anche un basso numero di osservazioni di contenuti stomacali di certi grossi predatori possa, in alcuni casi, essere di grande aiuto sia per il reperimento e la valutazione di nuovi stock disponibili riferiti a specie non ancora sfruttate commercialmente sia per comprendere meglio la situazione faunistica e i rapporti intercorrenti fra entità sistematiche diverse. In Italia alcuni ricercatori stanno già da tempo lavorando sull'analisi del contenuto stomacale di Squaliformi e Osteitti (Wurz, Vacchi, Bello e altri). Dai risultati da loro conseguiti emerge ancora una volta l'importanza dei Cefalopodi nella dieta di molti predatori. Il coordinamento di questi risultati e di quelli eventualmente ottenuti attraverso il CSC, sarebbe molto utile e quindi auspicabile per una migliore comprensione di molti aspetti della Teutofauna mediterranea.

I Cefalopodi presentano caratteristiche particolarmente interessanti e tali da stimolare indagini sulla biologia evolutiva e sul potenziale di adattamento dell'intera classe.

Mangold (1972) ha scritto che "può sembrare sorprendente parlare di evoluzione in una classe che si distingue per un numero molto limitato di specie attuali, circa 650-680, quando sono state descritte oltre 9000 specie fossili". A me sembra invece che si possa essere più ottimisti riguardo al futuro di questi animali. In primo luogo, e ciò vale per tutti i gruppi facilmente fossilizzabili, non appare molto corretto confrontare il numero delle specie attuali con il totale di quelle vissute in un arco di tempo talora molto lungo e che nella fattispecie abbraccia all' incirca mezzo miliardo di anni. In secondo luogo, anche ammettendo che il numero delle specie viventi sia davvero relativamente più basso di quelle vissute in un qualche periodo del passato, sta di fatto che appaiono ancora estremamente vitali molti e forse tutti i risultati della stupefacente radiazione adattativa a cui i Cefalopodi sono andati incontro nel corso del loro lunghissimo iter evolutivo. E, per di più, come riconosce la stessa Mangold (1972, pag. 314), non mancano gruppi, gli Ottopodini per esempio, nei quali tuttora sono assai attivi i processi di speciazione.

Tra i principali- raggiungimenti evolutivi spicca l'affrancamento dal dominio bentonico e la conseguente conquista di quello pelagico, ciò che permise - a partire come minimo dall' Ordoviciano e praticamente in assenza di competitori - l'occupazione di una miriade di nuovi habitat, con tutte le sue implicazioni di nuovi indirizzi evolutivi. Come esempio emblematico dell'estrema plasticità del gruppo si può ricordare che negli Ottopodi, primitivamente bentonici, sono rimasti tali solo gli Ottopodidi, mentre i rappresentanti delle restanti undici famiglie sono tornati alla vita pelagica, acquisendo caratteri morfo-

funzionali talora più adeguati a tale tipo di vita - si pensi all'Ovoviviparità del ben noto e diffusissimo Ocythoe tubercolata - di quelli propri della generalità dei Cefalopodi primativamente pelagici.

Tutte le specie fossili erano strettamente legate al dominio bentonico e scarsamente mobili a causa della grossa e pesante conchiglia di cui erano provvisti. I tre principali punti di partenza, se così si possono definire, dell'evoluzione verso le specie attuali, possono essere giustamente considerati le modificazioni della conchiglia, quelle del mantello e la comparsa dei primi meccanismi di galleggiamento. Questi, atti solo a bilanciare il peso della conchiglia, si trasformeranno in una struttura idrostatica, che svincolerà l'animale dal fondo, evolvendosi di pari passo alla conchiglia stessa. Questa subirà radicali trasformazioni che la porteranno a ridursi, nei Cefalopodi attuali, a una laminetta interna (Teutoidei), a una conchiglia ridotta provvista di setti (Sepioidei) o a scomparire del tutto (Ottopodi). Il mantello comincia ad avvolgere esternamente la conchiglia e si trasformerà in una struttura fortemente muscolare che, insieme all' imbuto costituirà un sistema di propulsione a getto (a reazione) notevolmente funzionale permettendo così a tutta la Classe di conquistare il dominio pelagico, con la mobilità caratteristica a tutti i Cefalopodi. Packard (1966) afferma che "funzionalmente i Cefalopodi sono Pesci". Per fenomeni di convergenza evolutiva questi Molluschi hanno infatti adottato le stesse abitudini di vita e occupato buona parte delle nicchie ecologiche proprie dei Pesci (Mangold & Fioroni, 1970). (Siluriano)

Molto interessanti, anche per i loro risvolti pratici, sono i problemi riguardanti le strategie riproduttive, delle quali si è occupato di recente Boletzky (1981). Esse si adeguerebbero in modo molto elastico ai due tipi di selezione chiamati da Mac Arthur & Wilson (1967) "selezione K" e "selezione r" a seconda dell'importanza relativa della capacità biotica dell'ambiente (K) e del tasso intrinseco di accrescimento di una popolazione (r). Le strategie riproduttive si disporrebbero lungo un continuum in cui l'estremo r corrisponderebbe a condizioni di "vuoto ecologico" in un ambiente instabile e severo, ove in pratica hanno poco effetto la densità di popolazione e la competizione, mentre l'estremo K corrisponderebbe ad ambienti con condizioni stabili e favorevoli ove la densità di popolazione e la competizione, mentre l'estremo K corrisponderebbe ad ambienti con condizioni stabili e favorevoli ove la densità di popolazione e la competizione assumono una importanza determinante. Cavalier-Smith (1980) ha messo in evidenza: 1) che un dato genotipo ha un tasso di accrescimento r della popolazione che può essere inferiore o uguale al tasso massimo ($r_{}$) raggiungibile nell'ambiente a lui più favorevole; 2) che in assenza di questa ultima condizione la selezione favorirà il raggiungimento di un tasso minore ($r_{}$) o, più precisamente, dato che l'individuo si confronta nel corso della sua vita con ambienti diversi, della media dei tassi r_e (r_e); 3) che è appunto lo scarto $r_m - r_e$ che caratterizza i tipi di strategia

riproduttiva di tipo "r", ove $r_e \geq r_m$, e di tipo "K", ove $r_e < r_m$.

In pratica le strategie di tipo relativamente r e di tipo relativamente K sono rispettivamente quelle messe in atto dalle specie pelagiche e dalla specie bentoniche. Dal punto di vista funzionale le prime sono caratterizzate da una maturità sessuale precoce, da un elevato tasso di fecondità con produzione di un gran numero di piccole uova, da una durata della vita generalmente non molto lunga (1 anno circa) e da popolazioni numericamente instabili; le seconde da una maturità sessuale sessuale tardiva, da un tasso ridotto di fecondità con produzione di poche uova di grossa taglia, da una durata della vita pluriennale e da popolazioni numericamente stabili.

Le abitudini di vita necto-bentoniche e bentoniche di certi gruppi di Coleoidei (Loliginidi, Ottopodidi e ordine dei Sepioidei) sono un adattamento secondario (Mangold & Fioroni, 1970) conseguito più o meno precocemente durante l'iter evoluto della intera sottoclasse. Al contrario delle forme pelagiche, quelle bentoniche e necto-bentoniche occupano di regola areali più limitati e talora relativamente ristretti, ma alcune di esse sono cosmopolite o comunque largamente diffuse in quanto meroplanctoniche, dato che passano attraverso una fase giovanile planctonica che, ovviamente, consente una vasta dispersione a mezzo delle correnti marine. Le forme meroplanctoniche producono uova relativamente più numerose e piccole di quelle olobentoniche, ma è possibile che non manchino eccezioni; infatti esistono delle specie bentoniche le quali, pur producendo come di regola poche uova e di grossa taglia, hanno una distribuzione assai vasta, ciò che fa sorgere il dubbio che esse passino attraverso una fase di sviluppo planctonica: basti ricordare l'anfiatlantico Pteroctopus tetracirrhus e la molto diffusa Eledone cirrhosa. E d'altra parte si presume che esistano forme giovanili planctoniche anche in alcune specie cosmopolite, le quali, benchè bentoniche, producono uova di piccola taglia: Octopus vulgaris, 0. macropus e Scaeurgus unicirrhus.

Proprio le forme strettamente bentoniche e necto-bentoniche, con neonati che hanno già le stesse abitudini di vita dell'adulto, sono quelle che presentano il maggior isolamento geografico relativo, venendosi pertanto a trovare in condizioni che favoriscono un'attiva speciazione. Nei Sepioidei, tutti legati ad acque costiere (con l'eccezione di Spinila che è batipelagica), un solo genere, Sepia, comprende circa 90 specie su 180 di tutto l'ordine; nei Teutoidei Miopsidi, anch'essi ad abitudini preferenzialmente costiere, il genere Loligo comprende circa 25 delle 50 specie del sottordine; negli Ottopodi il solo genere Octopus comprende circa 100 specie delle 200 del sottordine Incirrata. Circa il 33% delle specie attuali dell'intera classe è concentrato quindi in questi tre generi.

Per concludere, a costo di essere cacciato di sentimentalismo da deformazione professionale, non posso fare a meno di insistere sulla eccezionale importanza della Classe oggetto della presente relazione, soprattutto per evidenziare quanto ne siano "sottoutilizzate" le straor-

dinarie potenzialità vuoi dal mondo della ricerca pura e applicata, vuoi da quello dell'economia. Per quanto attiene il primo punto si può infatti affermare che i Cefalopodi - così variamente e altamente differenziati tanto da aver raggiunto addirittura molti tratti morfologici e funzionali analoghi a quelli dei Vertebrati più evoluti - meriterebbero ben altra mèsse di ricerche di quanta non sia loro dedicata attualmente. Riguardo al secondo punto deve essere puntualizzato che, in un mondo sempre più drammaticamente a confronto con i problemi dell'alimentazione, i Cefalopodi, i quali contribuiscono soltanto con circa il 2,1% al pescato mondiale totale, potrebbero contribuirvi con una percentuale nettamente superiore, con un incremento relativo di sicuro maggiore di quello ipotizzabile per i Pesci. E, come ho già accennato la corretta gestione della pesca di questi animali potrà essere raggiunta solo attraverso un' adeguata conoscenza della loro biologia, in particolare delle loro demoecologia.

BIBLIOGRAFIA

W. ADAM- 1955 -Céphalopodes - Ann. Inst. océanogr., Paris, 30, 185-194.

G. BELLO -1983- Sepioidei del litorale di Bari -Nova Thalassia, 6 suppl., 707-709.

G. BELLO -1985- Su una raccolta di Cefalopodi pescati nel mesobatiale del Golfo di Taranto - Boll. Malacol., 21, 275-280.

G. BELLO - 1986 - I Cefalopodi del Golfo di Taranto - Atti 1° Congr. Soc. Ital. Malacol., Palermo, sett. 1984: in stampa.

S.v. BOLETZKY - 1981 - Reflexions sur les stratégies de reproduction chez les Céphalopodes - Bull. Soc. Zool. France, 106, n°3, 293-304.

P. BUCHNER - 1965 - Symbiosis in luminous animals. Endosymbiosis of animals with plants microorganisms - New York, Wiley Interscience Publishers, Chap. 9, 543-571.

T. CAVALIER-SMITH - 1980 - r- and K-tactics in the evolution of protist developmental systems: cell and genome size, phenotype diversifying selection, and cell cycle patterns - Biosystems, 12, 43-59.

M.R. CLARKE - 1962 - The identification of cephalopod "beaks" and the relationships between beak size and total body weight - Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.)(Zool.), 8(10), 421-497.

M.R.CLARKE - 1977 - Beaks, nets and numbers - Symp. zool. Soc. Lond., 38, 89-126.

M.R.CLARKE - 1980 - Cephalopods in the diet of Sperm whales of the southern hemisphere and their bearing on sperm whale biology - Discovery Rep., 37, 1-324.

M.R.CLARKE - 1983 - Cephalopod biomass - Estimation from predation - Memoirs of the National Museum Victoria, 44, 95-107.

M.R.CLARKE - 1986 - A Handbook for the identification of cephalopod beaks - Oxford University Press, 1-272.

F.A.O. - 1983 - Advances in assessment of world cephalopod resources - FAO Fish. Tech. Pap., 231, 1-20.

HAMABE, M. and T.SHIMIZU - 1966 - Ecological studies on the common squid, Todarodes pacificus Steen., mainly in the southwestern waters of the Sea of Japan - Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., 16, 13-55.
Y.HAYASHI - 1970 - Studies on the maturity condition of the common squid. 1. A method of expressing maturity condition by numerical values - Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 36(10), 995-999.
N.A. HOLME - 1974 - The biology of Loligo forbesi Steenstrup in the Plymouth area - J. Mar. Biol. Ass. U.K., 54, 481 - 503.
M. JUANICO - 1979 - Contribucao ao estudo da biologia dos Cephalopoda Loliginidae do Atlantico sul ocidental, entre Rio de Janeiro e Mar del Plata - D. Sc. Thesis, Istituto Oceanografico de Sao Paulo, 1 - 102.
M.JUANICO - 1983 - Squid maturity scales for population analysis - FAO Fish. Tech. Pap., 231, 341 - 378.
D. LEVI, M.G. ANDREOLI - 1979 - Nota metodologica introduttiva sulle indagini esplorative mediante attrezzature a strascico - XI Congr. Soc. Ital. Biol. Mar., Orbetello 1979, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. B, 86, suppl., 6-16.
M. LIPINSKI - 1979 - Universal maturity scale for the commercially important squids. The results of maturity classification of the Illex illecebrosus population for the years 1973-77 - ICNAP Res. Doc. 79/2/38, Serial 5364, 1 - 40.
R.H. Mac ARTHUR, E.O. WILSON - 1967 - The theory of island biogeography - Priceton University Press, 1-203.
K. MANGOLD - 1963 - Biologie des Cephalopodes benthiques et nectoniques de la Mer Catalane - Vie et Milieu, Suppl. 13, 1-295.
K. MANGOLD, P. FIORONI - 1970 - Die Sonderstellung der Cephalopoden - Zool. Jb. Syst., 97, 522-631.
K. MANGOLD - 1972 - Le potentiel évolutif des Cephalopodes récents - Fifth European Marine Biology Symposium, Piccin Editore, Padova, 307-316.
K. MANGOLD - 1973 - La faune teuthologique actuelle en Méditerranée et ses rapports avec les mers voisines - Rapp. Comm, int. Mer Médit., 21, 779-782.
M.C.MERCER - 1973 - Sexual maturity and sex ratio of the ommastrephis squid, Illex illecebrosus, at Newfoundland (Subarea 3) - ICNAF Res. Doc. 73/71, Serial 3023, 1-14.
M.C.MERCER - 1975 - Size and maturity of the ommastrephid squid, Illex illecebrosus, at Newfoundland - ICES C.M. 1975/K, 1-28.
K.N. NESIS - 1970 - The biology of the giant squid of Peru and Chile, Dosidicus gigas - Oceanology, Wash., 10, 108-118.
A.PACKARD - 1966 - Operational convergence between Cephalopods and fish: an exercise in functional anatomy - Arch. zool. ital., 51, 523-543.
C.F.E. ROPER, M.J. SWEENEY - 1983 - Techniques foe fixation, preservation and curation of Cephalopods - Memoirs of the National Museum Victoria, 44, 29-47.
M. SCHULDT - 1979 - Contribucion al conocimiento del ciclo reproductor de Illex argentinus - Monogr. Commun. Invest. Cient. Argent., 10, 1-110.

L. TINBERGEN, J. VERWEY - 1945 - Zur Biologie von Loligo vulgaris Lam. - Arch. Neerlan. Zool., 7, 213-286.
M. TORCHIO - 1968-1969 - Elenco dei Cefalopodi del Mediterraneo con considerazioni biogeografiche ed ecologiche - Ann. Mus. Stor. nat. Genova, 77, 257-269.
E. TORTONESE - 1951 - I caratteri biologici del Mediterraneo orientale e i problemi relativi - Attualità zoologiche, Torino, 7, 207-251.
A.N. VOVK - 1972 - Method of determining maturing stages in gonads of the squid Loligo pealei - Zool. Zh., 51(1), 127-132.
J.O. WHITAKER - 1978 - A contribution to the biology of Loligo pealei and Loligo plei off the southeastern coast of the United States - Master Thesis, College of Charleston, U.S.A., 1 - 164.
G.V. ZUEV - 1965 - Finding of Symplectoteuthis oualaniensis in the Mediterranean Sea - Zool. Zh., 44, 767 - 768.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	513-518	1986

DISTRIBUZIONE DI SEPIOLIDI NELL'ADRIATICO CENTRO-SETTENTRIONALE

A. GUESCINI e G. MANFRIN

Laboratorio di Biologia Marina e Pesca, Viale Adriatico 52, Fano

Key words: Cephalopoda, Sepioidea, Adriatic Sea.

ABSTRACT

The following species of Sepioidea were captured during trawl surveys for evaluation of the demersal resources in the Northern-Central Adriatic Sea: Rossia macrosoma, Sepiola ligulata, Sepiola intermedia, Sepiola robusta, Rondeletiola minor, Sepietta oweniana, Sepietta neglecta e Sepietta obscura. The distribution surveyed in Autumn '84 and in Spring '85 is given below with a few notes of biology.

RIASSUNTO

Nell'ambito di campagne sperimentali di pesca a strascico per la valutazione delle risorse demersali effettuate nell'alto e medio Adriatico sono state catturate diverse specie di Sepiolidi: Rossia macrosoma, Sepiola ligulata, Sepiola intermedia, Sepiola robusta, Rondeletiola minor, Sepietta oweniana, Sepietta neglecta e Sepietta obscura.
Se ne riporta la distribuzione rilevata nell'autunno '84 e nella primavera '85 con alcuni cenni di biologia.

INTRODUZIONE

Scarseggiando dati bibliografici sulla presenza di Sepiolidi in alto e medio Adriatico, si è ritenuto opportuno, utilizzando i dati sui Sepiolidi catturati nel corso di due campagne di ricerca, determinare la loro distribuzione e rilevare alcuni dati biologici.

Nella pesca con reti a strascico la maglia delle reti usate dai pescatori non è adatta alla cattura di questi piccoli organismi, quindi la campionatura che se ne può fare è solo indicativa per la presenza e non per la quantità.

Per il basso Adriatico ricordiamo i lavori di BELLO(1983/84), BELLO e MOTOLESE (1983), LUMARE (1974), GAMULIN-BRIDA e ILIJANIC (1972), JARDAS (1979) e MANDIC (1984).

MATERIALI E METODI

Il Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano in collaborazione con l'Istituto di Oceanografia e Pesca di Split ha effettuato diverse campagne sperimentali di pesca a strascico per valutare le risorse demersali dell'Adriatico. Il materiale da noi esaminato proviene da due campagne effettuate nell'autunno '84 e primavera '85. E' stato utilizzato il M/p Pipeta di 75 TSL e di 300 Hp che pescava con le reti abitualmente usate per la pesca commerciale. Dopo ogni cala il pescato veniva separato per specie e pesato. Delle specie più abbondanti veniva congelato un campione significativo per il successivo esame in Laboratorio, mentre i quantitativi di quelle meno abbondanti venivano interamente conservati. Le stazioni effettuate sono circa 50, distribuite su 9 profili trasversali interessanti l'area a Nord del Gargano.

OSSERVAZIONI

Sono state rinvenute le seguenti specie, la cui distribuzione è riportata nelle figg. 1 e 2:

- Rossia macrosoma (Delle Chiaje, 1829)
- Sepiola ligulata Naef, 1912.
- Sepiola intermedia Naef, 1912.
- Sepiola robusta Naef, 1912.
- Rondeletiola minor Naef, 1912.
- Sepietta oweniana (Orbigny, 1839)
- Sepietta neglecta Naef, 1916.
- Sepietta obscura Naef, 1916.

Rossia macrosoma: come è già stato notato da altri Autori (BELLO, 1983/84; JARDAS, 1979; MANDIC, 1984) è una specie che si ritrova abbastanza comunemente al Sud in acque relativamente profonde; queste affermazioni trovano conferma nei nostri dati, in quanto abbiamo rinvenuto 3 esemplari di Rossia sia in primavera che in autunno solo nelle stazioni fuori il Gargano (fig. 1) a profondità superiori a 100 metri.

Sepiola ligulata: un solo esemplare è stato catturato al largo di Pescara su un fondale di 200 metri (fig. 1). Trattandosi di un maschio maturo, l'ectocotile ha facilitato l'identificazione.

Sepiola intermedia: ne sono stati catturati 15 esemplari nella campagna primaverile in acque costiere su fondali sabbioso-fangosi a profondità generalmente inferiori a 50 metri (fig. 1). Tale distribuzione in acque basse era già stata messa in evidenza nel Tirreno da LUMARE (1970), contrariamente a quanto riscontrato da BELLO (1983/84) per il litorale di Bari. Si tratta di esemplari quasi tutti maturi con predominanza di femmine. La lunghezza del mantello degli individui maturi da **noi** misurata varia da 15 a 20 mm per i maschi e da 17 a 28 mm per le femmine.

Sepiola robusta: sono stati catturati 11 esemplari in autunno in una zona ristretta a Sud del Po a profondità di circa 50 metri. In primavera la zona di distribuzione sembra essere più estesa, infatti è stata ritrovata sia in una stazione del profilo più settentrionale che nei profili davanti ad Ancona e S. Benedetto a profondità di 70-80 metri (fig. 1).

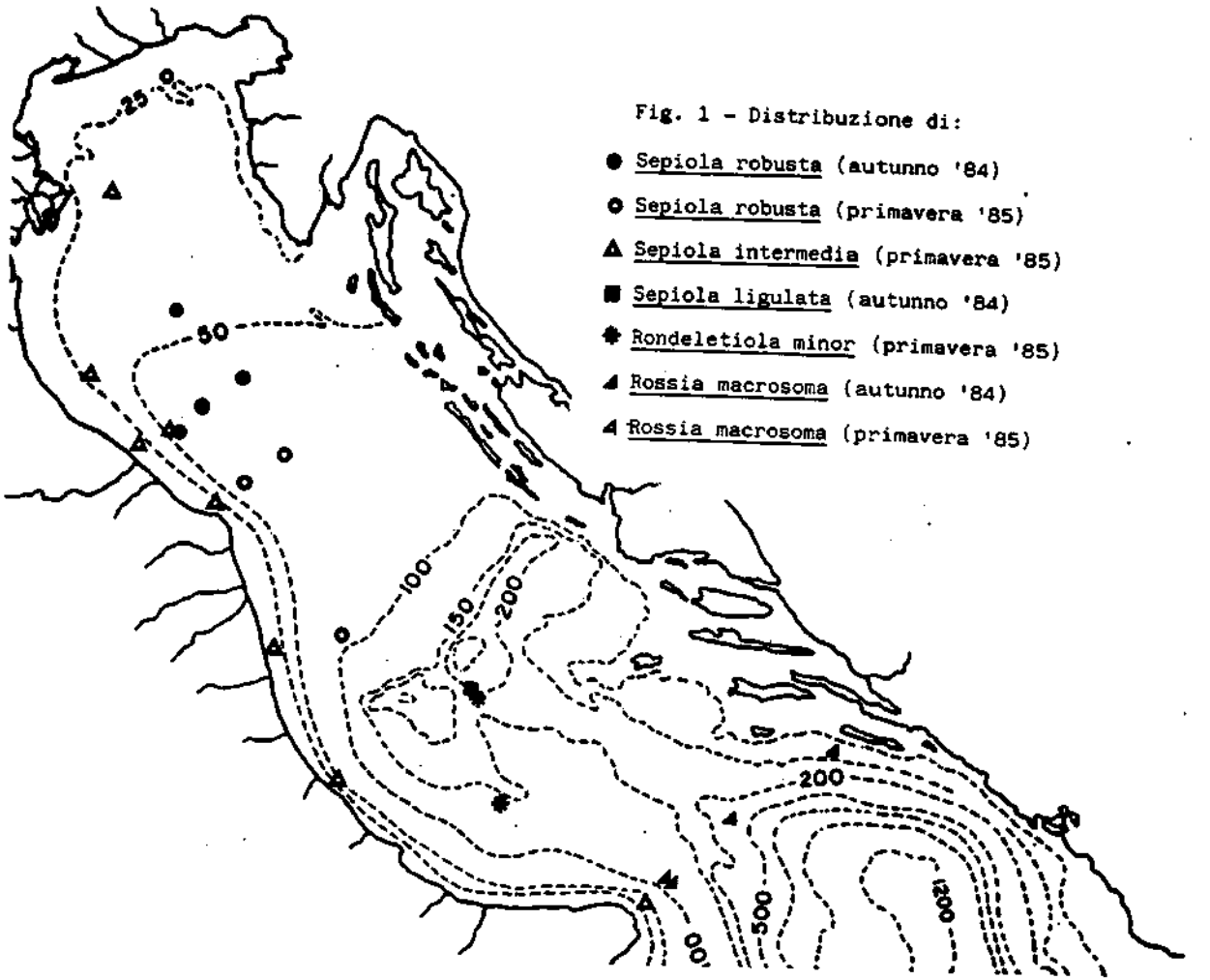


Fig. 1 - Distribuzione di:

- ● Sepiola robusta (autunno '84)
- ○ Sepiola robusta (primavera '85)
- ▲ Sepiola intermedia (primavera '85)
- ■ Sepiola ligulata (autunno '84)
- ✱ Rondeletiola minor (primavera '85)
- ◢ Rossia macrosoma (autunno '84)
- ◢ Rossia macrosoma (primavera '85)

Questa più ampia distribuzione primaverile conferma quanto era già stato da noi osservato in una campagna condotta nella primavera '84. La lunghezza del mantello nei maschi maturi varia da 16 a 20 mm, quella delle femmine mature varia da 20 a 25 mm.

Rondeletiola minor: 6 esemplari maturi (3 femmine e 3 maschi) sono stati catturati nella primavera '85 su fondali di 150-200 metri (fig. 1). Nessuna cattura in autunno.

Sepietta oweniana: 78 individui sono stati catturati nell'autunno '84 e 26 nella primavera '85. E' la specie numericamente più abbondante fra i Sepiolidi e a maggiore diffusione: è stata rinvenuta da pochi metri di profondità a oltre 200 (fig. 2). Abbiamo trovato individui sessualmente maturi a partire da 17 mm di lunghezza mantello per i maschi e 24 mm LM per le femmine.

Sepietta neglecta: rinvenuta soprattutto in primavera (17 esemplari mentre in autunno solo 1) a profondità da 50 metri a oltre 200 metri (fig. 2). La lunghezza mantello degli individui maturi varia da 16 a 27 mm per i maschi e da 17 a 33 mm per le femmine.

Sepietta obscura: diffusa prevalentemente in acque poco profonde, da 20 a 50 metri, (solo 3 individui sono stati catturati in una pescata su fondale di circa 100 metri) e più abbondante in autunno (fig. 2). In questa stagione su 47 esemplari catturati la totalità dei maschi (25) presentava gonadi mature, mentre delle femmine 21 erano immature. Nella stagione primaverile, pur avendo catturato un numero inferiore di esemplari (11), anche le femmine erano mature.

CONCLUSIONI

Da queste osservazioni possiamo trarre alcune indicazioni:

- il genere Sepietta sembra essere catturato con maggiore frequenza di Sepiola e Rondeletiola, in particolare Sepietta oweniana ha la maggiore diffusione;
- spesso nella stessa stazione di trovano specie o generi diversi associati;
- il periodo di maturità di estende per gran parte dell'anno;
- una distribuzione correlata alla profondità sembra essere probabile per Sepiola intermedia e Rossia macrosoma.

Queste indicazioni potranno essere più precise, esaminando anche i campioni prelevati nelle successive campagne di pesca e ancora in corso d'esame.

BIBLIOGRAFIA

BELLO G., G. MOTOLESE - 1983 - Sepiolids from the Adriatic Sea (Mollusca, Cephalopoda). Rapp. Comm. int. Mer Médit., 28 (5): 281-282.

BELLO G. - 1983/84 - Sepioidei del litorale di Bari. Nova Thalassia, 6 (suppl.): 707-709.

GAMULIN-BRIDA H., V. ILIJANIC - 1972 - Contribution à la connaissance des Céphalopodes de l'Adriatique. Acca Adriatica, XIV (6): 12 pp.

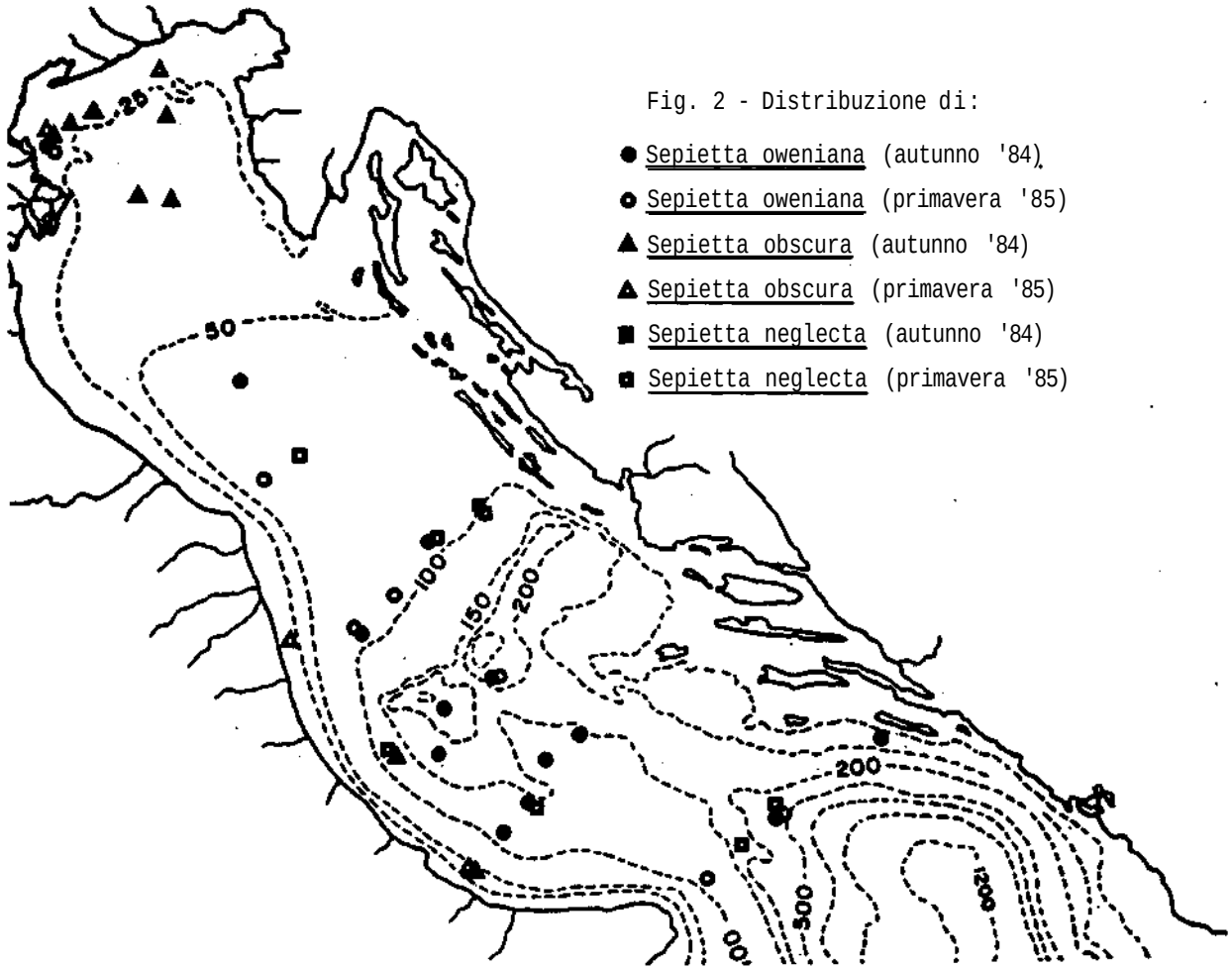


Fig. 2 - Distribuzione di:

- ● Sepietta oweniana (autunno '84)
- ○ Sepietta oweniana (primavera '85)
- ▲ Sepietta obscura (autunno '84)
- △ Sepietta obscura (primavera '85)
- ■ Sepietta neglecta (autunno '84)
- □ Sepietta neglecta (primavera '85)

JARDAS I. - 1979 - Les nouvelles trouvailles de l'espèces Rossia macrosoma (Delle Chiaje, 1829) (Cephalopoda, Sepiolidae) dans l'Adriatique. Biljeske Notes, Inst. Ocean. Rib. Split, 36: 6 pp.

LUMARE F. - 1970 - Note dulla distribuzione di alcuni Cefalopodi del mar Tirreno. Boll. Pesca, Piscic. Idrobiol., 25 (2): 313-344.

LUMARE F. - 1974 - Occurrence of Cephalopods Sepiola ligulata and Rondeletiola minor in the Adriatic. Biljeske Notes, Inst. Ocean. Rib. Split, 33: 7 pp.

MANDIC S. - 1984 - Cephalopoda Juznog Jadrana. Studia marina, 15/16: 3-77.

NAEF A. - 1923 - Die Cephalopoden. Fauna und Flora del Golfes von Neapel, Monografia 35: 917 pp.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	519-521	1986

RINVENIMENTO DI CEFALOPODI RARI IN ADRIATICO: Abralia veranyi (Ruppell, 1844) E Ommastrephes caroli (Furtado, 1887)

A. GUESCINI e G. MANFRIN

Laboratorio di Biologia Marina e Pesca, Viale Adriatico 52, Fano

Key words: Cephalopoda, Adriatic Sea.

ABSTRACT

Two species of uncommon Cephalopods were captured in the Adriatic Sea: two specimens of Abralia veranyi were captured in June '84 during a trawl survey. One specimen of Ommastrephes caroli war fished in March '86 with flying net.

RIASSUNTO

Nel corso di una campagna di pesca a strascico in alto e medio Adriatico realizzata nell'estate 1984 dal Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano, sono stati ritrovati due esemplari di Abralia veranyi. Si. tratta di due femmine mature con lunghezza del mantello rispettivamente di 36 e 38 mm. La zona di cattura si trova al largo di Termoli su un fondale di 250 metri circa.

Un Totano di grosse dimensioni è stato portato da alcuni pescatori nel Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano. La cattura con rete volante è stata fatta 20 miglia al largo di Falconara. Si tratta di una femmina di Ommastrephes caroli, la cui lunghezza del mantello raggiunge i 56 centimetri.

Nel corso di una campagna di pesca a strascico in alto e medio Adriatico realizzata nell'estate 1984 dal Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano, sono stati ritrovati due esemplari di Abralia veranyi. Per quanto riguarda le catture in altri mari italiani, ci sono dati riferiti al Tirreno in un lavoro di BONNET (1965) e LUMARE (1970), al Canale di Sicilia (JEREB **e** RAGONESE, 1986) e al Golfo di Taranto (BELLO, 1986). I due esemplari sono stati catturati il 27/6/1984 in una stazione al largo di Termoli su un fondale di 250 metri circa. Le coordinate del punto di inizio cala sono 42°23 e 16°54. La cattura è stata fatta di giorno.

Per l'identificazione ci si è basati sulle caratteristiche morfologi-

che segnalate da NAEF (1923), in particolare sul fatto che solo 3 ventose del dattilo sono trasformate in uncini, mentre è assente il carpo di forma elittico-circolare con più di 6 ventose. Un altro carattere diagnostico è dato dalle natatorie che si presentano molto grandi, raggiungendo più della metà della lunghezza del corpo. L'assenza di fotofori sulla punta delle braccia ventrali la distingue da Abraliopsis morrisi.

Gli esemplari ritrovati sono due femmine mature, che presentano lo stesso peso di 4,6 grammi e la lunghezza mantello rispettivamente di 38 e 36 millimetri.

Un'altra specie di Cefalopode non molto comune per l'Adriatico, Ommastrephes caroli, è stata pescata l' 11/3/1986 dal motopeschereccio Giovanni Alberto 20 miglia fuori Falconara su un fondale di 60 metri circa. L'imbarcazione stava pescando con rete volante, comunemente usata nella pesca commerciale del pesce azzurro.

Si tratta di una femmina di grossa taglia, la cui lunghezza mantello è di 56 cm, l'ampiezza di 20 cm, la larghezza delle natatorie di 42 cm e la lunghezza di 24,5 cm; l'angolo della pinna di 60° ed il peso di 6.930 grammi.

Per l'identificazione del genere Ommastrephes ci si è basati sulla presenza della foveola nell'impronta sifonale associata a tasche laterali ben distinte; un altro carattere diagnostico è dato dalla massa tentacolare che non oltrepassa il 50% della lunghezza totale del tentacolo. In precedenza per l'Adriatico un esemplare di Ommastrephes bartrami (Lesueur , 1821), conservato al Museo di Zoologia di Zagabria, era stato descritto da GAMULIN-BRIDA e ILIJANIC (1965) e altri due esemplari spiaggiati erano stati rinvenuti da TORCHIO (1967) nelle acque prospicienti Taranto.

CLARKE (1966) fa una revisione sistematica dei Cefalopodi e distingue tre specie di Ommastrephes: bartrami, caroli e pteropus. Quest'ultimo si distingue facilmente dagli altri due per la presenza di un organo luminoso dorsale molto evidente; le altre due specie presentano maggiori difficoltà di classificazione.

Circa l'identità specifica dell'esemplare di Ommastrephes, attualmente esistono due punti di vista.

Secondo ZUEV e coll. (1975) non ci sarebbe distinzione fra le due - specie.

Secondo ROPER e coll. (1984) 0. bartrami e 0. caroli sono due entità distinte che si differenziano per alcuni caratteri, quali la larghezza e la lunghezza delle pinne in rapporto alla lunghezza del mantello, la diversa apertura dell'angolo della pinna; inoltre 0. caroli presenta la membrana protettiva del terzo paio di braccia molto allargata a forma triangolare.

Considerate le notevoli differenze evidenziate da ROPER e coll. (1984), Autori che si sono interessati al problema più recentemente, abbiamo esaminato il Totano pescato in Adriatico le cui caratteristiche (larghezza pinne pari al 75% della lunghezza del mantello, lunghezza delle pinne pari al 43,7% della lunghezza del mantello, angolo della pinna 60°, membrana protettiva sul terzo braccio molto allargata) lo fanno attribuire alla specie 0. caroli.

Secondo YONG (1972) e ROPER e coll. (1984) le due specie di Ommastrephes avrebbero anche una diversa distribuzione, trovandosi in Mediterraneo solo 0. caroli.

Sia i due esemplari di Abralia veranyi che Ommastrephes caroli sono conservati in formalina in Laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

BELLO G. - 1986- I Cefalopodi del Golfo di Taranto. Lav. Soc. Ital. Malacol, 22: 77-84.

BONNET M. - 1965 - Remarques sur l'écologie des céphalopodes des côtes de Sardaigne et de Corse captures par la "Thalassa" en novembre et decembre 1963. - Rapp. Comm. int. Mer Médit., 18 (2): 235-240.

CLARKE R. - 1966 - A review of the Systematics and Ecology of Oceanic Squids. Advances in Marine Biology, 4: 91-300.

GAMULIN-BRIDA H. et V. ILIJANIC - 1965 - Note sur quelques espèces de céphalopodes, rares en Adriatique, déposées dans le Musée de Zoologie de Zagreb. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 18 (2): 207-210.

JEREB P. e S. RAGONESE - 1986 - Abralia veranyi within the northern part of the Pelagian Sea. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 30 (2): 246.

LUMARE F. - 1970 - Note sulla distribuzione di alcuni cefalopodi del Mar Tirreno. Boll. Pesca, Piscic., Idrobiol., XXV (2): 313-344.

NAEF A. - 1923 - Die Cephalopoden. Fauna und Flora des Golfes von Neapel, Monographie 35: 917 pp.

ROPER F.E., M.J. SWEENEY and C.E. NAUEN - 1984 - Cephalopodes of the world. As annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop., 125 (3): 277 pp.

TORCHIO M. - 1967 - Reperti di Histioteuthis bonelliana e di Ommastrephes bartrami in acque neritiche del Golfo di Taranto. Thalassia Salentina, 2: 30-36.

YOUNG R. E. - 1972 - The systematics and areal distribution of pelagic Cephalopods from the Seas off Southern California. Smithsonian Contributions to Zoology, 97: 159 pp.

ZUEV G.V., K.N. NESIS e Ch. M. NIGMATULLIN - 1975 - System and evolution of the Squid Genera Ommastrephes and Symplectoteuthis (Cephalopoda, Ommastrephidae). Zoological Journal (U.R.S.S.), 54 (10): 1468-1479.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	523-527	1986

IL RUOLO DEI MOLLUSCHI CEFALOPODI NELLA VALUTAZIONE DELLE RISORSE MARINE DELLO JONIO (CAMPAGNE DI PESCA 1985).

*PANETTA P., *D'ONGHIA G., **TURSI A., *CECERE E.

*Istituto Sperimentale Talassografico C.N.R., Via Roma 3, 74100 TARANTO - Italy
**Istituto di Zoologia e Anatomia Comparata, Università degli Studi, Via Amendola 165/A, 70126 BARI - Italy

Key words: Mollusca Cephalopoda, Trawl fishing, Ionian Sea.

ABSTRACT

In the present work, data are reported on the commercial yields of Cephalopoda and their distributions about the two trawl surveys carried out in the Ionian sea, for the national project "Stock assessment of the demersal resources".

RIASSUNTO

Nel presente lavoro vengono riferiti i dati sui rendimenti commerciali dei Cefalopodi e sulle loro distribuzioni, rilevati in due campagne sperimentali di pesca a strascico eseguiti nel Mar Jonio, da Capo d'Otranto(Lecce) a Capo Spartivento(Reggio Calabria) nell'ambito del progetto nazionale di Valutazione delle risorse demersali. Il disegno sperimentale adottato è stato quello del campionamento random-stratificato avendo suddiviso tutta l'area esaminata in strati in funzione delle relative batimetriche. Le campagne di pesca sono state effettuate nella primavera e nell'autunno del 1985.

I Cefalopodi hanno costituito nella campagna primaverile il 13,9% del pescato totale mentre nella campagna autunnale essi hanno rappresentato il 15,2% del totale. Il numero delle specie rinvenute ammonta a 17, di cui le più frequenti sono state Illex coindetii, Sepia officinalis e Sepia elegans. Di queste ultime sono stati calcolati i rendimenti commerciali nonchè le distribuzioni taglia-frequenza i quali hanno mostrato un andamento paragonabile a quanto conosciuto in letteratura.

SUMMARY

In the present work, data are reported on the commercial yields of Cephalopoda and their distributions about the two trawl surveys carried out in the Ionian sea, for the national project "Stock assessment of the

demersal resources". The experimental plan adopted has been that of random-stratified sampling and the examined area has been divided into layers relative to depth. The trawl surveys were carried out during spring and autumn in 1985. Cephalopoda constituted, in spring, 13,9% of the total catch; in autumn, instead, they represented 15,2% of the total catch. Seventeen species have been found. The most frequent species have been: Illex coindetii, Sepia officinalis and Sepia elegans. The commercial yields and the length/frequency distributions have been calculated for these three species that have resulted comparable to data known in the literature.

INTRODUZIONE

I Molluschi Cefalopodi assumono un'importanza sempre più considerevole nell'ambito delle risorse demersali del Mediterraneo, così come risulta dalle statistiche FAO (WORMS, 1979) basate su 10 anni di osservazioni nonchè dai recenti lavori eseguiti in altre parti d'Italia (RELINI & ORSI RELINI, 1984; WURTZ & REPETTO, 1983). Dati significativi e recenti sulle catture di Molluschi Cefalopodi nel Mar Jonio, nell'ambito dei rendimenti di pesca, risultano del tutto scarsi (BELLO G., 1985) per cui l'importanza che assume il progetto finanziato dal Ministero della Marina Mercantile sulla valutazione delle risorse demersali non risiede soltanto nel poter disporre di dati alquanto omogenei e contemporanei lungo tutte le coste italiane bensì anche nell'aver voluto colmare dei vuoti geografici già esistenti. I risultati qui appresso esposti, essendo relativi a due sole campagne sperimentali di un unico anno(1985), sono da ritenersi ancora preliminari soprattutto se si pensa ai numerosi fattori che possono influenzare il campionamento.

MATERIALI E METODI

Le due campagne di pesca di cui si riferiscono i risultati sono state effettuate rispettivamente in primavera (Aprile-Maggio) ed in autunno (Settembre-Ottobre) sempre del 1985. Per lo scopo è stata utilizzata una Motobarca di 57 t di stazza lorda, di 220 Hp, munita di rete in nylon la cui apertura alle "mazzette" è di m 10 circa, con 480 maglie alla bocca(mm 24) e 240 maglie al sacco(mm 16). Il disegno sperimentale adottato è stato quello random-stratificato, avendo suddiviso tutta l'area in esame in 5 strati batimetrici: 0-50 m; 50-100 m; 100-200 m; 200-400 m; 400-700 m. Le cale di pesca avevano la durata standard di 1h ciascuna e sono state in totale 34 nella campagna primaverile e 39 in quella autunnale. Ogni individuo catturato è stato classificato (MANGOLD-WIRZ, 1963; NAEF, 1921-23), pesato, misurato (lunghezza del mantello dorsale) e catalogato sessualmente. I dati così rilevati sono stati archiviati in una base dati opportunamente allestita su computer IBM compatibile.

DISCUSSIONE

a) Composizione delle catture.

In relazione ai rendimenti commerciali, i Molluschi Cefalopodi hanno costituito nella campagna primaverile il 13,9% del pescato totale mentre in quella autunnale il 15,2%. In termini di rendimenti orari essi hanno prodotto mediamente in primavera 2,4 Kg/h ed in autunno 2,7 Kg/h. In entrambe le campagne sono i primi due strati che hanno reso il quantitativo maggiore di Molluschi. Le variazioni osservate nei rendimenti delle due campagne (Tab. 1), sono dovute alla differente distribuzione delle specie alle varie profondità a seconda delle stagioni; in effetti, mentre nella campagna primaverile è Illex coindetii che prevale nello strato 200-400 m in quella autunnale è Sepia officinalis la specie ponderalmente più importante nello strato 0-50 m.

b) Distribuzione delle specie.

In entrambe le campagne di pesca sono state rinvenute in totale 17 specie di Molluschi Cefalopodi: Sepia officinalis L., Sepia orbignyana Férussac, Sepia elegans Orbigny, Sepietta oweniana (Orbigny), Rossia macrosoma (Delle Chiaje), Neorossia caroli (Joubin), Alloteuthis media (L), Histiotheutis reversa (Verril), Illex coindetii (Verany), Todaropsis eblanae (Ball), Todarodes sagittatus (Lam.), Octopus vulgaris Cuvier, Octopus salutii Verany, Scaeurgus unicirrhus (Delle Chiaje), Pteroctopus tetracirrhus (Delle Chiaje), Eledone moschata (Lam.), Eledone cirrhosa (Lam.). Qui di seguito vengono analizzati i dati relativi alle tre specie Illex coindetii, Sepia officinalis e Sepia elegans che hanno contribuito maggiormente (numericamente e ponderalmente).

Illex coindetii nella campagna primaverile ha rappresentato con 213 individui, il 43,3% di tutti i Molluschi Cefalopodi di interesse commerciale pescati, mentre in quella autunnale soltanto il 12,00% con soli 128 individui. Inoltre, in entrambe le campagne la resa era più abbondante nello strato 200-400 m in particolare, con l'86% nella prima e il 31% nella seconda rispetto al totale dei Cefalopodi pescati. Per quanto concerne le distribuzioni delle taglie in funzione delle profondità, si osserva un andamento del tutto analogo in entrambe le campagne di pesca: gli individui di taglia maggiore agli 11 cm di lunghezza cominciano a comparire mediamente oltre i 200 m di profondità mentre a profondità inferiori, nella fascia batimetrica compresa tra i 100 e i 200 m, la lunghezza media è stata di cm 9,5 + 1,4 in primavera e di un 8,5 ± 1,9 nella campagna autunnale.

Sepia officinalis è stata rinvenuta nella prima campagna con troppo pochi individui (33) per poter effettuare una qualsiasi analisi statistica. Viceversa in autunno sono stati pescati 384 individui quasi completamente concentrati nella fascia bati- metrica infralitorale. In tale campagna, e in tale batimetrica, Sepia officinalis ha rappresentato da sola il 50,00% di tutti i Cefalopodi pescati. La distribuzione delle taglie è risultata prettamente gaussiana con lunghezza media 7,8 ± 2,4. Anche Sepia elegans ha

mostrato un comportamento analogo alla precedente essendo stata rinvenuta abbondantemente (148 esemplari, pari al 10,4% del totale) nella campagna autunnale. Anche questa specie è stata pescata prevalentemente (58%) nello strato 0-50 m.

CONCLUSIONI

E' evidente che i risultati quivi presentati sono alquanto preliminari stante l'esiguità del periodo di osservazione (un solo anno). In ogni caso si è osservato come i giovani dei Molluschi Cefalopodi risultano importanti soprattutto nella fascia batimetrica 0-50 m, vale a dire in quella normalmente preclusa alle attività di pesca: il mantenimento di tale preclusione risulta pertanto evidente. Inoltre è stato evidenziato che i Molluschi Cefalopodi risultano, da un punto di vista commerciale, variamente importanti, a seconda delle stagioni, mancando attualmente i dati in merito a campagne estive ed invernali, si può soltanto affermare che è durante il periodo autunnale che si è avuto il massimo del rendimento commerciale in Molluschi Cefalopodi.

Tab. 1 - Rendimenti commerciali dei Molluschi Cefalopodi pescati nelle due campagne di pesca nel Mar Jonio nel 1985.

Commercial yield of Cephalopoda of two trawl surveys into the Ionian sea during 1985.

	Prof.	0-50 m	50-100 m	100-200 m	200-400 m	400-700 m
I Campagna	Kg/h	3,7	3,4	2,3	2,3	0,5
	%	21,5	23,7	20,2	9,5	1,8
II Campagna	Kg/h	5,0	4,1	2,7	1,1	0,5
	%	33,5	24,5	16,3	5,2	2,8

BIBLIOGRAFIA

BELLO G. - 1985 - Su una raccolta di Cefalopodi pescati nel mesobatiale del Golfo di Taranto. Boll. Malacol., 21 (10-12), 275-280

MANGOLD-WIRZ K. - 1963 - Biologie des Céphalopodes benthiques et nectoniques de la mer catalane. Vie Milieu, 13 suppl., 1 - 285

NAEF A. - 1921-23 - Cephalopoda. Fauna und flora des Golfes von Neapel I(I), 1-821

RELINI G., ORSI RELINI L., - 1984 - The role of Cephalopods in the inshore trawl fishing of the Ligurian Sea. OEBALIA, X. N.S. 37-58

WORMS J. - 1979 - L'exploitation des Cephalopodes en Méditerranée: evolution et perspectives. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 25 - 26(10) 169 - 184.

WURTZ M., REPETTO (1983) Aspects of Cephalopods fishery in the Ligurian Sea. Rapp. Comm. int. Mer. Médit. 28(5): 269 - 275.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	529-555	1986

LOLIGO FORBESI STEENSTRUP 1856 (CEPHALOPODA: LOLIGINIDAE) NEL VERSANTE SICILIANO DEL MARE PELAGICO (CANALE DI SICILIA): NOTA PRELIMINARE SULLA DISTRIBUZIONE, COMPOSIZIONE PER TAGLIA E BIOLOGIA RIPRODUTTIVA.

S. RAGONESE & P. JEREB

Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato - C.N.R. - MAZARA DEL VALLO

Key words: Cephalopoda - Loligo forbesi - Biology - Sicilian Channel

ABSTRACT - Preliminary informations on the distribution, length-composition data and biology of Loligo forbesi caught within the Pelagian Sea (Sicilian Channel) are reported.

RIASSUNTO
Gli autori riportano i risultati preliminari di uno studio sul Loligo forbesi pescato nel versante siciliano del Mare Pelagico: - struttura della cattura per sesso e lunghezza - relazioni lunghezza-peso - evoluzione della maturità sessuale.

SUMMARY
Preliminary results on Loligo forbesi caught within the Pelagian Sea are reported: - sex and length composition of the catch - Length-weigth relationship - sexual maturity.

INTRODUZIONE

Il Loligo forbesi (Steenstrup, 1856) ha una distribuzione che si estende dalle coste Nord-Occidentali dell'Europa e dell'Africa, al Mediterraneo (Roper & al. 1984) sino al Mar Rosso (Adam in Mangold-Wirz, 1963). Sfruttata commercialmente sin dagli anni '50 nel Mare del Nord e nell'Atlantico orientale, questa specie costituisce attualmente la principale cattura fra i Teuthoidea per le marinerie a strascico scozzesi (Arnold, 1979) e per la pesca artigianale nelle Azzorre (Martins, 1982) e rappresenta la seconda specie come volume di cattura relativa ai "calamari" (FAO/CECAF/ 1979) nelle aree di pesca dell'Africa settentrionale. Risultano scarse le conoscenze relative al Loligo forbesi del Mediterraneo (Mangold, 1963) che non compare nell'elenco dei Cefalopodi importanti ai fini dello sfruttamento commerciale (Worms, 1983). Morales (1958) suggerisce che le scarse notizie sul Loligo forbesi del Mediterraneo derivino principalmente dal fatto che questa specie venga confusa con il Loligo vulgaris. Recenti lavori (Boletzky &

Mangold, 1985; Sanchez, 1985) tendono, indirettamente, a confermare questa ipotesi. Per quanto concerne il versante siciliano del Mare Pelagico (Canale di Sicilia) non risulta alcun dato in proposito.

MATERIALE E METODI

I campioni di "calamaro" utilizzati in questo lavoro, provengono tutti da tre campagne di ricerca con rete a strascico condotte dall'Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato di Mazara, rispettivamente nell'Agosto-Settembre/Novembre-Dicembre 1985 e nel Febbraio-Marzo 1986, nel versante siciliano del Mare Pelagico. Il disegno statistico elaborato e le linee metodologiche adottate sono descritte in un rapporto preliminare (Levi, 1985). Per quanto concerne la lavorazione dei "calamari" a bordo ed in laboratorio, così come per la valutazione macroscopica della maturità sessuale, sono state seguite le note metodologiche elaborate in seno al programma T.R.A.W.L. (Ragonese, in stampa; Ragonese & Jereb, in stampa). Per la discriminazione delle due specie di Loligo sono stati seguiti i criteri sistematici riportati da Naef (1923), Holme (1974), Guerra (1982) e Jereb & Ragonese, (XVIII Congresso S.I.B.M.). I rendimenti medi sono stati calcolati utilizzando i dati registrati a bordo, riferendoli ad una unità standard di sforzo pari ad un'ora di strascico effettivo. Le distribuzioni delle frequenze di lunghezza comprendono classi di 1 centimetro (c = 1 cm; lunghezza mantello = L.M.) per i maschi e le femmine. Gli indeterminati (classe 0) sono stati distribuiti fra i due sessi in base all'ipotesi di una sex-ratio iniziale del 50% (Mangold, 1963). La stima dei parametri delle relazioni taglia-peso é stata effettuata tramite la trasformazione logaritmica in base 10 della funzione potenziale $W = al^{b}_{*}$ dove W indica il peso medio (in grammi) e l_{*} il valore centrale della classe di lunghezza (c = 0,5 cm). Trattandosi di valori medi é stata utilizzata una regressione ordinaria al posto di quella funzionale (Ricker, 1975). Gli indici gonado-somatici (IGS) sono espressi come rapporto in percentuale fra il peso gonadico complessivo (Durward & al. in Juanico, 1983) ed il peso totale dell'animale fatto sgocciolare. Il rapporto sessi (sex-ratio) indica la proporzione in percentuale di femmine nella cattura in numero (non tenendo conto degli esemplari indeterminati).

DISCUSSIONE

a. Distribuzione e rendimenti - Il Loligo forbesi é stato catturato fra i 70 ed i 560 metri di profondità praticamente in tutta l'area esplorata. Il limite di 70-80 metri sembra costituire una linea "ideale" di demarcazione con il Loligo vulgaris, che solo sporadicamente compare nelle catture relative a profondità superiori. I rendimenti ottenuti sono molto variabili, con valori che vanno da pochi grammi (0,010 Kg) a qualche chilogrammo per cala (7,600 Kg). Il rendimento medio risulta confrontabile nelle prime due campagne (1,248 Kg e 1,914 Kg rispettivamente, con coefficienti di variazione del 183% e del 94,6%) ma si riduce notevolmente nella terza (0,254 Kg con coefficiente di variazione del 94,6%). I rendimenti ottenuti risultano di gran lunga inferiori a quelli attualmente citati in letteratura (Holme, 1974; Arnold, 1979), cosa che tuttavia non implica necessariamente una minore abbondanza. Fattori quali "accessibilità", "disponibilità" e

"vulnerabilità" all'attrezzo assumono una notevole importanza (come fonte di errori) nella valutazione dei Teuthoidea in generale e dei Loliginidae in particolare. Non risulta alcuna evidente correlazione fra i rendimenti di Loligo forbesi ottenuti in questi lavoro e la profondità o la fascia oraria (diurna) alla quale la cala é stata effettuata.

b. Rapporto sessi e relazione peso-lunghezza - Complessivamente sono stati esaminati 264 esemplari di cui il 35% femmine, il 38% maschi ed il 27% di sesso non determinabile. Dal 51% relativo alla prima campagna la sex-ratio si mantiene intorno al 46% in quelle successive. I coefficienti delle relazioni taglia-peso per sesso (per campagna e per il campione totale) sono disponibili in tabella 1. Una relazione peso-lunghezza é stata calcolata anche per gli indeterminati (a = 0,075; b = 2,771; N = 11). I valori per ora disponibili dell'esponente della relazione peso-lunghezza (b) pur differenziandosi dal valore cubico, non ne sembrano poi così lontani come quelli riportati in letteratura (Holme, 1974 L. forbesi: maschi, b = 2,29; femmine b = 2,43 - Howard, 1979 L. forbesi; maschi, b = 2,2333; femmine, b = 2,3161 Macy, L. pealei: maschi, b = 2,11; femmine b = 2,26). In accordo con ciò che sembra una regola per i Loliginidae (Howard, 1979; Macy in Martins, 1982) le femmine mostrano un valore di (b) complessivo più elevato di quello dei maschi anche se la differenza é piccola (Δ%=3) e, dato l'esiguo numero di osservazioni, é sembrato prematuro accertarne la significatività. I dati relativi alla lunghezza e peso della cattura del Loligo forbesi sono riportati in tabella 2. La massima lunghezza registrata é di 31,5 cm. e di 30,5 cm (L.M.) rispettivamente per i maschi e le femmine, ma la lunghezza media della cattura risulta in genere molto bassa. Le distribuzioni delle frequenze di lunghezza sono riportate nella figura 1. Considerata l'esiguità numerica del campione e la mancanza di informazioni precedenti non si é proceduto ad una interpretazione statistica dei dati. L'intervallo dei valori delle distribuzioni é molto ampio sia per i maschi che per le femmine. Quest'ultimo dato non contrasta tuttavia con la compattezza riportata da Holme (1974) per le femmine del Loligo forbesi atlantico, considerando in particolare la diversa selettività degli attrezzi impiegati. Le ridotte dimensioni della maglia (20 mm stirata) nel sacco della rete utilizzata nel presente studio determinano infatti un precoce reclutamento alla pesca. Ipotizzando che per il Loligo forbesi del Mediterraneo si possano adottare i risultati concernenti le prime fasi di sviluppo del Loligo vulgaris (Turk & al., 1986) ed i tassi di crescita stimati da Holme (1974), le "reclute" (3-8 cm; L.M.) catturate in queste campagne dovrebbero avere qualche mese di vita (da 2 a quattro mesi). Fenomeni migratori o di mortalità post-riproduttiva, o di cambiamento della vulnerabilità all'attrezzo per gli esemplari di maggiore lunghezza, potrebbero aver determinato le particolari distribuzioni di lunghezza che caratterizzano la terza campagna.

e. MATURITÀ - Gli indici gonado-somatici (IGS) calcolati per sesso, in relazione agli stadi di maturità macroscopica, e complessivi, per campagna di ricerca, sono riportati in tabella 3. I maschi maturi rappresentano il 5% ed il 10% dei maschi rispettivamente nella prima e nella seconda campagna, ma sono assenti nell'ultima. Analogamente l'IGS totale passa dallo 0,69 nel-

SURVEY	MASCHI			FEMMINE		
	N	a	b	N	a	b
1	22	0,147	2,455	20	0,164	2,418
2	20	0,124	2,492	28	0,086	2,652
3	9	0,133	2,516	10	0,166	2,409
TOT	35	0,124	2,507	41	0,104	2,585

TAB.1 - PARAMETRI RELAZIONE PESO-LUNGHEZZA

S	N	RANGE	$\bar{l}$	s	N	RANGE	$\bar{w}$	s	
1	35	5,0-31,5	15,5	7,0	35	9-761	178	186	MASCHI
2	52	4,0-24,5	9,0	4,5	52	5-326	53	76	
3	20	7,5-15,0	10,5	2,0	20	20-130	61	30	
1	36	5,0-23,0	14,5	6,5	36	10-320	162	99	FEMMINE
2	44	4,5-30,5	16,5	8,0	44	4-688	232	205	
3	17	8,5-27,5	13,5	6,5	17	32-492	134	177	
1	30	4,0-7,0	5,5	1,5	14	5-15	8	3	INDETER.
2	43	3,5-7,0	4,5	0,5	42	3-17	6	3	
3	7	5,5-9,5	7,5	1,5	7	15-49	26	14	

TAB.2 - CARATTERISTICHE IN LUNGHEZZA E PESO DELLA CATTURA
I = Lunghezza media (½cm); W = peso totale medio (1 gr.);
s = deviazione standard; S = numero di campagna

♂♂	AGO. - SETT. 85				NOV. - DIC. 85				FEB. - MAR. 86			
MM	N	$\overline{IGS}$	s	C.V.	N	$\overline{IGS}$	s	C.V.	N	$\overline{IGS}$	s	C.V.
1	18	0,49	0,34	70,2	17	1,81	1,73	95,8	11	0,39	0,27	69,5
2	15	0,88	0,71	80,8	5	3,64	0,60	16,4	0	/	/	/
3	1	/	/	/	3	3,37	0,21	6,2	0	/	/	/
1-2-3	34	0,69	0,58	83,6	25	2,36	1,66	70,2	11	0,39	0,27	69,5
♀♀	AGO. - SETT. 85				NOV. - DIC. 85				FEB. - MAR. 86			
MM	N	$\overline{IGS}$	s	C.V.	N.	$\overline{IGS}$	s	C.V.	N	$\overline{IGS}$	s	C.V.
1	28	0,37	0,23	60,6	9	1,28	0,52	41,0	10	0,31	0,21	68,8
2	0	/	/	/	4	5,70	3,37	59,2	1	/	/	/
3	0	/	/	/	20	16,17	3,74	23,1	3	18,60	1,57	8,4
1-2-3	28	0,37	0,23	60,6	33	10,84	7,50	69,2	14	5,27	8,21	155,8

TAB. 3 - MATURITA MACROSCOPICA E INDICI GONADO-SOMATICI
MM = stadio di maturità macroscopica; N = numero di individui esaminati; IGS = indici gonado-somatici; s = deviazione standard; C.V. = Coefficienti di variazione (%).

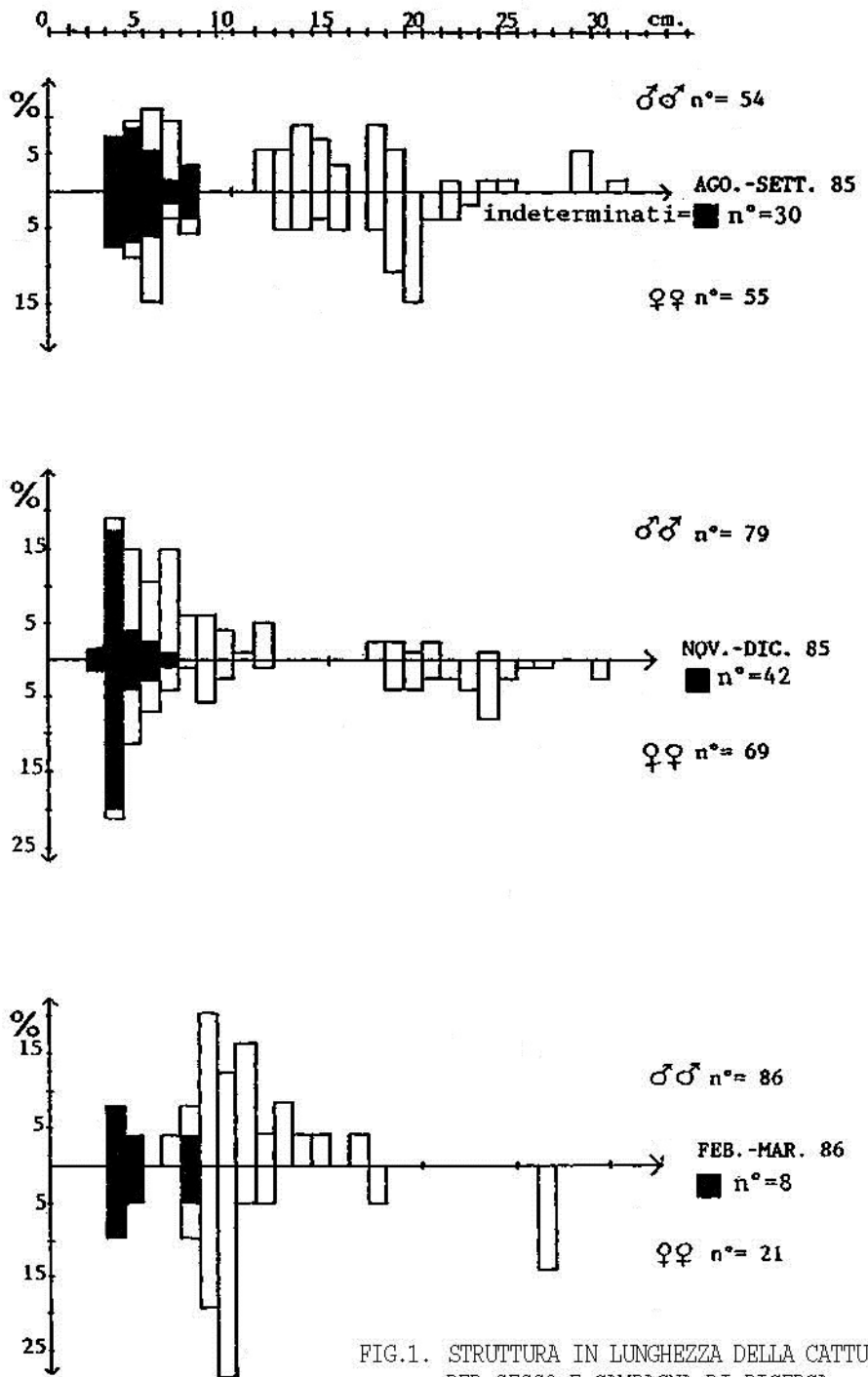


FIG.1. STRUTTURA IN LUNGHEZZA DELLA CATTURA PER SESSO E CAMPAGNA DI RICERCA

la prima campagna al 2,36 nella seconda raggiungendo il minimo dello 0,39 nell'ultima. Di contro, le femmine mature, assenti nelle catture della prima campagna, rappresentano il 61% delle femmine nella seconda, scendendo al 18% nella terza. I corrispondenti valori degli IGS sono 0,37, 10,84 e 5,27. E' evidente come l'evoluzione degli indici gonado-somatici risulti coerente con quella degli stadi di maturità sessuale basati sulla scala macroscopica: entrambi indicano in Novembre-Dicembre (seconda campagna) una fase riproduttiva, che comprende l'accoppiamento e l'inizio della deposizione; quest'ultima sembra prolungarsi, attenuandosi, sino a Febbraio-Marzo (terza campagna). La buona percentuale di giovani (indeterminati) nella cattura rispettivamente della prima (30%) e della seconda (31%) campagna, indurrebbe ad ipotizzare un secondo periodo riproduttivo, probabilmente nella tarda primavera o nei primi mesi estivi. In nessun esemplare, fra quelli esaminati, é stata osservata una gonade con caratteristiche tali da poter essere classificata come "spenta" (Juanico, 1983), fatto che tenderebbe a suffragare la ipotesi della mortalità post-riproduttiva (Holme, 1974). Le femmine mature, nell'insieme delle tre campagne, hanno una lunghezza media di 23,5 cm (L.M. ; s = 3,32), molto più bassa di quella riportata da Martins (1982), ma compresa nel range di valori riportati da Holme (1974). Il 50% di maturità per le femmine si ha nella classe di lunghezza di 22,5 cm. Considerata la scarsa consistenza numerica del campione si tratta di una stima grossolana ed approssimata, ma pur sempre indicativa.

CONCLUSIONI

I"calamari" pur rappresentando in genere una cattura accessoria (by-catches) per le marinerie a strascico del Mediterraneo, hanno un elevato valore unitario, essendo molto apprezzati dai consumatori. Per quanto riguarda l'Italia nel 1985 ne sono state importate* circa 35.000 tonnellate (principalmente Loligo vulgaris e Loligo pealei); di contro non sono disponibili al momento statistiche commerciali relative alla produzione interna. Il Loligo forbesi, che presenta le stesse caratteristiche nutrizionali ed organolettiche del Loligo vulgaris e non é distinguibile da quest'ultimo, da un punto di vista commerciale, per le taglie medie (sino a 30 cm di L.M.), potrebbe rappresentare una valida alternativa, assumendo in futuro una maggiore importanza economica (Kreuzer, 1984). I risultati preliminari del presente lavoro sembrerebbero suffragare questa ipotesi. Sarà comunque necessario avviare dei programmi di ricerca ad hoc sul Loligo forbesi del Mediterraneo, finalizzati non solo allo studio della biologia ma anche alla valutazione ed alle modalità di sfruttamento di questa risorsa.

BIBLIOGRAFIA

ARNOLD, G.P. (1979) - "Squid. A review of their biology & fisheries". Lab. Leafl., Maff Direct. Fish. Res., Lowestoft (48), 37 pp..

BOLETZKY von, S. & MANGOLD, K. (1985) - "Loligo forbesi in the North-Western Mediterranean (Mollusca: Cephalopoda)". Rapp. Comm. Int. Mer. Medit., 29 (8): 245-246

* Ufficio Statistiche della Pesca della Direzione Generale della Pesca Marittima (Ministero Marina Mercantile).

FAO/CECAF (1979) - "Report of the ad hoc working group on the assessment of Cephalopod stocks." CECAF/ECAF Series 78/11

GUERRA, A. (1982) - "Cefalopodos capturados en la campana Golfo de Cadiz-81". Res. Exp. Cient., (10): 17-49

HOLME, N.A. (1974) - "The Biology of LOLIGO forbesi Steenstrup (Mollusca: Cephalopoda) in the Plymouth area". Mar. Biol. Ass., U.K. 54: 481-503.

JEREB, P. & RAGONESE, S. (in stampa) - "Un esemplare di Loligo forbesi (Steenstrup, 1856) di notevoli dimensioni proveniente dalla pesca locale di Mazara del Vallo ("Canale di Sicilia"). XVIII Congresso Nazionale S.I.B.M.

JUANICO, M. (1983) - "Squid maturity scales for population analysis" in Caddy (ed.): Advances in assessment of world cephalopod resources. FAO Fish Tech. Pap. 231: 341-378

KREUZER, R. (1984) - "Cephalopods: handling, processing and products". F.A.O. - Fish. Tech. Pap. 245. 108 pp..

LEVI, D. (1985) - "T.R.A.W.L. (Trawlable Resources Appraisal Working Lines) I Parte: Elaborazione in un programma di valutazione dello stato delle principali risorse pescate a strascico nel Canale di Sicilia." MIMEO.

MANGOLD-WIRZ, K. (1963) - "Biologie des céphalopodes benthiques et nectoniques de la Mer Catalane." Vie et Milieu, 13 (Suppl. 1), 28

MARTINS, H.R. (1982) - "Biological studies of the exploited stock of Loligo forbesi (Mollusca: Cephalopoda) in the Azores" Mar. Biol. Ass. U.K., 62: 799-808.

MORALES, E. (1958) - "Cefalopodos de Catalugna. 1°". Inv. Pesq.: 11, 3-32.

NAEF, A. (1923) - "Die Cephalopoden". Fauna Flora Golf Neapel. 35 (I).

RAGONESE, S. (in stampa) - "Metodologie da seguire a bordo per quanto concerne i molluschi cefalopodi (Programma T.R.A.W.L.)." ID/TN/SR/3/1185/Draft.

RAGONESE, S. & JEREB, P. (in stampa) - "Metodologia da seguire per la lavorazione in laboratorio dei molluschi cefalopodi raccolti durante le campagne di ricerca in mare (Programma T.R.A.W.L.)". ID/TN/SR-PJ/2/0785/Draft.

RICKER, W.E. (1975) - "Computation and interpretation of biological statistics of fish population". Bull. Fish. Res. Biol. Canada n° 181

ROPER, G.F.E., SWEENEY, M.J. & NAUEN, E. (1984) - "Fao Species Catalogue. Vol. 3 - Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries". FAO Fish. Syn. 125 (Vol. 3), 277 pp..

SANCHEZ, P. (1985) - "La peche des cephalopodes sur la cote Catalane". Rapp. Comm. Int. Mer. Medit., 29 (8): 233-236.

TURK, P.E.; HANLON, P.E.; BRADFORD, L.A. & YANG, W.T. (1986) - "Aspects of feeding, growth and survival of the European squid Loligo vulgaris Lamarck, 1799, reared through the early growth stages". Vie et Milieu, 36 (1): 9-13.

WORMS, J. (1983) - "World Fisheries for Cephalopods: a synoptic overview" in Caddy J.F. (ed.): Advances in assessment of world cephalopod resources. FAO Fish. tech. rep., 231: 1-20.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	537-542	1986

OSSERVAZIONI SUL RUOLO DEI CEFALOPODI NELLA PESCA A STRASCICO DELL'ALTO E MEDIO ADRIATICO

Otello Giovanardi

Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano

Key words: Cephalopods; Trawl-fishery; Adriatic sea.

ABSTRACT - Observations on the role of Cephalopods in the northern and central Adriatic trawl-fishery and the reaction of the group to the long run exploitation are reported.

RIASSUNTO

L'analisi di 7 campagne di pesca a strascico effettuate in alto e medio Adriatico dal 1982 al 1986 ha permesso di effettuare delle osservazioni sulla distribuzione dell'abbondanza relativa dei Cefalopodi e sulla loro incidenza nelle catture eduli. Si è pure considerata la reazione (a lungo termine) di questo gruppo alla pesca a strascico.

SUMMARY

Observations on the relative abundance distributions of Cephalopods and their incidence on the edible catch are made on the basis of 7 trawl surveys. Reaction of the group to the long run exploitation is also considered.

INTRODUZIONE

I Cefalopodi occupano diversi habitat nell'ecosistema marino e quindi le varie specie sono vulnerabili in diversa misura alle reti a strascico ma presentano caratteristiche biologiche simili che rendono il gruppo relativamente omogeneo. La fecondità, nella maggior parte dei Cefalopodi commerciali, è piuttosto bassa, le uova sono generalmente bentoniche e fissate ad un substrato dove rimangono nei lunghi tempi di incubazione. E' caratteristica la brevità del ciclo vitale (1-3 anni) a causa della morte del riproduttore, generalmente semelparo (MANGOLD-WIRZ, 1963).

MATERIALI E METODI

I dati di questo lavoro derivano principalmente dalle campagne di pesca a strascico effettuate in alto e medio Adriatico dal Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano in collaborazione con l'Istituto di Oceanografia e Pesca di Spalato. Dalla primavera 1982 sono state effettuate 7 campagne, primaverili e autunnali, utilizzando la stessa imbarcazione professionale con la stessa attrezzatura e lo stesso equipaggio: si tratta del "Pipeta" di Fano provvisto di un motore di 300 HP di potenza e di 75 t di TSL. Si è operato sistematicamente ed in continuo nelle 24 ore su un reticolo fisso di stazioni in ognuna delle quali si è pescato per circa 3 ore.

DISCUSSIONE

Sulle stazioni di ogni campagna sono state determinate le C.P.U.S. (catture per unità di sforzo) relative ai Cefalopodi e l'incidenza ponderale degli stessi sul totale edule, che esclude i Clupeidi ma comprende le forme non commerciali e sottomisura. L'analisi di questi dati mostra una certa variabilità sia all'interno della stessa campagna che, in misura minore, fra campagne della stessa stagione ma di anni diversi. Si sono successivamente raccolti su 2 carte (fig. 1) i dati medi relativi rispettivamente a 4 campagne primaverili e a 3 autunnali. Questa procedura presenta il vantaggio, oltrechè di miglior sintesi, di minimizzare alcuni effetti di variabilità nelle catture, derivate dalle differenze giorno -notte, dalle diverse condizioni meteorologiche, dalle variazioni ambientali e dell'abbondanza degli stocks negli anni considerati, ecc., per descrivere una situazione media che prescinda il più possibile da queste variabili. Nel caso della primavera si considerano le catture medie ottenute in circa 12 ore di pesca per stazione mentre in autunno si tratta di 9 ore di pesca per stazione, che significano in totale oltre 1.000 ore di campionamento su una superficie di circa 75.000 Kmq.

L'uso dei valori medi conferma le situazioni stagionali già osservate all'analisi delle singole campagne. Si può notare cioè l'esistenza di un doppio gradiente nell'abbondanza relativa e, soprattutto, percentuale dei Cefalopodi. Un primo gradiente nel senso Nord-Sud si osserva in autunno ed è determinato in gran parte dalla massiccia presenza di Eledone moschata al Nord; in tale stagione questo moscardino raggiunge la taglia media massima. In primavera si può notare il secondo gradiente determinato principalmente dal noto fenomeno della migrazione dei riproduttori di Sepia officinalis verso la costa italiana.

Schematizzata in tal modo la distribuzione dell'incidenza dei Cefalopodi sulla pesca a strascico in Adriatico si è voluto affrontare un aspetto interessante per quanto difficile da determinare e cioè la reazione delle popolazioni di Cefalopodi allo sforzo di pesca indirizzato su tutta la comunità demersale. E' stata spesso notata una tendenza all'aumento nella cattura dei Cefalopodi dall'analisi relativa a decine di anni di osservazioni; esempi di questo tipo si ritrovano nella pesca a strascico

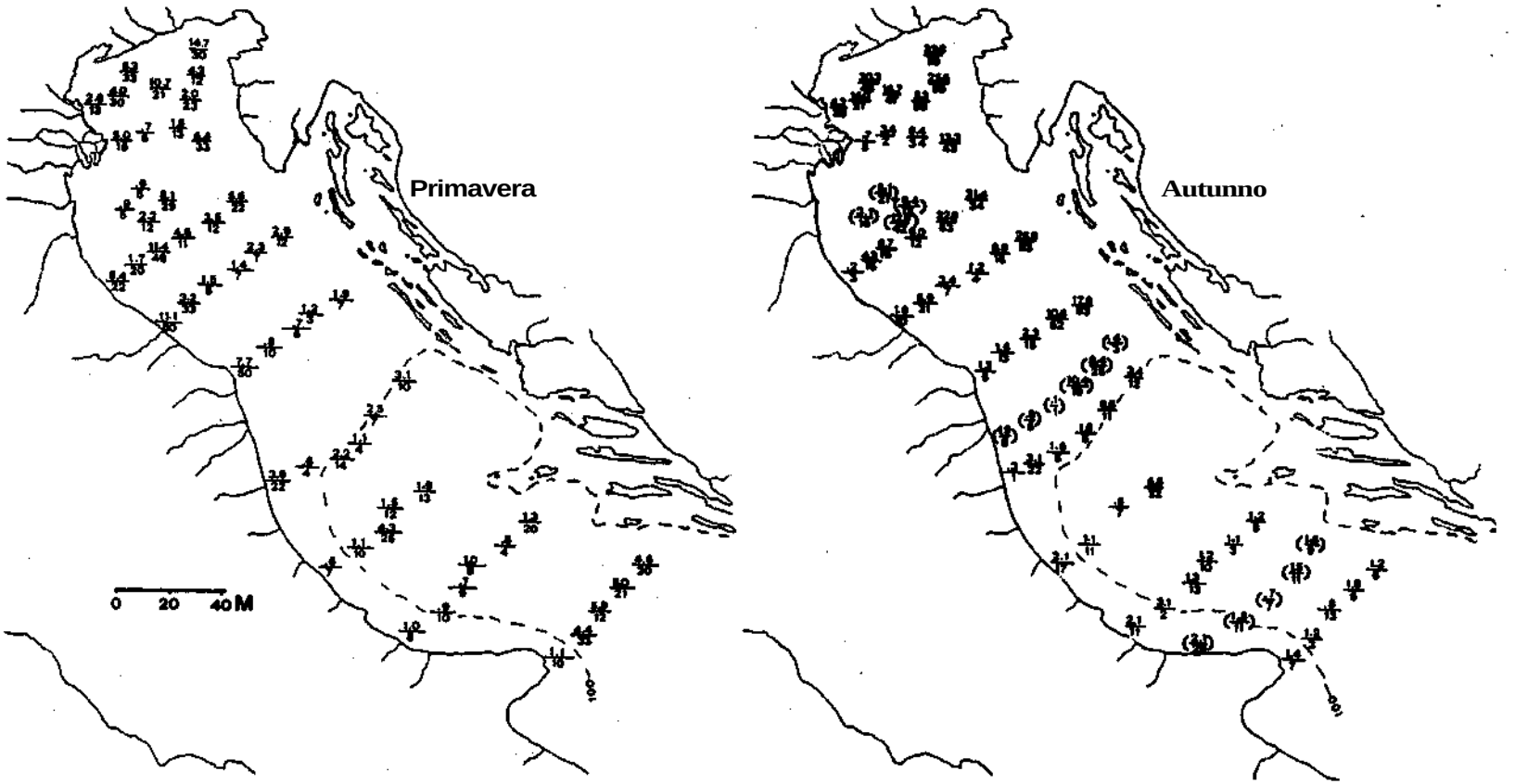


Fig. 1 Catture medie orarie (Kg/h, al "numeratore") e incidenza media, in peso, sull'edule (%, al "denominatore") dei Cefalopodi nelle campagne a strascico primaverili (1982, '83, '84, '85) e autunnali (1982, '84, '85). Fra parentesi i dati di una singola campagna.

del golfo di Tailandia, in quella della Mauritania ed anche nel Nord-Ovest Atlantico (Pauly, 1979; Bas, 1979; Caddy, 1983; Brown et al., 1981) e contemporaneamente è stata verificata una tendenza alla diminuzione di molte forme di Vertebrati, come ad esempio degli Sparidi. Secondo alcuni tali tendenze sarebbero anche in relazione al fatto che i Cefalopodi sembrano essere dei tipici opportunisti ("r-selected" secondo Mc Arthur & Wilson) in grado di espandersi ed occupare nicchie dell'ecosistema venute a liberarsi in seguito a perturbazioni (naturali o indotte dall'uomo) che colpiscono maggiormente le specie troficamente più specializzate ("k-selected") ed a crescita più lenta; fra l'altro tra queste ultime ci sarebbero una buona parte dei predatori dei Cefalopodi.

Dai dati in nostro possesso si è tentato di verificare se anche in Adriatico, dato il continuo elevato sforzo di pesca che vi è esercitato, risultano simili "trends". Lo scarso numero di dati annuali a nostra disposizione non permette una analisi significativa che non risenta delle fluttuazioni naturali; è stata comunque notata una sostanziale regolarità nell'abbondanza relativa dei Cefalopodi ed una significativa diminuzione degli Sparidi, rappresentati in questo caso dal pagello fragolino, Pagellus erythrinus (L.), nell'arco di 5 campagne primaverili (compresa quella del 1986) relative alle acque italiane ed internazionali.

Sono state inoltre analizzate le catture dei Cefalopodi della campagna di pesca a strascico "Hvar" effettuata in diverse stagioni del 1948-49 dall'Istituto di Oceanografia e Pesca di Spalato su una grande parte dell'Adriatico (Karlovac, 1959). Considerata la impossibilità di confrontare le efficienze della tartana della "Hvar" con quella del "Pipeta" ci si è espressi in termini di catture ponderali relative rispetto all'edule. Nella campagna Hvar i Cefalopodi dell'alto e medio Adriatico ammontarono in media al 3,8 % delle catture eduli mentre il pagello fu catturato, entro i 100 m di profondità, nella misura del 3,4 %. Considerando ogni singola campagna Pipeta la percentuale media di Cefalopodi varia dal 10,9 al 27,6 % delle catture eduli in primavera (16,9% in media) e dal 17,7 al 25,0 % in autunno (22,5 % in media). Per quanto riguardo il pagello, entro i 100 m di profondità, si va dallo 0,7 al 2,0 % (in media 1,4 % delle catture eduli). Quindi nonostante i limiti di tali confronti, legati alla diversità del campionamento, degli attrezzi e quindi della loro catturabilità, è ipotizzabile anche per l'Adriatico una evoluzione delle popolazioni oggetto di pesca del tipo già verificato in altri mari.

Per confermare queste ipotesi si sono analizzate le catture di alcune specie ittiche per unità di sforzo (espresso in TSL) relativamente ai litorali alto e medio Adriatico usando i dati ISTAT (1958-1981) che, per quanto riconosciuti in difetto, possono confermare o meno alcune tendenze prima osservate. Ad esempio il noto fenomeno della diminuzione dei Selaci osservato dal D'Ancona (1964) nel mercato di Trieste fra le 2 guerre mondiali è verificato in maniera evidente e significativa anche con questi stessi dati ISTAT, per esempio sulle razze (nonostante le cause non siano imputabili alla natura "predatrice" di questi pesci). L'analisi dei dati sui "moscardini" e sui "calamari", catturati principalmente con la tartana,

ha mostrato rispettivamente per i primi un andamento più o meno costante (nonostante in questi ultimi anni per vari motivi la parte di moscardini venduti fuori mercato sia enormemente aumentata) e per i secondi un aumento; la stessa analisi sui "pagelli" ha mostrato una lieve ma costante diminuzione della CPUS.

Considerando la dinamica di popolazione delle specie considerate sopra, uno dei parametri che le differenzia maggiormente è legato alla durata media di vita e quindi al coefficiente istantaneo di mortalità naturale (M). Nel caso dei Cefalopodi questo è relativamente elevato (ad esempio M = 1,0-1,5 per Illex secondo Au, 1975, in Caddy, 1983) e se consideriamo in via preliminare Fmsy - M, in condizioni di pesca prossime al "Maximum Sustainable Yield", diventa evidente la capacità di questi Molluschi a sopportare alti sforzi di pesca. D'altra parte in presenza di un prelievo eccessivo, come nel caso di una pesca monospecifica ad attrezzi altamente selettivi, sono stati documentati dei collassi di alcuni stocks (Caddy, 1983), probabilmente legati anche alla limitata fecondità di questi Molluschi e quindi alla relazione stock-reclutamento.

In definitiva il confronto fra le catture relative ai Cefalopodi rispetto a quello di altri gruppi può essere indicativo dello stato di sfruttamento delle risorse demersali derivato dalle reti a strascico. Si possono trovare delle conferme di ciò anche dai nostri "trawl-surveys". Considerando la situazione media annuale, ottenuta dai dati relativi ai 3 anni in cui si dispone di 2 campagne, si sono riconfermati i gradienti di distribuzione notati in precedenza. Ad esempio il confronto fra la zona settentrionale (fino a tutto il Compartimento Marittimo di Ancona) e quella meridionale, considerando per semplicità che la distribuzione delle stazioni nei 2 post-strati sia random, ha evidenziato una differenza significativa tra le 2 zone corrispondente ad un rapporto della presenza percentuale media di Cefalopodi pari a 2,1 a favore della zona settentrionale. Un confronto simile fra la zona costiera italiana (entro 18 miglia circa) e zona al largo ha mostrato una differenza significativa con lo stesso rapporto pari a 1,5 a favore della zona costiera. Al contrario i dati della crociera Hvar, stratificati allo stesso modo nel senso Nord-Sud, mostrano che l'incidenza percentuale dei Cefalopodi è praticamente la stessa nelle 2 zone considerate; inoltre non vi sono differenze significative allo stesso confronto effettuato nel senso Est-Ovest fra le acque slave e quelle internazionali.

Pur essendo difficile quantificare lo sforzo di pesca relativo alle zone considerate si è cercato di farlo utilizzando i dati ISTAT (primi anni '80), aumentando lo sforzo nell'area più a Sud per la presenza di una parte della flotta di Manfredonia e Molfetta; è risultato che lo sforzo per chilometro quadrato sarebbe superiore al Nord (fino al Compartimento di Ancona) di 2,9 volte circa in TSL e 60 volte in numero di imbarcazioni strascicanti. Da dati personali, non pubblicati e relativi all'area compresa fra i Compartimenti di Rimini e Pescara, risulta che nella zona costiera (entro 18 miglia) lo sforzo in TSL/Kmq è circa 2,3 volte superiore a quello esercitato al largo.

Dai dati ISTAT si osserva che dal 1958 al 1981 la produzione media di

Cefalopodi (calamari, seppie, polpi e moscardini) per TSL. dell'alto Adriatico (fino al Compartimento di Ravenna) risulta circa 2,4 volte superiore a quella del medio Adriatico; se si considerano le produzioni per unità di area il rapporto passa quasi a 10.

Si verifica cioè che le zone maggiormente sfruttate sono anche quelle dove i Cefalopodi rappresentano la maggiore percentuale in peso del catturato ; questo non solo per un possibile aumento della biomassa assoluta ma, soprattutto, per una diminuzione relativa alla maggioranza degli altri gruppi che hanno più risentito del prelievo dovuto ad un definito sforzo di pesca. Ai fini gestionali appare evidente l'importanza degli attrezzi selettivi per specie e dimensioni quali nasse, reti fisse, "jigging-machine", ecc. che, usate correttamente, possono catturare una parte dello stock di alcuni Cefalopodi non prelevabile con attrezzi generici quali le reti da traino senza colpire la totalità delle popolazioni demersali. Allo stesso tempo si possono usare strutture artificiali semplici (che non ostacolino la pesca) come substrato per proteggere le uova durante la loro lunga incubazione. Il Laboratorio di Fano ha recentemente sperimentato alcune tecniche valide ad esempio per le seppie ed i moscardini.

BIBLIOGRAFIA

BAS C., 1979 - Un modelo de distribution de dos especies: Pagellus acarne y Octopus vulgaris, influidas por la pesca y las condiciones ambientales. INV. PESQ., 43 (1): 141-148.

BROWN B.E., J.A. BRENNAN, M.D. GROSSLEIN, E.G. HEYERDAHL & R.C. HENNEMUTH, 1976 - The effect of fishing on the marine finfish biomass in the Northwest Atlantic from the gulf of Maine to cape Hatteras. ICNAF RES., BULL., (12): 344-364.

CADDY J.F. (ed.), 1983 - Advances in assessment of world Cephalopod resources. FAO FISH. TECH. PAP., (231): 452 pp.

D'ANCONA U., 1964 - Dagli equilibri biologici alla teoria della pesca. RIC. SCI., Anno 34 vol. 4 (9-10), Ser. 2: 17 pp.

ISTAT, 1959-1982 - Annuario Statistico di Zootecnia, Pesca e Caccia.

KARLOVAC O., 1959 - Istrazivanja naselja riba i jestivih beskraljeznjaka vucom u otvorenom Jadranu. IZV. INST. OCEANOGR. RIBARST. SPLIT, 5 (1): 203 pp.

MANGOLD-WIRZ, 1963 - Biologie des Céphalopodes bentiques et nectoniques de la Mer Catalane. VIE MILIEU, suppl. 13: 285 pp.

PAULY D., 1979 - Theory and management of tropical multispecies stocks. ICLARM Studies and Reviews (1): 35 pp.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	543-549	1986

CEFALOPODI DEI FONDALI STRASCICABILI DELLA SICILIA NORD OCCIDENTALE. NOTA PRELIMINARE.

VALERIA RESTUCCIA* e SERGIO RAGONESE**

* Laboratorio di Ecologia, Istituto di Zoologia, Via Archirafi, 18- Palermo
** Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato (C.N.R.), Via Vaccara, 61 - MAZARA DEL VALLO (TP).

KEY WORDS: Cephalopoda, Trawling, Distribution, Tyrrhenian Sea, Mediterranean.

ABSTRACT - Cephalopods from a trawl along the N/W Coast of Sicily. A preliminary list of 18 species is reported with notes on the biology and distribution with depth.

RIASSUNTO - Si riportano i dati relativi alla composizione specifica, alla distribuzione batimetrica e alla frequenza delle specie di Molluschi Cefalopodi catturati nel corso delle campagne di pesca primaverile ed estiva del 1985, condotte con rete a strascico sui fondali compresi fra Capo Gallo e Capo San Vito, nella Sicilia Nord occidentale.

SUMMARY - A list of the Cephalopods collected in the course of a trawl survey carried out in spring and summer in the coastal area from Cape Gallo to Cape San Vito (N/W Sicily) is reported. Eighteen species are identified, some of which are infrequent. Data are provided about the bathymetric distribution, the relative abundance and the sex ratio of each taxon.

INTRODUZIONE - Il tratto compreso fra Capo Gallo e Capo San Vito delimita la Sicilia Nord occidentale e si sviluppa lungo una serie di insenature di ampiezza crescente in senso Est-Ovest, caratterizzate da coste prevalentemente rocciose e da fondali precipiti. Il Golfo di Castellammare occupa oltre la metà dell'area suddetta: esso é la più vasta insenatura dell'isola, ed é una delle aree costiere maggiormente interessate dalle attività di pesca. La conoscenza dei suoi fondali e delle faune nectobentoniche rilevabili allo strascico si rifa essenzialmente alla descrizione di ARENA e BOMBACE (1970) che avevano già segnalato uno stato di "overfishing" certamente aggravato nell'ultimo

decennio (D'ANNA e al. 1985).

L'avvio del programma nazionale sulla valutazione degli stocks demersali promosso dal Ministero della Marina Mercantile ha consentito un riesame della situazione dei fondali e delle rese di pesca nell'area.

Dai risultati generali delle campagne svolte nel 1985 sono stati estratti i dati concernenti i Molluschi Cefalopodi che rivestono il duplice interesse di fornire una verifica di quanto già noto, e di essere la prima segnalazione per questo gruppo riguardante la Sicilia occidentale.

NOTE DESCRITTIVE - I fondali esaminati si sviluppano su una superficie complessiva di 757 Kmq, 596 dei quali strascicabili. Il Golfo di Castellammare occupa un'area estesa sia in senso latitudinale (oltre 30 Km) che longitudinale per una superficie di circa 300 Kmq. Esso ha una peculiare forma ad imbuto con fondali molto diversificati e degradanti ripidamente fino a - 700 m, in cui sono rappresentati i biotopi più caratteristici dei piani circa litorale e batiale mediterranei (ARENA e BOMBACE, cit.; RIGGIO e ARCULEO, 1986).

MATERIALI E METODI - La raccolta del materiale é stata effettuata seguendo un criterio "stratificato random" adottato dalle UU.OO. tirreniche (RELINI, 1985): l'area in esame é stata suddivisa in 5 strati con ranges batimetrici differenti; ogni intervallo batimetrico é stato *sud* diviso in unità di campionamento. Per ogni campagna sono state realizzate 30 cale della durata di un'ora; le strascicate sono state effettuate in direzione parallela alla costa alla velocità di circa 3 miglia orarie. I Cefalopodi catturati sono stati congelati a bordo a -20°C. La determinazione tassonomica é stata compiuta sugli esemplari scongelati. Di ogni esemplare sono stati misurati: a) il peso totale e b) eviscerato (al grammo); c) la dimensione delle ghiandole nidamentali (nei teuthoidea) e d) la lunghezza del mantello. Per gli Ottopodi é stata misurata anche la lunghezza totale. Per tutte le specie é stato valutato il grado di maturità sessuale secondo la scala di Mangold-Wirz (1963), raggruppando in via preliminare gli esemplari in "immaturi" (stadio 1° - 2° per i maschi; 1° - 2° e 3° per le femmine) e "maturi" (stadio 3° per i maschi, 4° - 5° per le femmine). Per la lavorazione del materiale biologico in laboratorio é stato seguito lo schema metodologico di Ragonese e Jereb (1985). La sex-ratio (S.R.) é espressa come: (nº femmine/(nºfemmine + nº maschi)) x 100. La prima campagna é stata effettuata in Marzo-Aprile; la campagna estiva si é svolta in Agosto-Settembre.

RISULTATI - Nel corso del survey sono stati raccolti 921 individui, attribuiti a 18 specie, per una biomassa complessiva di circa 42 Kg. I maggiori rendimenti in peso e in numero sono stati registrati nella cam-

pagna estiva (Tab.l), mentre il numero di specie si é mantenuto sostanzialmente costante. Entrambi le campagne mostrano rendimenti più alti fra -100 m e -450 m. Il numero di specie aumenta fra -50 e -200 m limitatamente alla campagna primaverile. Durante la campagna estiva le catture raggiungono un massimo fra -50 e -100 m. In Tab.2 sono riportati, in maniera sintetica, i dati relativi alla distribuzione batimetrica e alla frequenza delle specie.

NOTE SISTEMATICHE E BIOLOGICHE - Gli esemplari esaminati rientrano nelle famiglie (secondo la nomenclatura di Roper e al., 1984): Ommastrephidae, Loliginidae, Sepiidae, Sepiolidae ed Octopodidae. Le Sepiolidae sono rappresentate da 225 individui, dei quali 38 sono Rossia macrosoma, 7 Neorrossia caroli, 180 individui appartenenti alla sottofamiglia Sepiolinae sono rimasti indeterminati. Alloteuthis media é la specie più frequente, con 187 individui catturati da 0 a -200 m, spesso associati con Sepia elegans, S. orbignyana, Todaropsis eblanae e le Sepiolidae. I maschi predominano sia in primavera (S.R. = 30%) che in estate (S.R. = 36%). Nella prima campagna tutti gli esemplari erano immaturi tranne un maschio di 57 mm ; nella seconda solo tre maschi avevano spermatofore completamente formate nella tasca di Needham e circa 1/5 delle femmine erano mature. L'esemplare minore misurava 27 mm, il più grande 74 mm. Alloteuthis subulata ha frequenza molto inferiore con 35 individui, solo 3 dei quali maturi; l'esemplare più grande é una femmina di 92 mm. Il range di distribuzione batimetrica va da 0 a -200 m con un massimo di catture tra -50 e -100 m. Loligo vulgaris, Sepia officinalis e Octopus vulgaris sono state catturate in pochissimi esemplari. Todaropsis eblanae é stato raccolto tra 0 e -400 m con un massimo fra -100 e -400 m, le femmine sono poco frequenti (S.R. = 23%). Esemplari maturi sono presenti solo nella 2° campagna: una femmina (L.M. = 16 cm) e 4 maschi. Illex coindetii compare nella 2° campagna con taglie comprese fra 8.0 e 15.5 cm e sex-ratio = 50%.

Gli esemplari maturi erano 7 maschi e 4 femmine, due delle quali pronte alla deposizione (5° stadio). Todarodes sagittatus é presente con soli 3 esemplari nella 1° campagna: una femmina matura di 16 cm e due maschi, uno dei quali maturo. Questo é il più grosso tòtano (21 cm, 311 g) catturato, e l'unico trovato oltre i -450 m. Sepia elegans mostra un numero elevato di catture nel range batimetrico compreso tra i -100 e i -200 m. I maschi sono frequenti in entrambi le campagne (S.R. = 33% nella 1° campagna, e 47% nella seconda), ma il livello più alto di maturità sessuale é raggiunto dalle femmine (37% in primavera e 44% in estate). Sepia orbignyana é una specie poco frequente con esemplari quasi tutti immaturi, catturati dai -50 ai -200 m. Il range batimetrico di Scaeurgus unicirrhus va da -100 a -450 m con un massimo di catture nella campagna estiva. Pteroctopus tetracirrhus é abbastanza frequente, compreso fra i -100 e i -700 m. Le catture aumentano

SPECIE	STRATO	A) MARZO-APRILE 1985 1	2	3	4	5	COMPL.	B) AGOSTO-SETTEMBRE 1985 1	2	3	4	5	COMP.	A+B
Sepia officinalis		4 / 1520	2 / 530	4 / 800	/	/	10 / 2850	5 / 131	/	/	/	/	5 / 131	15 / 2981
Sepia elegans		/	9 / 114	40 / 248	7 / 57	/	56 / 419	3 / 20	53 / 332	19 / 125	/	/	76 / 477	136 / 896
Sepia orbignyana		/	/	22 / 408	/	/	22 / 408	/	1 / 9	3 / 121	/	/	4 / 130	26 / 538
Sepiolinae		2 / 4	/	21 / 112	64 / 190	/	87 / 306	/	/	45 / 258	46 / 307	2 / 13	93 / 578	180 / 884
Rossia macrosoma		/	/	2 / 52	9 / 320	1 / 6	12 / 378	/	/	15 / 447	5 / 108	6 / 387	26 / 942	38 / 1320
Neorossia caroli		/	/	1 / 35	1 / 8	3 / 59	5 / 102	/	/	/	1 / 49	1 / 58	2 / 107	7 / 209
Alloteuthis media		34 / 129	18 / 115	19 / 44	/	/	71 / 288	40 / 157	74 / 314	2 / 6	/	/	116 / 477	187 / 765
Alloteuthis subulata		3 / 33	16 / 108	/	/	/	19 / 141	2 / 11	10 / 69	2 / 12	/	/	16 / 90	35 / 231
Loligo vulgaris		/	/	/	/	/	/	1 / 20	/	/	/	/	1 / 20	1 / 20
Illex coindetii		1 / 46	/	1 / 127	/	/	2 / 173	/	/	4 / 194	13 / 1660	/	17 / 1854	19 / 2027
Todaropsis eblanae		2 / 67	1 / 50	6 / 112	5 / 202	/	14 / 431	9 / 300	1 / 3	10 / 861	14 / 860	/	34 / 2024	48 / 2455
Todarodes sagittatus		/	/	/	2 / 369	1 / 310	3 / 679	/	/	/	/	/	/	3 / 679
Scaeurgus unicirrhus		/	/	6 / 226	3 / 330	/	9 / 556	/	6 / 1383	35 / 1665	4 / 174	/	45 / 3222	54 / 3778
Pteroctopus tetracir.		/	/	/	27 / 5685	2 / 387	29 / 6072	/	/	1 / 17	12 / 605	2 / 441	15 / 1063	44 / 7135
Octopus vulgaris		/	/	/	/	/	/	2 / 450	/	/	/	/	2 / 450	2 / 450
Octopus salutii		/	/	/	/	/	/	/	/	1 / 3	1 / 26	/	2 / 29	2 / 29
Octopus defilippi		/	/	/	/	/	/	/	2 / 363	/	/	/	2 / 363	2 / 363
Eledone cirrhosa		/	11 / 2805	26 / 3225	15 / 495	/	51 / 6525	10 / 819	6 / 274	3 / 77	/	/	19 / 1170	70 / 7695
Eledone moschata		/	22 / 5235	21 / 3973	/	/	43 / 9280	1 / 37	8 / 601	/	/	/	9 / 638	52 / 9918

TAB. 1 - Rendimenti complessivi in num ($\frac{n}{x}$) e peso ($\frac{g}{x}$; in grammi) per specie, strato e per campagna di pesca in ciascuna delle quali sono state effettuate 30 cale di una ora cadauno. (Tot. A+B = 60), di cui 3 nel primo strato (0-50 m), 4 nel secondo (51-100 m) e nel terzo (101 - 200 m), 8 nel quarto (201-450 m) e 11 nel quinto (451-700 m) (/) nessuna cattura.

TAB. 2 - Distribuzione batimetrica e classi di frequenza osservate per le due campagne di pesca.
Int. (m) = intervallo di profondità in metri.
FREQ = classi di frequenza (in numero).
a: assente; b: 1 < 5; c: 6 < 10; d: 11 < 20; e: > 21.

SPECIE	A) MARZO-APRILE		B) AGO-SET.	
	Int.(m.)	FREQ	Int.(m.)	FREQ
Sepia officinalis Linnaeus, 1758	0-200	c	0- 50	b
Sepia elegans Blainville, 1827	50-450	e	0-200	e
Sepia orbignyana Férussac, 1826	100-200	e	50-200	b
Sepiolinae Leach, 1817	0-450	e	100-700	e
Rossia macrosoma Delle Chiaje, 1829	100-700	d	100-700	e
Neorossia caroli Joubin, 1902	100-700	b	200-700	c
Alloteuthis media Linnaeus, 1758	0-200	e	0-200	e
Alloteuthis subulata Lamarck, 1798	0-100	d	0-200	d
Loligo vulgaris Lamarck, 1798	/	a	0-50	a
Illex coindetii Verany, 1837	0-200	b	100-450	d
Todaropsis eblanae Ball, 1841	0-450	d	0-450	e
Todarodes sagittatus Lamarck, 1798	200-700	b	/	a
Scaeurgus unicirrhus Orbigny, 1840	100-450	c	50-450	e
Pteroctopus tetracirrhus Delle Chiaje, 1830	200-700	e	100-700	d
Octopus vulgaris Cuvier, 1798	/	a	0-50	b
Octopus salutii Vérany, 1837	/	a	100-450	b
Octopus defilippi Vérany, 1851	/	a	50-100	b
Eledone cirrhosa Lamarck, 1798	50-450	e	0-200	d
Eledone moschata Lamarck, 1798	50-200	e	0-100	c

con la profondità. Octopus salutii ed 0. defilippi hanno scarsa frequenza. Eledone cirrhosa é frequente nelle nostre catture con un massimo in primavera nell'intervallo batimetrico dai -100 ai -200 m. Eledone moschata é più rara di E. cirrhosa e limitata ai primi 200 m.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI - Ancorché preliminari, i risultati delle due campagne delineano un quadro abbastanza rappresentativo della fauna teutologica della Sicilia occidentale, soprattutto se raffrontato agli unici dati di ARENA et BOMBACE (1970) che riportano 5 specie fra i -250 e i -600 m. Il nostro elenco contiene circa 1/3 delle specie riportate da TORCHIO (1968) per il Mediterraneo occidentale, ma un numero molto più vicino a quello fornito da LUMARE (1970) per l'area tirrenica settentrionale e centrale. Le specie assenti dal nostro elenco, infatti, sono ritenute rare come Ancistroteuthis lichtensteini, Abralia veranyi, Abraliopsis morisii ecc., o ritenute limitate al Tirreno settentrionale, come Bathypolipus sponsalis. Sono più frequenti le specie a distribuzione meridionale e occidentale con frequenza per i fondi mobili ricadenti nelle biocenosi VC, DC, VTC, MI di PÈRÉS e PICARD (1964), mentre sono del tutto assenti le specie legate alla presenza dei fanghi compatti del largo. Riguardo, poi, alla modesta frequenza di Neorrossia caroli, Todaropsis eblanae, Eledone moschata, questa può attribuirsi alla rarefazione delle catture dall'alto al medio Tirreno citata da LUMARE (op. citata). Il proseguimento del programma di ricerca potrà consentire un approfondimento del quadro faunistico abbozzato.

RINGRAZIAMENTI - Si ringrazia il Prof. Silvano Riggio per la preziosa e affettuosa collaborazione.

BIBLIOGRAFIA

ARENA P. et G. BOMBACE (1970) - Bionomie benthique et fauna ichthyologique des fonds de l'étage circalitoral et bathyal des golfes de Castellammare (Sicilie Nord/Occidentale) et de Patti (Sicilie Nord/Orientale). Journées ichthyol., C.I.E.S.M., Rome: pp. 145-156.

D'ANNA G., G. GIACCONE, S. RIGGIO (1985) - Lineamenti bionomici dei banchi di mitili di Balestrate (Sicilia Occidentale) Oebalia Vol. XI, N.S.: pp. 389-399.

LUMARE F. (1970) - Nota sulla distribuzione di alcuni Cefalopodi del Mar Tirreno - Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., Vol. XXV f.2,: pp. 313-344.

MANGOLD - WIRZ K. (1963) - Biologie des Céphalopodes benthiques et nectoniques de la mer catalane. Vie et Milieu, 13, Suppl. 1:285 pp.

PERES J.M. et PICARD J. (1964) - Nouveau Manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée - Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume. Bull., 31 (47): 137 pp.

RAGONESE S. & P. JEREB (in stampa) - "Metodologia da seguire per la

lavorazione in laboratorio dei molluschi cefalopodi raccolti durante le campagne di ricerca in mare (Programma T.R.A.W.L.)". ID/TN/SR-PJ/2/0785/Draft.

RELINI G. (1985) - Programme of the Italian Ministry of the Merchaut marine for the demersal resources survey in the area 37/3. In: Garcia S. and D. Charbonnier (eds.) G.F.C.M. Report of the 2nd Technical Consultation on stock assessment in the central Mediterranean. Mazara del Vallo, Italy, 24-27/June/1985. FAO FISH. Rep., (336): 140 p.

RIGGIO S. e ARCULEO M. (1986) - La pesca a strascico nell'area compresa delle campagne fra Capo Gallo e Capo San Vito (Sicilia Nord-Occidentale): primi risultati delle campagne 1985 - In Atti del 3° Seminario delle UU.OO. M.M.M., C.N.R., Roma, 1-2 Dicembre 1986; 15 pp.

ROPER C., M.J. SWEENEY, C.E. NAUEN (1984) - FAO Species catalogue, Vol.3 - Cephalopods of the World. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO FISH. SYN. 125 (Vol.3): 277 pp.

TORCHIO M. (1968) - Elenco dei Cefalopodi del Mediterraneo con considerazioni biogeografiche ed ecologiche. Ann. Mus. Civ. Storia Nat. Genova, Vol. LXXVII: pp. 257-269.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	553-554	1986

APPROCCIO BIOLOGICO ALLO STUDIO DI COMPOSIZIONI ANTIVEGETATIVE CON PROPRIETA' ANTI-LIMO (*)

M.L.GOMBACH Laboratorio di Biologia Marina, Sorgenti di Aurisina (TS)
L.RENNI Veneziani Zonca Vernici, S.p.A. (TS)
G.BRESSAN Dipartimento di Biologia, Università di Trieste

Key words: microfouling, primary slime, antifouling paints.

ABSTRACT - The role of "primary slime" as an essential condition for the ancoring and development of the fouling community is discussed, together with the importance of selecting the siutable antifouling sistems active not only versus macrofouling but also versus slime. The characterization of the microfouling components is performed by means of both optical and SEM microscopy. The usefulness of a biological approach to the problem is underlined. Finally, indication on the selectivity of peculiar co-biocides of several antifouling paints towards the main taxa of microfouling is obtained.

Ogni substrato immerso in mare, senza adeguata protezione antivegetativa, presenta quasi subito la formazione di limo (primary slime); al quale col perdurare del tempo di immersione si sovrappone una varietà di organismi vegetali ed animali che in breve lo ricoprono in maniera massiva. Le conseguenze economiche nel campo della marina mercantile, dell'off-shore e della nautica da diporto sono rilevanti. La normale prevenzione del fouling è basata sull'utilizzo di pitture antivegetative con un'adeguata bioattività verso macrofouling vegetale ed animale.
I metodi di studio sinora usati prevedono solamente un controllo visuale qualitativo e comunque soggettivo dei pannelli di prova colonizzati dal ma - crofouling.
Riteniamo che il primary slime sia un prerequisito essenziale per i successivi stadi di colonizzazione (macroalghe, balani, serpulidi, ascidiacei). Di conseguenza lo studio è stato diretto a queste prime fasi d'insediamento utilizzando sistemi antivegetativi a matrice idrolizzante contenenti, sia i tradizionali sistemi bioattivi verso il macrofouling (sali di Cu+ e organometallici dello Sn), che particolari cobiocidi presumibilmente attivi verso il macrofouling di bassa tossicità verso organismi superiori.
L'analisi dei pannelli mediante l'utilizzo della microscopia ottica ci ha

permesso di determinare qualitativamente i taxa censiti e valutare quantitativamente la loro frequenza attraverso una scala di associabilità comprendente diversi tipi di organizzazione (individui assenti, rari, isolati, coloniali e invasivi). La microscopia a scansione ha permesso di evidenziare: a) la struttura del film di pittura dopo l'immersione, b) le modalità di rilascio dei biocidi, c) il diverso meccanismo d'attacco degli organismi fouling, d) la necessità di ulteriori approfondimenti con approcci biochimici (analisi delle briglie mucopolisaccaridiche). I risultati più significativi sembrano indicare che: 1) i taxa planctonici rispondono all'attività biocida in modo diverso da quelli bentonici; 2) le pitture antivegetative modificano-limitano lo sviluppo naturale dei taxa, in modo non omogeneo tra taxum e taxum. Questo dà un'ulteriore conferma della specificità delle pitture (Bressan e coll.,1984); 3) la scelta del periodo di immersione è condizionante per quanto concerne lo sviluppo dei popolamenti. La colonizzazione dei taxa sui pannelli trattati con pitture antifouling sembra dipendere principalmente dal tipo di cobiocida organico utilizzato, dal tipo di sale di Cu+ e dalla velocità d'idrolisi della matrice. Mediante uno studio di selettività sui taxa rilevati è emerso che il controllo di quasi tutte le specie del microfouling è possibile mediante l'utilizzo di cobiocidi (in particolare sali dell'acido tiocarbammico ed olefine trans sostituite). Fra i sali di Cu+, il più attivo è Cu_2O. La solubilità della matrice è il "rate determining step" dell'attività biologica, in quanto gli organismi fouling trovano difficoltà ad ancorarsi su una matrice ad elevata e costante solubilità.

Concludendo l'approccio biologico ci ha permesso sia la caratterizzazione quali-quantitativa del microfouling (mentre in precedenza i metodi usati consentivano solo un controllo visuale, labile, soggettivo e comunque relativo unicamente al macrofouling), nonchè individuazione di modelli predittivi attraverso l'identificazione di una corrispondenza biunivoca biocidi-biofouling (presenza/assenza ione Cu+ e alcune specie).

G.BRESSAN, M.L.GOMBACH, G.deNICOLA, L.RENNI - 1984 - Sur l'activité biocide de quelques peintures antisalissures. Bull.de liaison du COIPM, 17.

L.RENNI, M.L.GOMBACH, G.CINTI - 1986 - Biochemical approach to evaluate ablative antifouling paints. Proc. XIIth Int.Con. in Organic Coatings Sc. and Tech., 12, 289 - 302.

(*) Lavoro effettuato con il supporto del Progetto Finalizzato del C.N.R. "Chimica fine e secondaria"; Sottoprogetto B: Materiali polimerici - 2D Vernici per impiego marino antifouling; n°contr.:82.00523.95.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	555-556	1986

PRESENZA DI MERCURIO IN PESCI PIATTI DEL MAR TIRRENO DEL NORD

C. Barghigiani[+], D. Pellegrini[&], D. Gioffrè[+] e S. De Ranieri[&]

+ Istituto di Biofisica, C.N.R., Via S.Lorenzo, 26 56100 PISA.

& Centro Interuniversitario di Biologia Marina, Piazzale Mascagni, 1 57100 LIVORNO.

Key words: Mercury content; flat fishes; sediments; northern Tyrrhenian Sea

Il Mar Tirreno del nord risente dell'anomalia geologica del Monte Amiata per quanto riguarda la presenza di mercurio nei sedimenti marini superficiali di alcune zone della costa compresa tra il Golfo di Follonica ed il Promontorio dell'Argentario (Baldi e Bargagli, 1982; Barghigiani ed al., 1986).

Il contenuto di mercurio nei sedimenti di quest'area, pur essendo generalmente superiore, lungo la costa, ad 1 µg/g (peso secco), con punte massime che raggiungono i 4 µg/g, non sembra influenzare la concentrazione del metallo nelle acque superficiali (Barghigiani ed al., 1980). Esso però, potrebbe costituire una sorgente di contaminazione per molti organismi bentonici.

MATERIALI E METODI

Sono state condotte due campagne di prelievi: una da aprile a settembre 1985, l'altra nel mese di aprile 1986, nell'area del Mar Tirreno del nord riportata in Fig. 1. Sono stati raccolti esemplari di Citharus linguatula, Lepidorhombus boscii e Solea vulgaris, nonchè campioni di sedimento superficiale (0-10 cm).

Il mercurio è stato determinato sia sugli organismi che sui sedimenti mediante spettrofotometria di assorbimento atomico, sui campioni precedentemente mineralizzati con HNO_3 in sistema chiuso a pressione (Stoeppler e Backhaus, 1978).

Dei campioni di pesce è stato analizzato il tessuto muscolare.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dall'analisi dei dati ottenuti, riportati in Tabella 1, risulta che C.linguatula e L.boscii presentano contenuti di mercurio generalmente elevati, che riflettono l'influenza dell'anomalia geologica del Monte Amiata sull' area studiata, in accordo con

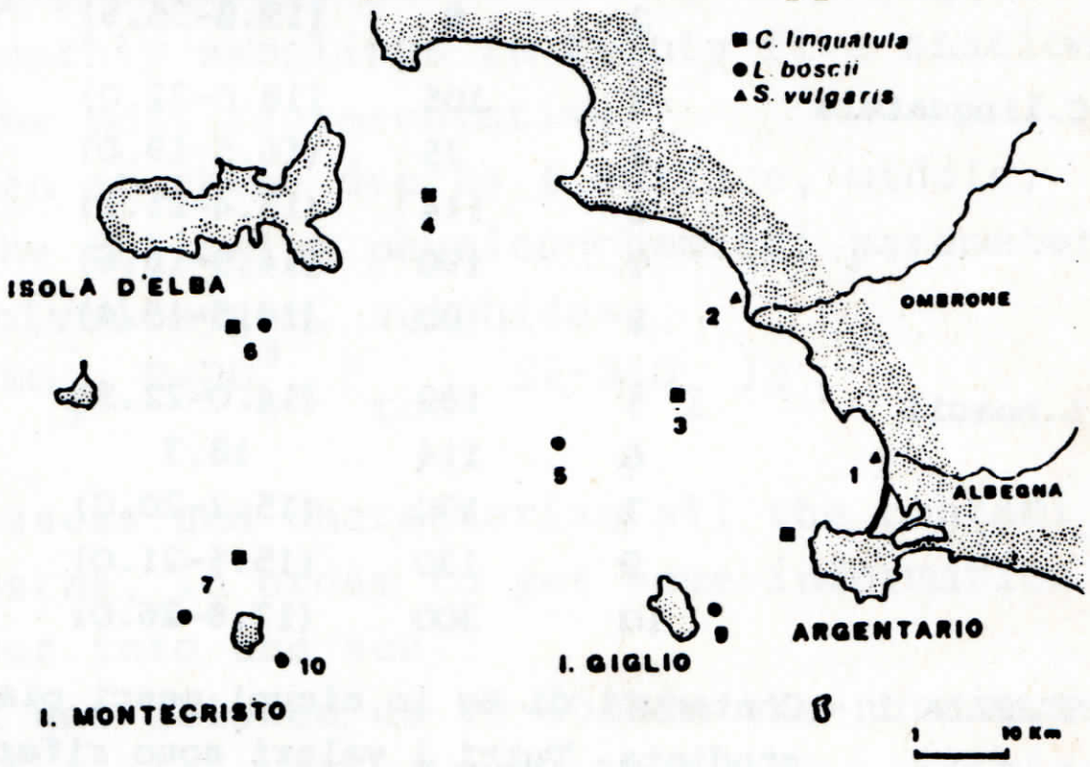


Fig. 1 - AREA STUDIATA

quanto è stato visto precedentemente su C.linguatula (Barghigiani ed al., 1986).

Se si considera inoltre, che il contenuto di metil mercurio nel tessuto muscolare di C.linguatula è circa l'80% del mercurio totale (Barghigiani ed al., 1986), si può notare che questo composto, notoriamente molto tossico, è presente negli esemplari studiati in concentrazioni elevate e superiori al limite massimo (0,2 µg/g -peso fresco-) indicato per le parti commestibili di pesce, dalle ultime direttive CEE (1984).

Per quanto riguarda la S.vulgaris, questa presenta contenuti di mercurio mediamente inferiori di un ordine di grandezza a quelli delle altre due specie. E' da far rilevare però, che il numero dei campioni studiati, specialmente di S.vulgaris, non è grande, e quindi i dati ottenuti e le considerazioni relative sono da ritenersi preliminari.

RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è stata finanziata con i fondi del Progetto Strategico Clima e Ambiente dell'Area Mediterranea del CNR e del Progetto Valutazione delle Risorse Demersali con Reti a Strascico del Ministero della Marina Mercantile.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

F.BALDI, R.BARGAGLI -1982- Chemical leaching and specific surface area measurements of marine sediments in the evaluation of mercury contamination near cinnabar deposits in Mar. Environ. Res., 6, 69-82.

C.BARGHIGIANI, R.FERRARA, A.SERITTI, A.PETROSINO, A.MASONI, E.MORELLI-1981- Determination of reactive,total and particulate mercury in the coastal waters of Tuscany (Italy) by atomic fluorescence spectrometry. Atti 5 Journ. Etud. Pollut. C.I.E.S.M. 1980, Cagliari, pp. 127-130.

C.BARGHIGIANI, D.PELLEGRINI, D.GIOFFRE', S.DE RANIERI, R.BARGAGLI -1986- Preliminary results on mercury content in Citharus linguatula (L.) in the Northern Tyrrhenian Sea in Mar. Pollut. Bull., 17, 424-427.

CEE -1984- Objectif de qualité rejects industriels. Conseil des Ministres, G.V. n. M 74/49, March 17, 1984.

M.STOEPPLER and F.BECKHAUS -1978- Pretreatment studies with biological and environmental materials. I:Systems for pressurized multisample decomposition. Frezenius Z. Anal. Chem., 291, 116-120.

Specie	Stazione	Profond. m	Interv.Lungh. cm	Hg: µg g^{-1} Intervallo	Media ± S.D.	N. campioni	Sedimenti $_{-1}$ Hg: µg g
S.vulgaris	1	6	(19.0-96.0)	(0.30-1.00)	0.59 ± 0.31	5	4*
	2	8	(19.8-26.5)	(0.45-1.15)	0.77 ± 0.35	5	0.4*
C.linguatula	3	105	(18.0-22.0)	(4.28-6.54)	5.41 ± 1.59	2	0.5
	4	75	(16.5-19.0)	(3.10-6.70)	5.03 ± 1.59	4	0.4*
	6	114	(15.4-21.1)	(2.30-17.70)	7.19 ± 4.80	8	0.4
	7	190	(14.9-18.6)	(3.59-13.93)	7.24 ± 4.84	4	0.25
	8	80	(14.5-19.4)	(2.10-4.00)	2.80 ± 0.87	4	1.7*
L.boscii	5	189	(14.0-22.5)	(2.11-8.20)	4.62 ± 2.66	4	0.2
	6	114	18.3	-	8.50	1	0.4
	7	190	(15.2-20.0)	(9.3 -9.5)	9.37 ± 0.11	3	0.25
	9	130	(15.5-21.0)	(2.71-4.30)	3.47 ± 0.72	4	0.35
	10	300	(17.8-26.0)	(1.87-14.80)	3.16 ± 1.01	5	-

TABELLA 1 - Contenuti di Hg in alcuni pesci piatti e in sedimenti superficiali dell'area studiata. Tutti i valori sono riferiti a peso secco.
I contenuti nei sedimenti con l'asterisco sono presi dalla letteratura (Baldi e Bargagli (1982) Environ. Res. 6, 69-82).

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	557-558	1986

DOMESTIC WASTES INFLUENCE ON NUTRIENTS' CONCENTRATION IN MAR PICCOLO IN TARANTO.

N. Cardellicchio, C. Annicchiarico, R. Ciannarella, C. Marra, P. Ragone.

Istituto Sperimentale Talassografico - C.N.R. - via Roma 3
74100 Taranto.

Key words: Mar Piccolo; Nutrients; Eutrophication.

The Mar Piccolo in Taranto represents a marine coastal ecosystem enough prone to pollution phenomena and, owing to its peculiar morphology, it can be considered mainly a closed basin. The nutrients imput by domestic wastes discharged into the sea, added to the scarce circulation of waters and to the low replacement of the same, determine a continuous variation of the basin energetic content with a consequent unsetting of chemico-physical and biological balances, when the self-depurative capacity of the system is overcome.

In order to determine the spatial and temporal evolution of nutrients and to underline dystrophy phenomena, we effected, starting from april 1984 to may 1985, some monthly samplings in twenty-five stations in Mar Piccolo, chosen among the most representative.

In the water samplings, taken at three depths (surface, middle, bottom), we have determined the following physico-chemical parameters:

- temperature, salinity, pH, solved oxygen, sulphides;
- nutrients ($N\text{-}NH_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$, $P\text{-}PO_4^{3-}$, P_{tot}, $Si\text{-}SiO_2$);
- chlorophyll a.

We have also proceeded to assess and characterize all the contaming sources, mainly sewage wastes, in order to get some information about the polluting charge input into the sea.

The analysis of the results has allowed us to obtain the nutrients seasonal cycles and some useful information about the basin conditions.

In particular, it was underlined that domestic wastes pouring, be-

sides causing a remarkable bacterial pollution, generate an accumulation of organic and inorganic substances on the bottom and their degradation requires a remarkable demand of oxygen. Sedimentation processes are favoured by the low hydrodynamic energy and by high waters productivity (chlorophyll a values go between 3 and 30 mg/m^3). Most of the organic matter deposits itself on the bottom more from anoxic waters than from aired waters, both for a lower decomposition speed along the water column and for a higher "sedimentation index".

Mostly in the summer, the high heating in the waters and the scarcity of winds cause denser waters segregation on the bottom; difficulty in suppling oxygen, both owing to photosynthetic phenomena and owing to solution from air, favours anaerobic processes with formation of toxic compounds (NH_3, H_2S, CH_4, PH_3). This causes a pH decrease in interstitial waters, mostly after periods with a maximum planktonic increase (spring and end of autumn), and a variation of the sediment redox state; pH decrease favours carbonates and calcium phosphates solubility, with release of orthophosphate soluble from sediments. H_2S formation induces then metal sulphides precipitation which give the peculiar blackish colour to sediments. So phosphate, which in aerobic conditions hard been incorparated into sediments, adsorbed or precipitated together with iron oxides on the silty or clayey particles, it is again available for phytoplankton.

Concernig nitrogenous compounds, ammonium is the form preferably metabolized; higher levels are usually observed on the bottom and in anoxic areas. Nitric nitrogen, instead, is the dominating nitrogen form in periods with low productivity (february and march).

By breaking waters stratification in autumn and sediment new suspension by wave motion made by winds, we see an ascent of deep waters and an increase in the whole water mass of nutrients concentration.

This favours at the end of autumn the maximum increase of phytoplankton. This phenomenous is confirmed by seasonal values progress of ammonium and silicates.

The presence of anoxic phenomena and the algal growth increases the ecosystem degradation mainly concerning biocenoses.

Water trophic level, valued on the basis of total phosphorus content, can be defined intermediate between mesotrophic and eutrophic one.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	559-560	1986

CHLORINATED PESTICIDES AND POLYCHLORINATED BIPHENYLS POLLUTION: INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT AND ANALYTICAL PROBLEMS.

N. Cardellicchio

Istituto Sperimentale Talassografico - C.N.R. - via Roma 3
74100 Taranto.

Key words: Pesticides; Polichlorinated biphenyls; Pollution.

A survey has been undertaken in order to give a characterization of the pollution by chlorinated pesticides (DDT and metabolites, aldrin, dieldrin, BHC, HCB) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in the gulf of Taranto.

The high toxicity, besides low concentrations of these compounds, together with scarce chemical and microbial degradation, make of these organic pollutants an interesting class of compounds, owing to the high bioaccumulation indexes and the consequent spreading and persistence in the whole ecosystem.

A preliminary survey concerned the identification of contamination main sources (industrial wastes, cultivated areas run off, aerosols fallout) and setting up chromatographic analytical methods for the analysis of waters and sediments in the "Mar Grande" in Taranto.

The extraction step of pollutants from the above said matrices is very important mainly because of low concentrations found in the environment (ng/l in the waters) and various interferences in the gaschromatographic analysis.

Such step must be characterized by a high selectivity and associated to a concentration phase of pollutants. To this purpose, graphitized carbon black has appeared to be a very good adsorbent for extration of chlorinated pesticides and PCBs from big volumes of seawater (10 litres). The two classes of substances can be desorbed, in a selective way and analyzed separately, by elution with specific organic solvents with different polarity (n-esane, methanol).

The results obtained have show the concentration in the sediments of organochlorinated compounds is ten thousand times higher than those in the waters. This is connected to both scarce solubility of compounds in the water and to sedimentation of contaminated organic matter (plankton, suspended particles). Degradation processes and more toxic metabolites formation, make analytical problems and environmental analysis much complex. Sediments resuspension would also be one of the factors for pollution propagation in areas which are not subject to direct contamination.

PCBs, DDT and metabolites concentration in the waters ranges from 0.2 to 30 ng/l. It is particularly important determining of bioaccumulation factors (BCF) in marine organisms and of acute and chronic tcxicity levels for the single contaminants.

The latter, obtained by laboratory experiments, gives first and useful indications about short and long term effects, even if the presence of complex interactions among various compounds in a marine ecosystem, causes synergic effects hardly controlled.

Any way some effects of chlorinated hydrocarbons are already known; they consist of metabolic stress and the inibition of photosyntethic processes in various planktonic populations (Skeletonema costatum, Coccolithus huxlegi, Peridinium trochoideum).

Concentrations factors are directly connected both to water solubility and partition coefficients water/n-octanol.

Some experiments led on Mytilus edulis and Mercenaria mercenaria have enabled us to obtain, for exposure times going from 30 to 35 days, some BCF values of 20000 for PCBs (Aroclor I254) and having a range of IO^2 - IO^4 for various chlorinated pesticides.

It is likely that in real ecosystems BCF values may be slightly different because some species are able to adsorb contaminants not only through trophic nets but also directly through water.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	561-562	1986

IMPIEGO DI EMBRIONI DI Paracentrotus lividus PER UN'INDAGINE SUL LIVELLO DI INQUINAMENTO DI ACQUE MARINE.

G. Belmonte *, B. De Petrocellis **, P. De Prisco **, A. Capasso **, E. Parisi **, M. Grasso *

* Laboratorio di Biologia Animale,Centro di Biologia, Università di Lecce
** Istituto di Biochimica delle Proteine ed Enzimologia del C.N.R., c/o Stazione Zoologica, Napoli.

Keywords: Marine Pollution/Sea Urchin Embryos.

L'impatto di sostanze inquinanti sugli organismi si manifesta sotto forma di perturbazioni che agiscono a diversi livelli del complesso funzionale. L'esposizione a concentrazioni subletali di sostanze xenobiotiche porta, in molti casi, alla comparsa di alterazioni patologiche, che riflettono profonde alterazioni biochimiche e fisiologiche.

Il presente contributo propone l'impiego degli embrioni del riccio di mare Paracentrotus lividus come indicatori biologici per lo studio delle condizioni di inquinamento ambientale.

Campioni di Paracentrotus lividus sono stati raccolti in tre località del golfo di Napoli (Capo Posillipo, Trentaremi, Nisida), più o meno esposte all'azione di inquinanti di vario tipo provenienti da scarichi urbani e industriali. A scopo di confronto è stato eseguito un campionamento nelle acque di Porto Cesareo (Lecce), una zona ritenuta esente da stress ambientale.

Le uova di individui raccolti nelle zone prescelte sono state fecondate e lasciate sviluppare ad una densità di 2500/ml in capsule di Petri, a 18°C. Dopo circa 48 ore, gli embrioni sono stati fissati con formalina ed esaminati al microscopio ottico per determinare la percentuale di embrioni anormali. I risultati sono riportati in fig. 1 sotto forma di istogrammi in cui sono rappresentate le frequenze di individui a cui corrispondono determinate percentuali di embrioni anormali.

L'analisi della varianza mostra l'esistenza di differenze significative nelle medie ($p = 0,05$). Inoltre, dai confronti ortogonali risulta che il campione di Nisida è significativamente diverso ($p = 0,05$) da quello di Trentaremi e Capo Posillipo, i quali, a loro volta, non differiscono tra loro. Il test non parametrico della somma dei ranghi mostra che i campioni di Trentaremi, Capo Posillipo e Porto Cesareo non differiscono tra loro, mentre il campione di Nisida differisce in modo significativo ($p = 0,05$) da ciascuno degli altri. Analogo risultato è stato ottenuto

con il test del CHI-QUADRATO.

Anche se i dati disponibili sono ancora scarsi, i risultati del presente studio mostrano la validità dell'approccio seguito. Le indagini del campo sembrano correlarsi soddisfacentemente con il grado di inquinamento delle zone di campionamento. La zona di Nisida, infatti, risulta particolarmente "sospetta" essendo localizzata in prossimità di scarichi industriali.

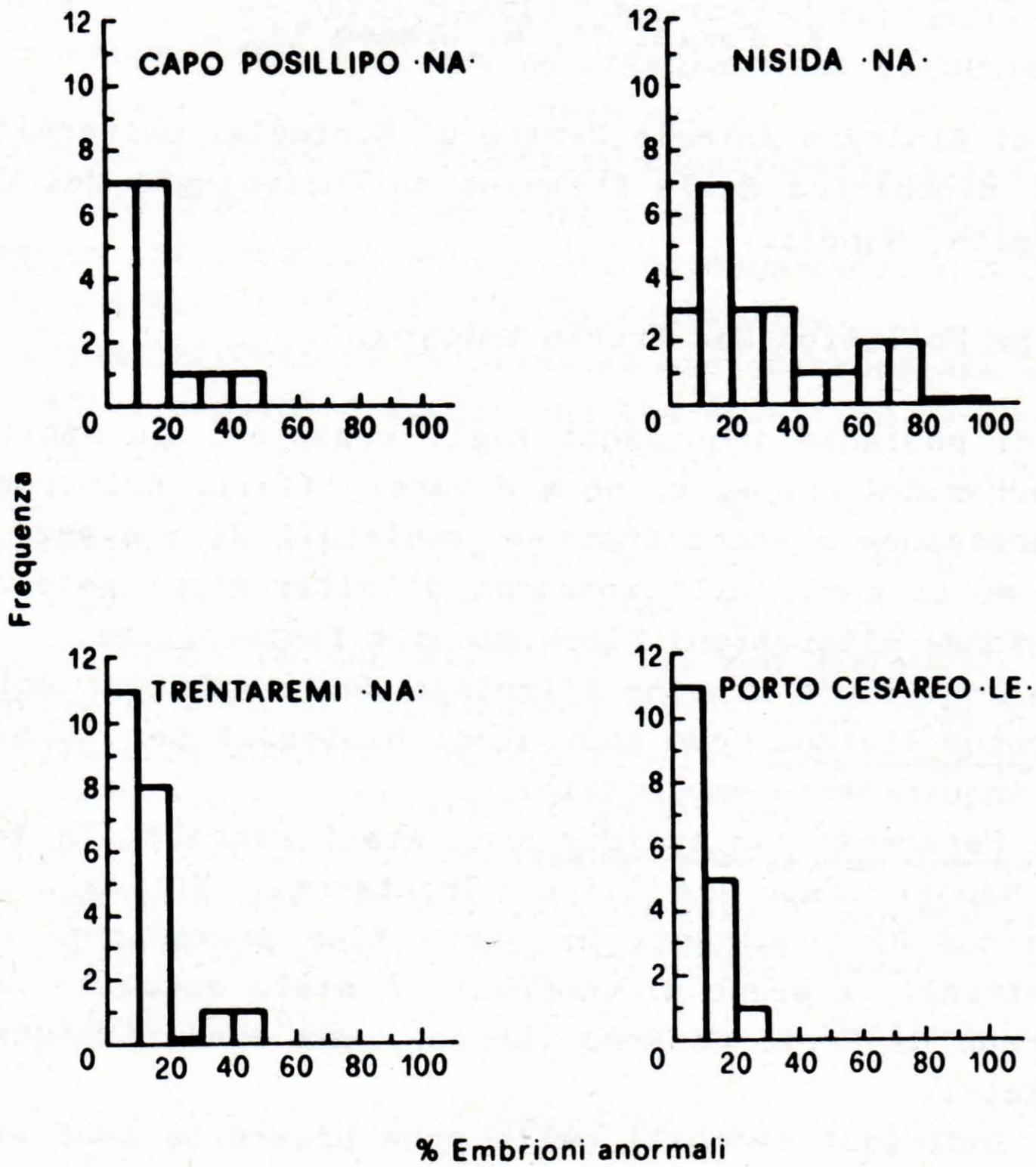


Fig. 1 - Distribuzione degli embrioni anormali nei vari gruppi di individui raccolti nelle aree descritte nel testo.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	563-564	1986

LONG TERM EFFECTS OF LOW CADMIUM EXPOSURE ON *MUREX TRUNCULUS*

E. Carpenè*, R. Dallinger°, J. Dalla Via° and P. Cortesi*

*Institute of Biochemistry, Fac. Vet. Med., University of Bologna, Italy
°Institute of Zoology, University of Innsbruck, Austria

Key words: *Murex*, cadmium, long term effects.

INTRODUCTION

The effects of a prolonged period of exposure of *Murex trunculus* to sublethal Cd concentrations are somewhat different compared with short term exposure (see Dallinger et al., this poster session). On the basis of respirometry and biochemical data it seems, indeed, that animals may progressively be stressed under long term exposure of low Cd levels.

MATERIALS AND METHODS

Animals from the same population were used as previously described (see Dallinger et al., this poster session). Moreover 60 individuals of *Murex trunculus* were exposed to 50 ppb Cd for a time period of 4 weeks. At irregular time intervals, 8 snails were put into the 4 chambers of an intermittent-flow respirometer containing sea water at 50 ppb Cd. Oxygen consumption was continuously measured, animals without Cd treatment were used as controls. After a period of approximately 40 h the molluscs were sacrificed and epatopancreas-kidney cytosols were obtained as previously described. Pellets as well as small aliquots of supernatants were pooled and stored for metal analysis. Cytosols were subjected to gel filtration (G75) and ion exchange (DEAE) chromatography. Pellets derived from the first centrifugation step as well as tissues were digested with 15% nitric acid and a few droplets of hydrogen peroxide at 60°C. After digestion the samples were diluted with bidistilled water and Cd, Zn, Cu were determined by AAS. Supernatants from the first centrifutation step were analyzed fro heavy metals by aspirating the samples into the flame without previous digestion.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 reports the Cd contents of different tissues of control snails and of individuals which had been exposed to 50 ppb Cd for 3 weeks. In comparison with controls the exposed animals show a remarkable elevation of Cd concentrations in all organs. The most prominent increase of Cd content can be observed in the foot of the snails. These burdens may be high enough

TABLE 1 - Cd contents of different organs of control and Cd exposed *Murex*. Cd concentrations expressed as ppm (dry wt), as µg Cd per snail and as percentage of total Cd in the whole animal. Means and standard deviations (in brackets) are given; animals: n = 8. Abbreviations: H+N, hepatopancreas plus kidney; I+G, intestinal tract plus gonads; F+H, foot plus head.

Tissue	Cd, ppm (dry wt)	µg Cd per animal	% of total Cd
Controls:			
H+N	37.6 (19.6)	19.7 (9.7)	74.1 (5.7)
I+G	11.3 (6.3)	6.1 (2.5)	24.1 (5.8)
F+H	0.65 (0.24)	0.42 (0.14)	1.8 (0.8)
whole animal	--	26.2 (11.9)	100
Exposed animals:			
H+N	98.3 (31.1)	58.8 (11.8)	65.2 (7.7)
I+G	35.8 (9.0)	15.7 (4.0)	20.4 (4.0)
F+H	20.3 (6.6)	11.3 (4.3)	14.4 (4.9)
whole animal	--	77.2 (13.9)	100

to cause a metabolic stress in *Murex trunculus*. Oxygen monitoring showed that with prolonged Cd treatment there is a gradual increase in O_2 consumption. It can be suggested that long term exposure results in a stress situation leading to an elevated metabolism. Absolute and percent increase of Cd in the granular fraction of hepatopancreas in dependence of exposure time was also noted. It has been shown that the ratio of Cd content between low and high molecular weight fractions is progressively moving towards high molecular weight substances as a function of exposure time. Moreover, the percentage of Cd in the granular fraction of pellet is also increasing with prolonged period of exposure. These results may indicate that during a long term exposure to Cd an increasing amount of the metal becomes bound to different ligands and granular cell structures. This is to be associated with low molecular weight proteins. It can be speculated therefore, that the increasing oxygen consumption in long term Cd exposed *Murex trunculus* may be related to a progressive overcharge of detoxifying capacity of Mt-like proteins.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	565	1986

OXYGEN CONSUMPTION AND ESTIMATIONS OF PRODUCTIVITY in the juvenile penaeid shrimp Penaeus japonicus after low salinity stress.

G.J. Dalla Via

Institut für Zoologie
Abteilung Zoophysiologie
Technikerstraße 25
A-6020 Innsbruck / Austria

The oxygen consumption of Penaeus japonicus was measured in relation to low salinity stress and crowding. Within 48 hours Penaeus japonicus shows no mortality in a salinity range between 25 and 40 o/oo and a mortality of only 25-30% within a salinity range of 10-55 o/oo. With a change in salinity from 37 o/oo to 10 o/oo, oxygen consumption increases rapidly to 300% of the initial value and stabilizes at 200% after a few hours. After restoring the initial conditions, oxygen consumption remains raised for at least six hours. The calculated loss of productivity caused by a reduction of salinity can amount to 33% of total animal weight. Crowding also increases oxygen consumption at a stocking density above 400 postlarval prawns/m^2. In consequence, a stable environmental salinity range between 30-40 o/oo and low stocking densities are recommended for extensive aquaculture.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	567	1986

EFFECTS OF SALINITY ON FREE AMINO ACIDS IN THE JUVENILE SHRIMP *Penaeus japonicus*

G.J. DALLA VIA

Institut für Zoologie
Technikerstraße 25
A-6020 Innsbruck/Austria

The free amino acids (FAA) of iuvenile *Penaeus japonicus* after 48 hours of exposure to different hypo-and hyperosmotic salinity stress were measured. The concentrations of FAA decreased linearly with decreasing salinity from 50 o/oo to 10 o/oo. The highest amount of single FAA in seawater adapted *P. japonicus* is exhibited by glycine (51%), *taurine* (14%), *arginine* (10%), *proline* (9%), *and alanine* (6%). The main osmoeffectors are glycine, proline, and alanine, which together make up 80 % of the total decrease in the FAA pool after a hypoosmotic shock from 40 to 10 o/oo. The concentrations of taurine, arginine, ornithine, and glutamate are not affected by external salinity change. Under hypoosmotic conditions taurine, glutamate, and arginine decrease by only 13-15%, and aspartate, ornithine, lysine by 28-34%. All other amino acids in the FAA pool are reduced by 50 to 88% - the greatest loss is shown by proline (by 96 %). Below 25 o/oo intracellular volume regulation is maintained entirely by proline and glycine, whereas the other FAA concentrations remain more or less constant. After hyperosmotic shock, the concentrations of nearly all FAA increase. This is also true for the essential FAA (+86%) - indicating protein hydrolysis. A salinity range between 25 and 40 o/oo is recommended for the extensive aquaculture of *P. japonicus*

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	569-570	1986

RESPONSES OF *MUREX TRUNCULUS* TO A COMBINATION OF CHRONIC AND ACUTE CADMIUM EXPOSURE

J. Dalla Via°, E. Carpenè* and R. Dallinger

°Institute of Zoology, University of Innsbruck, Austria - *Institute of Biochemistry, Fac. Vet. Med., University of Bologna, Italy

Key words: *Murex*, cadmium, chronic and acute exposure.

INTRODUCTION

In our first study it has been shown that *Murex* becomes less susceptible to a Cd shock of 5 ppm, if animals are pre-exposed (pre-exp.) to a short-term concentration of 50 ppb. The situation changes, however, if the period of pre-exposure is prolonged over several weeks. In this case, the protective effect of pre-exposure seems to be lost.

MATERIALS AND METHODS

Specimens of *Murex* were transferred in aquaria at a temperature of 22°C and at Cd concentration of 50 ppb. Every 2-3 days the water was replaced by a new medium. Animals were left in the aquaria for a maximal period of 4 weeks. After long term pre-exposure 8 individuals were put into 4 chambers of an intermittent-flow respirometer (2 animals per chamber) and oxygen consumption ($\dot{V}O_2$)was measured during the whole experiment. Controls without long term Cd administration were treated in the same way. In the respirometer chambers the animals were reared in pure seawater at 25°C for 20 h. Subsequently a Cd concentration of 5 ppm was administered for about 60 h. Four independent experiments were carried out in the same manner. After respirometry molluscs were sacrificed and dissected for chromatography analysis as previously reported. Aliquots of supernatants from second centrifugation were pooled and stored in liquid N_2. Protein content was measured by the method of Bradford (1976). Alkaline phosphatase and pyruvate kinase activities were determined due to the methods as described by Bergmayer (1970).

RESULTS AND DISCUSSION

Fig. 1 shows the($\dot{V}O_2$)of both controls and snails exp. to 50 ppb Cd for 4 weeks. During the first 20 h, when animals were reared in pure sea water, a clear difference in($\dot{V}O_2$)is evident between controls and long term pre-exp.

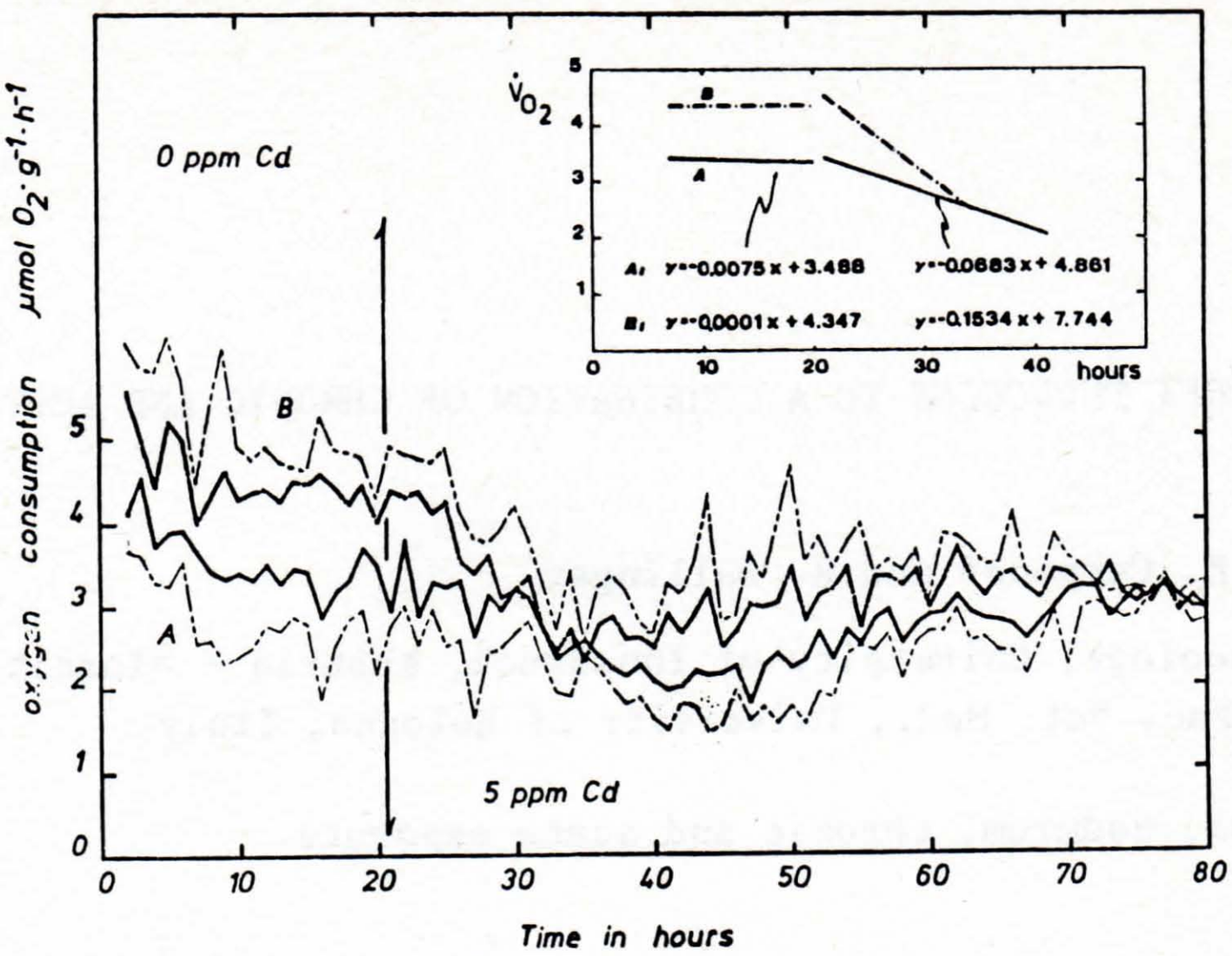


Fig. 1 - ($\dot{V}O_2$) of control (A) and pre-exp. animals (4 weeks at 50 ppb Cd)(B). After an acclimation of 20 h, both groups of snails were stressed with 5 ppm Cd. The dark lines report the means of 4 replicates, the respective standard deviations are also reported.

individuals. This confirms the findings which indicate that long term exp. of *Murex* to 50 ppb Cd results in elevated ($\dot{V}O_2$) compared with untreated animals. During the second part of respirometry experiment, after the acute Cd shock of 5 ppm for 60 h, again clear differences between the two groups appear. In both controls and pre-exp. animals ($\dot{V}O_2$) drops down. In the latter animals, however, the mean level of ($\dot{V}O_2$) remains somewhat elevated compared with controls. Moreover, the slope of decrease is more pronounced in pre-exp. animals (Fig. 1). The respiration rates of both groups seem to recover to a certain extent as the Cd treatment of 5 ppm persists. G75 profiles showed that in untreated controls, most of the Cd is bound to the Mt-like proteins. After the acute Cd shock, both controls and pre-exp. animals show a remarkable increase of Cd in high molecular weight fractions.

In conclusion the clear differences between the two groups appearing on the level of ($\dot{V}O_2$) do not correspond with results on the biochemical level. This is true also for the enzyme activities: there were no differences in activities of alkaline phosphatase and pyruvate kinase between both cadmium-stressed controls and pre-exp. molluscs.

REFERENCES

U. BERGMEYER (ed.) - 1970 - Methoden der enzymatischen Analyse. Bd. II, Verl. Chemie, 1970.

M.M. BRADFORD - 1976 - A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analyt. Biochem.*, *72*, 248-254.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	571-572	1986

ADAPTATION TO ACUTE CADMIUM STRESS BY *MUREX TRUNCULUS*

R. Dallinger, J. Dalla Via and E. Carpenè*

Institute of Zoology, University of Innsbruck, Austria - *Institute of Biochemistry, Fac. Vet. Med., University of Bologna, Italy

Key words: *Murex*, cadmium, metallothionein, acute stress.

INTRODUCTION

It is known that in certain species of marine molluscs Cd may induce the synthesis of "proteins similar to metallothionein" (PSMt). There are some indications that this protein may play an important role in the protection of organisms against harmful effects of heavy metals. In this work we have investigated, after sublethal exposure to Cd, the eventual presence of Cd-binding proteins and the oxygen consumption in *Murex trunculus*.

MATERIALS AND METHODS

Specimens of *Murex trunculus* from the Adriatic Sea were transferred to the Centro Universitario Risorse Biologiche Marine in Cesenatico, Italy, and reared with sea water at a temperature of 22°C. In order to assess the ranges of lethal and sublethal Cd concentrations, the molluscs were exposed to the metal (0.05-20 ppm) for 96 h. Subsequently for each experiment, 8 animals were punt into the chambers of intermittent-flow respirometers (Dalla Via, 1986). After acclimation, the animals were pre-exposed to a Cd concentration of 50 ppb for about 15 h. This concentration was chosen according to the data derived from LC50. After pre-exposure the snails were stressed with an acute Cd shock of 5 ppm. Individuals without preexposure to Cd were used as controls. *Hepatopancreas and kidney from exposed and control animals* were homogenized in Tris-HCl buffer (10 mM, pH 8.5), in presence of protease inhibitors. Subsequently the samples were centrifuged for 20 min at 18,000 rpm; supernatants were collected and centrifuged again for 1 h at 36,000 rpm. The cytosols were applied to a calibrated Sepadex G75 column and eluted with Tris-HCl buffer. The resultant Cd-binding proteins (low molecular weight) were subjected to further purification by DEAE ion exchange chromatography. The fractions containing the Cd peak were analyzed for the amino acid composition.

RESULTS AND DISCUSSION

From LC50 results it appeared that the snails are tolerant to high levels of Cd: they begun to die only at a concentration of 10 ppm. Oxygen mo-

nitoring showed that in control animals a remarkable drop of oxygen consumption occurred after an acute Cd shock of 5 ppm. This indicated that animals were strongly affected by the Cd shock. In contrast, snails which had been pre-exposed to 50 ppb Cd for about 15 h, were not affected in their respiration rate after the subsequent shock of 5 ppm. It seems, that their oxygen consumption may even be somewhat elevated. In Fig. 1 chromatographic elution patterns (Sephadex G75) obtained from the hepatopancreas and kidney of Cd exposed animals are shown. The possible presence of Mt is indicated by the Cd peak at a molecular weight of about 12,000 and the low absorption of this fraction at 280. Preliminary results of amino acid analysis prove that it could consist mainly of Mt or of PSMt. It must be observed, however, that control animals without Cd treatment also possessed considerable amounts of Cd in the low molecular fractions, after gel chromatography.

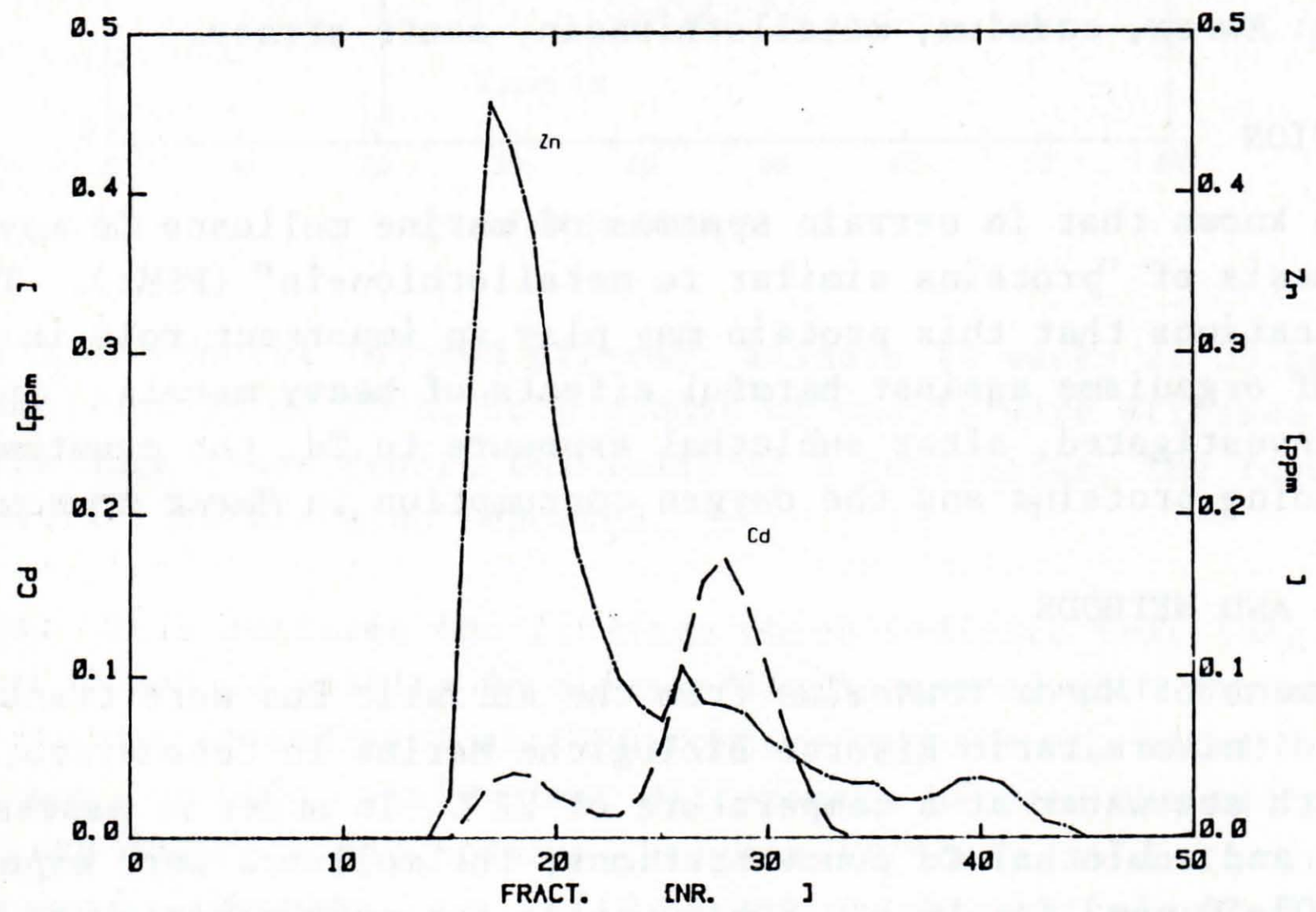


Fig. 1 - Sephadex G75 pattern of cytosols from *Murex trunculus*, which had been exposed to 50 ppb Cd for 18 days.

It is a point of discussion now, whether the response in oxygen consumption of preexposed snails may be due to a protective effect of Mt or not; as shown by other authors and for other species, the synthesis of Mt may be induced by Cd within a few hours after exposure (Hamer, 1986).

REFERENCES

G.J. DALLA VIA - 1986 - Salinity responses in brackish water populations of the freshwater shrimp *Palaemonetes antennarius*. I. Oxygen consumption. *Comp. Biochem. Physiol.* (submitted).

D.H. HAMER - 1986 - Metallothionein. *Ann. Rev. Biochem.*, *55*, 913-951.

C.H.W. HIRS - 1967 - Determination of cysteine and cysteic acid. In: C.H.W. Hirs, *Methods in Enzymology*, Vol. XI. Academic Press, pp. 59-62.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	573-574	1986

DIFFERENZA DI POTENZIALE TRANSEPITELIALE IN BRANCHIE DEL CROSTACEO DECAPODE CARCINUS MEDITERRANEUS DELLA LAGUNA DI VENEZIA: PRIME OSSERVAZIONI SUGLI EFFETTI DI POLICLOROBIFENILI.

L. Dalla Venezia, D. Siebers°, G. Campesan e A. Menetto

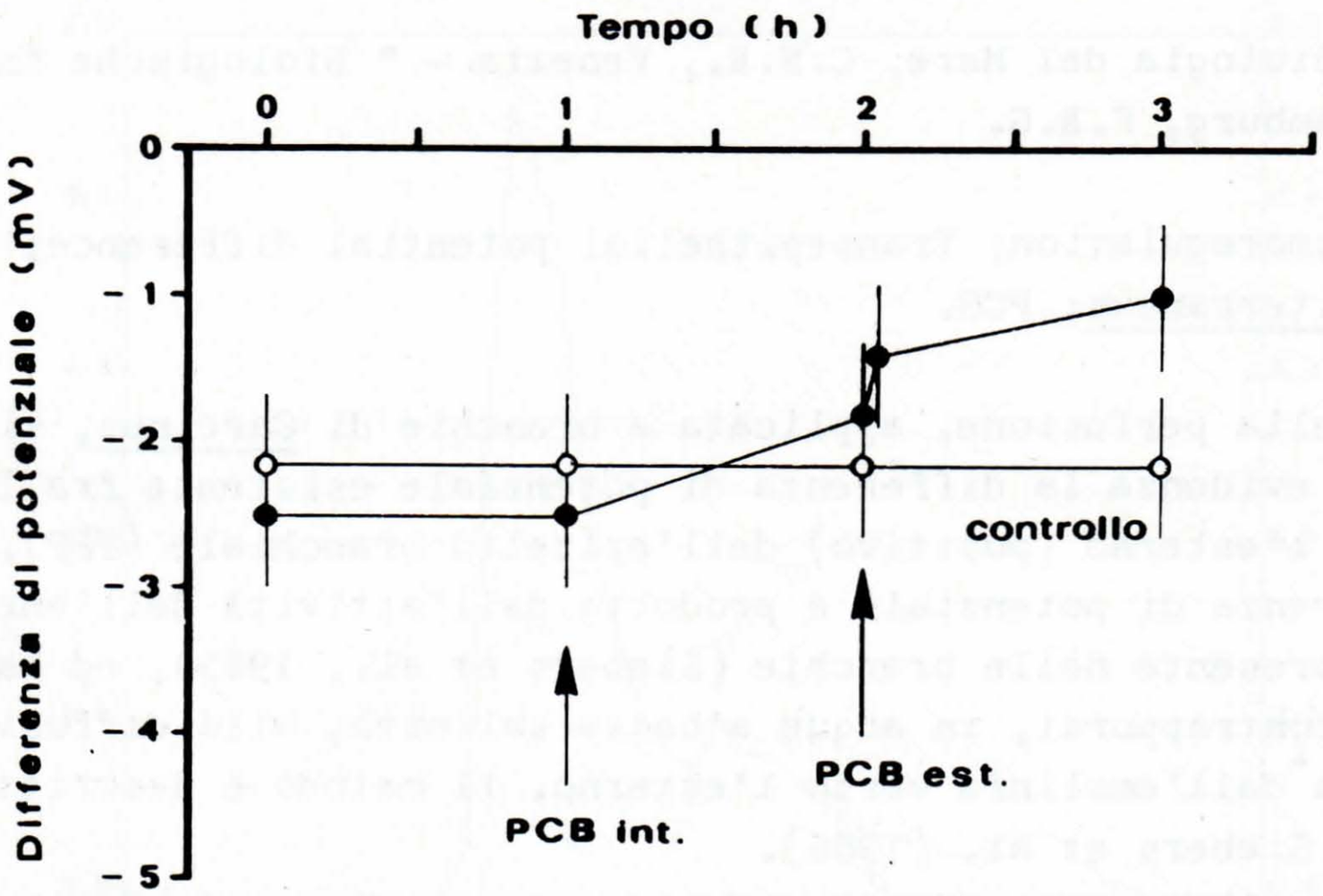
Istituto di Biologia del Mare, C.N.R., Venezia - ° Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg, F.R.G.

Key words: Osmoregulation; Transepithelial potential difference; Gills; Carcinus mediterraneus; PCB.

La tecnica della perfusione, applicata a branchie di Carcinus, si presta a mettere in evidenza la differenza di potenziale esistente fra l'interno (negativo) e l'esterno (positivo) dell'epitelio branchiale (TEP). Questa differenza di potenziale è prodotta dall'attività dell'enzima Na-K-ATPasi presente nelle branchie (Siebers et al., 1985), ed ha la funzione di contrapporsi, in acque a bassa salinità, alla diffusione passiva di ioni Na^+ dall'emolinfa verso l'esterno. Il metodo è descritto in dettaglio da Siebers et al. (1986).
Si presentano qui i risultati di uno studio preliminare condotto su esemplari di Carcinus mediterraneus, pescati in una stazione della laguna di Venezia, la cui salinità era di circa 34‰ e la temperatura di 5°C.
La tabella seguente riporta i valori di TEP dopo un'ora dall'inizio dello esperimento, per coppie di branchie simmetriche, l'osmolalità della emolinfa e i giorni di acclimatazione in acquario a 18°C e 10‰S = 294 mOsm/kg. I valori sono espressi come media ed errore standard.

Numero esemplari	Acclimatazione (giorni)	TEP (mV) br. sin.	TEP (mV) br. dex.	Osmolalità (mOsm/kg)
3	0	-1,87±0,18	-1,40±0,31	878,67±21,18
4	3-5	-2,70±0,44	-1,20±0,25	843,50±17,39
8	11-15	-1,26±0,17	-1,41±0,25	844,75±51,48
5	19-21	-1,06±0,12	-1,00±0,18	810,60±47,40

La differenza di potenziale transepiteliale è un parametro fisiologico che si presta per uno studio degli effetti subletali di sostanze inquinanti su alcune specie di crostacei. A questo scopo sono stati scelti alcuni esemplari di Carcinus mediterraneus, le cui branchie davano potenziali negativi di -2,5 ± 0,5 e su di essi è stato osservato l'effetto di Aroclor 1254, una miscela commerciale di policlorobifenili. Il grafico riporta i valori medi e le deviazioni standard di: TEP iniziale di cinque branchie in acqua a 16‰ S interna ed esterna; TEP dopo sostituzione dell'acqua di perfusione con una sospensione di 1 mg/l PCB (PCB int.); TEP dopo sostituzione dell'acqua esterna con analoga sospensione di PCB (PCB est.). La branchia simmetrica di ciascuno dei granchi saggiati, che serviva di controllo, manteneva invece invariato il potenziale di partenza.



Questi risultati permettono di avanzare l'ipotesi che Aroclor 1254 interferisca in qualche modo con la cosiddetta "pompa del sodio", che è un meccanismo di primaria importanza nell'osmoregolazione degli animali marini e lagunari. Un effetto analogo, sia pure molto più marcato, si era osservato in Carcinus maenas, usando ouabaina e NaCN (Siebers et al., 1986).

Bibliografia

D. Siebers, A. Winkler, C. Lucu, G. Thedens e D. Weichart -1985- Na-K-ATPase generates an active transport potential in the gill of the hyperregulating shore crab Carcinus maenas - Mar. Biol. 87, 185-192.

D. Siebers, C. Lucu, A. Winkler, L. Dalla Venezia, H. Wille - 1986 - Active uptake of sodium in the gills of the hyperregulating shore crab Carcinus maenas. - Helgoländer Meeresunters. 40, 151-160.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	575-576	1986

METABOLISMO ENERGETICO DURANTE L'ANAEROBIOSI ED IL RECUPERO NEL MUSCOLO ADDUTTORE POSTERIORE DI SCAPHARCA INAEQUIVALVIS

G. Isani, O. Cattani, S. Tacconi, E. Carpené e P. Cortesi

Istituto di Biochimica, Facoltà di Medicina Veterinaria
Università di Bologna

Key words: Anaerobic metabolism; Recovery; Bivalve Molluscs.

Il metabolismo anaerobico nei Molluschi Bivalvi è caratterizzato da alcune modificazioni che comportano una produzione energetica più efficiente rispetto ai Vertebrati ed una riduzione dell'intensità metabolica (1). Queste modificazioni includono la presenza di specifiche piruvato ossidoreduttasi che portano a caratteristici prodotti finali diversi dal lattato, la conversione del piruvato ad alanina tramite transaminazione; vie specifiche che portano alla formazione di succinato e propionato ed infine modificazioni strutturali e funzionali della piruvato cinasi.
I molluschi sono stati tenuti in acqua di mare deossigenata per periodi variabili tra 0 e 96 ore. E' stato studiato inoltre il recupero dopo 24 ore di anaerobiosi. Successivamente sono stati determinati nel muscolo adduttore posteriore i prodotti finali specifici del metabolismo anaerobico, le riserve energetiche, l'attività della piruvato cinasi e le sue caratteristiche molecolari e cinetiche.
I principali prodotti dell'anaerobiosi ambientale nel muscolo adduttore posteriore di S.inaequivalvis sono alanina e succinato, inoltre si accumulano anche octopina e strombina+alanopina, confermando il funzionamento delle rispettive piruvato ossidoreduttasi, mentre si ha una diminuzione dei livelli di ATP, fosfoarginina e aspartato. Tra i prodotti finali manca completamente il lattato che è il prodotto tipico dell'anaerobiosi nei Vertebrati (**Tab. 1**).
Il metabolismo si adatta all'anaerobiosi in due fasi: durante la fase iniziale, che dura in S.inaequivalvis circa 10-24 ore, si manifestano le maggiori variazioni della concentrazione delle riserve energetiche, dei substrati (tranne il glicogeno, la cui concentrazione comincia a diminuire solamente dopo 24 ore, cioè quando il pool endogeno di aspartato è prossimo ad esaurirsi) e dei prodotti finali; il succinato deriva completamente dall'aspartato per transaminazione e non è funzionante la via glicolitica alternativa della fosfoenolpiruvato carbossicinasi.
Durante la fase stazionaria, caratterizzata da una notevole diminuzione

Ore	Glic	ATP	P-Arg	Asp	Ala	Suc	Oct	Str+Aln
0-96 ANA	-0,69	-1,21	-1,08	-4,44	+6,84	+3,46	+0,52	+0,78
0-24 ANA	----	-1,14	-0,69	-6,14	+5,50	+2,20	+0,33	+0,50
0-24 REC	----	+0,68	+0,41	+3,06	-5,47	-2,31	-0,11	-0,40

Tab. 1 Variazioni della concentrazione di riserve e prodotti finali durante l'anaerobiosi ed il recupero nel muscolo adduttore posteriore di S.inaequivalvis. Glic, glicogeno; P-Arg, fosfoarginina; Asp, aspartato; Ala, alanina; Suc, succinato; Oct, octopina; Str+Aln, strombina+alanopina. I valori sono espressi in umol/g di peso fresco.

dell'intensità metabolica, mentre il glicogeno presenta una evidente diminuzione, la concentrazione degli altri metaboliti tende a stabilizzarsi, indicando che è stata raggiunta una situazione di equilibrio; in questa fase il succinato dovrebbe derivare in buona parte dal glicogeno.

Durante il recupero le variazioni delle concentrazioni di riserve energetiche, substrati e prodotti finali sono inverse a quelle riscontrate durante l'anaerobiosi, con tempi e modalità differenti a seconda del composto (**Tab. 1**). Infatti il recupero delle riserve di ATP, fosfoarginina e aspartato non è completo, neppure dopo 24 ore, a differenza di quanto accade nella maggior parte dei Bivalvi dei mari nordici. Il succinato viene eliminato invece in tempi molto brevi (4 ore) in seguito alla riattivazione dei processi di respirazione mitocondriale, mentre l'alanina richiede 24 ore per ritornare ai livelli di controllo.

Durante l'anaerobiosi sono state inoltre evidenziate variazioni dell'attività della piruvato cinasi: in contrasto con quanto avviene in Mytilus edulis l'enzima di S.inaequivalvis presenta un notevole aumento (9 volte) della K_m per il fosfoenolpiruvato e soltanto un picco di attività dopo cromatografia a scambio ionico. Inoltre sono stati evidenziati due picchi di attività dopo gelfiltrazione su Sephacryl S-300 (nel mitilo uno solo): il primo, caratterizzato da un peso molecolare più elevato, è dominante negli animali aerobici, il secondo, con peso molecolare apparente più basso, diventa più evidente negli animali sottoposti ad anaerobiosi.

Queste differenze fanno supporre che in S.inaequivalvis, a differenza del mitilo durante l'anaerobiosi ,non siano attivi meccanismi di regolazione della piruvato cinasi tramite fosforilazione-defosforilazione, mentre potrebbe funzionare un meccanismo di regolazione tramite variazioni dello stato di aggregazione dell'enzima.

In conclusione S.inaequivalvis, a differenza di Venus gallina (2), sembra ben adattata ad un metabolismo di tipo anaerobico essendo dotata di una notevole flessibilità metabolica (formazione di molteplici prodotti finali e regolazione dell'attività della piruvato cinasi, un enzima chiave della glicolisi) che può collegarsi ad una lunga sopravvivenza in assenza di O_2.

(1) de Zwaan A. and Dando P. R. (1984) Molecular Physiology 5, 285-310.
(2) Isani G. (1987) Tesi Dottorato in Biochimica, Università di Bologna.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	577-579	1986

EFFETTO DELLA COMPOSIZIONE AMMINOACIDICA DELLA DIETA SULLA FUNZIONALITA' DELLE PREPARAZIONI POLISOMIALI DI FEGATO DI BRANZINO (Dicentrarchus labrax).

S. Bettuzzi, G.P. Serrazanetti*, P. Davalli**, A. Corti, R. Viviani*

Istituti di Chimica Biologica dell'Università di Modena e Parma** e di Biochimica dell'Università di Bologna*.

Key words: Polyribosomes profiles; Protein synthesis; D.labrax.

E' noto che l'andamento dei profili di preparazioni polisomiali frazionate su gradiente di saccarosio e l'efficienza di incorporazione in vitro di amminoacido marcato nelle catene polipeptidiche nascenti di queste preparazioni rappresentano una valida misura dell'attività di sintesi proteica nel tessuto considerato (1). Misure di questo tipo si prestano, pertanto, a precise valutazioni comparative dell'effetto di diete di varia composizione sull'accrescimento corporeo dell'animale (2).
Nei nostri esperimenti abbiamo usato branzini alimentati con due diverse diete aventi quantitativamente lo stesso contenuto proteico, ma diversa composizione amminoacidica. Nella dieta S la fonte proteica era rappresentata dal 70% di farina di aringhe; la dieta A_3 a parità degli altri componenti, era costituita da una miscela di farina di aringhe (43%) e caseina (28%). Gli animali ricevevano le diete suddette per un periodo di due mesi (maggio e giugno), al termine del quale venivano sacrificati.
Il materiale polisomiale veniva estratto omogeneizzando il fegato in presenza di inibitori dell'attività nucleasica endogena e centrifugando su gradiente discontinuo di saccarosio. La preparazione così ottenuta era usata per valutare l'efficienza dell'incorporazione in vitro di amminoacido marcato e per analizzare, su gradiente continuo di saccarosio, lo stato di aggregazione dei polisomi (3).
I risultati dimostrano che nei profili di densità ottica ottenuti da branzini alimentati con la dieta S, prevalgono nettamente le frazioni polisomiali pesanti.
I profili degli animali che avevano ricevuto la dieta A_3 mostrano, al contrario, una netta prevalenza delle frazioni polisomiali leggere e delle subunità ribosomiali (fig. 1, Tab. 1).

Tab . 1 - Effetto della dieta A e della dieta S sulla distribuzione percentuale delle frazioni ribosomiali.

	DIETA	
	A	S
Subunità	7,9	1,9
Mono e disomi	40,4	28,7
Polisomi	57,9	70,2

In accordo con questi dati anche l'attività di incorporazione di amminoacido marcato è nettamente superiore nelle preparazioni ribosomiali ottenute da branzini alimentati con la dieta S rispetto a quelli che avevano ricevuto la dieta A (fig. 2).
Queste ricerche indicano che un diverso bilancio nutritivo di amminoacidi essenziali non ha soltanto effetto su diversi parametri biometrici ed enzimatici, ma anche sui meccanismi molecolari della sintesi proteica.

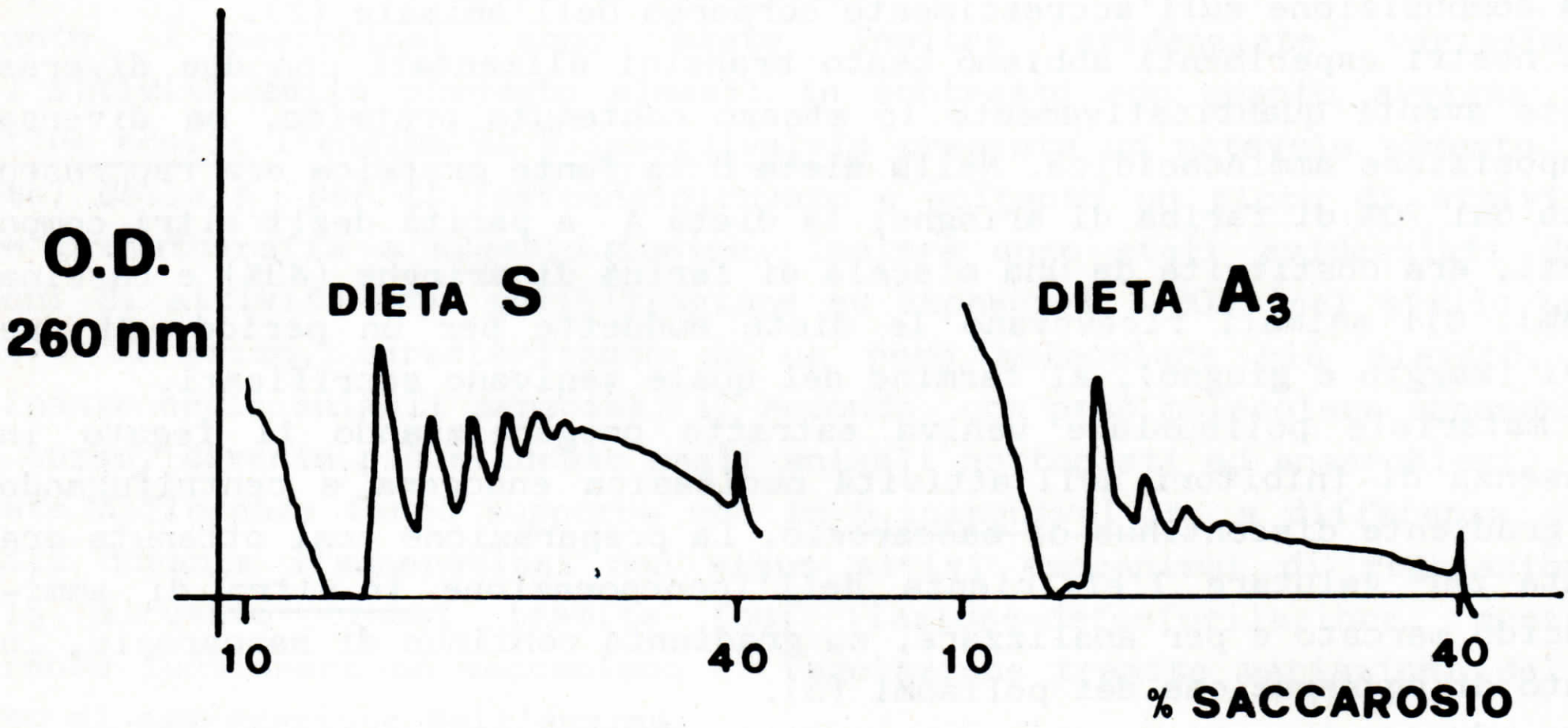


Fig. 1 - Profili di estratti ribosomiali di fegati di branzini alimentati per 60 gg con due diete di diversa composizione amminoacidica. Il frazionamento è ottenuto centrifugando su gradiente continuo di saccarosio (10-40%) aliquote di sospensione ribosomiale corrispondenti a 10 unità di densità ottica a 254 nm.

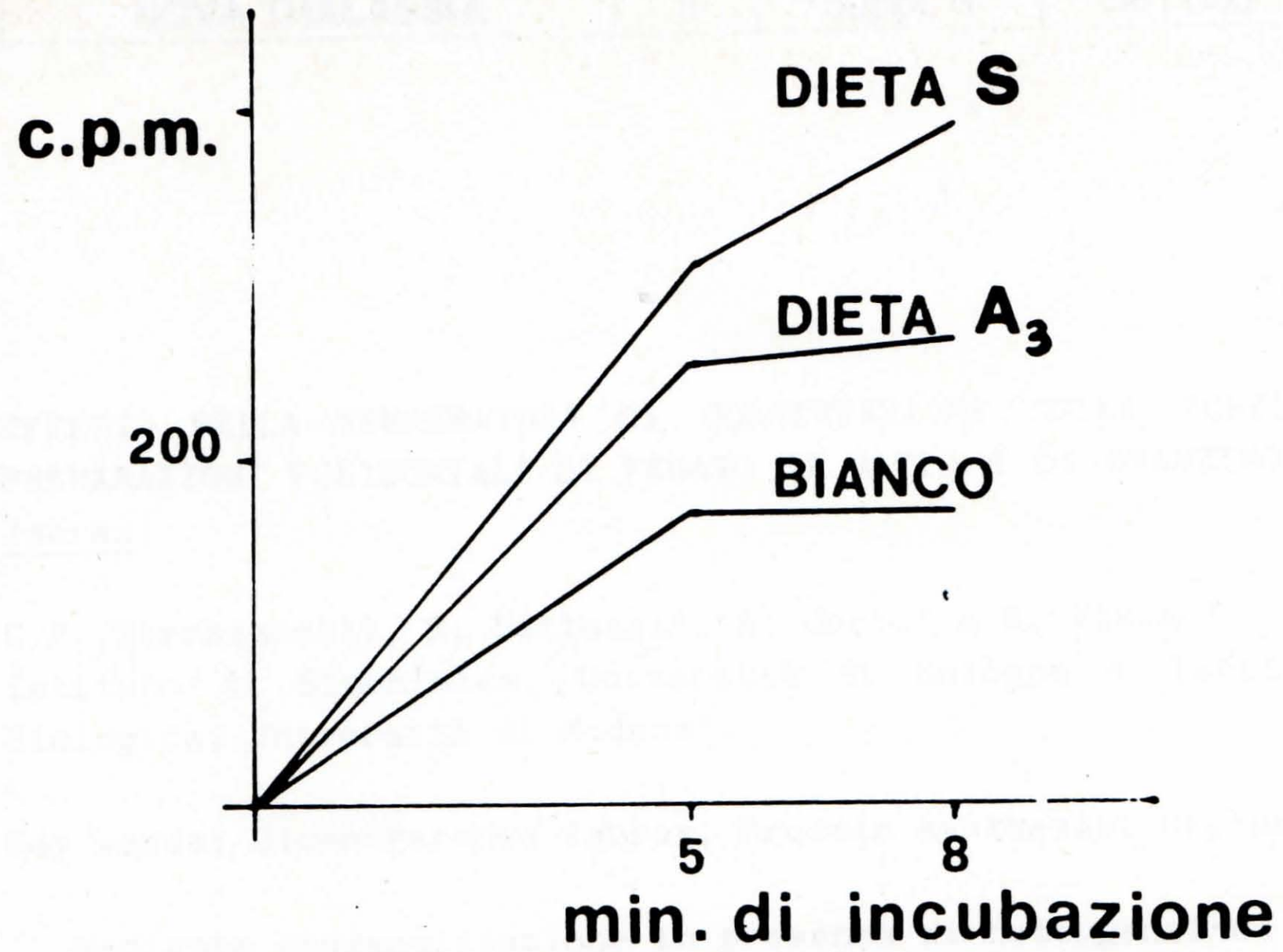


Fig. 2 - Effetto della dieta A_3 e della dieta S sull'incorporazione di fenilalanina ^3H nella frazione acido-precipitabile di preparazioni ribosomiali di fegati di branzini.

Bibliografia

YOKOGOSHI H., SAKUMA Y. e YOSHIDA A. (1980) - Relationships between nutritional quality of dietary proteins and hepatic polyribosome profiles in rats - J. Nutr., 110, 383-387.

VON DER DECKEN A. (1983) - Experimental studies on the quality of food proteins - Comp. Biochem. Physiol., 74B, 213-220.

DICKSON A.J. e ROGSON C.J. (1980) - Polyribosomes in isolated liver cells Biochem. J., 186, 35-45.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	581-583	1986

EFFETTO DELLA TEMPERATURA DI CONSERVAZIONE SULLA FUNZIONALITA' DELLE PREPARAZIONI POLISOMIALI DI FEGATO DI RATTO E DI BRANZINO (Dicentrarchus labrax)

G.P. Serrazanetti, S. Bettuzzi*, A. Corti* e R. Viviani.
Istituto di Biochimica, Università di Bologna e Istituto di Chimica Biologica, Università di Modena*.

Key words: Dicentrarchus labrax, Protein synthesis, Cryopreservation.

Mediante omogeneizzazione in presenza di detergenti ed inibitori delle attività ribonucleasiche endogene ed ultracentrifugazione su gradiente discontinuo di saccarosio è possibile ottenere preparazioni polisomiali da tessuti animali (1). Questo materiale può essere usato per studi di incorporazione in vitro di amminoacido marcato nelle catene polipeptidiche nascenti, oppure può essere frazionato in funzione della complessità degli aggregati (numero di ribosomi per molecola di RNA messaggero) centrifugando su gradiente continuo di saccarosio. La distribuzione degli aggregati può essere analizzata mediante misura dell'assorbimento a 254 nm. Si ottengono così caratteristici profili di densità ottica con picchi distinti per le unità polisomiali di varie dimensioni (2).
L'efficienza dell'incorporazione di amminoacido e l'abbondanza delle frazioni più pesanti nei profili polisomiali consentono di valutare l'attività di sintesi proteica nel tessuto studiato (3).
Per poter condurre questo tipo di ricerca in branzini (Dicentrarchus labrax) che sono spesso allevati in sedi lontane da laboratori, è indispensabile sapere se la conservazione dei tessuti abbia influenza sulle successive determinazioni. Pertanto sono stati confrontati nel branzino e, per comparazione, nel ratto, i profili polisomiali e le attività di incorporazione di amminoacido marcato in preparazioni ottenute da:
1) tessuto epatico fresco, 2) congelato in azoto liquido, 3) conservato a -80°C oppure, 4) a -20°C.
La conservazione in azoto liquido sia per il fegato di ratto che di branzino appare la più adatta a mantenere le caratteristiche dei profili che si ottengono dal tessuto fresco (Fig. 1). Ciò è confermato dai livelli di distribuzione percentuale delle diverse frazione ribosomiali (Tab. 1).
Per quanto riguarda l'attività di incorporazione di amminoacido marcato, le preparazioni ottenute dal fegato di ratto conservato in N_2 liquido mostrano la massima efficienza, dando valori assai simili a quelli ottenuti dal tessuto fresco (Fig. 2).

Tab. 1 - Effetto della temperatura di conservazione del fegato di ratto e di branzino sulla distribuzione percentuale delle frazioni ribosomiali.

	RATTO			BRANZINO		
	SUBUNITA'	MONO-DISOMI	POLISOMI	SUBUNITA'	MONO-DISOMI	POLISOMI
Fresco	1,4	15,5	83,1	2,5	25,1	72,4
- 20°C	1,8	29,1	69,1	2,3	20,4	77,3
- 80°C	1,6	27,2	71,2	2,4	22,5	75,1
N liq.	1,0	16,8	82,2	2,0	25,6	72,4

Lo stesso comportamento è stato osservato con il fegato di branzino, anche se l'efficienza di incorporazione di amminoacido nei polisomi di questo tessuto è minore che nel ratto (Fig. 2). Ciò è probabilmente dovuto al fatto che nella traduzione in vitro sono stati utilizzati enzimi solubili eterologhi, ottenuti cioè da fegato di ratto.

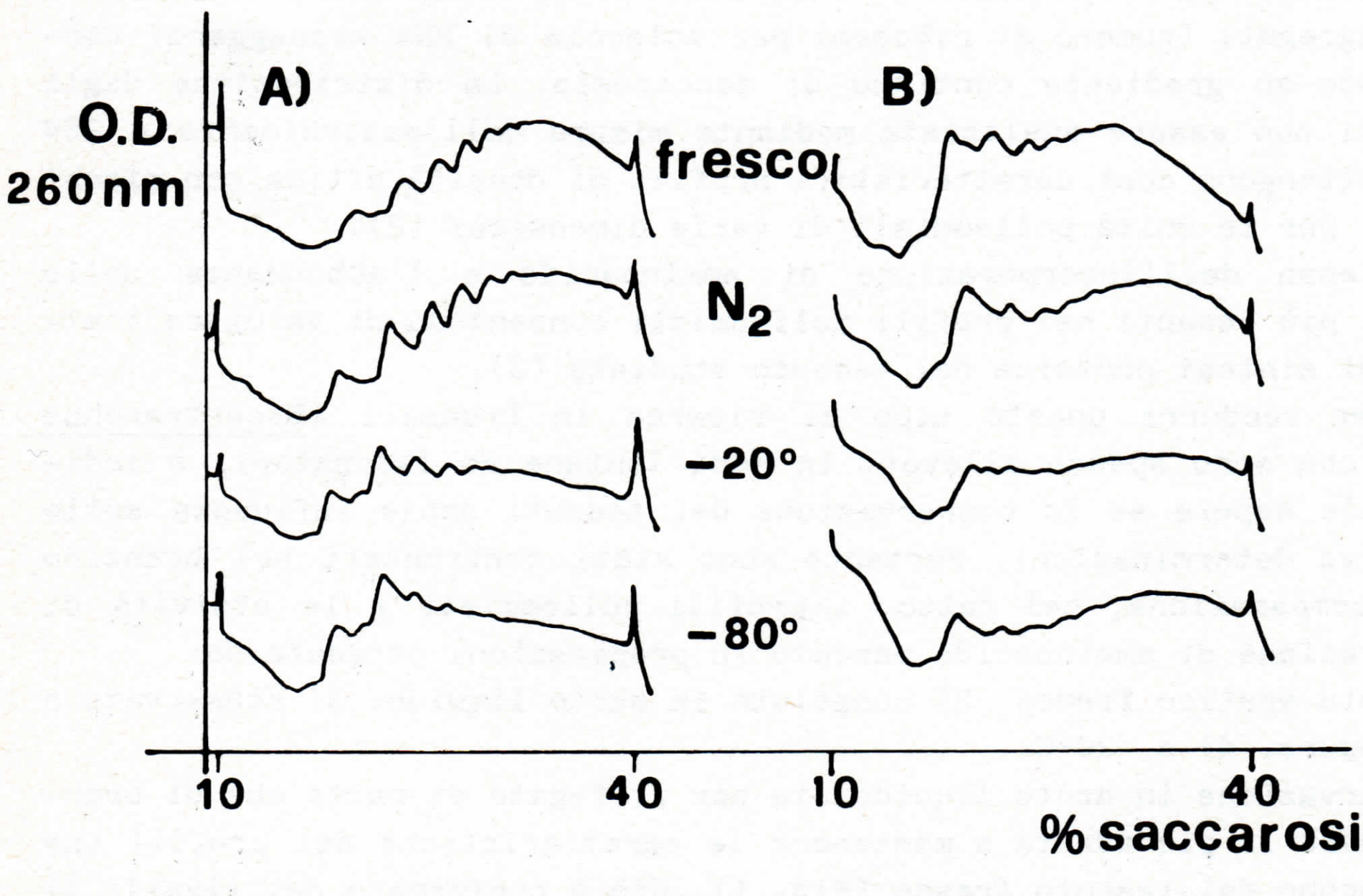


Fig. 1 - Effetto della temperatura di conservazione del tessuto sui profili polisomiali di fegato di ratto (A) e di branzino (B).
I profili sono ottenuti stratificando su gradiente continuo di saccarosio (10-40%) una quantità di estratto ribosomiale equivalente a 6 unità di densità ottica a 254 nm.

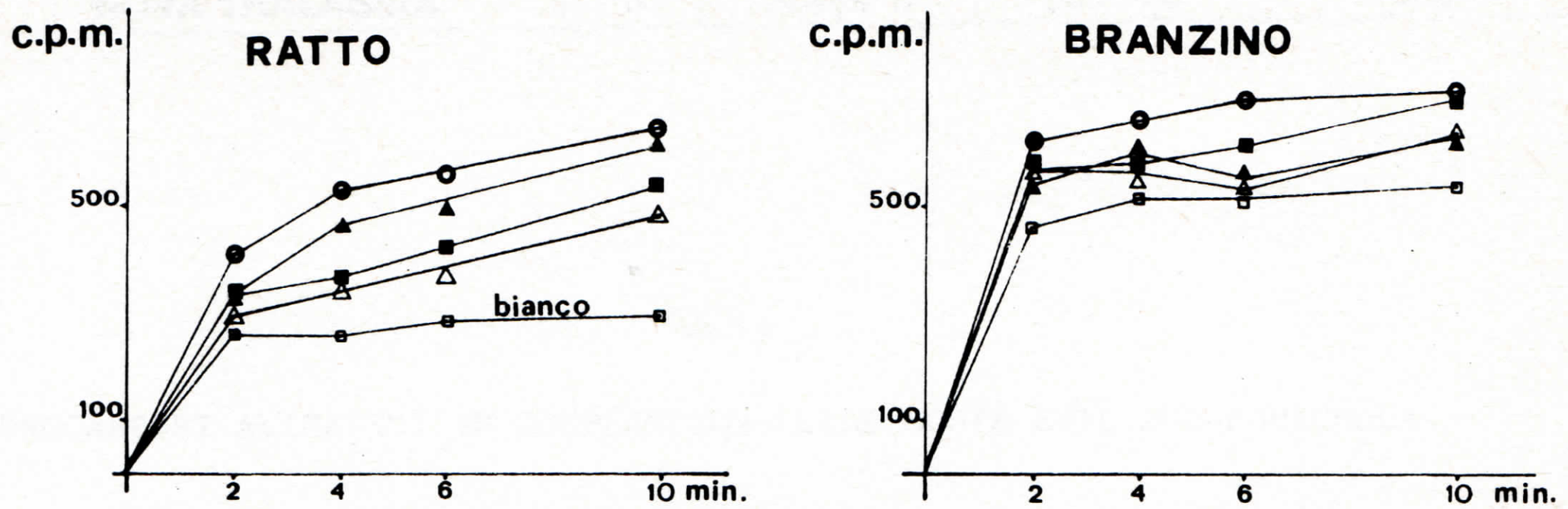


Fig. 2 - Radioattività incorporata nella frazione acido-precipitabile in preparazione ribosomiali incubate in presenza di fenilalanina H ottenute da fegati di ratto (a) e di branzino (b) freschi (▲——▲), conservati in azoto liquido (O——O), a -80°C (■——■) e a -290°C (Δ——Δ).

Bibliografia

1) Dickson A.J. e Pogson C.I. (1980) - Polyribosomes in isolated liver cells - Biochem. J. 186, 35-45.
2) Lied E., Lund B. e Von der Decken A. (1982) - Protein synthesis in vitro by epaxial muscle polyribosomes from cod, Gadus morhua - Comp. Biochem. Physiol. 72B, 187-193.
3) Von der Decken A. (1983) - Experimental studies on the quality of food proteins - Comp. Biochem. Physiol. 74B, 213-220.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	585-588	1986

IDROCARBURI ALIFATICI IN ZOOPLANCTON DELLA COSTA EMILIANO-ROMAGNOLA

G.P. Serrazanetti, O. Cattani, L.S. Conte*

Istituto di Biochimica e Istituto di Chimica Agraria* dell'Università di Bologna.

Key words: Aliphatic hydrocarbons; Zooplancton; Adriatic sea.

Lo zooplancton, insieme al fitoplancton, giuoca un importante ruolo nella catena trofica marina e rappresenta la maggior parte della biomassa presente nel mare.
Questi organismi sono di particolare interesse come fonte potenziale di una cospicua quantità e varietà di idrocarburi naturali i quali possono da essi essere trasferiti all'ambiente acquatico ed ai sedimenti.
Considerata la necessità di una maggiore conoscenza sui livelli di idrocarburi nelle regioni costiere e la scarsità di dati relativi alla presenza di idrocarburi di origine recente o fossile nel Mare Adriatico, si è condotta una ricerca nel corso della quale si sono determinati gli idrocarburi alifatici dal n-C_{14} al n-C_{30}.
I campioni sono stati raccolti nel mese di settembre in due stazioni situate rispettivamente a 3 Km (staz. 1) e a 6 Km (staz. 2) dalla costa emiliano-romagnola, al largo di Cesenatico, mediante un retino modello Bongo 20 (dotato di due reti con maglia di 236 e 325 µm). Il materiale ottenuto è stato riunito, filtrato e conservato a -20°C fino all'effettuazione delle analisi. Le aliquote che sono state utilizzate per le determinazioni sistematiche dei campioni hanno mostrato una netta prevalenza di Cladoceri (84-91%) e Copepodi (13-6%) (Tab. 1).

Tab. 1 - Composizione qualitativa e quantitativa dello zooplancton della costa emiliano-romagnola.

Staz.	Cladoceri	Copepodi	Larve invertebrati	Ittioplancton	Altri
1	84,1	12,6	0,9	2,2	0,2
2	91,0	6,1	1,1	1,6	0,1

Tab.2 - Frazione lipidica dello zooplancton della costa emiliano-romagnola

	Staz. 1	Staz. 2
Rapporto peso secco peso umido	10,1	9,2
Lipidi totali (% peso secco)	9,8	9,1
Insaponificabile (% peso secco)	2,1	2,2
Idrocarburi (% lipidi)	0,26	0,37
Idrocarburi (µg/g peso secco)	259	341

Dopo estrazione dei lipidi totali, secondo Bligh e Dyer (2) e dell'insaponificabile (Tab. 2), gli idrocarburi si sono separati per mezzo di cromatografia su strato sottile e determinati mediante gascromatrografia utilizzando il n-C_{24} come standard interno (fig. 1). Condizioni sperimentali: colonna capillare di vetro di 25 m ricoperta di SE 52; spessore del film 0,4 µm; temperatura della colonna: programmata da 130 a 290°C con incrementi di 5°C/min.; iniezione splitter, rapporto di splittaggio 1:60; flusso del gas di trasporto (He) 1,8 ml/min..

I livelli degli idrocarburi totali ottenuti (tab. 2) sono compresi tra quelli ottenuti in altre aree di mare con le medesime caratteristiche (3) Dall'esame dei singoli idrocarburi identificati (tab. 3) è stato possibile osservare in entrambi i campioni analizzati la prevalenza di una olefina a 17 atomi di carbonio (23,4-32,9% degli idrocarburi totali). Accanto a questa è da sottolineare la presenza, in elevate quantità, dei n-alcani a 15 (16,8-21,1%) e a 17 (9,4-5,0%) atomi di carbonio nonchè dell'idrocarburo isoprenoide pristano (2,9-5,2%) (fig. 2).

Le olefine a 17 atomi di carbonio, insieme al n-C_{15} ed al n-C_{17} sono state frequentemente isolate come principali idrocarburi del fitoplancton. Questi composti si ritrovano normalmente anche nello zooplancton, accompagnati dal pristano, di cui alcune specie sono in grado di effettuare la sintesi a partire dal fitolo (4).

Questi idrocarburi sono comunemente considerati il prodotto di sintesi biochimiche recenti operanti negli organismi.

L'assenza, accanto ad essi, sia della miscela complessa non risolta (U.C.M.), che testimonierebbe la presenza di cicloalcani, sia della serie dei n-alcani pari e dispari in quantità equivalenti, permette di escludere, per i nostri campioni, una evidente contaminazione di idrocarburi fossili presenti nel petrolio.

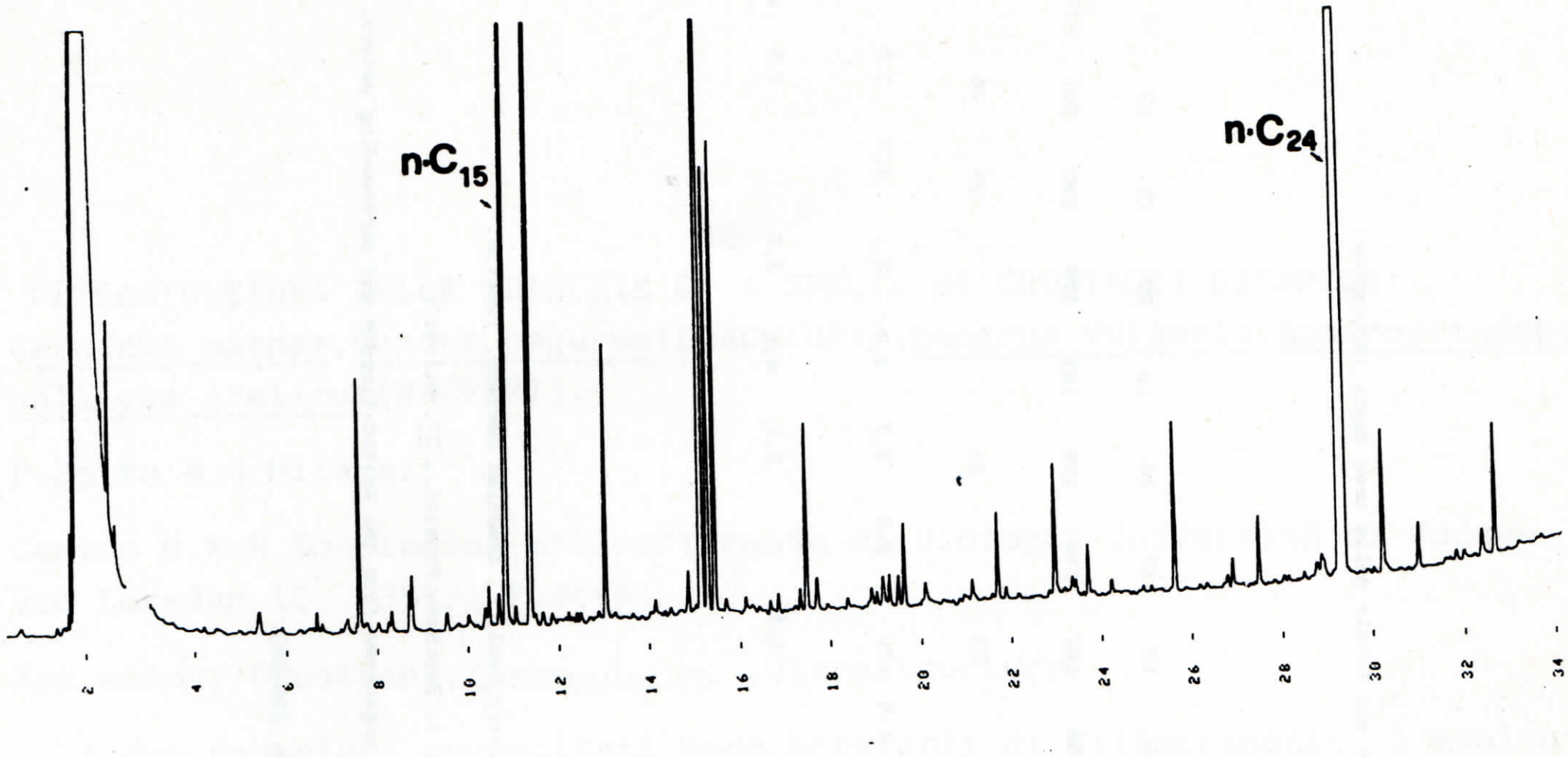


Fig. 1 - Tracciato gascromatografico della frazione idrocarburica dell'insaponificabile di zooplancton.

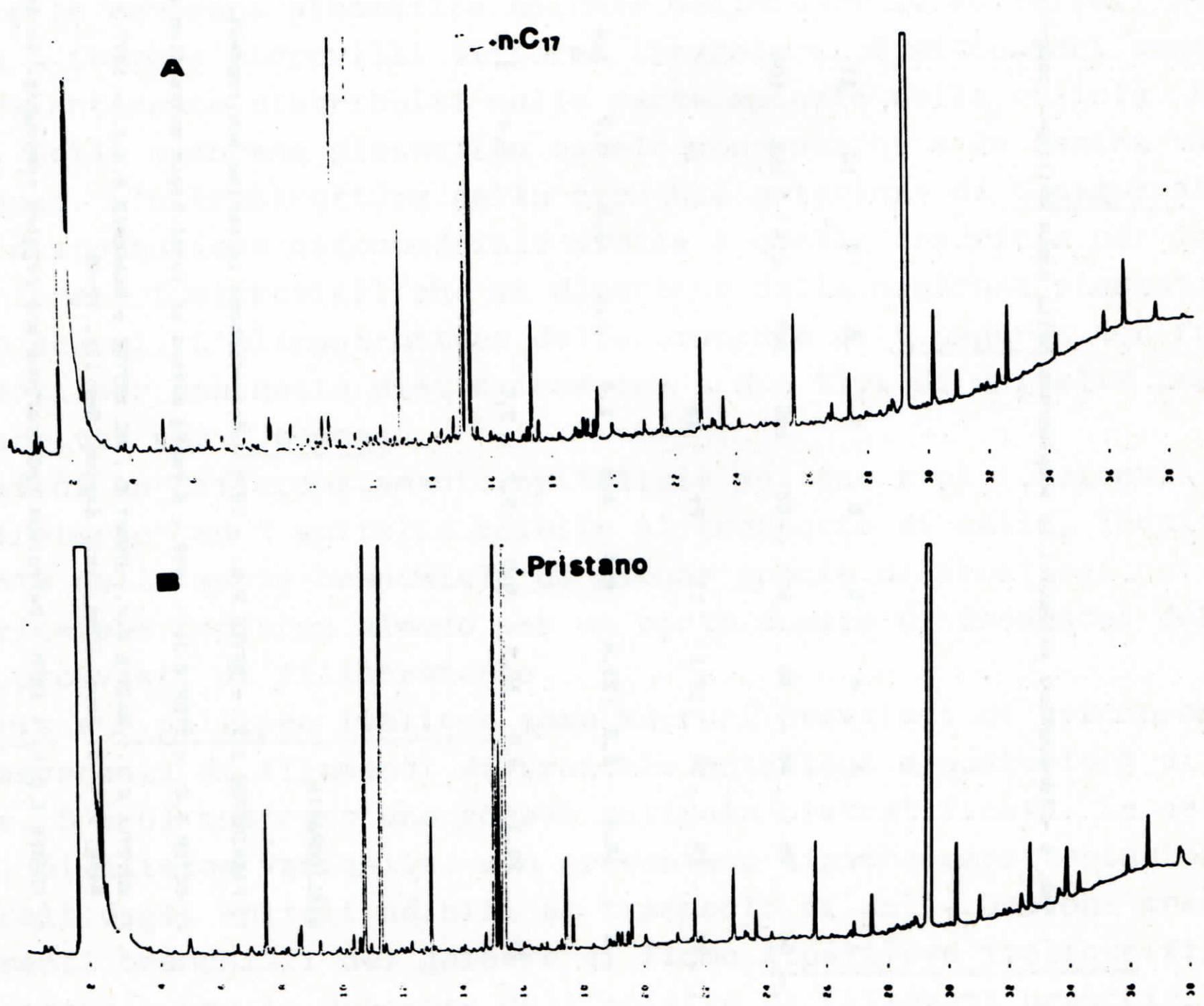


Fig. 2 - Identificazione in un campione di zooplancton (Fig. 1) di $n\text{-}C_{17}$ (a) e pristano (b) col metodo delle aggiunte.

Tab. 3 - Idrocarburi alifatici in zooplancton della costa emiliano-romagnola (valori espressi in % sul totale delle aree degli idrocarburi).

Picco n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
R.T.	52	65	78	90	91	92	105	107	116	118	104	133	139	155	158	167	174	178	183	189	190	201	227	241
Identificati	14	15	16	17:1	17	Pr	18			19		20		22		23		24			25	26		Sq
Stazione 1 %	1	16,8	2,3	23,4	9,4	2,9	1,6	1,4	1,9	1,7	1,4	1,2	1,7	3,9	1,6	Tr	2,9	2,7	3,3	2,1	4,7	1,9		3,5
Stazione 2 %	Tr	21,1	4,0	32,9	5,0	5,2	2,6			1,4	1,2		2,2	2,6		1,8		2,2	4,4	2,0		2,6	2,0	1,8

BIBLIOGRAFIA

1) FARRINGTON J.W. e MEYER P.A. - 1975 - Hydrocarbons in marine environment. In Environmental Chemistry, vol. 1, Chemical Society, 109-136.

2) BLIGH E.G. e DYER W.J. - 1959 - A rapid method of total lipid extraction and purification - Can. J. Biochem. Physiol., 37, 911-917.

3) WHITTLE K.J., MACKIE P.R., HARDY R., MC INTYRE e BLACKMAN R.A.A. - 1977 - The alkanes of marine organisms from the United Kingdom and surrounding waters. Rapp. P. - v. Reun. Cons. int. Explor. Mer 171, 72-78.

4) CORNER E.D.S. - 1978 - Petroleum hydrocarbons and related compounds. In Adv. Mar. Biol., vol. 15, 289-380.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	589-592	1986

ULTRASTRUTTURA DELLE BRANCHIE DI 4 SPECIE DI CROSTACEI DECAPODI: Carcinus maenas, Cancer pagurus (BRACHIURI), Homarus vulgaris, Austropotamobius pallipes italicus (MACRURI).

P.Zatta e C.Milanesi*

Centro C.N.R.Emocianine e *Dipartimento di Biologia-Università di Padova
Via Loredan 10 35131 Padova.

Key words: Crustacea, Osmoregulation, Ultrastructure.

I due Brachiuri sopracitati sono provvisti di fillobranchie. L'analisi ultrastrutturale ha mostrato la presenza di un"epitelio di trasporto" nelle branchie posteriori di C.maenas (fig.1). Le branchie anteriori di questa specie hanno mostrato invece un epitelio scarsamente differenziato: "epitelio respiratorio" (fig.2). L'analisi al TEM delle branchie posteriori di C.Pagurus (fig.3) oltre ad una spessa cuticola mostra anche uno spazio sottocuticolare ampio e la membrana plasmatica apicale delle cellule epiteliali risulta pieghettata a formare microvilli di forma irregolare. I mitocondri sono piccoli e prevalentemente distribuiti nella parte apicale della cellula. Le invaginazioni della membrana plasmatica basale sono scarse e la lamina basale risulta spessa. L'ultrastruttura della branchia anteriore di C.pagurus (fig 4) mostra una distribuzione mitocondriale simile a quella descritta per la branchia posteriore e i microvilli che si dipartono dalla membrana plasmatica apicale sono scarsi. L'ultrastruttura delle branchie di C.pagurus non fornisce dati certi per una netta distinzione tra i due tipi di epitelio precedentemente descritti per C.maenas.

L'ipotesi di un differenziamento epiteliale nei due tipi funzionali:"epitelio respiratorio" ed " epitelio adibito al trasporto di sali", localizzati separatamente nelle serie branchiale di alcune specie di crostacei, ci sembra possa ricevere conferma almeno per un certo numero di crostacei del tipo "granchi" ,provvisti di fillobranchie.

H.vulgaris e A.pallipes italicus sono Macruri provvisti di tricobranchie. Sezioni trasversali di filamenti di branchie anteriori e posteriori di H.vulgaris (figs. 5 e 6) mostrano una spessa cuticola bistratificata. Le cellule epiteliali, di altezza variabile, non presentano tipiche caratteristiche ultrastrutturali degli epiteli adibiti al trasporto di sali. Sezioni trasversali di filamenti branchiali del gambero di fiume A.pallipes italicus (figs 7-8) hanno mostrato che lo spessore dell'epielio di filamenti branchiali appaiati derivanti dallo stesso asse branchiale e' molto variabile. Il filamento con maggior spessore epiteliale si presenta anche provvisto di uno spazio sottocuticolare extracellulare ampio,presenta un elevato numero di mitocondri

e sono abbondanti sia i microvilli della membrana plasmatica apicale che le invaginazioni della membrana plasmatica basale. Il filamento con epitelio sottile presenta un enorme spazio sottocuticolare extracellulare, un minor numero di mitocondri associati a membrana; sono in minor numero, ma ancora relativamente abbondanti le evaginazioni della membrana plasmatica apicale come le invaginazioni della membrana plsmatica basolaterale.

Questi dati ci consentono di attribuire come fattore prevalente la funzione respiratoria ai filamenti che presentano un epitelio sottile, sarebbe prevalente l'attività di trasporto attivo nei filamenti ad epitelio spesso e più differenziato. Sia le branchie anteriori che le posteriori hanno mostrato la presenza di ambedue i tipi di epitelio.

DIDASCALIE

FIG. 1 BRANCHIA POST. di C.maenas : Sono evidenti i tipici aspetti ultrastrutturali di un epitelio adibito al trasporto di sali: "infoldings" delle membrane plasmatiche basolaterali associati a mitocondri,microvilli apicali che delimitano ampi spazi extracellulari sottocuticolari.C =cuticola; lb = lamina basale.

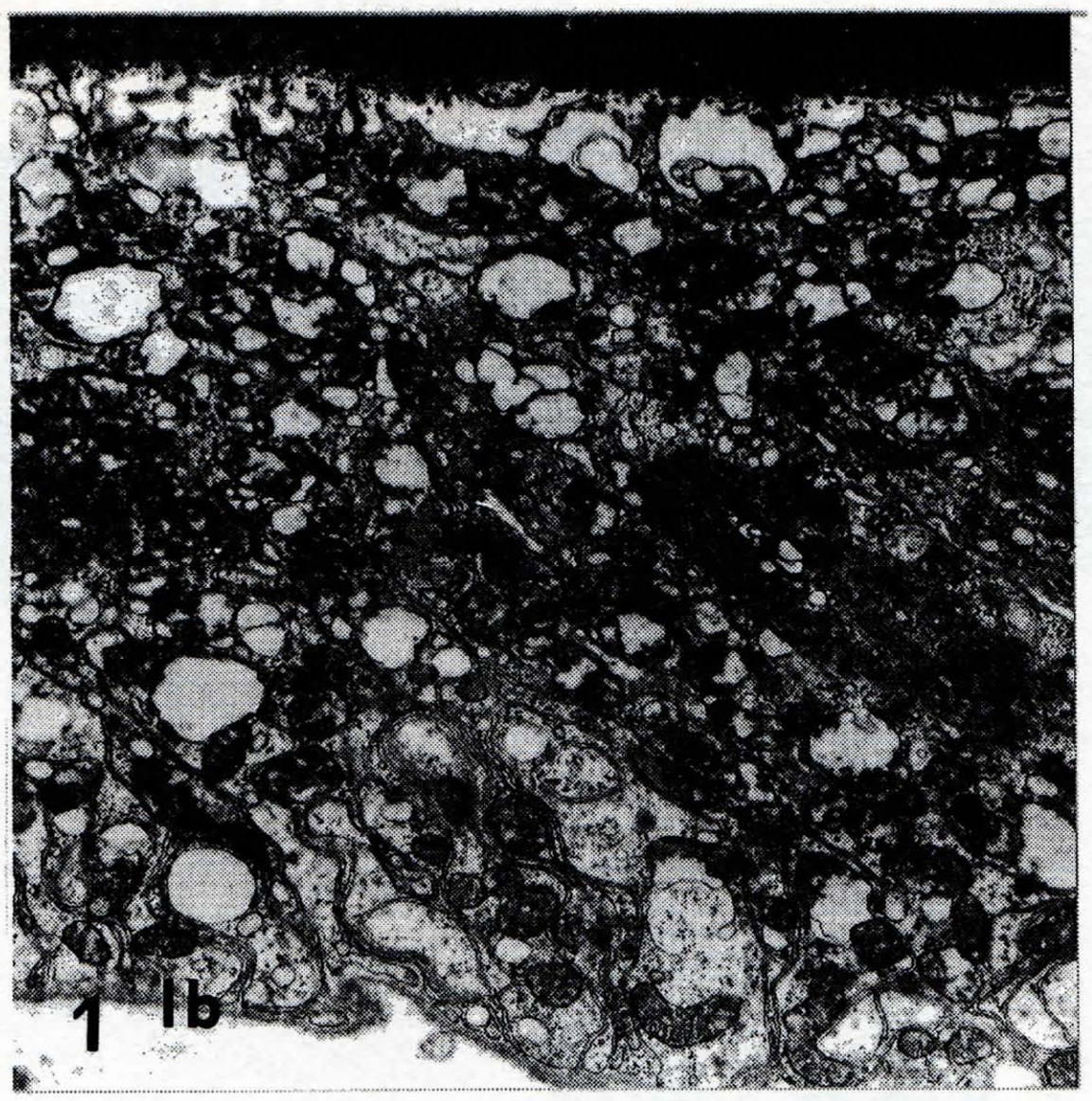
FIG.2 BRANCHIA ANT. di C.maenas : Epitelio semplice, privo di differenziazioni cellulari. C= cuticola.

FIGS. 3 e 4 BRANCHIE di C.pagurus : Sia nelle branchie anteriori che in quelle posteriori non sono nettamente evidenti i tipici quadri ultrastrutturali delle cellule adibite al trasporto . C = cuticola; lb= lamina basale.

FIGS 5 e 6 BRANCHIE di H.vulgaris : Sia nelle branchie posteriori che in quelle anteriori sono presenti numerosi mitocondri, ma mancano gli estesi sistemi di membrane tipici delle cellule a scambio ionico. C= cuticola; lb = lamina basale.

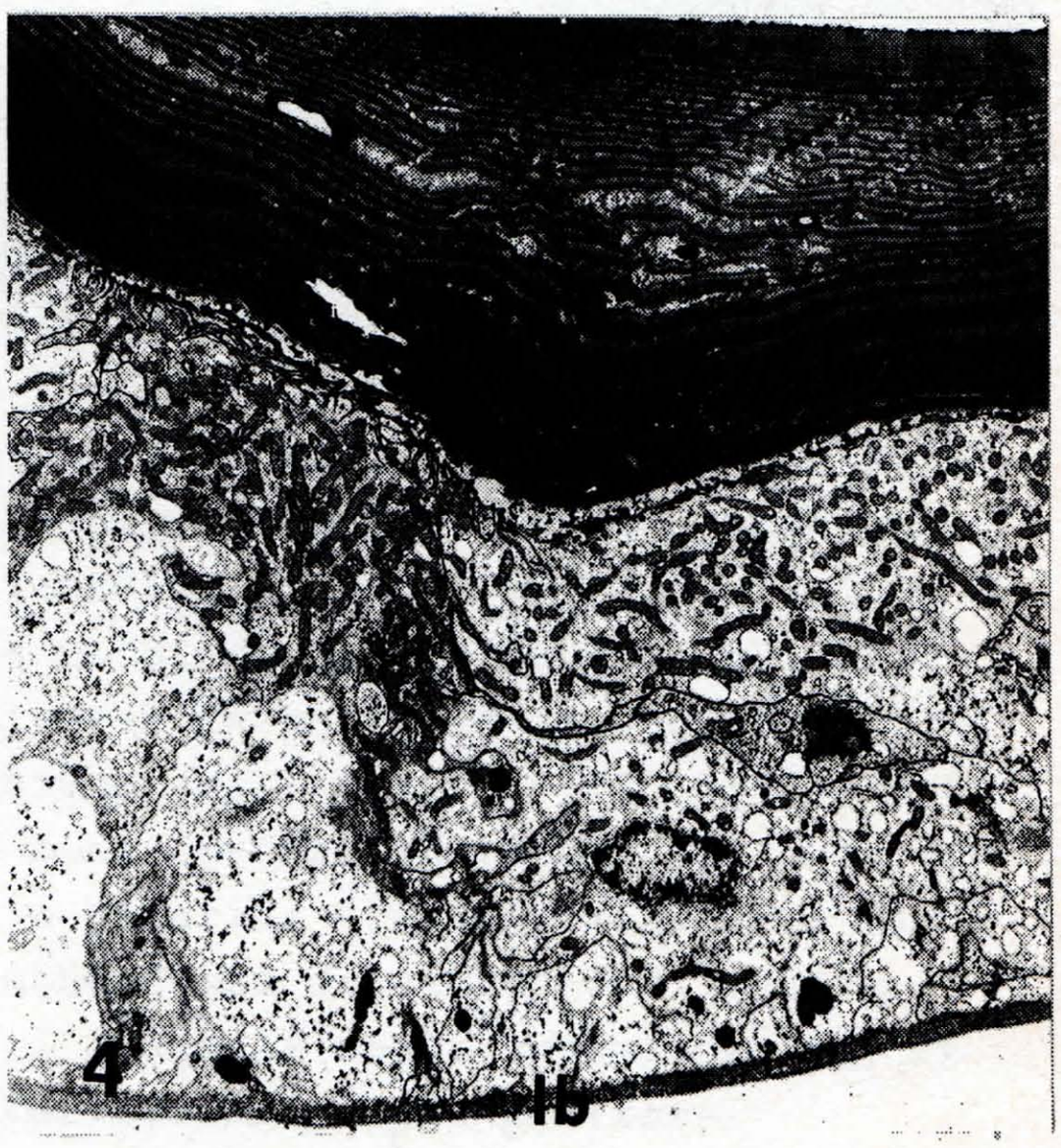
FIG 7 EPITELIO SOTTILE di A.pallipes italicus . C= cuticola; lb= lamina bas.

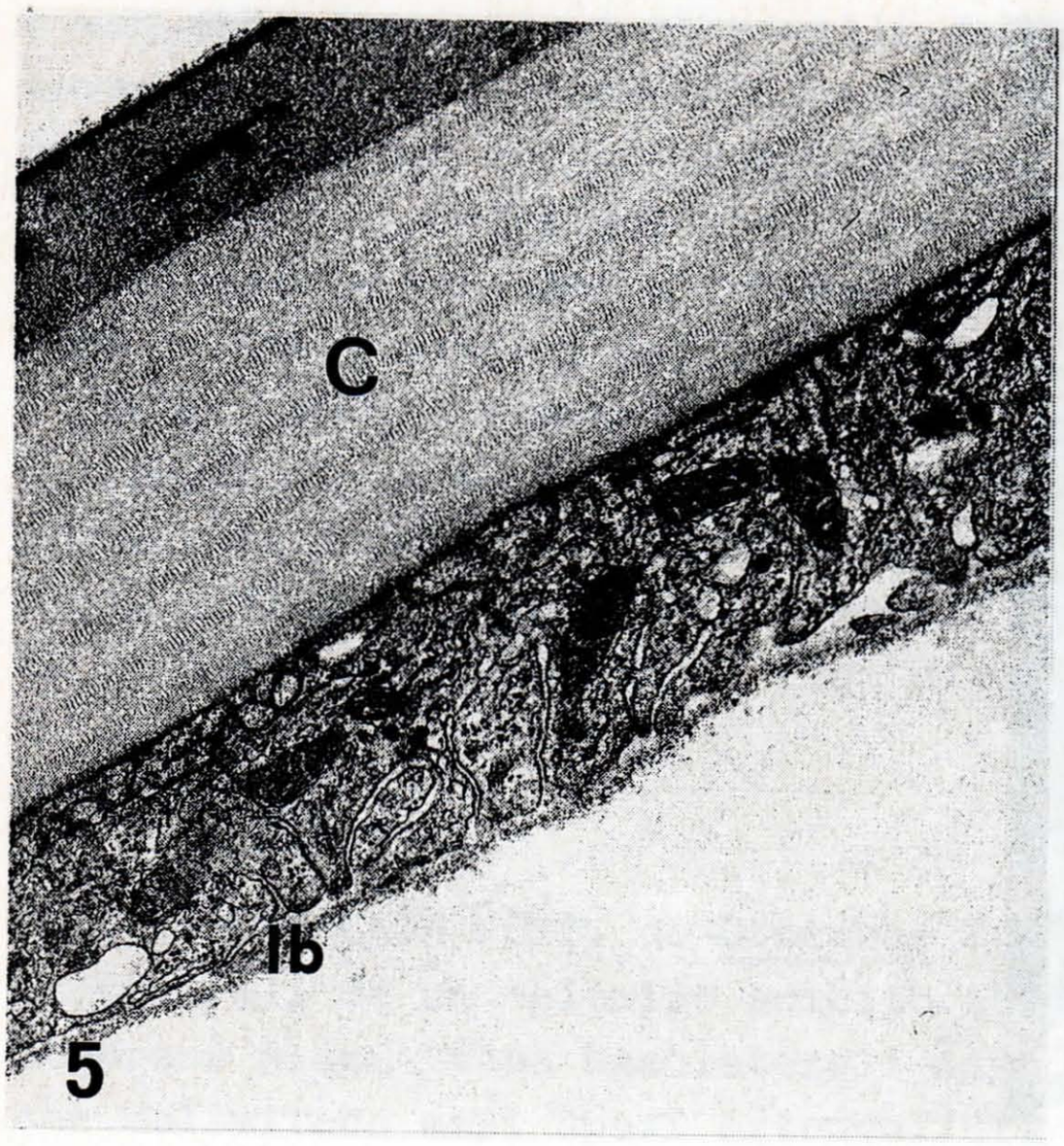
FIG 8 EPITELIO SPESSO di A.pallipes italicus : La micrografia mostra il caratteristico quadro ultrastrutturale dell'epitelio trasportatore di ioni o acqua . C= cuticola; lb= lamina basale.

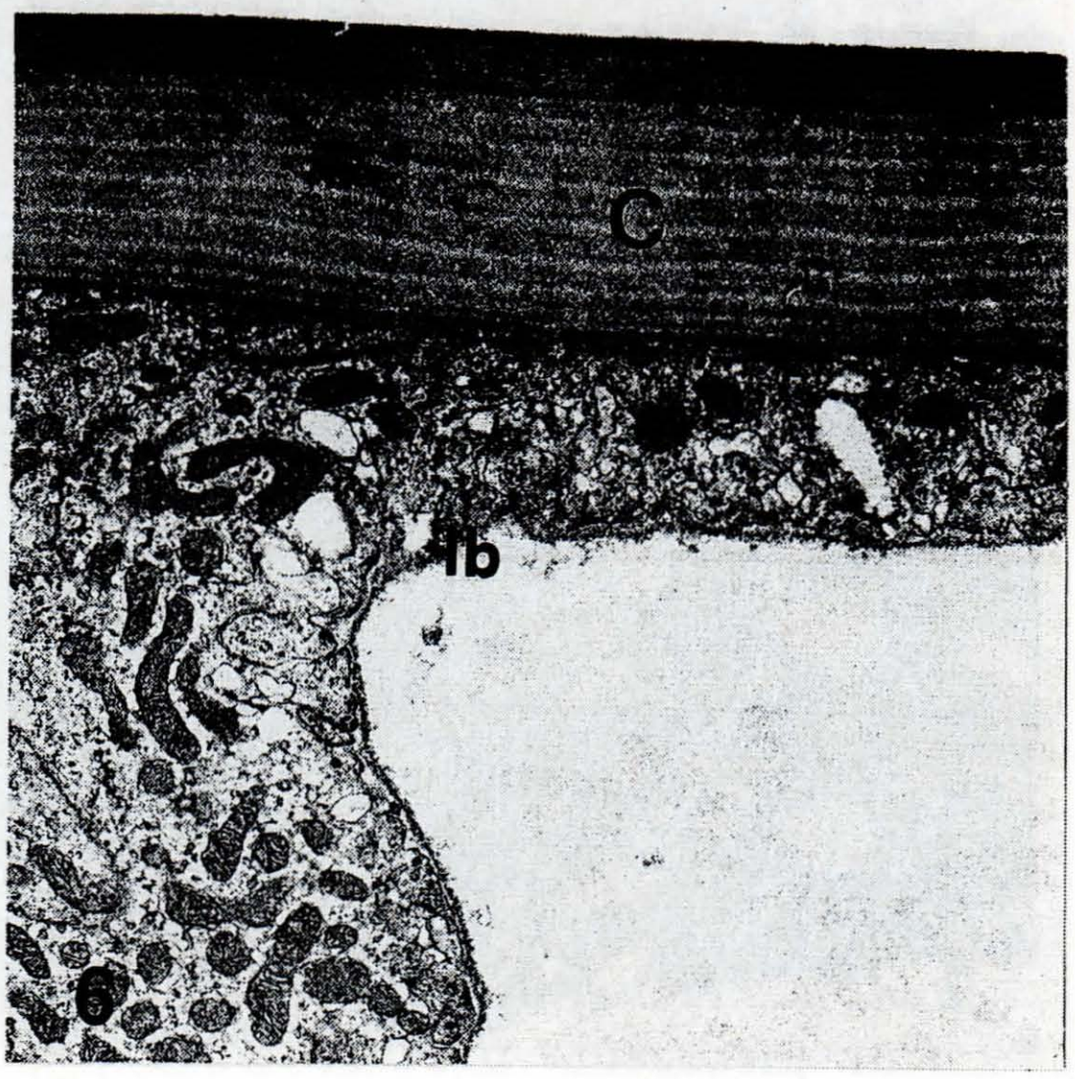

1 lb

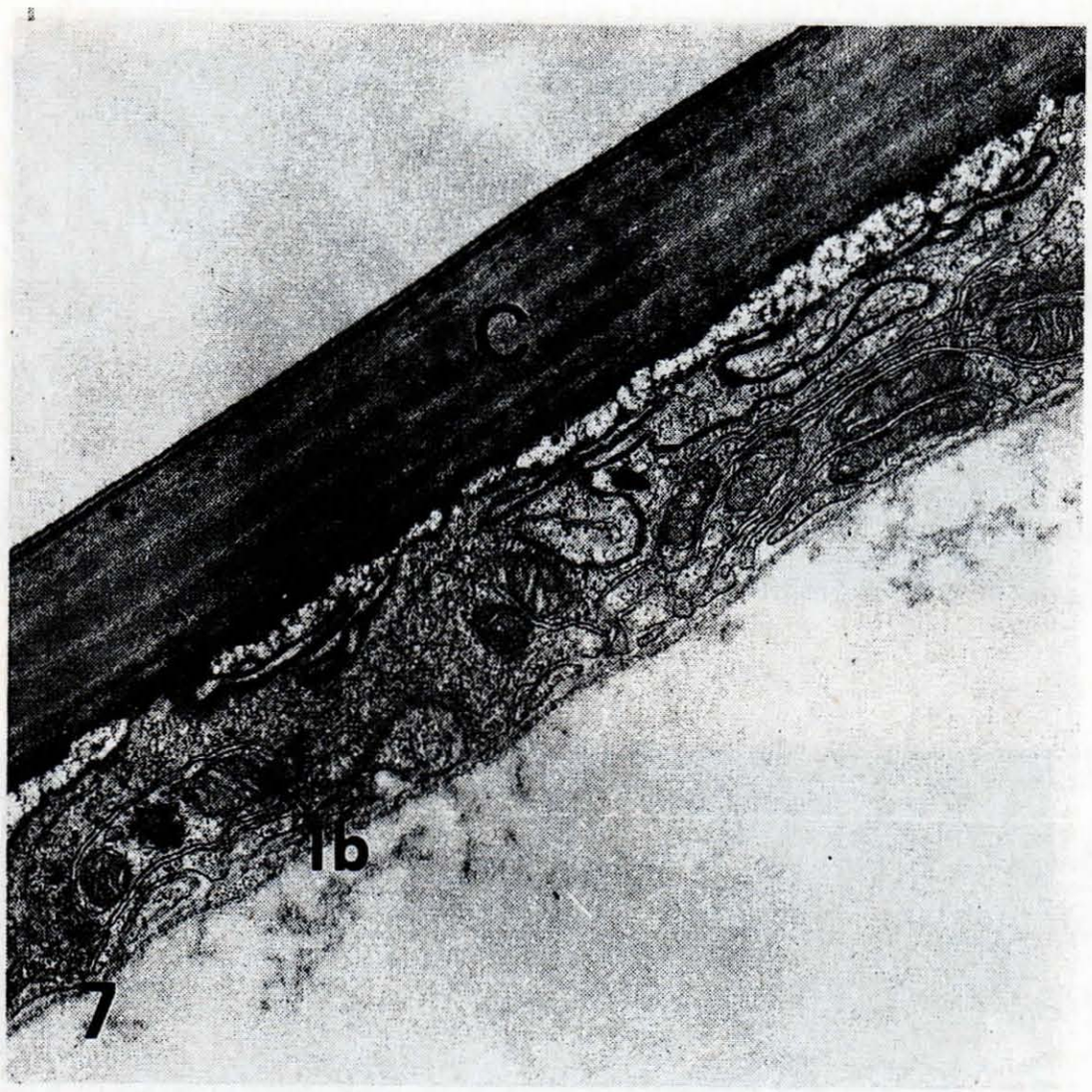

2

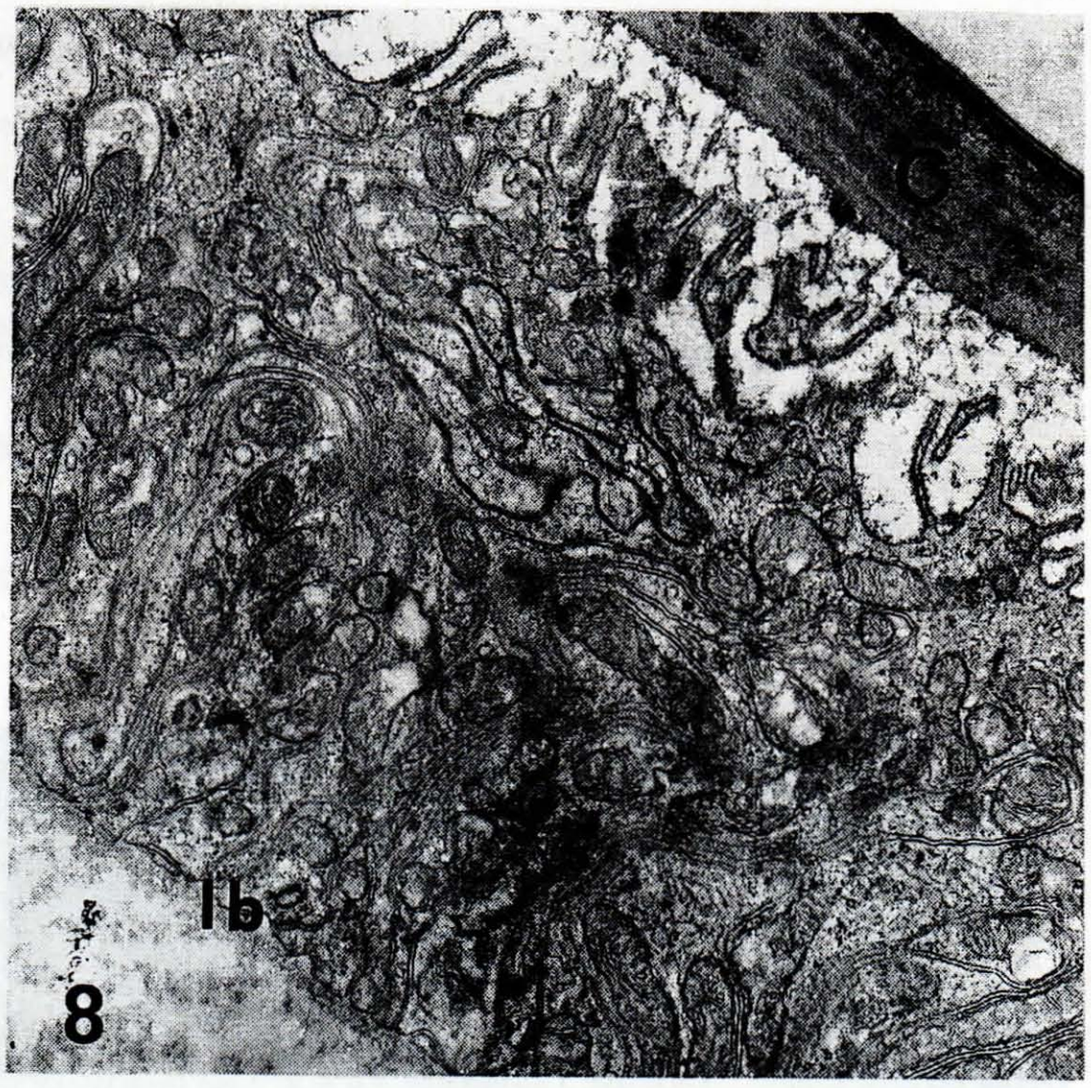

3
lb
1


4
lb


C
1b
5


C
1b
6


C
1b
7


1b
8

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	593-594	1986

ORGANIZZAZIONE ULTRASTRUTTURALE DEL TALLO MATURO IN *CYSTOSEIRA BARBATA* v. *TOPHULOIDEA* (FUCALES)

P. Braghetta, P. Mariani, C. Tolomio
Dipartimento di Biologia, Università di Padova, Italia

Key words: Phaeophyceae, thallus, ultrastructure.

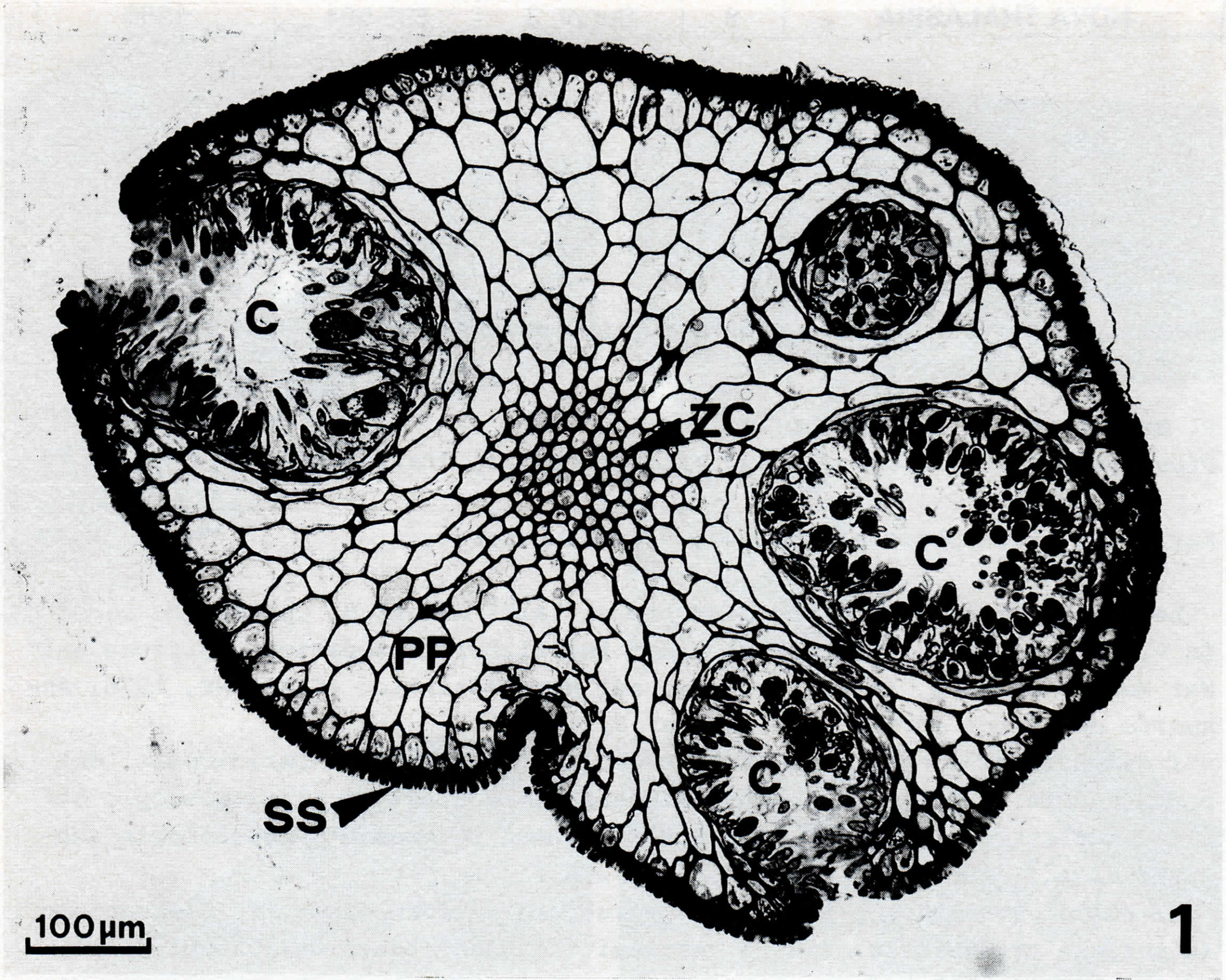
Le osservazioni sono state condotte su talli maturi di *Cystoseira barbata* v. *tophuloidea*, feoficea del piano infralitorale superiore, diffusa nel Mar Mediterraneo e, in particolare, nel Mare Adriatico (GIACCONE, 1978, *Annuario del Parco Marino di Miramare*, *6*, 1-118).

I campioni esaminati sono stati raccolti lungo la diga meridionale del porto-canale di Chioggia (Laguna di Venezia) e studiati al microscopio ottico ed elettronico (S.E.M. e T.E.M.) secondo le consuete metodologie (MARIANI *et al.*, 1985, *Protoplasma*, *128*, 208-217).

Il tallo vegetativo presenta una struttura uniforme in tutto l'organismo. In sezione trasversale risulta costituito da uno strato cellulare superficiale (Fig. 1: SS) e da una zona di tessuto pseudo-parenchimatico (Fig. 1: PP); al centro si nota una struttura formata da cellule più piccole e più compatte (Fig. 1: ZC). Le cellule dello strato superficiale sono allungate in senso radiale, strettamente appressate e contengono cloroplasti. Esse comunicano tra loro e con le cellule sottostanti mediante campi di perforazione attraversati da plasmodesmi. La parete tangenziale esterna (come la parete di tutti i tipi cellulari) risulta costituita da una parte fibrillare (cellulosa-alginati) positiva al test PATAg per i polisaccaridi (THIERY, 1967, *J. Microscopie*, *6*, 987-1018) e da una parte amorfa (fucoidani) negativa allo stesso test; uno strato costituito prevalentemente da fucoidani la ricopre verso l'esterno. Molto spesso in questo strato si nota la presenza di batteri, che sono più abbondanti nelle zone basali del tallo. Nella zona centrale le cellule presentano una parete compatta e sono separate da più copioso materiale extracellulare (MARIANI *et al.*, 1985, cit.).

Il tallo aderisce al substrato mediante un disco basale dove le cellule sono allungate, orientate in direzioni diverse in un fitto intreccio e collegate tra loro da ampi campi di perforazione (Fig. 3).

I concettacoli sono sempre presenti in zone specializzate del tallo (ricettacoli) e contengono oogoni, anteridi e parafisi sterili (Fig. 1: C; Fig. 2). Negli oogoni si è notata una grande abbondanza di cloroplasti mentre negli anteridi sono apparsi ben evidenti i flagelli degli spermatozoidi; si è osservata inoltre la presenza di caratteristiche cripte pilifere.



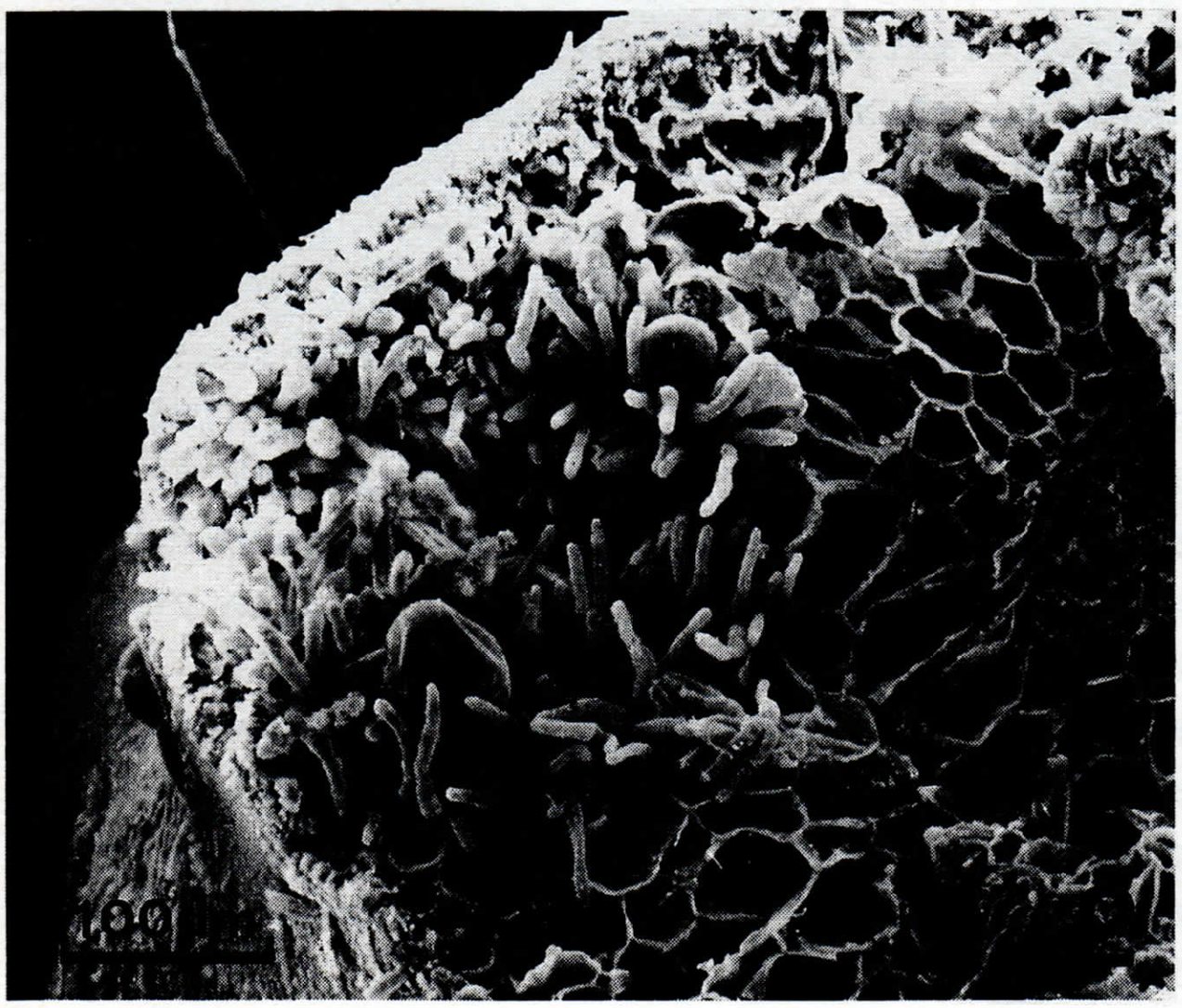




Fig. 1 (M.O.) - Sezione trasversale di ricettacolo (spiegazione nel testo).

Fig. 2 (S.E.M.) - Sezione trasversale di concettacolo.

Fig. 3 (T.E.M.) - Campo di perforazione tra cellule del callo basale.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	595-596	1986

THE BASAL LABYRINTH IN MULLET INTESTINAL ABSORPTIVE CELLS

A. Quaglia, G. Ciani

Istituto di Anatomia comparata dell' Università di Bologna

Key words: Basal labyrinth; Absorptive cells; Osmoregulation; Mullets.

In mullets (Mugil cephalus, Liza aurata, Chelon labrosus), the absorptive cells of the anterior intestine (pyloric caeca included) exhibit an extensive basal labyrinth consisting of numerous lamellar infoldings derived from the basolateral plasma membrane. Therefore, the lumina inside such a labyrinth open into the lateral intercellular spaces and lamina propria. In general, the infolded membranes are oriented parallel to the cell long axis and are mainly confined to the basal two-thirds of the cytoplasm in close association with elongated mitochondria (Fig. 1 A). In tangential section, these membranes show thin, linear arrays of moderately dense material on their luminal (extracellular) surface. Such arrays can be further resolved as rows of small, electron-dense particles (about 10 nm in diameter) by the addition of tannic acid to the electron microscopy fixatives (Fig. 1 B, C).

In teleost absorptive cells, the basal labyrinth plays a role in lipoprotein transport (Sire et al., 1981), but its association with mitochondria suggests that it may be also involved in energy-dependent activities as ion (and water) transport (for references, see De Ruiter et al., 1985). In lamprey, where the importance of the intestine for marine osmoregulation has been emphasized (Pickering and Morris, 1973), absorptive cell labyrinth shows on its luminal surface rows of particles which are assumed to represent the sites where $Na^+ - K^+$ ATPase complex is located (Hatae et al., 1986). In the present study, the particulate material noted on the luminal surface of the labyrinth is very similar (in size and appearance) to that observed in lamprey and supports the view that also the labyrinth-mitochondria system of the teleost absorptive cells may be involved in osmoregulatory solute-linked water transport.

REFERENCES

A. J. H. De Ruiter, Y. L. Hoogeveen, S. E. Wendelaar Bonga - 1985 - Ultrastructure of the intestinal and gall-bladder epithelium in the teleost Gasterosteus aculeatus L., as related to their osmoregulatory

function.- Cell Tiss. Res., 240, 191-198.
T. Hatae, M. Fujita, T. Yamamoto - 1986 - Membrane differentiation in the cytoplasmic-tubule system of the intestinal absorptive cells of the lamprey, Lampetra japonica.- Cell Tiss. Res., 243, 461-468.
A. D. Pickering, R. Morris - 1973 - Localization of ion transport in the intestine of the river lamprey, Lampetra fluviatilis.- J. Exp. Biol., 58, 165-176.
M. F. Sire, C. Lutton, J. M. Vernier - 1981 - New views on intestinal absorption of lipids in teleostean fishes: an ultrastructural and biochemical study in the rainbow trout.- J. Lipid Res., 22, 81-94.

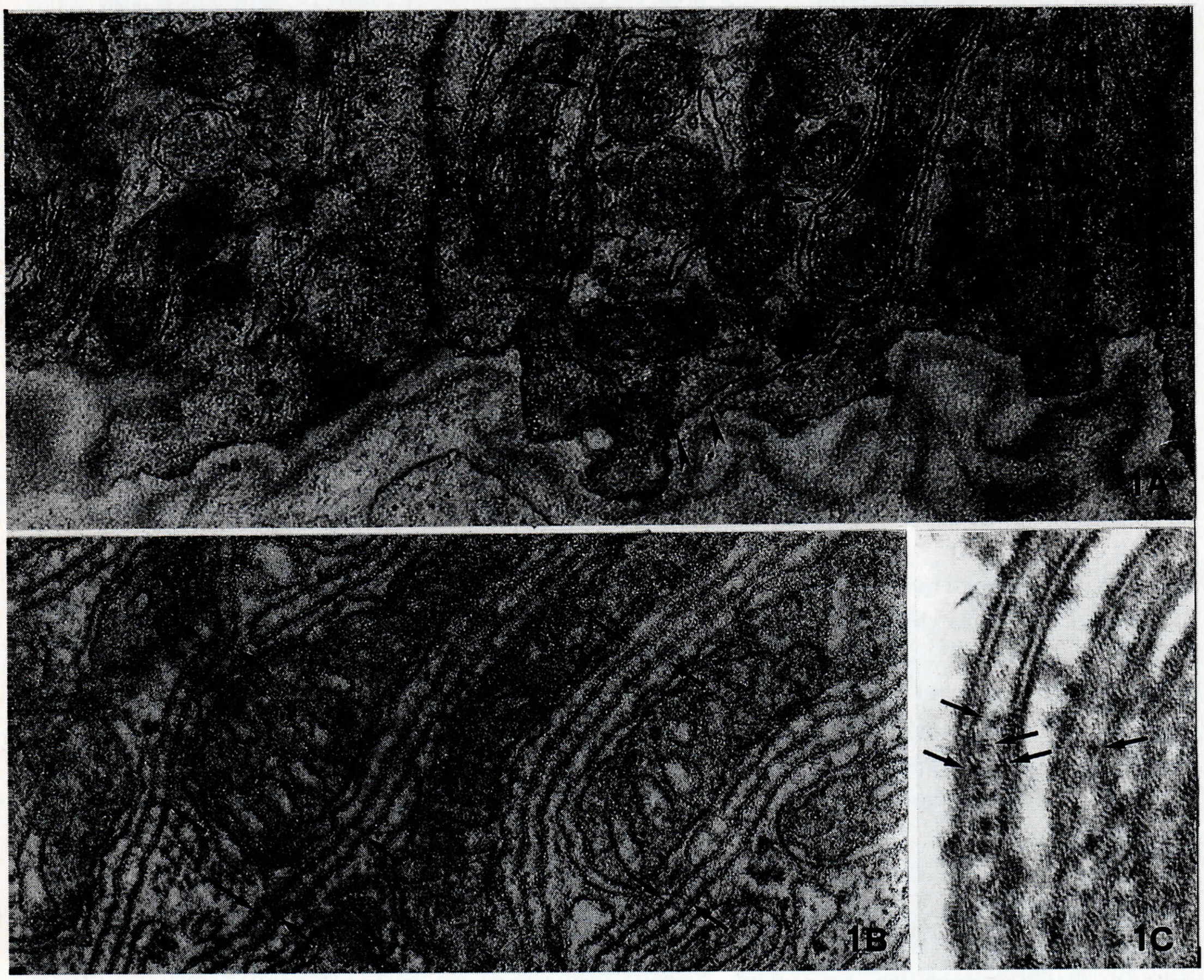


Fig. 1. A: Basal part of absorptive cells showing labyrinth infoldings (arrows) with closely associated mitochondria (asterisks) and sites (arrowheads) where the labyrinth opens into the basolateral extracellular space. 28,000 X. B: Infolding membranes showing thin arrays of moderately dense material (arrows) on their luminal surface. Tangential section; 95,000 X. C: Rows of electron-dense particles (arrows) on the luminal surface of the infolding membranes. Tangential section; Glutaraldehyde fixative containing tannic acid; 180,000 X.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	597-598	1986

GLI OVOCITI DI PELAGIA NOCTILUCA (FORSKÅL): VARIAZIONI STAGIONALI.

M.Avian*, R.Giorgi**, L.Rottini Sandrini*.

* Dipartimento di Biologia, Università di Trieste, e CIMAM - L.B.M., Trieste.

** Centro Internazionale Mediterraneo Ambiente Meduse (CIMAM), Laboratorio di Biologia Marina, Trieste.

KEY WORDS: Pelagia noctiluca; vitellogenesis; seasonal influence.

Nell'ambito degli studi sulla biologia, fisiologia ed ecologia di Pelagia noctiluca, condotti dal CIMAM, si é sentita la necessità di approfondire le conoscenze sul suo ciclo riproduttivo (Haeckel, 1880; Lo Bianco, 1888, 1909; Kramp, 1924; Franqueville, 1971; Rottini Sandrini et al., 1983/84). Scopo di questa nota é di esaminare l'influenza che le condizioni climatiche stagionali possono avere sui processi vitellogenetici e sulla velocità di maturazione degli ovociti di Pelagia noctiluca, sia in ambiente naturale che in esperimenti condotti in laboratorio.

Sono stati esaminati 12 esemplari di Pelagia noctiluca (diametro interopalare 3,5 - 4,5 cm) provenienti da campioni di plancton mensili pescati in acque costiere e del largo dell'Adriatico centro-settentrionale. Da ogni esemplare in vivo é stata isolata una gonade. Ogni ovario é stato poi tagliato in due parti: una, conservata in formalina, per l'allestimento di preparati in toto; l'altra, fissata in glutaraldeide ed osmio tetrossido, é stata usata per lo studio citologico dei processi di accrescimento degli ovociti. Nel nastro gonadico in toto sono stati contati e misurati gli ovociti presenti in due zone centrali ed una laterale, scelte a caso, di uguale dimensione (444 µm).

Sulla base delle osservazioni citologiche, gli ovociti sono stati suddivisi in quattro classi di diametro (<20 µm; 20-50 µm; 50-200 µm; >200 µm), che riassumono le principali fasi di sviluppo ovocitario. Si sono poi considerati i valori percentuali stagionali degli ovociti ed il loro andamento annuale; tali dati sono rappresentati in Fig. 1 come valori percentuali stagionali in rapporto al totale annuale degli ovociti contati.

L'analisi dei dati a nostra disposizione dimostra che l'inizio dei processi vitellogenetici avviene in ovociti di diametro compreso tra 20 e 50 µm; il valore medio di tale diametro varia in rapporto alle stagioni. Inol-

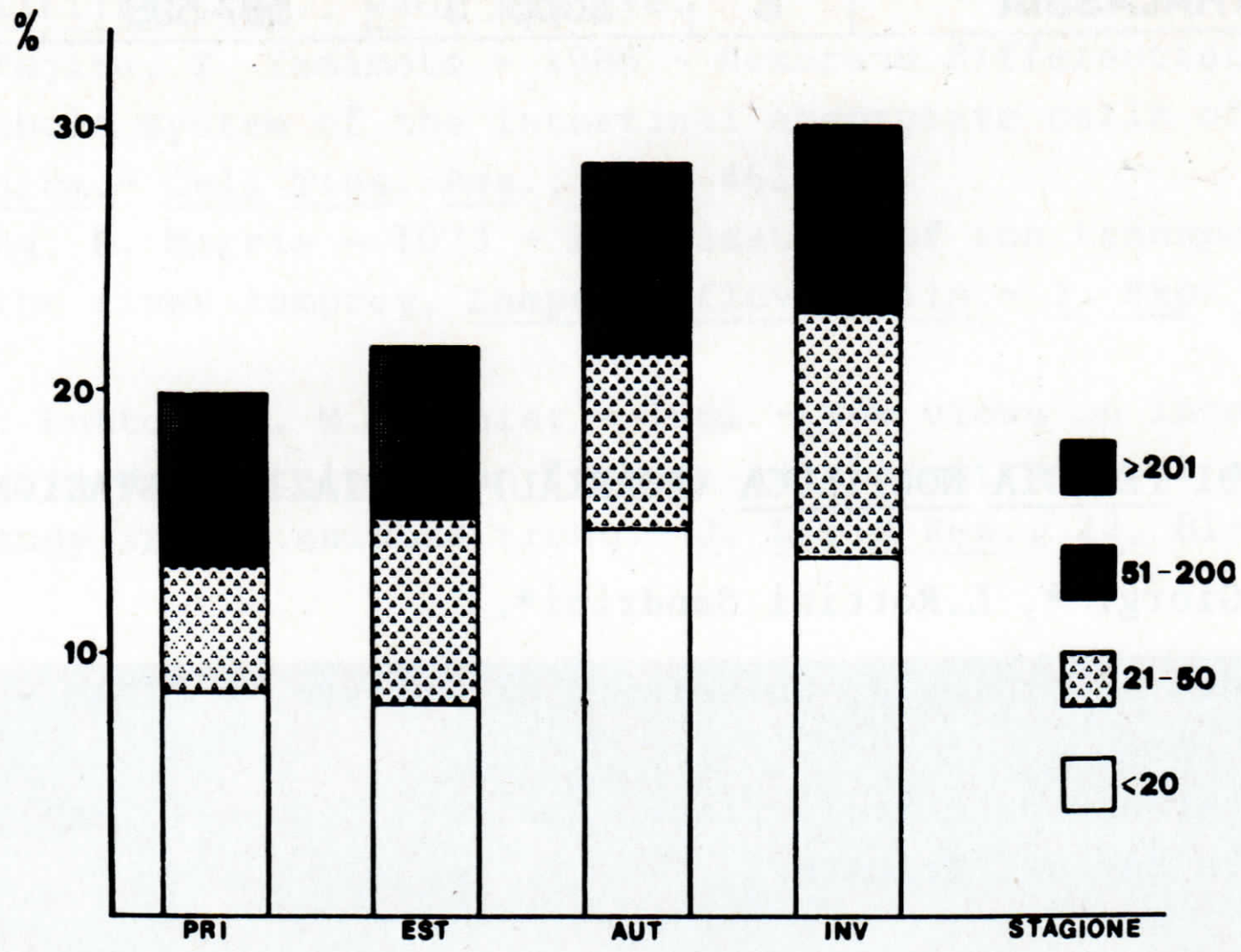


Fig. 1 - Distribuzione stagionale dei valori percentuali riferiti al totale degli ovociti contati. In ogni colonna sono riportati i valori percentuali stagionali delle quattro classi di diametro considerate.

tre la quantità percentuale degli ovociti previtellogenetici (diametro <20 µm) é minima nei mesi caldi, e massima nei mesi freddi (Fig. 1). Si evidenzia invece una lieve diminuzione nei mesi freddi degli ovociti con un diametro compreso tra 50 e 200 µm. Lo stesso andamento é visibile negli ovociti con diametro >200 µm. La minor presenza di ovociti di quest'ultima classe di diametro é dovuta al fatto che le meduse appena catturate liberano gran parte degli ovociti fecondabili, quale normale fenomeno di stress indotto da condizioni ambientali sfavorevoli. Osservazioni in vivo, eseguite in laboratorio, indicano che alla deposizione di ovociti maturi segue una rapida maturazione di ovociti in stadi immediatamente precedenti (24-48 h in primavera-estate, temperatura dell'acqua 19-21°C); tale fenomeno é rallentato a temperature minori di 16°C, e si verifica in tempi più lunghi, che possono raggiungere una settimana.

I risultati ottenuti permettono quindi di confermare che i processi maturativi degli ovociti di Pelagia noctiluca avvengono in qualsiasi stagione, più rapidi nei mesi caldi, e rallentati nei mesi freddi. Il differenziamento di ovociti dall'endoderma secondario germinale sembra essere continuo e costante, e determina un aumento del numero totale di ovociti nell'ovario nei mesi freddi; i processi vitellogenetici sono rallentati. Nei mesi caldi, dove questi processi sono più rapidi e l'emissione di ovociti fecondabili é maggiore (Rottini Sandrini et al., 1985), il numero totale é più basso (Fig. 1). Pertanto Pelagia noctiluca é in grado di riprodursi, nell'Adriatico centro-settentrionale, durante tutto l'anno, fatta eccezione per la ristretta area del Golfo di Trieste (Bratina et al., 1981; Stravisi, 1983; Rottini Sandrini et al., 1983/84). I risultati di tale analisi statistica vanno considerati indicativi, vista l'esiguità del campione usato, e vanno pertanto integrati in futuro con un maggior numero di esemplari.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	599-600	1986

ISOLAMENTO DI NEMATOCISTI DA PELAGIA NOCTILUCA

P.Del Negro, A.Tubaro*, R.Della Loggia*
Coordinatrice CIMAM: prof. L.Rottini-Sandrini
Laboratorio di Biologia Marina, CIMAM - Strada Costiera 336-34010 TRIESTE
*Istituto di Farmacologia e Farmacognosia - Università di Trieste

Key words: Pelagia noctiluca, nematocisti, isolamento.

Pelagia noctiluca, Scifomedusa dell'Ordine Semeostomee, è nota per provocare effetti dermotossici in seguito alla scarica delle strutture urticanti, le nematocisti. Scopo del presente lavoro è stato quello di ottenere una preparazione di tali strutture non contaminata da altri componenti tissutali della medusa onde disporre di un prodotto di partenza per l'estrazione, l'isolamento e l'identificazione del principio dermotossico. A tal fine i tentacoli prelevati dalle meduse subito dopo la pesca sono stati macerati in H_2O distillata a 4°C per 24 h e poi disgregati con agitatore magnetico. La sospensione risultante è stata filtrata attraverso un retino da plancton (100 um) ed il filtrato è stato centrifugato a 4000 rpm per 10 min a 4°C ed il pellet è stato lavato per tre volte in H_2O distillata. La frazione nematocistica ottenuta risultava costituita, oltre che da abbondante materiale extranematocistico, da tutti i quattro tipi di nematocisti descritti per le Scifomeduse (Mariscal R.N. 1974) con predominanza di quelle a dimensione intermedia. Le nematocisti si presentavano sia integre sia scariche. Tale frazione è stata quindi ulteriormente disgregata in potter a testa di teflon a 0°C, ottenendo così una densa sospensione che è stata sottoposta ad una serie di centrifugazioni su saccarosio a 4°C, nelle varie condizioni specificate nello schema seguente:

3 ml di sospensione su 2 ml di saccarosio al 51 %
  centrifugato per 10 min a 2500 rpm
pellet 1:1 in distillata
  centrifugato 10 min a 2500 rpm
pellet 1:1 in distillata
1 ml sospensione su 4 ml saccarosio al 51 %
  centrifugato per 5 min a 1500 rpm
pellet 1:1 in distillata
  centrifugato 10 min a 2500 rpm

pellet 1:1 in distillata
1 ml sospensione su 4 ml saccarosio al 51 %
centrifugato per 5 min a 1500 rpm
pellet 1:30 in distillata
centrifugato 10 min a 2500 rpm (3 volte).

Come risultato della procedura descritta si è ottenuta una frazione costituita esclusivamente da nematocisti di dimensione intermedia (penetranti), alle quali vengono generalmente attribuite le proprietà urticanti. All'esame microscopico tale frazione appariva priva di materiale extranematocistico e di nematocisti scariche o frammentate. Le nematocisti così ottenute tendono ancora a scaricarsi spontaneamente portate a temperatura ambiente.

Il problema della conservazione delle nematocisti così ottenute è stato affrontato ricorrendo alla tecnica della liofilizzazione; anche dopo tale trattamento le nematocisti sono in grado di scaricare spontaneamente qualora vengano reidratate e portate a temperatura ambiente. La scarica può essere indotta oltre che per aggiunta di consistenti concentrazioni di determinati ioni, come descritto da altri autori (Salleo A. 1983) anche con mezzi fisici come gli ultrasuoni: 4+4 min di sonicazione a 4°C provocano la scarica, e non la rottura, di più del 50 % delle nematocisti.

Si ritiene quindi che la combinazione di metodiche di purificazione, conservazione e scarica delle nematocisti, qui presentata, sia in grado di fornire degli estratti molto più puri di quelli sinora disponibili e quindi più adatti allo studio delle attività dermotossiche di P.noctiluca ed all'isolamente dei principi responsabili.

R.N.MARISCAL - 1974 - Nematocysts in "Coelenterate Biology Reviews and new Perspectives"; Muscatine L., Lenhoff M. Eds; Acad. Press New York, 129-178.

A.SALLEO, G.LA SPADA, M.ALFA - 1983 - Blockage of Trypsin-induced discharge of nematocysts of Pelagia noctiluca by Ca^{2+} - Mol Physiol, 3, 89-97.

A.SALLEO, G.LA SPADA, G.FALZEA, M.G.DENARO - 1983 - Discharging effectiveness of lyotropic anions on nematocysts of Pelagia noctiluca - Mol Physiol, 6, 19-26.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	601-602	1986

VARIABILITA GENETICA IN ORCHESTIA MEDITERRANEA A.COSTA (AMPHIPODA, TALITRIDAE) DELLA LAGUNA DI VENEZIA.

A. Biasiolo, P.M. Bisol, B.Battaglia.

Dipartimento di Biologia, Università di Padova.

Key words: Littoral Amphipods, Genetic variability, Brackish water.

SUMMARY

A first attempt to estimate the genetic variability of the littoral Talitrid Orchestia mediterranea has been carried out by means of electrophoretic techniques on acrilamide gel and cellulose acetate. The tests indicate a low degree of proteic polymorphism: percentage of polymorphic loci, 12,5%; mean number of alleles per locus, between 1,375-1,500; both observed and expected number of heterozygotes, between 5 and 7%. Of the 13 enzyme system, including 18 loci, only PGM and MPI were highly polymorphic. The polymorphism stability observed in this population seems to indicate a secondary role of neutral forces in the loss of alleles.

Gli Anfipodi Talitridi vivono in habitat marginali contemporaneamente influenzati dall'ambiente acquatico e da quello subaereo. Mentre sono note in alcune specie le modificazioni morfo-funzionali che consentono la colonizzazione del piano sopralitorale (Matsuda, 1982), pochi sono i dati disponibili sulla loro struttura genetica (Bulnheim & Scholl 1986). Si è ritenuto pertanto opportuno iniziare delle indagini sui livelli di variabilità genetica di campioni di Talitridi, utilizzando quali marcatori genetici sistemi gene-enzima.

I primi dati si riferiscono a campioni di popolazioni di Orchestia mediterranea A.Costa raccolti in zone di barena della Laguna di Venezia. In particolare tre campionamenti, di una settantina di individui ciascuno, sono stati effettuati presso il Lago degli Stradoni nei mesi di Gennaio, Aprile e Giugno 1986; in questi ultimi due mesi i campionamenti sono stati estesi ad una zona vicina alle Casse di Colmata (DE) distante circa 5 Km dalla prima.

Sono stati studiati, con tecniche di elettroforesi, su gel di acrilamide e su acetato di cellulosa (sistema Sartophor), 13 enzimi che hanno portato alla classificazione di 18 loci. I parametri indicativi del livello di polimorfismo, stimati sui campioni di Gennaio e Aprile, mostrano valori relativamente bassi: la percentuale di loci polimorfi è risultata uguale a 12,5%; il numero medio di alleli per locus varia da 1,375 a 1,500; le frequenze degli eterozigoti, sia osservate che attese, sono comprese fra il 5 e il 7%. Simili valori dipendono dalla fissazione, per la gran parte dei loci, di un unico allele, mentre la coesistenza di più alleli si limita ai loci della Mannosio Fosfato Isomerasi (MPI) e della Fosfogluco Mutasi (PGM). Il confronto dei dati delle frequenze geniche di questi due loci, attraverso il Coefficiente di Inincrocio Statistico e la sua valutazione mediante Chi-quadro, suggeriscono una sostanziale stabilità degli alleli più diffusi sia nel tempo che nello spazio.
Questi dati sembrano confermare l'ipotesi di una minore variabilità genetica delle popolazioni che vivono negli ambienti più rigorosi in rapporto alle variazioni di parametri chimico-fisici. L'apparente stabilità dei polimorfismi sembra ridurre il ruolo di soli eventi stocastici sulla perdita di alleli (Bisol 1985).

BIBLIOGRAFIA

BISOL. P.M. -1985. Distribuzione della variabilità genetica in rapporto a fattori ecogeografici in alcuni invertebrati marini. -Atti S.IT.E., 5 (1); 325.

BULNHEIM H.P. & SCHOLL A. -1986. Genetic differentiation between population of Talitrus saltator and Talorchestia deshayesii (Crustacea, Amphipoda) from costal areas of the north-western European continent. -Mar. Biol., 92, 525-536.

MATSUDA R. -1982. The evolutionary process in Talitrid Amphipods and Salamanders in changing environments with a discussion of "genetic assimilation" and some other evolutionary concepts. -Can. J. Zool., 60, 733-749.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	603-604	1986

MOLECULAR TOPOLOGY OF THE MITOCHONDRIAL GENOME OF ACETABULARIA ACETABULUM.

Mazza, A., Blonda, C., Santulli, A.*, Casale, A. and Bonotto, S.**.
International Institute of Genetics and Biophysics - C.N.R. - via Marconi, 10, Napoli - Italy.
* Institute of Marine Biology - Free University of Trapani - Trapani,Italy.
** Department of Radiobiology C.E.N. - S.C.K., 2400 Mol, Belgium.

The comparative ultrastructural analysis of molecular species of DNA, either extruded from osmotically shocked (Mazza, A., Bonotto, S., Felluga, B., 1977. Ultrastructure of DNA of basal, middle and apical chloroplasts of individual Acetabularia Mediterranea cells. Proc. IV Meeting of I.R.G.A. Woodcock and Bogorad, eds. Amherst, Mass. Acad. Press, 123-136.), or extracted from lysed (Mazza, A., Bonotto, S., Felluga, B., Casale, A., Sassone-Corsi, P., 1979. Topological organization of the chloroplast genome of Acetabularia acetabulum. Developmental Biology of Acetabularia. S. Bonotto, V. Kefeli and S. Puiseux-Dao, eds. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 115-130.), mitochondria purified, through 11,000 rpm centrifugation, from individual or pooled cytoplasmic juices of Acetabularia acetabulum, reveals that the Acetabularia mitochondrial genome is organized in form of nucleoids, either spherical, lobated, with 2.0-70.0 /um DNA, or elongated, rod-shaped, with 90.0-250.0 /um DNA.

Nucleoids share morphological similarity with mitochondrial "nuclei" of, respectively, higher plants and fungi (Kuroiwa, T., 1982. Mitochondrial nuclei. Int. Rev. Cytol. 75, 1-58.).

Whether this observation reflects a real morphological heterogeneity of the Acetabularia mitochondrial genome or, rather, smaller nucleoids represent random fragments, or fission products, of larger dividing nucleoids, remains to be elucidated.

However, both nucleoids are made of interconnected structural subdomains in form of spot-, or axis- centered, 1.0-5.0 /um DNA loops (fig. 1) which are made in turn of 99% linear and 1% circular (fig. 2) DNA molecules, falling, under a 0.7; 1.10; 1.60 /um three-modal distribution, the first ones, and a 0.5 /um unimodal distribution, the second ones.

A further component (0.1% on a DNA length basis) consists of interlocked circular and,2-3 times longer, linear DNA molecules (fig. 3), representing possible recombination intermediates as part of an either gene insertion or amplification process.

These data, by analogy with previous findings (Sederoff, R.R., 1984. Structural variation in mitochondrial DNA. Adv. Genet. 22, 1-108.) suggest

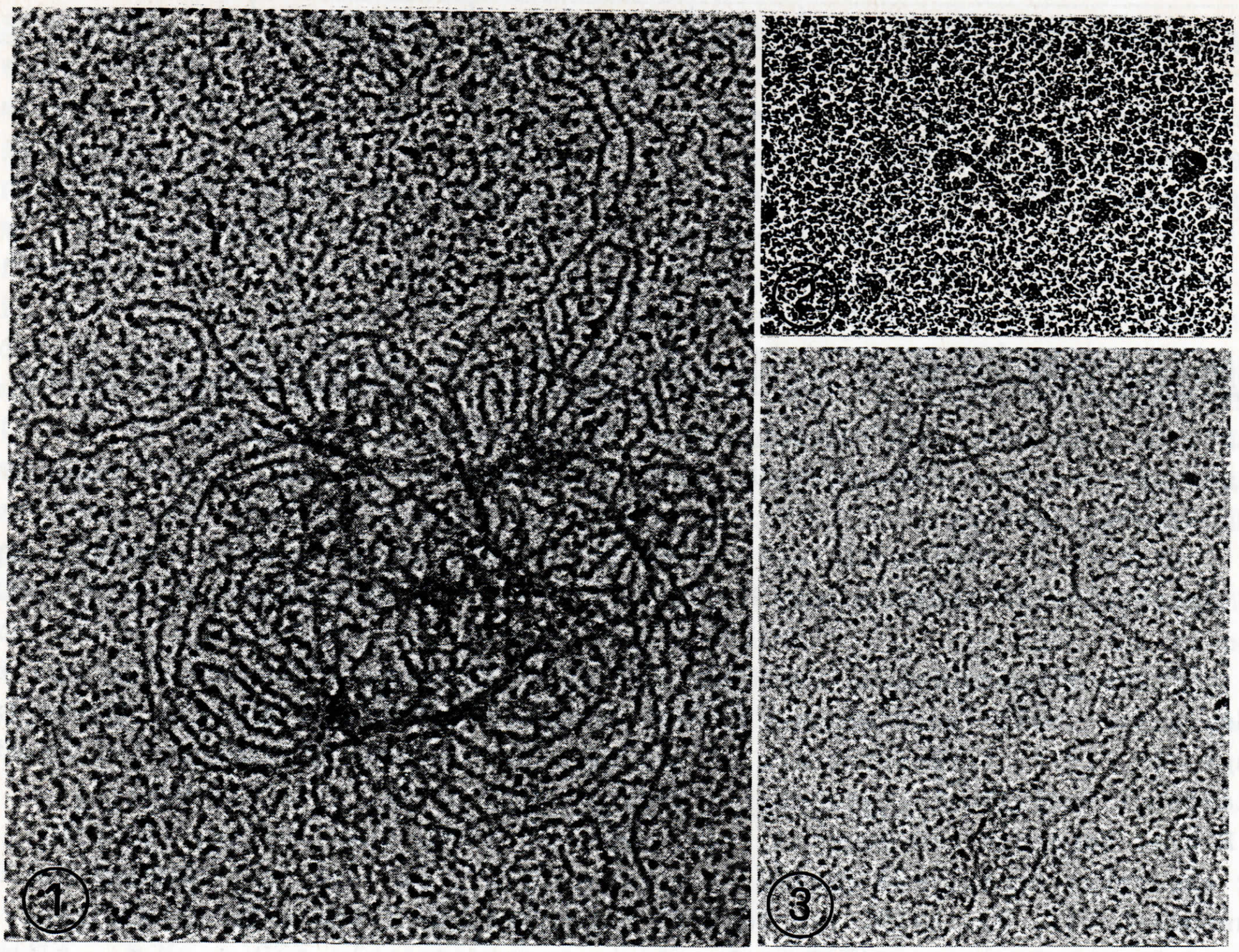


Fig. 1: The structural organization of looped DNA subdomains in a small sized (25.8 /um DNA) mitochondrial nucleoid of Acetabularia.

Fig. 2: A 0.50 /um long representative of free, circular, overtwisted, DNA molecules.

Fig. 3: 0.52 /um circular and 1.50 /um linear, interlocked DNA molecules.

a much closer analogy of the Acetabularia mitochondrial genome with that of the farther relatives, the higher plants, than with that of the closer relatives, the unicellular algae, Chlamydomonas and Euglena.

This observation, against all evolutionary evidences and expectations (Wallace, D.C., 1982. Structure and evolution of organelle genomes. Microb. Rev. 46, 208-240.), may be easily explained if the idea (Walbot, V. and Cullis, C.A., 1986. Rapid genomic change in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 36, 367-396.) is accepted that Acetabularia, being immobile as higher plants, had to keep, as higher plants, its mitochondrial genome in a highly fluid state so to easily adapt to a rapidly changing environment.

Should it be found that Acetabularia motile gametes, or their fusion product, the cyst, are endowed with a more uniformly sized mitochondrial DNA, it would both be not a surprise and offer an excellent opportunity to study constraints imposed by environmental factors on the evolution of extranuclear genomes.

All these considerations render Acetabularia a unique model system cell to study evolutionary mechanisms underlying eukaryote genesis and evolution allowing, in turn, a better understanding of eukaryote physiology.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	605-606	1986

METODI CITOLOGICI NELLA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELL'AMBIENTE

Riccardo Brunetti, Franca Majone e Isabella Gola

Dipartimento di Biologia, Università di Padova, via Loredan 10, 35100 Padova, Italy.

Key words: micronucleus test; SCE; environmental monitoring.

Due tecniche citologiche sono state applicate ad un organismo marino (Mytilus galloprovincialis Lmk.). Il test dei micronuclei (Hayashi et al., 1984, Mutation Res. 127:129-137) è stato eseguito sul tessuto branchiale degli adulti, quello degli SCE (sister chromatid exchange) (Latt et al., 1981, Mutation Res. 87:17-62) sia nella branchia che nelle uova in segmentazione. Sperimentalmente si è constatato (Majone et al., in preparazione) che la frequenza dei micronuclei indotta da un trattamento con un mutageno (mitomicina C, MMC) decade nel tempo fino ad un valore costante significativamente più elevato di quello precedente il trattamento e che tale si mantiene per almeno due mesi. L'esperimento è stato ripetuto alle due temperature di 13° e 23° C indicative della condizione termica media invernale ed estiva del Mediterraneo. La temperatura esercita un debole effetto ritardante od accelerante il decadimento, in ogni caso tra il 12° ed il 15° giorno dalla fine del trattamento le frequenze raggiungono la fase di plateau. Il permanere delle frequenze su valori costanti superiori a quelli del controllo non può essere dovuto alla presenza di micronuclei "residui" giacchè anche una bassa attività mitotica (come nel nostro caso) avrebbe dovuto provocare un effetto di diluzione nel tempo. E' quindi probabile che le frequenze rilevate nella fase di plateau siano dovute a micronuclei che si formano a distanza di tempo dal trattamento come conseguenza di una particolare fragilità cromosomica provocata dal trattamento stesso. E' evidente dunque che la frequenza di micronuclei in una popolazione naturale rappresenta il risultato della qualità dell'ambiente per un periodo di tempo abbstanza lungo antecedente il campionamento. Il test dei micronuclei può dunque essere usato, oltre che in prove di laboratorio (Gola et al., 1986, Atti AGI, Vol. XXXII:95-96), anche nella valutazione della genotossicità ambientale. La validità del metodo è stata saggiata su popolamenti del bacino lagunare di Chioggia (Venezia) e del Golfo di La Spezia (Brunetti et al., in preparazione).

Il test degli SCE sulle uova in sviluppo (Brunetti et al., 1986, Mutation Res., 174:207-211) ha mostrato che gli effetti ambientali si ri-

percuotono sui gameti e quindi anche questo tipo di indagine può essere utilizzato come test di genotossicità. Il test degli SCE sul tessuto branchiale, sebbene sia risultato più sensibile di quello dei micronuclei, si presenta tuttavia più laborioso e dunque più adatto per prove di laboratorio che per indagini in natura.

Ricerca finanziata dal CNR (P.F. "Oncologia") e dalla Regione Veneto.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	607-608	1986

PRIME ESPERIENZE DI INTRODUZIONE DEL GAMBERONE GIGANTE MALESIANO, PENAEUS MONODON.

A. Aliberti°, A. Ponticelli°, M. Caggiano*.

° ENEA Tecab Laboratorio Acquacoltura Casaccia, Roma
* Ittica Ugento spa, Lecce.

Key words: Aquaculture; Penaeus monodon; Introductions; Experimental rearing.

Nell'ambito della linea di ricerca "introduzione di nuove specie" sono in corso di svolgimento le prime esperienze d'allevabilità del gamberone Penaeus monodon.

Le caratteristiche biologiche e le grandi potenzialità d'allevamento hanno suscitato l'interesse per questo peneide che è uno dei più allevati del mondo.

In particolare le caratteristiche che lo rendono adatto all'allevamento e, quindi, all'introduzione sono: l'elevata taglia raggiungibile, circa 100 g; la rapidità di accrescimento, 105 giorni per raggiungere la taglia commerciale di circa 30 g; la richiesta d'alimento a basso contenuto proteico, 40% in proteine sia d'origine animale che vegetale, a confronto del 60% richiesto dal Penaeus japonicus; l'ottimo fattore di riconversione del mangime, 1,8:1; la grande rusticità e resistenza alle manipolazioni; la possibilità di maturare uno stock di riproduttori e di compiere la riproduzione controllata con tecniche e strutture relativamente semplici simili a quelle utilizzate per il Penaeus japonicus; ottime potenzialità di mercato.

Per importare un lotto di post-larve di 8-10 giorni di età ci si è rivolti alla Tiger Prawn Hatchery in Malaysia.

Solo il 25 luglio 1985 è stato possibile far arrivare per via aerea 100.000 PL_{8-10}, e dopo uno spostamento di altre sette ore per raggiungere la Ittica Ugento di Lecce, la sopravvivenza al trasporto è risultata non essere superiore al 20%, per le alte temperature ambientali.

Le post-larve sono state introdotte per un periodo di quarantena in vasche circolari in VTR a circuito chiuso, con filtrazione biologica e sterilizzazione a UV.

Dopo la quarantena si è proceduto ad una breve esperienza d'allevamento in vasca di cemento di 50 mc e in un bacino in terra di 10.000 mq, introducendo rispettivamente 1000 e 750 individui di 0,04 g di

peso medio, nelle due vasche, e 3.000 nel bacino in policoltura con 18.000 Penaeus japonicus.

Dopo 60 giorni d'allevamento sono stati pescati soggetti di peso intprno a 7 g.

Nel 1986 sono state importate 150.000 PL_{8-10} anticipando l'arrivo al 24 Aprile per avere a disposizione un periodo d'allevamento più lungo dell'anno precedente.

Le post-larve all'arrivo nell'impianto, dopo 31 ore complessive di trasporto, hanno avuto una sopravvivenza del 90%. L'allevamento si è compiuto in un bacino in terra di 1 Ha, seminato con 31.500 individui di peso medio di 0,2 g, ed in una vasca di 25 mc, con 465 individui di peso pedio 1,4 g.

L'alimentazione consiste in mangime secco, a formulazione equilibrata appositamente predisposto per il Penaeus monodon, integrato con alimento fresco, trance di pesce in genere.

Sono stati effettuati campionamenti ogni 15 giorni per verificare la crescita, il fattore di riconversione e la stima della popolazione.

I dati dell'allevamento non sono ancora definitivi essendo tuttora in corso, comunque è possibile già confermare la fattibilità, nelle nostre condizioni ambientali, di almeno un ciclo produttivo a stagione contro i tre dei paesi d'origine.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	609-610	1986

RACCOLTA DI PLANCTON NATURALE QUALE ALIMENTO PER STADI LARVALI E POST-LARVALI DI SPIGOLA DICENTRARCHUS LABRAX.

A. Aliberti°, A. Moretti°, A. Ponticelli°, M. Angelini*.

°ENEA Tecab Laboratorio Acquacoltura Casaccia, Roma
*C.G.P.C.O. Santa Liberata, Orbetello.

Key words: Sea bass; Plankton collecting; Larval rearing; Food intake.

L'allevamento degli stadi larvali e post-larvali di spigola, Dicentrarchus labrax, ha diverse problematiche, una delle quali è la disponibilità di prede vive destinate all'alimentazione delle larve e delle post-larve.

La sperimentazione svolta presso l'avannotteria di Santa Liberata (GR), ha come obiettivo la sostituzione totale o parziale dello zooplancton prodotto "artificialmente" con quello raccolto in bacini naturali.

La raccolta dello zooplancton è stata effettuata utilizzando il collettore automatico messo a punto dal laboratorio d'acquacoltura dell'ENEA, e successivamente modificato a seguito delle numerose verifiche sul campo.

Il collettore, a funzionamento completamente automatico, è stato progettato per semplificare e tenere minimi i costi di gestione.
Il corpo macchina consiste in un convogliatore cilindrico di plexiglass al cui centro è sostenuta una elica azionata a presa diretta, con un motore elettrico che consente 64-70 giri/minuto.

Il modesto ingombro (80x38x50) ed il peso contenuto (9 kg) permettono di effettuare con un solo operatore i trasporti ed il posizionamento.
L'esperimento d'allevamento larvale e post-larvale è stato compiuto in due vasche a tronco di cono, in VTR, di eguali dimensioni e con volume di 5 mc, seminate con 500 g di uova embrionate.

Le larve schiuse dopo 4 giorni, a 16°C, hanno superato lo stadio di Eleuterembryo (assorbimento del sacco vitellino) e quindi sono state alimentate con Brachionus plicatilis ad libitum.

Il ricambio dell'acqua è stato garantito con circolazione a perdere, mantenendo la temperatura dell'acqua delle vasche tra i 16 e i 20°C, e fotoperiodo naturale, essendo le vasche situate in serra.
Sono state somministrate modesta quantità di fitoplancton, $5\text{-}10 \times 10^4$ cell/ml, al fine di mantenere lo stato di "acque verdi".

Alle larve schiuse, circa il 50% pari a 120000 ind./bacino, sono state

somministrate, dal nono giorno, quantità giornaliere di zooplanctonti di produzione naturale intorno ai 4,5 milioni di individui, vari per gruppi tassonomici rappresentati, soprattutto Copepodi e Ostracodi, e per stadi di sviluppo.

Sono stati predisposti campionamenti settimanali casuali di almeno 30 individui per vasca, osservati al microscopio ottico, per il controllo della popolazione.

I parametri rilevati sono stati: replezione dell'alimento; calcolosi e qualità dell'alimento.

I risultati di questa prova sperimentale mostrano il progressivo passaggio dall'alimentazione con rotiferi a quella con alimento naturale, con una sopravvivenza finale accettabile, 4% circa a 90 giorni d'età, senza la somministrazione di Artemia salina e nonostante i continui interventi dovuti al carattere sperimentale della prova.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	611	1986

BIOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF ARTEMIA SP. AND BRANCHINELLA SPINOSA FROM SARDINIAN NATURAL SALT PONDS.

G. MURA*, G.B. PALMEGIANO**, C. SARRA**, L. CIRILLO*, A. BULLO* e R. SISI*

*Dipartimento di Biologia Animale ed Umana, Università di Roma - **Centro di Studio per l'Alimentazione di Animali in Produzione Zootecnica, CNR Torino.

key words: Artemia, Branchinella, salt ponds, biochemical composition.

Given the important implications of Artemia in aquaculture, in feeding larval stages and adults of cultured organisms, we performed a screening of its distribution in Sardinia (MUra et al., 1985).
Our survey performed during 1985 and 1986, in natural salt ponds and in salt works, revealed abundant Artemia bisexuate populations, and in some instances an interesting co-occurrence of the former, with another Anostracan species, Branchinella spinosa, typically colonizing natural astatic salt ponds (especially rich in Mg).
The two species, characterized by a diefferent tolerance range for salinity partially overlap during the life cycle.
All the collected population samples were checked for biochemical composition, EFA included.
The comparison of the obtained results outlined a higher protein (67%) and lipid content for Branchinella as compared with Artemia population.
Analysis now in progress concerning PUFA contents, will provide further information on nutritional value of the two involved species.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	613-614	1986

OTTIMIZZAZIONE DI DIETE SECCHE PER PENEIDI

G.B.PALMEGIANO*, M. ZIINO**, F. SALVO**, G. FORNERIS*** e C. SARRA*

*Centro di Studio per l'Alimentazione di Animali in Produzione Zootecnica, CNR Torino - **Dipartimento di Chimica Organica, Università di Messina - ***Dipartimento di Produzioni Animali, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Torino.

key words: Peneids, dry diets, nutritional requirements, artificial feeding

Lo sviluppo della crostaceicoltura intensiva dipende oltre che da un'appropriata tecnologia, dalla disponibilità di diete bilanciate a basso costo. La messa a punto di diete per Peneidi, organismi ad alta richiesta proteica, a sua volta dipende dalla facilità di approvvigionamento delle materie prime di buona qualità. I peneidi completano il pasto in un periodo di tempo prolungato, poichè lo stimolo ad alimentarsi pare cessi dopo che la camera del proventricolo si è riempita completamente. L'alimento non consumato, specialmente nel caso di una dieta non bilanciata e quindi poco appetita, tende poi ad alterare l'ambiente. Scopo del presente lavoro è perciò l'ampliamento delle conoscenze riguardo l'ottimizzazione di diete secche per Peneidi sia da un punto di vista nutrizionale, sia economico.
Ci si è quindi posti il problema della sostituibilità, in una dieta sperimentata precedentemente della farina di cefalopodi, pur nutrizionalmente valida, ma di difficile reperibilità e quindi inadatta economicamente.
Secondo tema era la verifica dell'efficacia e del dosaggio ottimale dell'inositolo e di una miscela di fagostimolanti. I risultati delle prove di alimentazione di Penaeus japonicus Bate effettuate con i mangimi integrati con farine di pesce bianco o di krill, in sostituzione della farina di cefalopodi, hanno mostrato che non esistono differenze apprezzabili negli incrementi di biomassa ottenuti. Si può osservare tuttavia che complessivamente le diete integrate con farina di pesce bianco hanno dato incrementi di biomassa e sopravvivenza migliori di quelle integrate con farina di krill. Ciò può essere messo in relazione con il fatto che il contenuto proteico del mangime integrato con farina di pesce bianco (56-57%) è più vicino ai valori riportati in letteratura (55%) rispetto a quello integrato con farina di krill (47%). Inoltre i mangimi integrati con farina di pesce bianco mostrano percentualmente una quantità superiore di acidi grassi rispetto al krill, mentre non risultano differenze apprezzabili per quanto riguarda la loro distribuzione percentuale.
Il notevole miglioramento dei dati di crescita avuto con le diete integrate

con inositolo è da collegare ai fosfolipidi di cui recentemente è stata riconosciuta l'importanza nell'alimentazione dei Peneidi.
L'efficacia dei fagostimolanti sembra essere legata all'esteso sistema dei chemiorecettori, di cui sono dotati i decapodi ed alla sensibilita di quelli situati sulle antennule e sulla parte distale dei pereiopodi.
Si può quindi affermare che la dieta con l'integrazione dello 0,4% di inositolo e dell'1% di fagostimolanti, può essere considerata ottimale poichè a parità di efficacia, ha un costo inferiore.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	615-616	1986

STUDIO SULL'ALLEVAMENTO SEMI-ESTENSIVO DI Penaeus japonicus BATE 1888 CON L'USO DI FERTILIZZANTI E DIETE ARTIFICIALI.

F. Lumare°, G.Casolino°, F.Salvo°°, R.Schiavone°, L.Tancioni°°°, G.L.Troiano° e M.Ziino°°.

°Istituto per lo Sfruttamento Biologico delle Lagune, C.N.R., Lesina - °°Dipartimento di Chimica Organica e Biologica,Università Messina - °°°Aquacoltura Gestione Ittica (AGEI) - Roma.

Key words: Shrimp-culture; Penaeus japonicus; Artificial diets.

ABSTRACT - Semi-extensive culture trials of Penaeus japonicus were carried out using organic and inorganic fertilizers with artificial diets. The artificial food increased final yield and it depressed lower loss rate due to cannibalism.

RIASSUNTO

L'acquacoltura tendenzialmente è orientata ad utilizzare al meglio lo spazio per promuovere più elevate produzioni. Ciò è quanto si sta verificando per le forme emergenti di gambericoltura sia del Sud-Est asiatico che del Centro America, dove si ricorre all'impiego di fertilizzanti organici ed inorganici in aggiunta alla somministrazione di diete artificiali.

Con tale orientamento sono stati avviati, recentemente, studi in Italia con il Peneide Penaeus japonicus (gamberone imperiale) effettuando due serie di prove. In un caso sono state utilizzate due densità di semina delle post-larve (2,6 e 5 esemplari/m2) impiegando fertilizzante inorganico e pollina e due tipi di mangime IP e IR, differenti per composizione delle materie prime. In un quinto bacino in terra è stata utilizzata la densità di 2,1 es/m2 con dieta artificiale (B), caratterizzata da alta componente proteica e diverso legante. La seconda serie di prove è stata svolta presso un'azienda ittica del meridione dove sono state impiegate 3 vasche in terra con fertilizzanti organici ed

inorganici ed una stessa dieta rappresentata da pastone umido; in tal caso le densità di semina sono state predisposte su valori di 1,5 e 3,3 es/m2.

Nella prima serie di prove sono stati ottenuti rendimenti variabili da 352,0 a 407,5 kg/ha con la dieta IR (rispettivamente 2,6 e 5 es/m2) e 270,0 e 292,3 kg/ha per dieta IP; il quoziente nutritivo (QN) è risultato rispettivamente in media 2,8 e 2,9; per la dieta B il rendimento è stato di 549,6 kg/ha con QN=1,7.

Nella seconda serie si è ottenuto un rendimento di 394,2 e 352,6 kg/ha per semine di 1,5 es/m2, e di 537,8 kg/ha con semine di 3,3 esemplari, con QN variabile da 1,1 a 1,6.

Il peso medio finale è risultato nella prima serie variabile da 9,9 g a 33,2 g; nella seconda serie da 30,5 a 35,2 g. Interessante è risultata la percentuale di cattura degli esemplari che è variata dal 58,2% al 79,3% nella prima serie e dal 67,1% al 93,3% nella seconda. In pratica è stato dimostrato che ricorrendo alla fertilizzazione delle acque ed alla somministrazione di alimento è possibile raddoppiare la produzione finale a gamberi, rispetto all'allevamento estensivo a gestione controllata, e a ridurre la mortalità per cannibalismo con percentuali di recupero nettamente più elevate.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	617-618	1986

ISOLAMENTO DI UNA LINEA PURA DI SPIRULINA GEITLERI (CYANOPHYCEAE).

P.Villani - A. Ponticelli - N. Cordischi.

E.N.E.A. - Tecab Laboratorio di Acquacoltura
Via Anguillarese km 1.300 - ROMA

Key Words: Acquacolture Spirulina geitleri - Monospecific culture.

A seguito del primo ritrovamento in Italia dell'alga blu - verde Spirulina geitleri De Toni, presso il lago Lungo (Latina), si è ritenuto opportuno tentare l'isolamento di tale cianoficea, considerando le sue possibili utilizzazioni. La Spirulina geitleri si presenta infatti un'alga particolarmente interessante, sia per il suo aspetto morfologico (tricomi lunghi fino a 0.2 - 0.5 mm) sia per le sue caratteristiche biochimiche che mettono in risalto un elevato contenuto proteico ed un buon potere nutritivo. Attualmente le colture di tale cianoficea sono attribuibili essenzialmente a ceppi messicani o africani, ed indubbiamente il suo ritrovamento nelle nostre acque avrà un riscontro positivo nel suo allevamento e sfruttamento, che finalizzato all'acquacoltura può focalizzarsi sia nella somministrazione dell'alga viva agli avannotti, sia essiccata o come farina a Rotiferi e Artemia.

Allo scopo di ottenere colture pure di Spirulina si sono effettuati due campionamenti presso il lago Lungo, nei mesi di Luglio e Settembre 1985, con un retino da plancton a doppio cono, con maglie di 60 μ. Inizialmente il pescato è stato posto in beute da un litro, con areazione ed acqua a salinità del 20‰ e soluzione nutritiva, con 20-30 ml di campione. In seguito da poche gocce dei campioni si sono isolate alcune catene di Sporulina, usando una mocropipetta sterile, per trasferire le unità algali (localizzate tramite un microscopio invertito) dai campioni ed una goccia di mezzo liquido sterile. Tale operazione è stata eseguita 5-6 volte, fino a quando la sola Spirulina era visibile nel liquido. I campioni così ottenuti venivano successivamente portati ad un volume di 10 ml ed incubati per 1-2 giorni per evidenziare eventuali inquinanti; nel qual caso venivano ripetute le operazioni sopra descritte. L'alga è stata quindi posta in provette di mantenimento e successivamente fatta crescere su piastre Petri, con agar arricchito con nutrienti, per consentire un ulteriore isolamento. Il passaggio su agar è stato effettuato con un'ansa sterile, strisciando una goccia di coltura sulla piastra. Infine l'alga è

stata prelevata dalle piastre Petri e nuovamente portata in provette da 10 ml e quindi passata in volumi sempre maggiori fino a palloni di vetro di due litri, in cui veniva insufflata aria. E' stato usato per l'arricchimento dell'acqua il mezzo liquido di Walne, in proporzioni di un millilitro per litro di coltura.

Attualmente le colture sono mantenute in acqua con salinità iniziale variabile dal 20 al 35‰ e sono state iniziate colture in volumi di 25 litri, in sacchi di polietilene, con buoni risultati preliminari.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	619-620	1986

SVILUPPO E CRESCITA IN VITRO DI PONTOSPHAERA (PRYMNESIALES:HAPTOPHICEAE)

Saracino C., Casavola N., L'Insalata A., De Zio V.

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina - Porto, Bari

Key words:Aquacolture; Alga.

Nel Centro di Acquacoltura di Monopoli è stata isolata, dalle acque costiere antistanti, la microalga Pontoshaera (Prymnesiales: Haptophiceae) tramite successivi passaggi in terreno di coltura Walne agarizzato.

Si è voluto valutare la crescita di colture monoxeniche della Pontosphaera in diverse condizioni di temperatura (Sorokin, 1979), di luce (Trotta, 1981) e in contenitori di diverse dimensioni, nonchè l'utilizzo dell'alga nll'allevamento sperimentale dei bivalvi Venerupis decussata (L.), Venus verrucosa (L.) e Chamelea gallina (L.)(Walne, 1966). Allo scopo è stata utilizzata acqua di mare (35-37 %.)filtrata e sterilizzata con U.V. arricchita di sali nutritivi (terreno di Walne) e continuamente areata mediante soffianti.

Si sono utilizzati: beute di vetro da 300 ml, boccioni di vetro da 3 l e bustoni di plastica da 30 l. Nei laboratori sono state sistemate lampade fitostimolanti (Osram L 40 e Sylvania F 36 Wigro) per una quantità totale di 10.000 lux.

Le prove, eseguite in doppio in camera termostatata, sono state effettuate a luce continua in diverse condizioni di temperatura: 17, 23, 27, 30 °C. Alla temperatura di 23°C si è anche misurata la velocità di crescita esponendo le colture a 4, 8 e 16 ore di buio.

I conteggi sono stati effettuati con la camera di Bürker e con un contatore elettronico.

Pontosphaera sembra essere euriterma tuttavia si accresce meglio a 23 °C e anche a 27 °C. In ogni caso non conviene prolungare la coltura oltre 10-11 giorni in quanto in tutte le prove si è verificato un calo nella crescita. A 17°C la crescita è più lenta mentre a 30°C decade rapidamente (figg. 1, 2, 3).

Si è osservato che, utilizzando piccole quantità di acqua, la concentrazionedelle cellule algali è influenzata notevolmente dall'evaporazione, infatti si è riscontrata una densità elevata che però non corrisponde ad una proporzionale crescita.

Alternando alla illuminazione artificiale brevi periodi di assenza

di luce (4-8 ore) Pontosphaera non rallenta la crescita; con 16 ore di buio invece essa si sviluppa molto più lentamente (fig. 4).

L'utilizzo nell'alimentazione dei molluschi lamellibranchi ha dato buoni risultati, per cui sarebbe vantaggioso conoscere meglio l'accrescimento e sopratto le caratteristiche nutrizionali di questa alga.

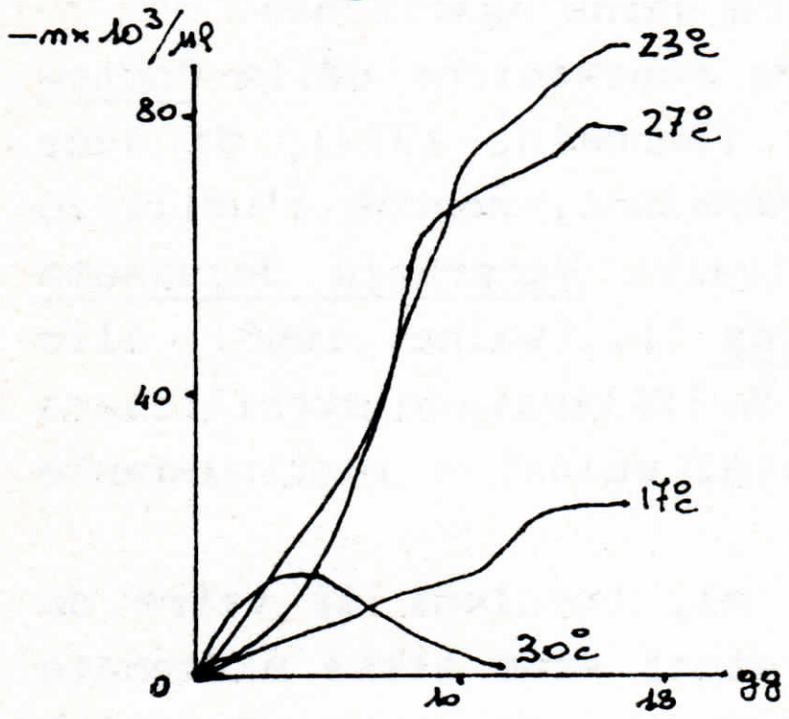
BIBLIOGRAFIA

SOROKIN C. - 1959 - Tabular comparative data for the low and high temperature strains of Chlorella. - Nature, 184, 613-614.

TROTTA P.- 1981 - A simple and inexpensive system for continuous monoxenic mass culture of marine microalgae. -Aquacolture, 22, 383-387.

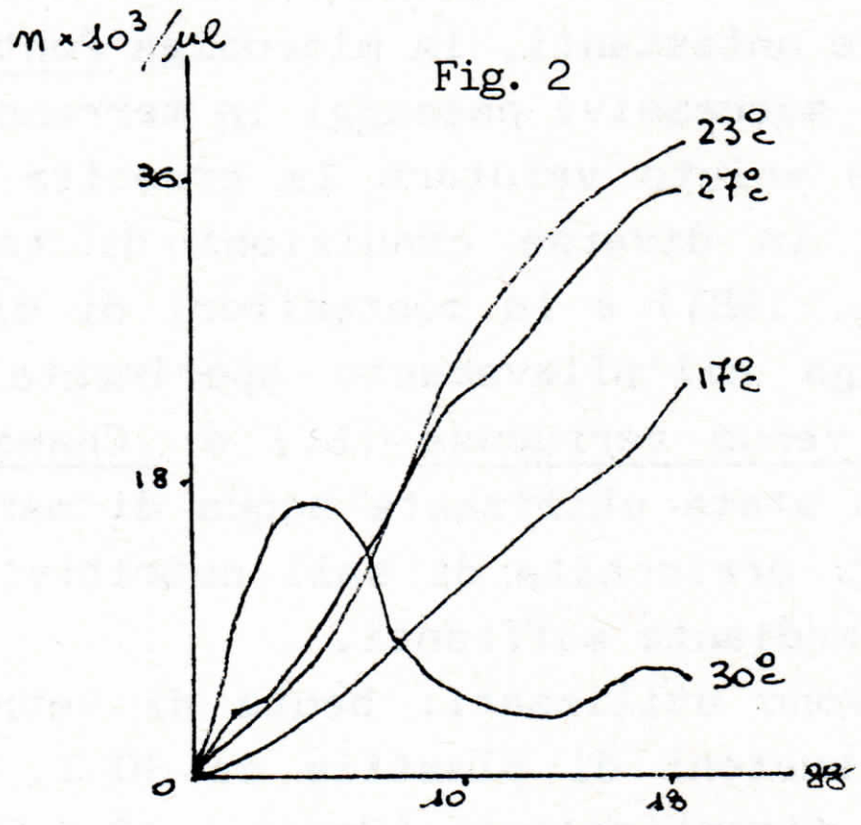
WALNE P.R. - 1966 - Experiments in the large-scale culture of the larvae of Ostrea edulis L. - Fish. Invest., London, Ser. 2,25 (4), 53 pp.

Fig. 1



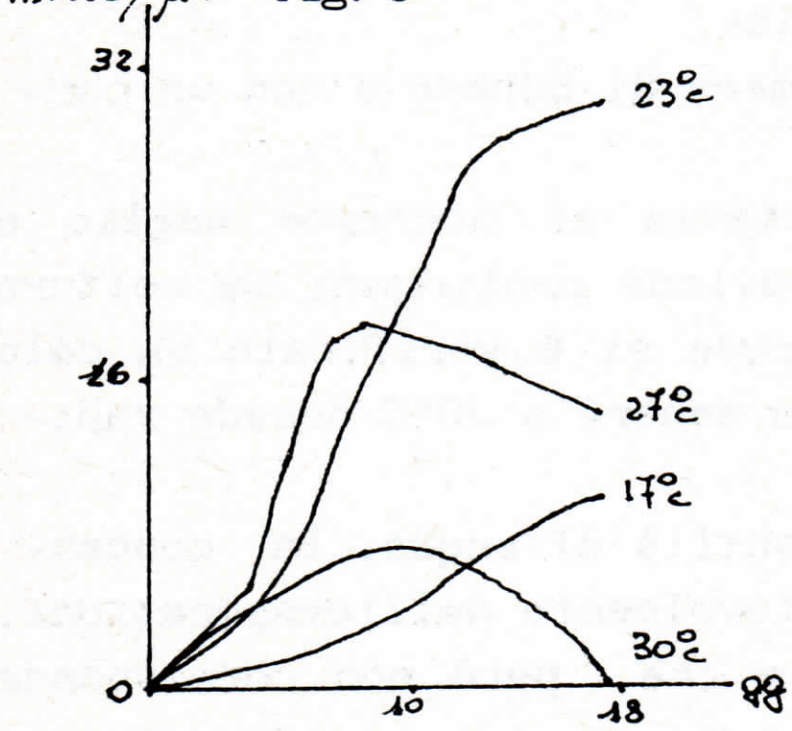
crescita giornaliera
in contenitori da 300 ml

Fig. 2



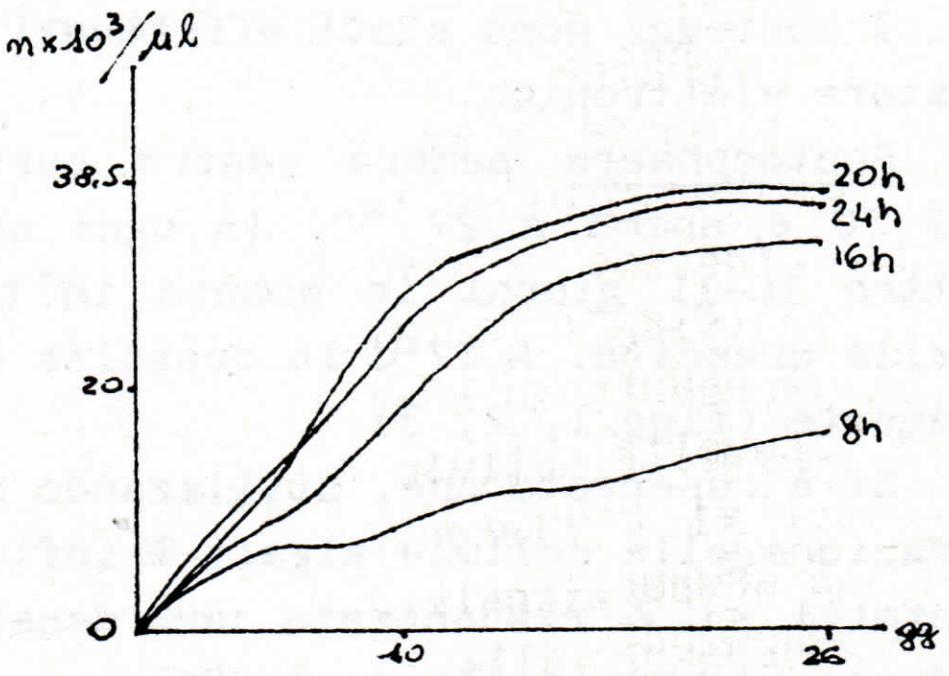
crescita giornaliera
in contenitori da 3 l

Fig. 3



crescita giornaliera
in contenitori da 30 l

Fig. 4



crescita giornaliera in tempi
diversi di esposizione alla luce

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	621-622	1986

INFLUENZA DELLA TEMPERATURA E DELLA SALINITA' SULL'ORIENTAMENTO DELLE CECHE DI Anguilla anguilla DURANTE LA MIGRAZIONE DAL MARE ALLE ACQUE DOLCI.

L. TOSI, P. TONGIORGI, A. SPAMPANATO, C. SOLA, L. SALA

Dipartimento di Biologia Animale, via Università 4, 41100 Modena

Ricerche sulla fase di migrazione delle ceche di Anguilla anguilla dal mare alle acque interne hanno permesso di accertare che l'ingresso nei fiumi è influenzato da molteplici fattori ambientali. Numerosi AA. hanno inoltre suggerito che l'adattamento delle ceche alle acque dolci avvenga gradualmente: ceche pescate in mare, cioè prima dell'inizio della migrazione anadroma, proverebbero avversione per le acque dolci, solo successivamente si manifesterebbe una preferenza crescente verso le acque dei fiumi.
Nell'ambito di un programma pluriennale volto ad indagare l'importanza dei singoli fattori ambientali sull'orientamento delle ceche durante l'ingresso nei fiumi, è già stato possibile evidenziare il ruolo svolto dai richiami odorosi (Pesaro et al., 1981) e dalla temperatura (Tongiorgi et al., 1984, 1986). Sono state successivamente analizzate l'influenza della salinità e le interazioni di questa con il fattore temperatura. Animali stabulati a 11 °C in acqua dolce (0‰) o salata (33‰) sono stati saggiati rispetto a due flussi di acqua dolce o salata alle temperature di 8, 11, 14 °C, proposti secondo tutte le possibili combinazioni. I dati ricavati dai saggi effettuati su 175 lotti di 20 ceche ciascuno evidenziano l'importanza delle caratteristiche delle acque di stabulazione sulle scelte successivamente operate sia nei confronti del fattore temperatura sia nei confronti del fattore salinità. Viene confermata la preferenza delle ceche a dirigersi verso acque a temperatura uguale o inferiore a quella dell'ambiente anche nel caso di stabulazione a salinità del 33‰ ($P<0.001$). Viene inoltre dimostrata una chiara preferenza per le acque dolci ($P<0.001$), particolarmente accentuata nelle ceche stabulate in acqua dolce: l'interazione tra salinità di stabulazione e salinità dei flussi è infatti significativa ad un livello di P 0.05. Le osservazioni di laboratorio forniscono ulteriori elementi per valutare l'importanza dei vari fattori ambientali sulle successive fasi della rimonta. Durante le fasi iniziali le ceche sarebbero guidate principalmente dalle preferenze termiche per le acque più fredde dei fiumi.
Successivamente, la preferenza per le acque dolci giocherebbe un ruolo importante nell'impedire eventuali movimenti di ritorno verso il mare. E'

interessante rilevare che la preferenza per le acque dolci compare già negli animali catturati in mare e stabulati in acqua salata, e quindi non ancora fisiologicamente adattati alle acque dolci.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	623-625	1986

DISTRIBUZIONE E SEX-RATIO DI PARAPENAEUS LONGIROSTRIS (LUCAS) NEL TIRRENO SETTENTRIONALE

M. Mori°, P. Belcari°°e F. Biagi°°

° *Istituto di Anatomia Comparata, Università di Genova - °° Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Pisa.*

Key words: Parapenaeus longirostris; Crustacea Penaeidae; distribution; sex ratio; Mediterranean Sea.

Durante la primavera e l'estate 1985 e la primavera 1986 abbiamo condotto,nell'area compresa fra l'Isola d'Elba e l'Isola di Giannutri, delle campagne di pesca a strascico nell'ambito di un programma promosso dal Ministero della Marina Mercantile. Per ulteriori dettagli sulle aree e sulle metodiche utilizzate (vedi Pellegrini et al.1986).Nell'area esaminata il gambero bianco P.longirostris costituisce una delle più importanti risorse della pesca demersale. Questa specie a larga distribuzione geografica (vedi Peres Farfante,1982) è particolarmente abbondante in alcune aree sia del Mediterraneo (Heldt,1982; Massuti,1959; Audouin,1965; Bombace,1972) che dell'Atlantico orientale (Maurin,1968; Crosnier et al.,1970), ma come osserva Froglia (1982), poco è conosciuto della sua biologia ed ecologia. Nell'area indagata la specie è risultata distribuita tra le batimetriche di 80 e 500 m, ma con uno scarso numero di individui a profondità inferiori ai 100 m e superiori ai 400 m. Maggiori concentrazioni di individui sono stati osservati tra 150 e 300 m, ma soprattutto come mostra la Fig.1 intorno alle batimetriche dei 200 m. I dati presenti nella figura sono riferiti alle catture rilevate nella primavera 1986 con un motopeschereccio di 400 Hp e rete di tipo italiana modificata. Le taglie minime e massime osservate per i maschi sono rispettivamente di 7 e 33 mm di lunghezza carapace, mentre per le femmine di 6 e 41.5 mm. Individui di taglia minore di 20 mm di lunghezza carapace sono risultati abbondanti a profondità inferiori ai 100 m ed assenti a profondità superiori ai 400 m. In accordo con studi precedenti la taglia degli esemplari catturati aumenta con l'aumentare della profondità (Heldt,1954; Crosnier et al.,1970;Froglia,1982). Nella Fig.2 che mostra questo aspetto i dati della primavera '85 e '86 sono stati cumulati in quanto non presentavano differenze significative. Nella stessa figura si osserva inoltre che le taglie medie dei campioni estivi sono minori rispetto a quelli della primavera. Ciò è in relazione con una maggiore presenza in estate di individui di lunghezza del carapace minore di 20 mm. La sex-ratio femmina:maschio nel totale del

le catture, in accordo a Froglia (1982), risulta spostata a favore delle femmine, ma cumulando i dati delle tre campagne, in quanto non significativamente diversi tra loro, e relazionando quindi la sex-ratio con le singole profondità si osserva che tra 50 e 200 m sono maggiormente presenti le femmine, mentre tra 200 e 500 m il rapporto sessi non varia significativamente da 1:1 (Tab.1). Questi dati possono essere relazionati con gli aspetti riproduttivi; infatti femmine con ovari maturi sono più abbondanti, in entrambe le stagioni, tra 150 e 300 m di profondità (Fig.3). Nella stessa figura s'individuano due picchi anche tra 100-150 m e tra 300-400 m che si ritengono opportuno trascurare dato lo scarso numero d'individui catturati in questi intervalli di profondità (vedi Fig.1). Da queste prime osservazioni la principale zona di riproduzione del gambero bianco, nell'area da noi indagata, sembra essere dunque situata tra 150 e 300 m circa di profondità.

BIBLIOGRAFIA

AUDOUIN J. - 1965 - Répartizion bathymétrique des crevettes sur les cotes algériennes entre les iles Zaffarines et les iles Habibas- Rapp. Comm. int. Mer Médit., 18(2), 171-174.

BOMBACE G. -1972 - Considerazioni sulla distribuzione delle popolazioni di livello batiale con particolare riferimento a quelle bentonectoniche- Quad. Lab. Tecnol. Pesca, 1(4), 65-82.

CROSNIER A., FONTANA A., LE GUEN J.C., WISE J.P. - 1970 - Ponte e croissance de la crevette pénéide Parapenaeus longirostris (Lucas) dans la region de Point-Noire (Republique du Congo)- Cah. O.R.S.T.O.M.,sér.Oceanogr.,8(4), 89-102.

FROGLIA C. - 1982 - Contribution to the knowledge of the biology of Parapenaeus longirostris (Lucas) (Decapoda,Penaeidae) - Quad. Lab.Tecnol.Pesca, 3(2-5), 163-168.

HELDT H.J. -1954 - Le fonds a Parapenaeus longirostris (Lucas) des mers tunisiennes - Bull. Stat.Océanogr. Salammbo,47, 11-22.

MASSUTI M. - 1959 - La gamba (Parapenaeus longirostris). Primeras observaciones en los caladeros del Golfo de Cadiz y Africa Occidental- Inv. Pesq., 15, 51-81.

MAURIN C. - 1968 - Ecologie ichthyologique des fonds chalutables atlantiques (de la baie Ibero-Marocaine à la Mauritanie) et de la Mediterranée occidentale - Rev. Trav. Inst. Peches Mont.,32(1), 1-147.

PELLEGRINI D., Belcari P.,BIAGI F.,DE RANIERI S.,MORI M.- 1986 - Osservazioni preliminari sulle biocenosi bentoniche dei fondi strascicabili del Mar Tirreno - Nova Thalassia (in corso di stampa).

PERES FARFANTE I. -1982 - The geminate shrimps species Parapenaeus longirostris and Parapenaeus politus - Quad.Lab.Tecnol. Pesca,3(2-5),187-205.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. D. Carafiglia per la sua collaborazione tecnica.

Tab.1- Sex-ratio di P.longirostris in relazione alla profondità.F=femmine; M= maschi;* campioni non significativi; NS = differenza non significativa.

Profondità (m)	80-100	101-150	151-200	201-300	301-400	401-500	Totale
Sesso	F M	F M	F M	F M	F M	F M	F M
No individui	12 6	565 332	1513 1264	747 714	78 79	11 12	2943 2417
Sex-ratio F/M	2	1.7	1.19	1.04	0.98	0.91	1.27
x^2	*	60.52	22.32	0.74	0.006	*	51.61
Signific.	/	P<0.01	P<0.01	NS	NS	/	P<0.01

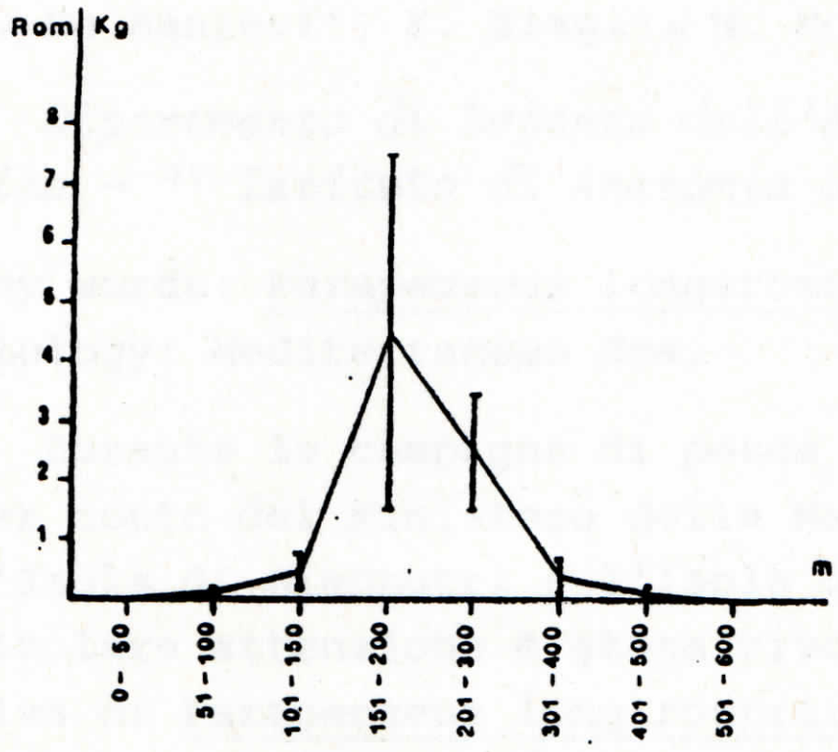


Fig.1 - Rendimenti orari medi(R.o.m.) di P.longirostris a diverse profondità.

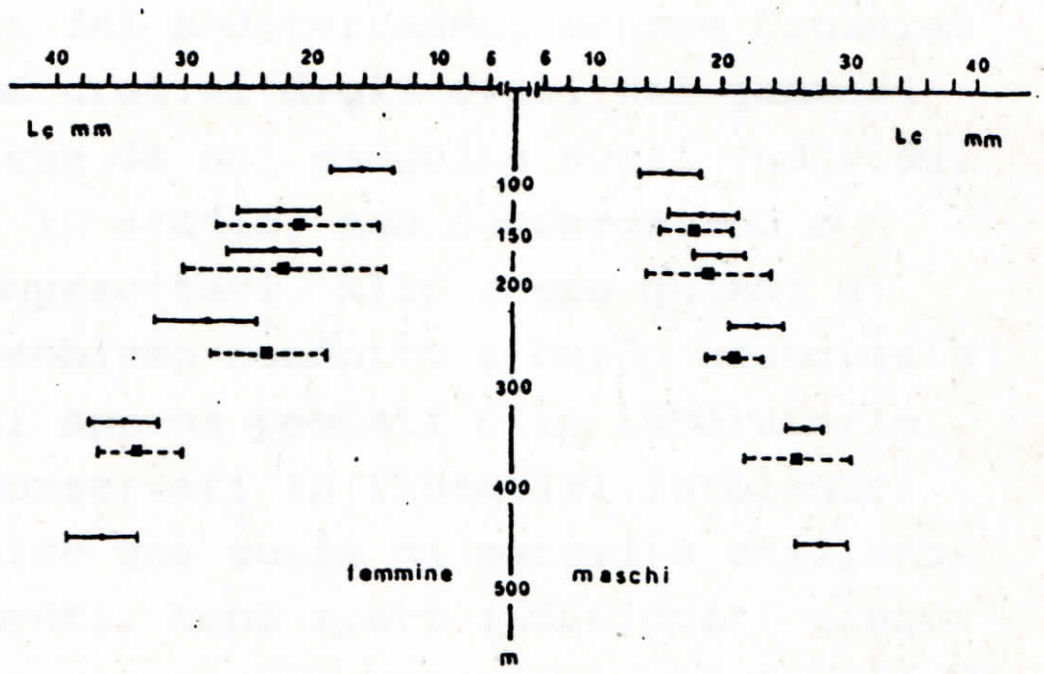


Fig.2 - Taglie medie di cattura di P.longirostris a diverse profondità.

——— Primavera
----- Estate

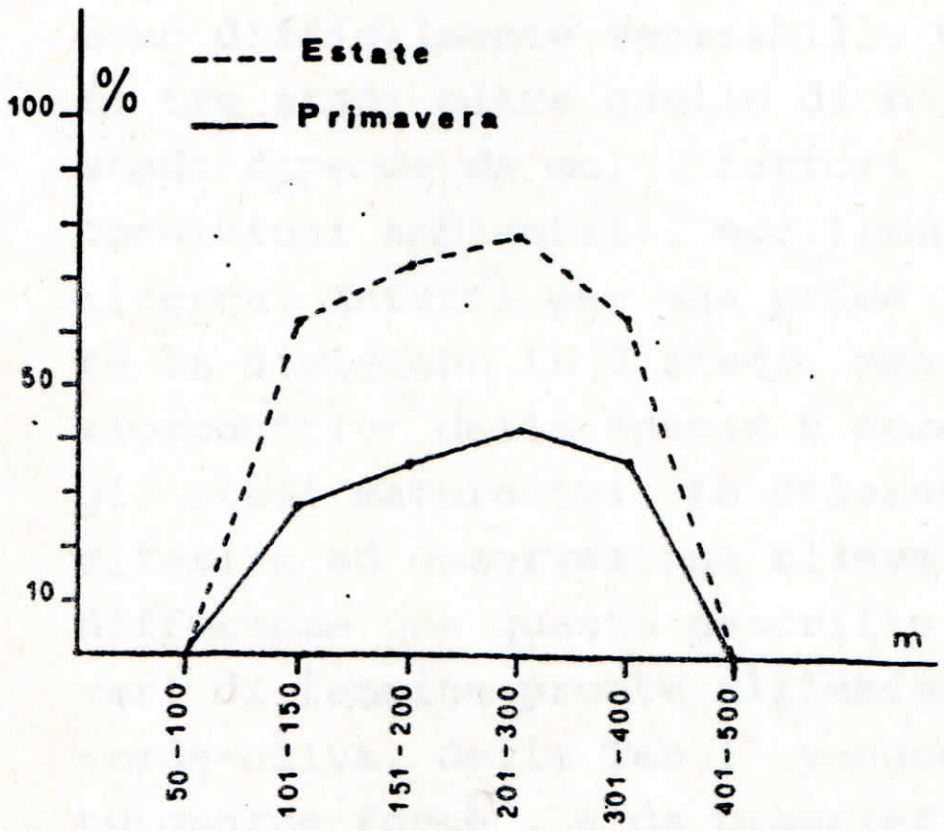


Fig. 3 - Variazioni percentuali di femmine con ovari maturi di P.longirostris a diverse profondità.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	627-628	1986

NOTE SULLA BIOLOGIA RIPRODUTTIVA DI PARAPENAEUS LONGIROSTRIS (LUCAS) NEL TIRRENO SETTENTRIONALE

S. De Ranieri°, F. Biagi° e M. Mori°°

° *Dipartmento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Pisa - °° Istituto di Anatomia Comparata, Università di Genova.*

Key words: Parapenaeus longirostris; Crustacea Penaeidae; Reproductive biology; Mediterranean Sea.

Durante le campagne di pesca a strascico effettuate dal 1985 al 1986, per conto del Ministero della Marina Mercantile, nell'area compresa fra l'Isola di Giannutri e l'Isola d'Elba (vedi Pellegrini et al.,1986), particolare attenzione è stata rivolta allo studio della biologia riproduttiva di Parapenaeus longirostris.

Heldt(1938) descrisse la morfologia dell'apparato di riproduzione maschile e femminile dei gamberi bianchi del Mediterraneo, mentre Crosnier et al. (1970) descrissero gli stadi maturativi degli ovari nei gamberi del Congo. Le osservazioni macroscopiche da noi eseguite sugli individui di P.longirostris, raccolti nell'area in studio, non concordavano con quelle riferite dagli ultimi autori sopracitati. Allo scopo quindi di analizzare le differenze riscontrate abbiamo condotto a bordo osservazioni macroscopiche su ovari di individui appena pescati e in laboratorio osservazioni microscopiche su ovari conservati in fissativi istologici o congelati. Ciò ha consentito di definire una scala di maturità utilizzabile direttamente durante i campionamenti. Sono stati individuati cinque stadi ovarici principali (Tab.1), tuttavia macroscopicamente il I e il V sono difficilmente separabili. Crosnier et al. (1970) descrivono soltanto tre stadi oltre quello di post-emissione. La distinzione in tre o più stadi dipende da molti fattori (rilevamento in campo o in laboratorio, condizioni ambientali, ecc.) conseguenti agli obiettivi e ai metodi della ricerca. Infatti per una prima indagine conoscitiva può essere sufficiente la divisione in 3 stadi, mentre per uno studio preciso dell'attività riproduttiva della specie è necessaria una più articolata separazione degli stadi maturativi. Le colorazioni degli ovari riportate in Tab.1 sono riferite ad osservazioni rilevate a fresco. Come detto esistono delle differenze con quanto descritto in letteratura. Infatti i colori degli ovari di femmine pronte all'emissione delle uova (stadio IV, verde-vivo verde-oliva, della Tab.1) vengono descritti da Heldt (1938) come "bleu turquoise foncè", e da Crosnier et al. (1970) come"orange vif". E' noto

che il colore degli ovari, determinato dalle carotenoproteine, virano rapidamente sia con la permanenza nell'ambiente aereo sia per contatto con fissativi di varia natura; le differenze sopra descritte potrebbero essere quindi determinate dalle diverse metodologie utilizzate.

Femmine con ovari allo stadio III e IV hanno costituito in marzo ed aprile il 39% sul totale delle femmine mature catturate, mentre in agosto hanno raggiunto il 56%. L'epoca di riproduzione sembra quindi spostarsi verso l'autunno-inverno. Heldt (1938) infatti osserva che in Tunisia la maggior parte delle femmine mature sono presenti da novembre ad aprile.

La taglia di prima maturità delle femmine, calcolata su campioni catturati in agosto, in quanto presentavano una maggioranza di individui maturi (Fig.1), è stata individuata nell'intervallo di taglia compresa tra 24 e 26 mm di larghezza del carapace, sebbene siano state osservate femmine mature a partire da una taglia di 17 mm di lunghezza del carapace.

BIBLIOGRAFIA

CROSNIER A., FONTANA A., LE GUEN J.C., WISE J.P. - 1970 - Ponte et croissance de la crevette pénéide Parapenaeus longirostris (Lucas) dans la region de ponite-noire (République du Congo)- Cah. O.R.S.T..O.M.,sér.Oceanogr.,8(4), 89-102.

HELDT J.H. - 1938 - La reproduction chez les Crustacés Décapodes de la famille des pénéides- Ann. Inst. Oceanogr., 18, 31-206.

PELLEGRINI D., BELCARI P., BIAGI F., DE RANIERI S., M. MORI -1986 - Osservazioni preliminari sulle biocenosi bentoniche dei fondi strascicabili del Mar Tirreno - Nova Thalassia (in corso di stampa).

Tab. 1 - Stadi di maturazione degli ovari di Parapenaeus longirostris

STADIO I : IMMATURO. Gli ovari sono molto esili ed hanno l'aspetto di filamenti translucidi, bianchi. Gli ovociti hanno dimensioni variabili da 7 a 60 micron.

STADIO II : INIZIO MATURAZIONE. Gli ovari presentano una colorazione crema. Insieme alle uova di riserva si osservano gruppi di ovociti con diametro di 126 ± 9.5 micron.

STADIO III : MATURAZIONE IN CORSO. Gli ovari presentano una colorazione variabile da verde chiaro a grigio-verde. Gli ovociti hanno un diametro di circa 192.7± 14.2 micron e si trovano nella seconda fase della vitellogenesi.

STADIO IV : MATURO. Gli ovari sono turgescenti e presentano una colorazione variabile da verde vivo a verde-oliva. Diametro degli ovociti circa 280 micron.

STADIO V : POST-EMISSIONE. Gli ovari hanno un aspetto translucido simile a quelli dello stadio I, con ovociti in diversi stadi di maturazione. Spesso si osservano gruppi di grossi ovociti in fase di demolizione.

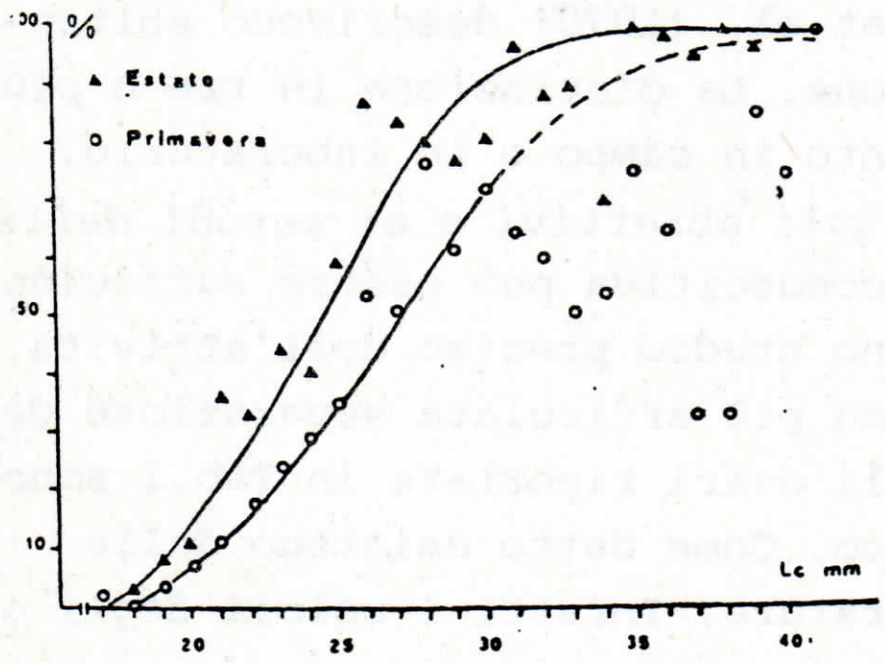


Fig. 1 - Taglia di prima maturità delle femmine di P.longirostris.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. D. Carafiglia per la collaborazione prestata.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	629-630	1986

PRIMI DATI SULLA CRESCITA di Symphodus roissali (Risso) E DI Symphodus tinca (L.) IN MAR LIGURE

F.Fiorentino°, P.De Ferrari+, R.Fiorentino+, M.Cappanera°.
° Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale - Istituto di Anatomia Comparata - Università di Genova.
+ Club Sub Bogliasco (Mares - Nimar).

Key words: Ligurian Sea - Symphodus - growth - otholits - hypurals-length/ age keys.

Il genere Symphodus comprende 10 specie in Mar Mediterraneo,caratterizzate da stretti legami con il substrato (territorialità, costruzione nidi, uova bentoniche). In questa nota si presentano alcuni risultati preliminari sulla crescita di Symphodus roissali e di Symphodus tinca in Mar Ligure.

Sono stati studiati 155 individui, catturati nelle acque antistanti Bogliasco e Sori (Genova) nel periodo compreso tra il dicembre 1985 ed il luglio 1986. Ogni esemplare è stato misurato in lunghezza totale, espressa in millimetri, ed identificato sessualmente mediante l'osservazione macroscopica delle gonadi. Sono stati, inoltre, prelevati gli otoliti (sagitte), gli ipurali e le scaglie per la determinazione dell'età, tramite l'osservazione delle bande di crescita. Le sagitte e gli ipurali sono stati osservati in toto allo stereomicroscopio con luce riflessa, immersi in acqua, su sfondo nero; le scaglie sono state montate su vetrini ed osservate al microscopio. Poichè l'interpretazione delle zonature nelle scaglie presentava maggiori dificoltà, i dati presentati si riferiscono a letture di sagitte e di ipurali. Per la preparazione delle chiavi taglia/età sono stati utilizzati quegli individui in cui l'interpretazione delle bande di crescita trovava d'accordo gli osservatori (68% del campione). La Tab.A e la TAb.B illustrano le chiavi taglia/età "preliminari" di S.roissali e di S.tinca in Mar Ligure.In S.tinca, data l'età di prima maturazione (2 anni per le ♀ e 3 anni per i ♂) non è stato possibile distinguere gli individui per sesso nelle classi più giovani. Per ogni classe (con $N \geq 4$) sono state calcolate la lunghezza media ($\bar{x}$) e la deviazione standard (s). Data l'esiguità del numero di individui disponibili,l'intervallo fiduciale delle medie è stato calcolato, con una affidabilità del 99%, secondo la formula:

$$I.F.= \bar{x} \pm t \cdot s/\sqrt{N-1}$$

La Fig.1 e la Fig.2 mostrano le curve di crescita calcolate da Quignard (1966) con S.roissali e con S.tinca catturati a Sète e Toulon, e gli intervalli fiduciali delle medie sperimentali ottenute con il materiale da noi esaminato. L'andamento generale dei grafici mostra che, a pari età, in entrambe le specie e nei due sessi le taglie medie degli individui del Mar

Ligure sono maggiori di quelle delle stazioni francesi. Per quanto sopra esposto reputiamo che Symphodus roissali e Symphodus tinca crescano più rapidamente nelle acque del Golfo di Genova che in quelle del Golfo del Leone; tuttavia soltanto un'analisi condotta su campioni più consistenti e la possibilità di elaborare una curva di crescita (es.Van Bertalanffy) ci permetterà di effettuare confronti più precisi.

1		2		3		4	
F	M	F	M	F	M	F	M
85	70	113	111	109	129	128	
66	61.5	98	93	102	123		
69	80	97	91.5	132	110		
77	73.5	103	119	105	128		
60.5	67.5	94	111	108			
57.5	90	82	102				
70	68	112					
71.5	89	102					
64.5	80	100.5					
63		80					
65		83					
60.5		98					
51		91.5					
57.5							
72.5							
n=15	n=9	n=13	n=6	n=5	n=4	n=1	
$\bar{x}$=66	$\bar{x}$=75	$\bar{x}$=96	$\bar{x}$=105	$\bar{x}$=111	$\bar{x}$=121	/	/
s=8.3	s=9.3	s=10	s=10	s=11	s=7.0		

Tab. A – Symphodus roissali

1	2		3		4		5		6	
IND.	IND.	F	F	M	F	M	F	M	F	M
108.5, 126	130	136	126.5	224	187	257	202	254		275
70.5, 115	117	138	163	224	189	227	222	295		
71.5, 95.5				235	215	225	230	256		
85, 100.5				209	208	274	234	274.5		
93.5, 121				224		273	230	296		
90.5, 126						270	212	292		
84						265	230	280		
94.5						270				
107.5										
n=15	n=2	n=2	n=2	n=5	n=4	n=8	n=7	n=7		n=1
$\bar{x}$=92	/	/	/	$\bar{x}$=223	$\bar{x}$=200	$\bar{x}$=258	$\bar{x}$=223	$\bar{x}$=278	/	/
s=27				s=8	s=12	s=18	s=19	s=11		

Tab. B – Symphodus tinca

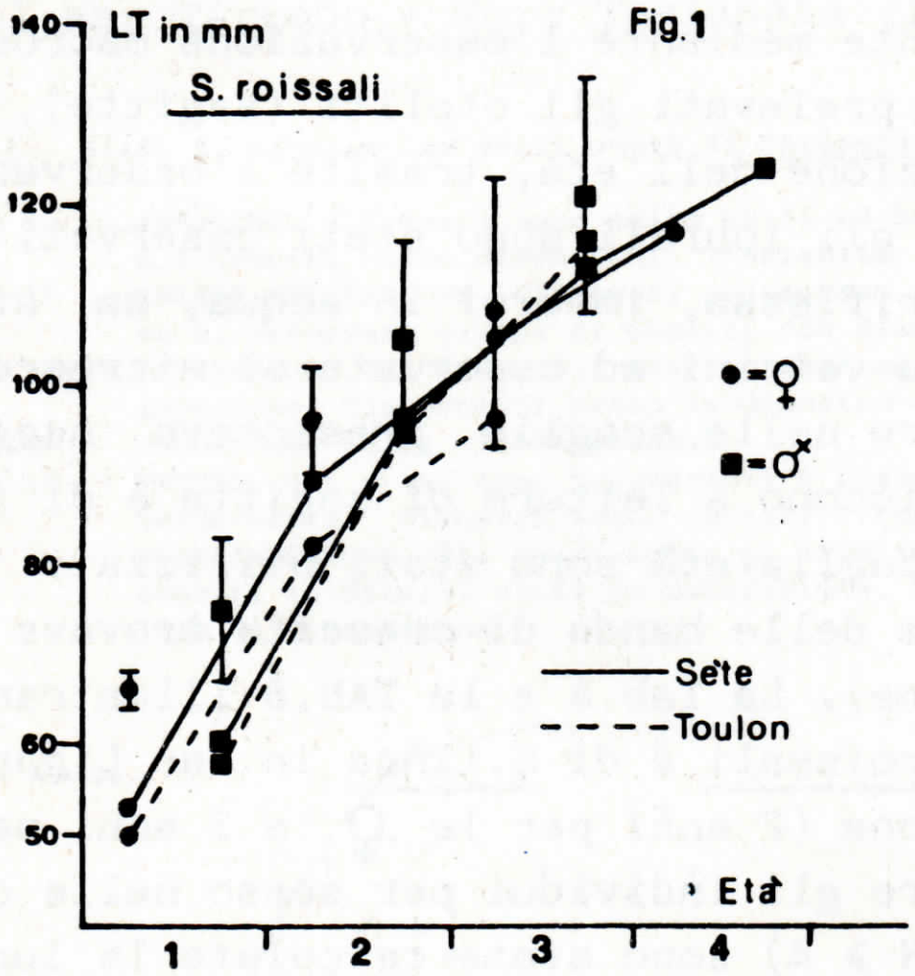


Fig. 1

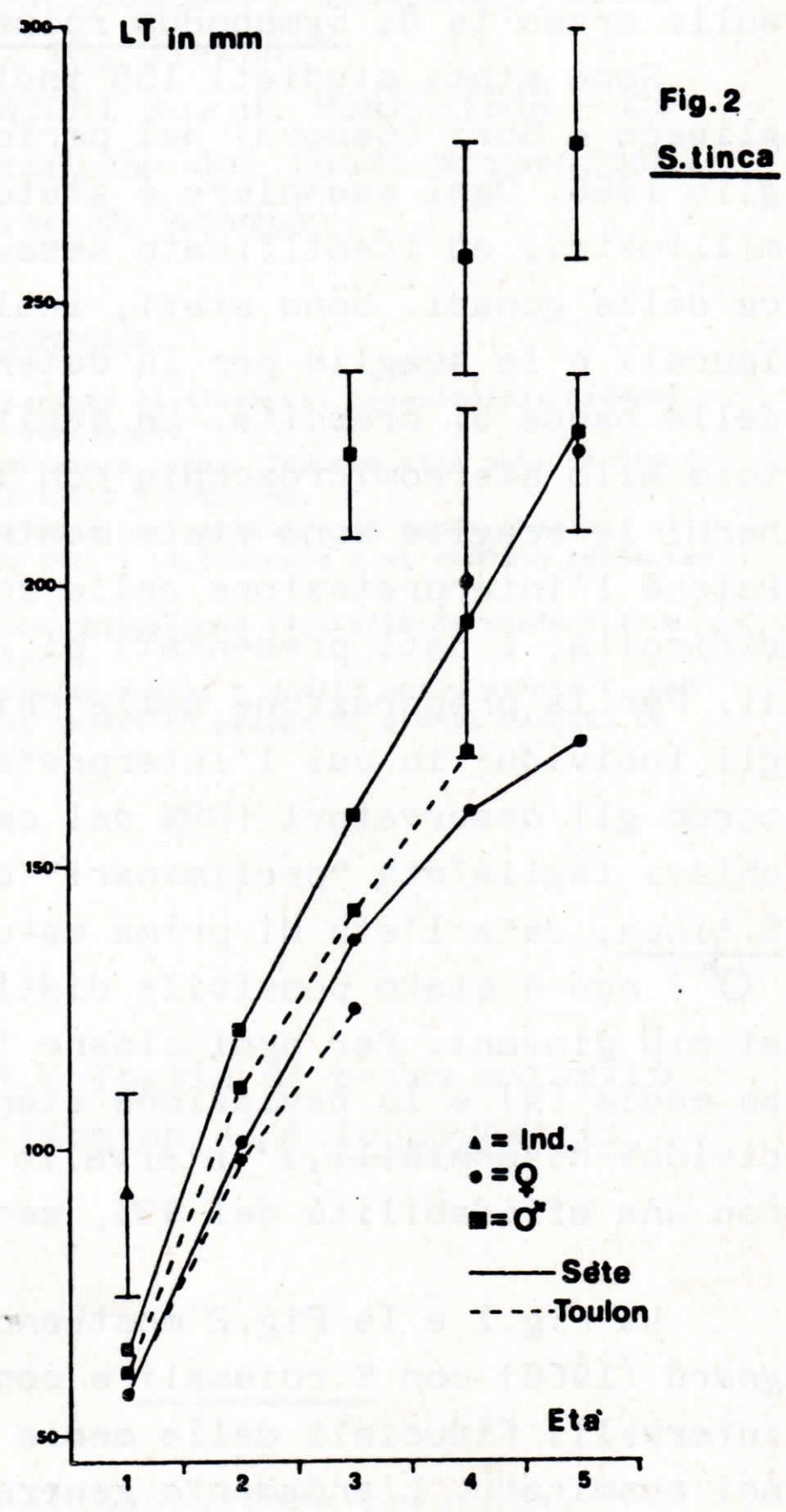


Fig. 2
S. tinca

Quignard, J.P., 1966 - "Recherches sur les Labridae (Poissons Téléosteens Perciformes) del cotes Européennes" Naturalia Monspelensia, Ser. Zool., vol. 5: pp. 1 - 247

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	631-632	1986

OSSERVAZIONI SULLA DISTRIBUZIONE DI ELEDONE CIRRHOSA (LAMK.) NEL MAR TIRRENO SETTENTRIONALE

P.Belcari*, S. De Ranieri* e D. Pellegrini**

** Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Pisa - ** Centro Interuniversitario di Biologia Marina, Livorno.*

Key words: Cephalopoda; Eledone cirrhosa; Tyrrhenian Sea.

Le indagini sono state effettuate nel corso di un programma di ricerca promosso dal Ministero della Marina Mercantile sulla valutazione delle risorse demersali del Mar Tirreno Settentrionale. La zona in esame si estende dall'Isola d'Elba all'Isola di Giannutri, dalla costa a 700 m di profondità (Pellegrini et al.,1986). La stratificazione e l'allocazione delle cale è stata effettuata seguendo la procedura del campionamento stratificato randomizzato. I dati si riferiscono alle tre campagne stagionali effettuate rispettivamente nella primavera '85 (15 Marzo-20 Maggio)nell'estate '85 (20-30 Agosto) e nella primavera '86 (15 Marzo-6 Maggio) consistenti in 30 cale ciascuna. Ogni campionamento veniva effettuato tramite un'ora di strascico durante le ore diurne . Eledone cirrhosa rappresenta in peso il 10% del totale commerciale da noi realizzato ed il 57% rispetto al totale dei Cefalopodi. Questa specie è risultata presente in tutta l'area di studio a profondità comprese tra 25 e 600 m con catture occasionali a profondità inferiori a 50 m e superiori a 450 m, concordemente a quanto trovato da Lumare (1970). Le maggiori catture sono state rilevate tra 100 e 200 m raggiungendo nella primavera '85 il valore massimo di 27 kg in un'ora di strascico. Osservando le catture totali di Eledone cirrhosa si nota che nell'estate '85 esse risultano fortemente diminuite in peso mentre non esistono differenze rilevanti nel numero totale degli individui rispetto alle altre campagne. I rendimenti orari medi in peso e numero di individui per i diversi intervalli di profondità

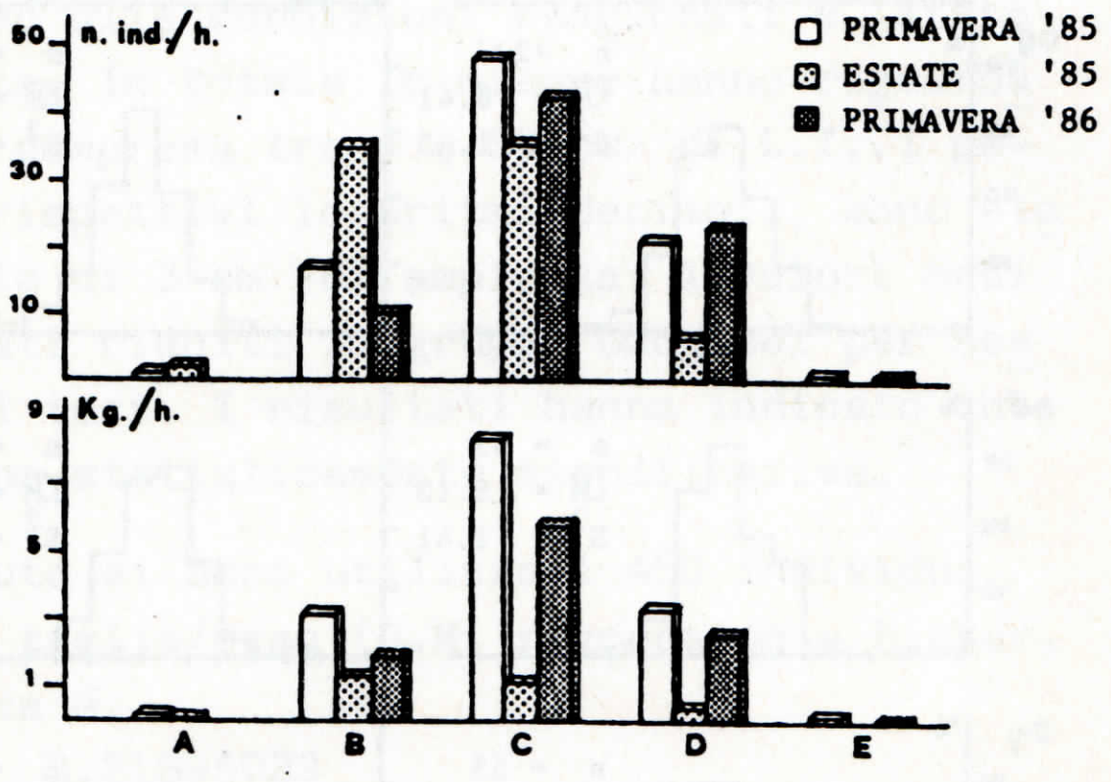


Fig.1 - Istogrammi relativi ai rendimenti orari medi in numero (in alto) e in peso alle diverse profondità: A=0-50m; B=50-100m;C=100-200m;D=200-450m;E=450-700 m.

nelle tre campagne di pesca sono visualizzati nella Fig.1. Nel periodo estivo è possibile rilevare la comparsa di un maggior numero di individui di piccola taglia e la contemporanea diminuzione di quelli di taglia maggiore, come evidenziato dall'analisi delle distribuzioni taglia/frequenza riportate nella Fig.2 e come già sottolineato da Moriyasu (1981).

BIBLIOGRAFIA

LUMARE F. - 1970 - Nota sulla distribuzione di alcuni cefalopodi del Mar Tirreno - Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 25 (2), 313-314.

MORIYASU M. - 1981 - Biologie des peches de céphalopodes bentiques. Application aux Eledones, Eledone cirrhosa (Lam.1798) du Golfe du Lion. Thèse,Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montepellier, France, 227 pp.

PELLEGRINI D., BELCARI P., BIAGI F., DE RANIERI S., MORI M. - 1986 - Osservazioni preliminari sulle biocenosi bentoniche dei fondi strascicabili del Mar Tirreno Settentrionale - Nova Thalassia (in corso di stampa).

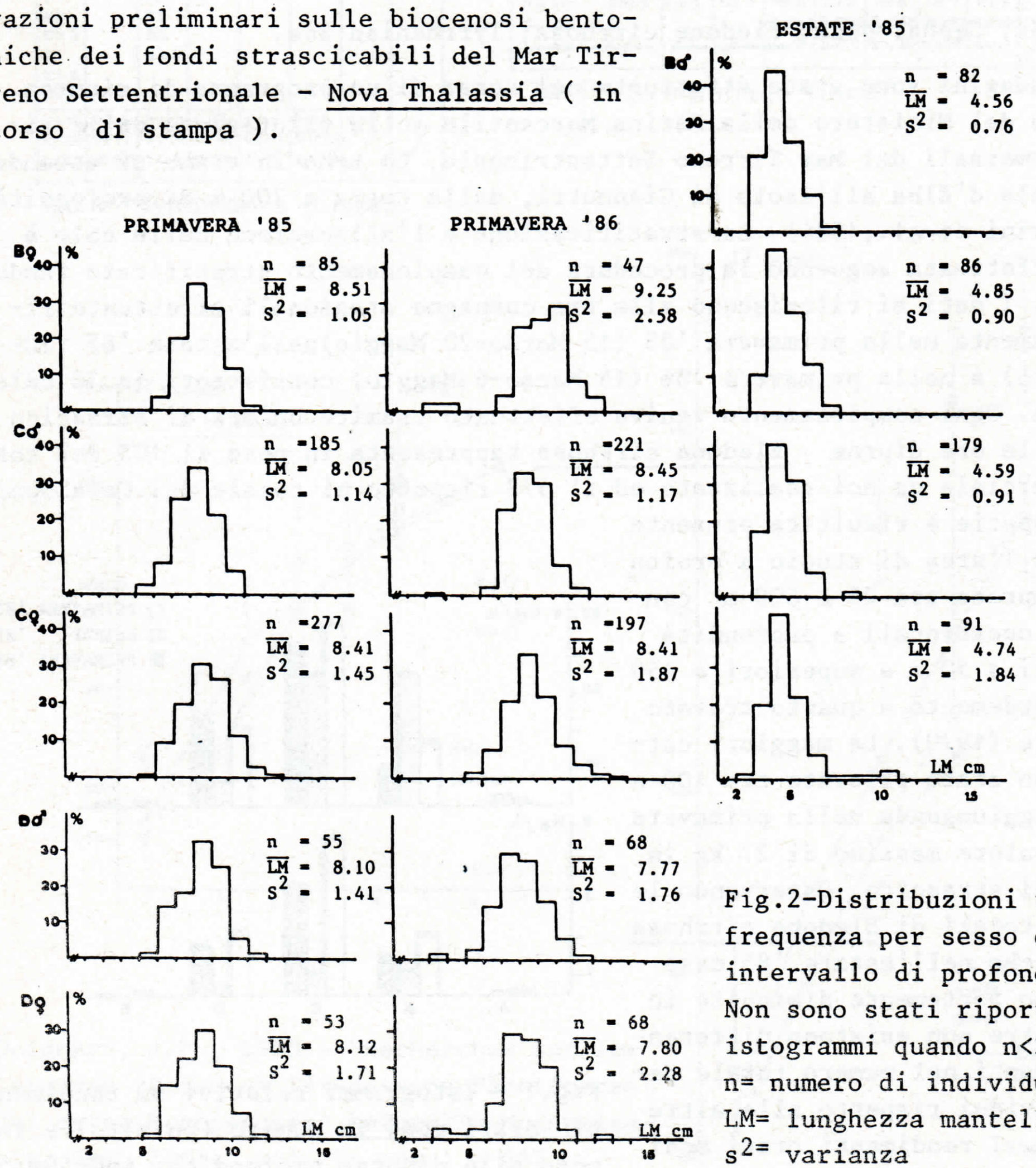


Fig.2-Distribuzioni taglia-frequenza per sesso e per intervallo di profondità. Non sono stati riportati istogrammi quando n<20.
n= numero di individui
LM= lunghezza mantello
s^2= varianza

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	633-634	1986

ASPETTI DELLA BIOLOGIA DI MERLUCCIUS MERLUCCIUS (L.) IN MAR LIGURE: LA RELAZIONE TAGLIA/PESO

Massimo Cappanera e Fabio Fiorentino

Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale - Istituto di Anatomia Comparata - Università di Genova.
Key words: Ligurian Sea - hake - lenght/weight relationship.

Si é calcolata la relazione taglia/peso in Merluccius merluccius impiegando individui provenienti dalle acque antistanti il litoral di Chiavari (Genova). I campionamenti sono stati effettuati durante il 1983 mediante rete a strascico di tipo commerciale con maglie al sacco di 6 mm di lato nell'intervallo batimetrico tra 20 e 90 m.

I pesci sono stati conservati in congelatore per un tempo medio di 15 giorni in sacchetti di polietilene chiusi per limitare al minimo la disidratazione. Una volta scongelati sono stati misurati in lunghezza totale approssimata al mezzo centimetro inferiore, pesati e distinti per sesso. Il peso, espresso in grammi, è riferito, nei Naselli con L. T. superiore a 10 cm , ad individui privi del contenuto gastrico, mentre nei giovani con L.T. inferiore a 10 cm al pesce integro. Per valutare l'esistenza di differenze statisticamente significative nei valori ponderali, connesse al sesso ed alle condizioni stagionali é stata applicata l'analisi della varianza. In totale le misure hanno riguardato circa 700 individui di taglia compresa tra 4 e 53 cm di L.T..I pesi dei Naselli, trasformati nei rispettivi logaritmi decimali, sono stati distribuiti in classi di taglia di 3 cm di ampiezza; i valori medi ottenuti per ogni classe sono stati riuniti in gruppi omogenei per sesso e per stagione e sottoposti al test. I risultati hanno indicato che le differenze riscontrate non sono statisticamente significative.

Sulla scorta di quanto ottenuto si sono utilizzati 450 individui per calcolare un'unica relazione taglia/peso (G.M. regression - Ricker, 1975) la cui espressione analitica é:

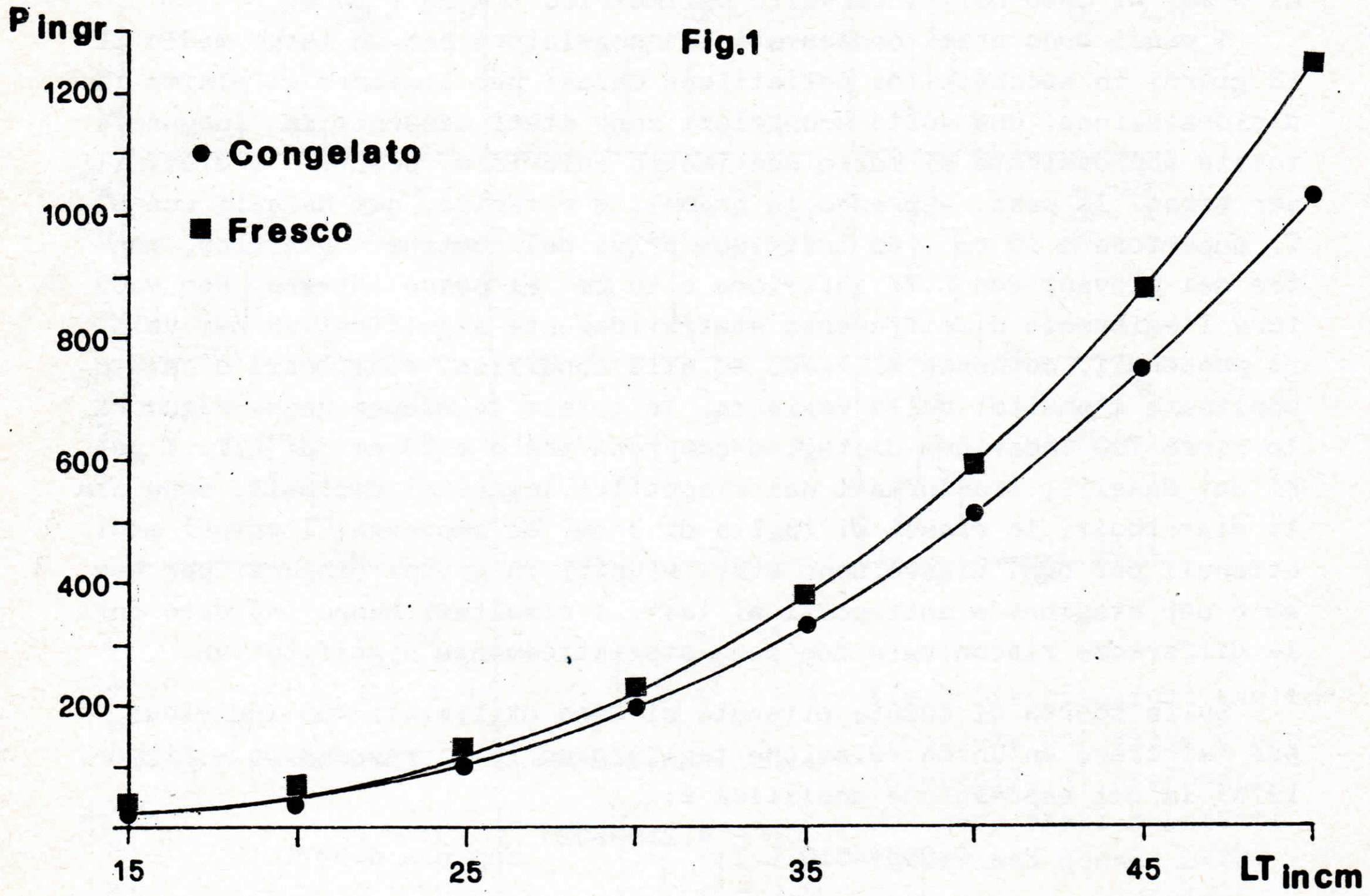
$$P = 0.00344610\ L.T.^{3.21895023} \quad \text{con } r = 0.9971$$

Ricker,W.E.,1975 - "Computation and interpretation of biological statistics of fish populations". Bull.Fish.Res.Board., 191: 382 pp.

L.T. (cm)	D p %
15 – 19	7
20 – 24	10
25 – 29	12.5
30 – 34	14.5
35 – 39	16

Tab. A

Fig. 1



NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	635-640	1986

VARIAZIONI DI TAGLIA IN UN BANCO COMMERCIALE DI PECTEN JACOBAEUS L. E CHLAMYS OPERCULARIS L. AL LARGO DI CHIOGGIA. UN ANNO DI STUDI.

Castelli Maurizio e Lucio Castagnolo.
Dipartimento di Biologia Ambientale, Università di Siena. Via Delle Cerchia 3, 53100 SIENA.

Parole chiave: Pecten, Chlamys, pesca, taglia commerciale.

Nell'ambito della ricerca di nuove specie di molluschi bivalvi da destinare ad allevamento acquicolo, é stata studiata, con osservazioni bimestrali nell'arco di 16 mesi (maggio 1985/agosto 1986), l'evoluzione di un banco, sfruttato commercialmente, di Pecten jacobaeus L. e Chlamys opercularis L., due specie particolarmente importanti per la pesca nello Alto Adriatico.

Nel periodo di studio, in P. jacobaeus é stata osservata una diminuzione nella frequenza delle catture di individui di taglia commerciale (diametro max. 10 cm) da un massimo del 60,9 % nel gennaio 1986 (Fig. 2a) ad appena un 10 % nel giugno 1986 (Fig. 3a) del numero totale delle catture con la contemporanea scomparsa di quasi tutti gli individui di taglia superiore ai 10 cm.

Tale andamento delle catture contrasta con i dati riportati da Pagotto e Zatta (1986) i quali trovano che un buon andamento delle catture si ha anche in estate. Essi riportano a tal fine che, nel luglio 1983, il 48,5 % degli individui da loro catturati aveva dimensioni maggiori ai 10 cm. Mancando però l'indicazione del banco o dei banchi da loro esaminati, un raffronto esatto non é possibile.

Allo stesso tempo é stato registrato un calo nel reclutamento nelle taglie inferiori fino alla scomparsa degli individui più giovani.

In C. opercularis é stata registrata una più uniforme distribuzione delle taglie, fino a 5 cm di diametro massimo, che ha permesso di evidenziare una doppia curva di distribuzione (Fig. 2b) che sottolinea la velocità di crescita di questi animali, con un buon reclutamento nelle taglie più piccole.

Scarsissima si é rivelata, invece, la presenza di individui di 6 cm di diametro, la cui punta massima si ha nel gennaio 1986 con appena il 2,65 % di catture (Fig. 2b).

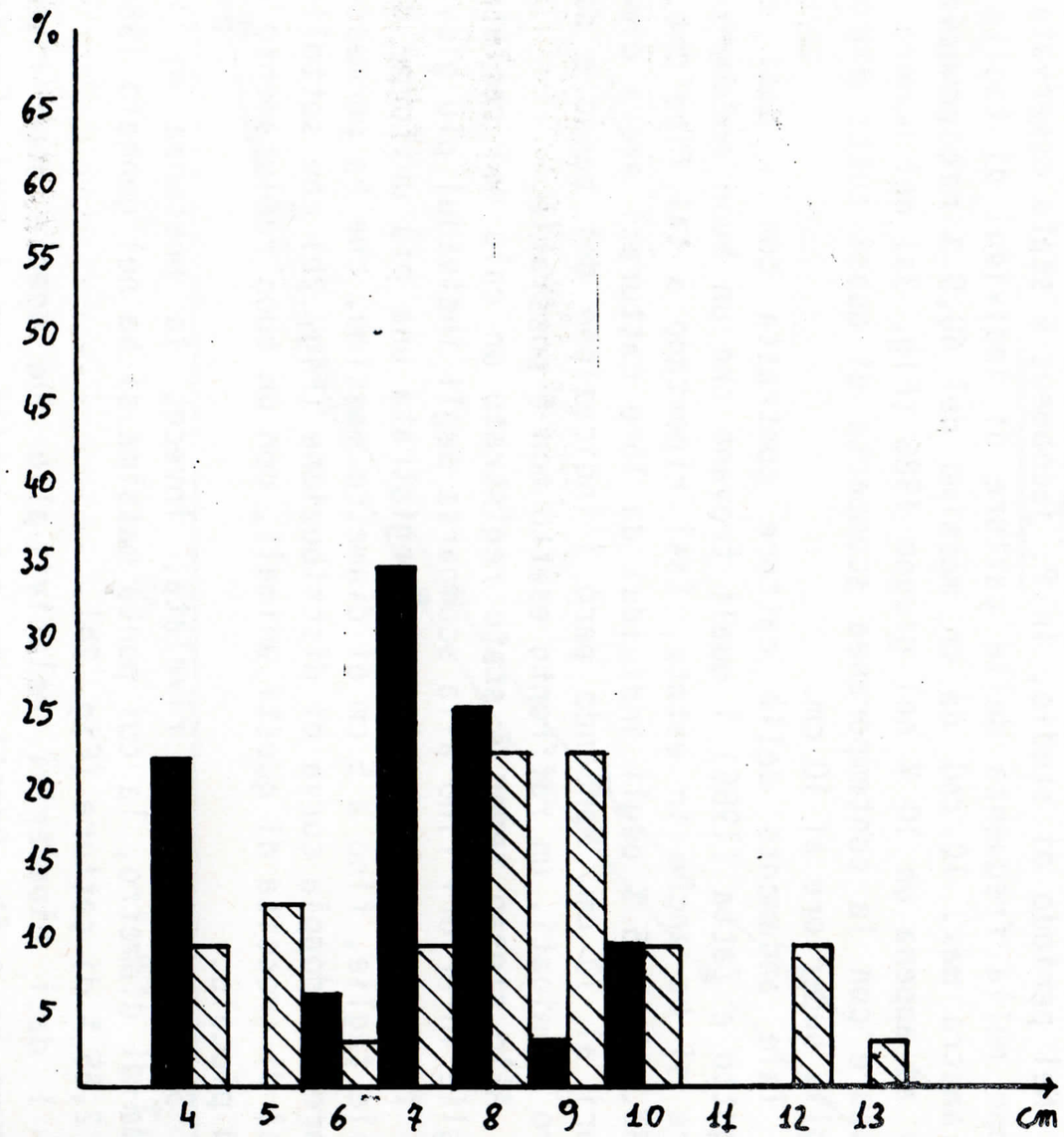
I dati biometrici relativi alle due specie sono riportati nelle figure 5a e 5b. Questi sono comparabili con i dati riportati da Valli e Dovier (1977) relativi al P. jacobaeus nel Golfo di Trieste.

CATTURE PERCENTUALI PER TAGLIA DI PECTEN E CHLAMYS

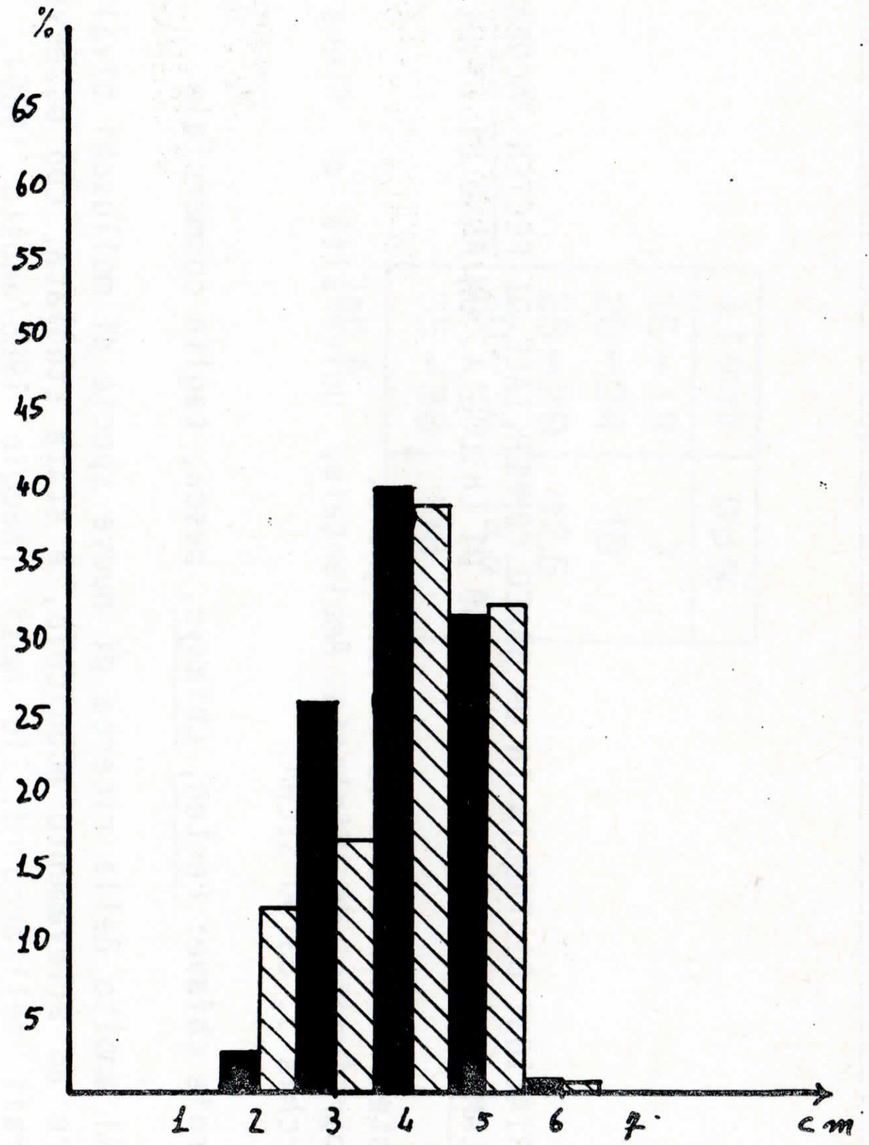
Fig. 1

GIUGNO 85

LARGHEZZA ■
LUNGHEZZA ▨



a) PECTEN

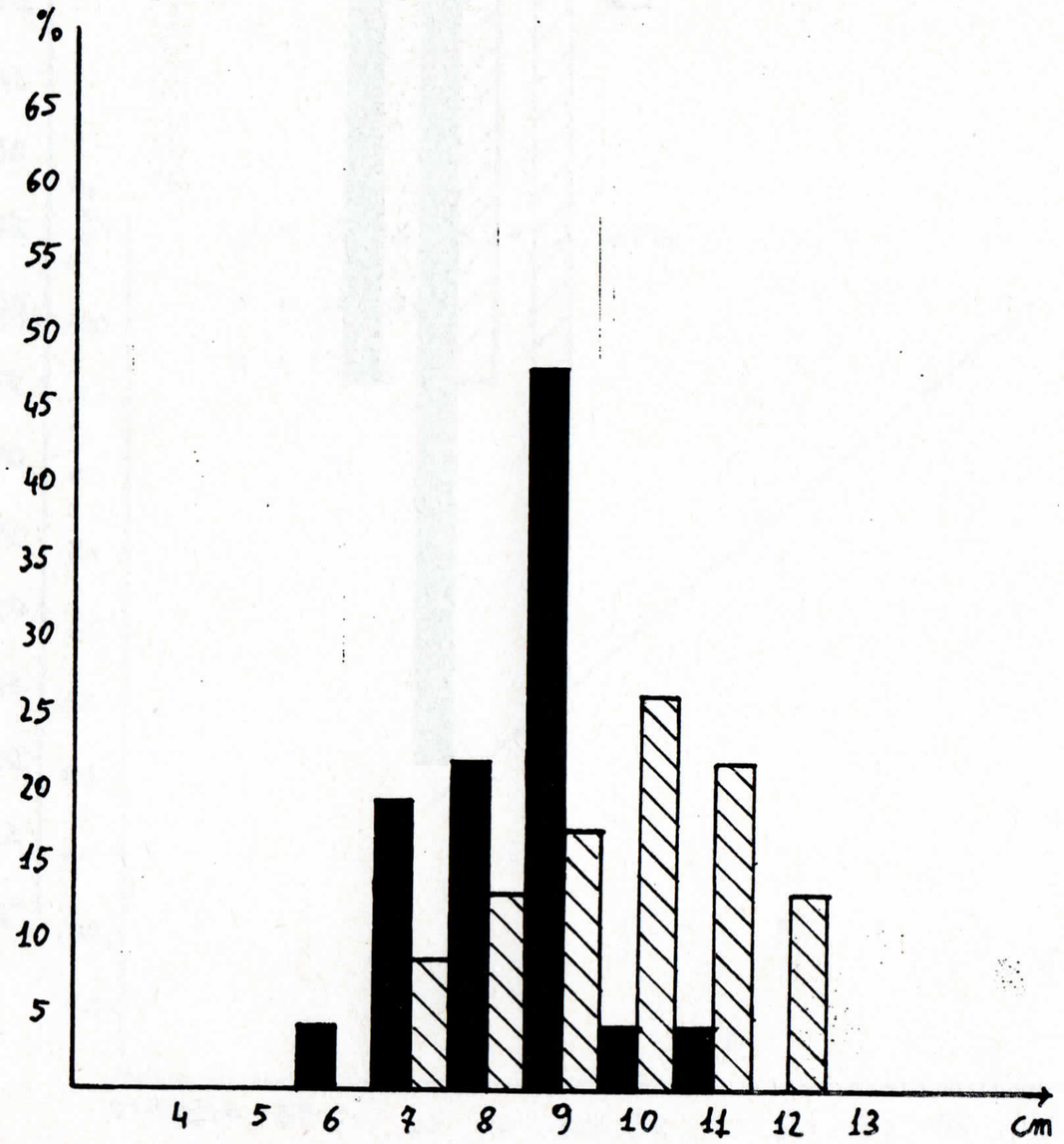


b) CHLAMYS

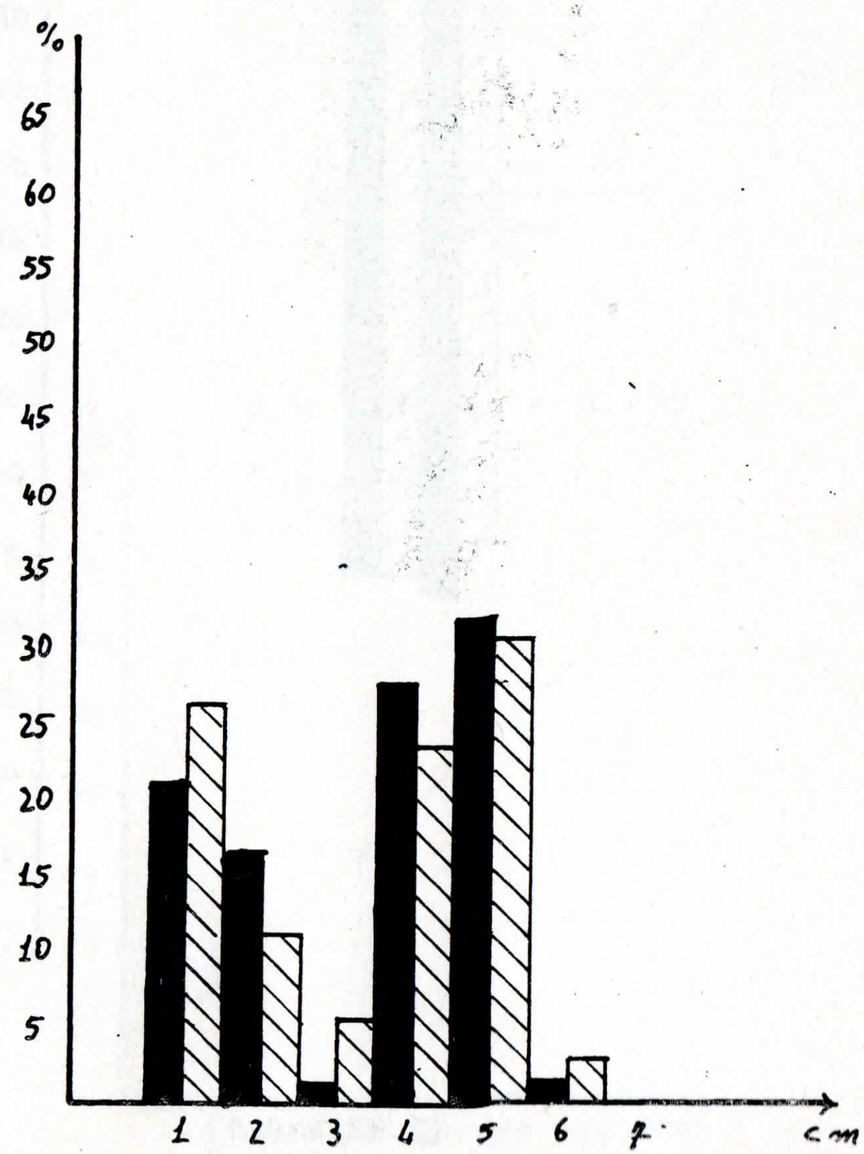
CATTURE PERCENTUALI PER TAGLIA DI PECTEN E CHLAMYS

Fig. 2

GENNAIO 86



a) PECTEN

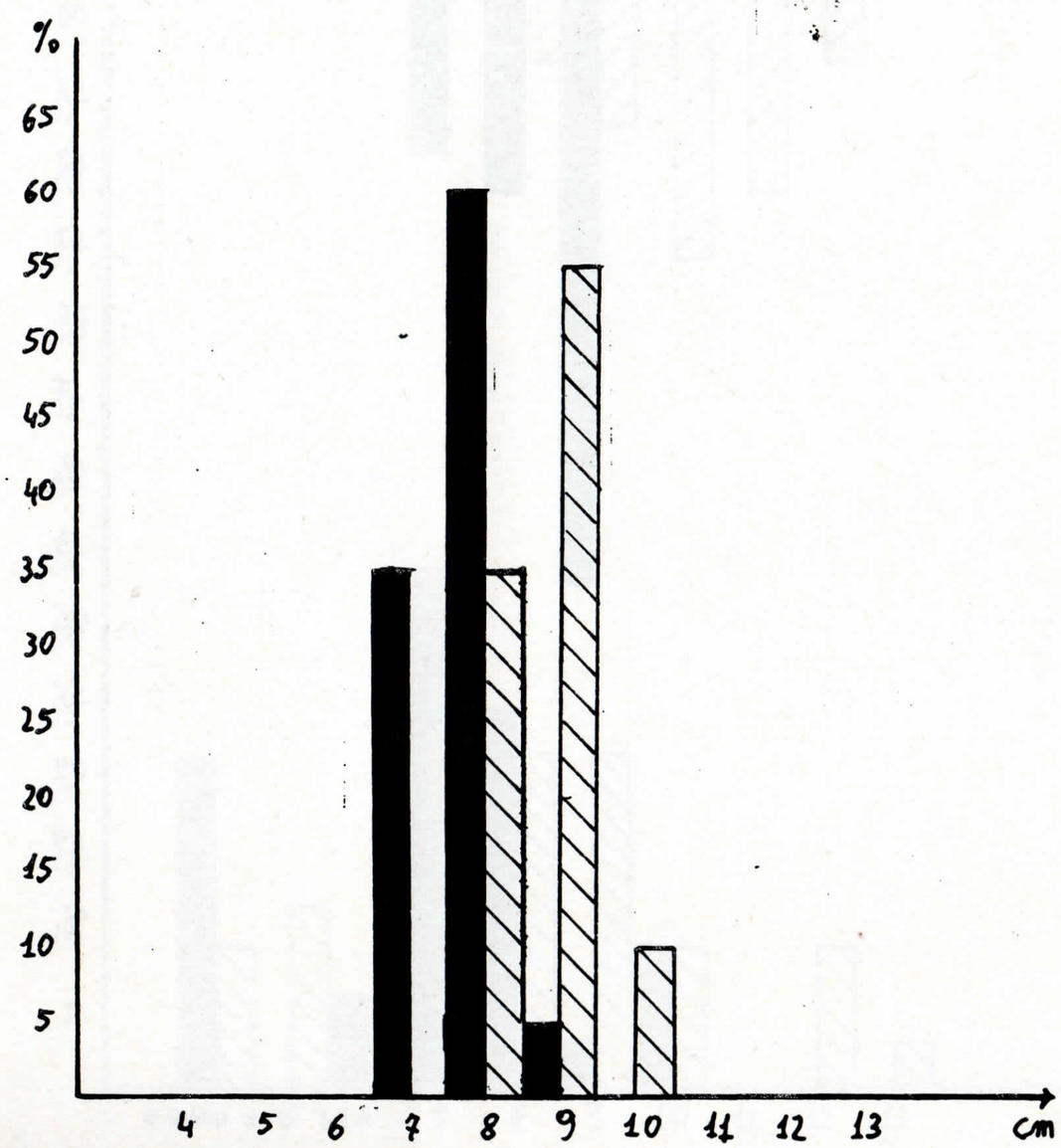


b) CHLAMYS

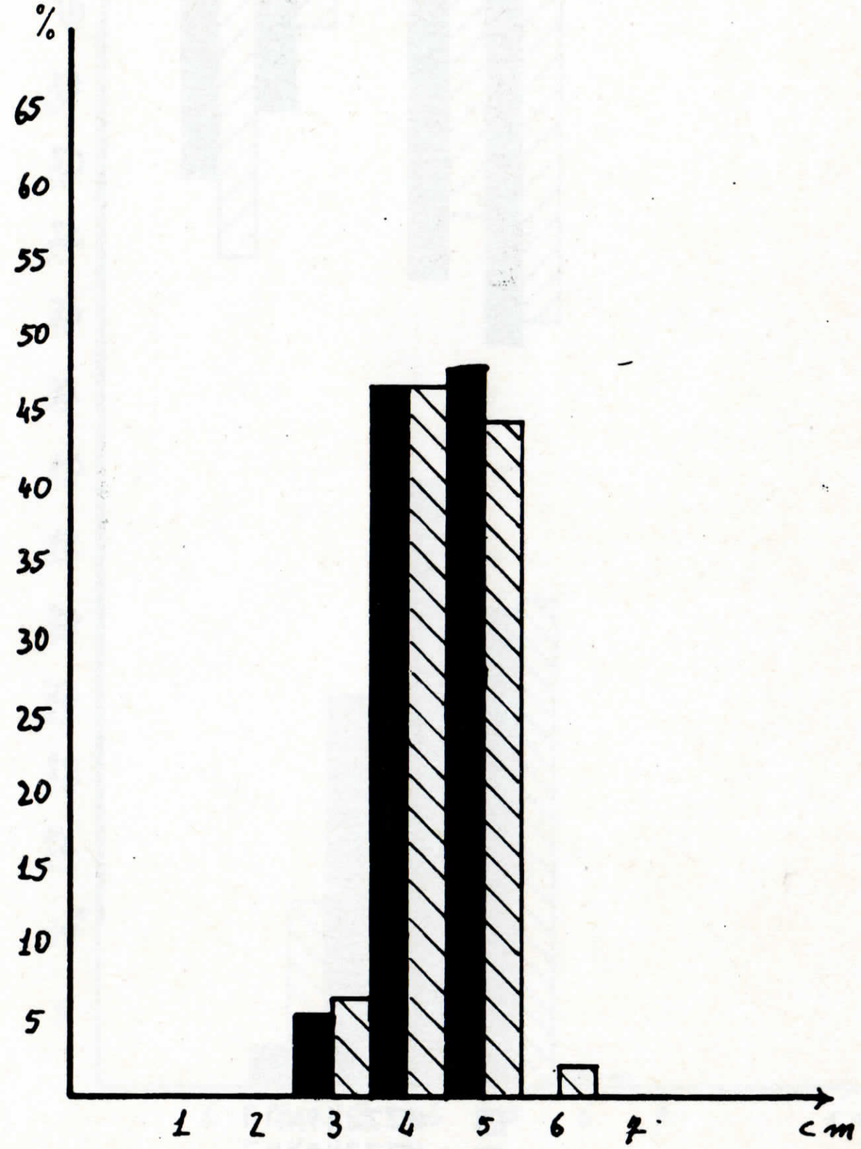
CATTURE PERCENTUALI PER TAGLIA DI PECTEN E CHLAMYS

Fig. 3

GIUGNO 86

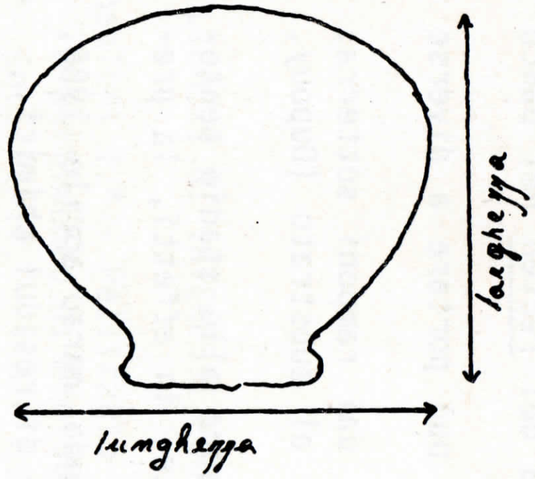


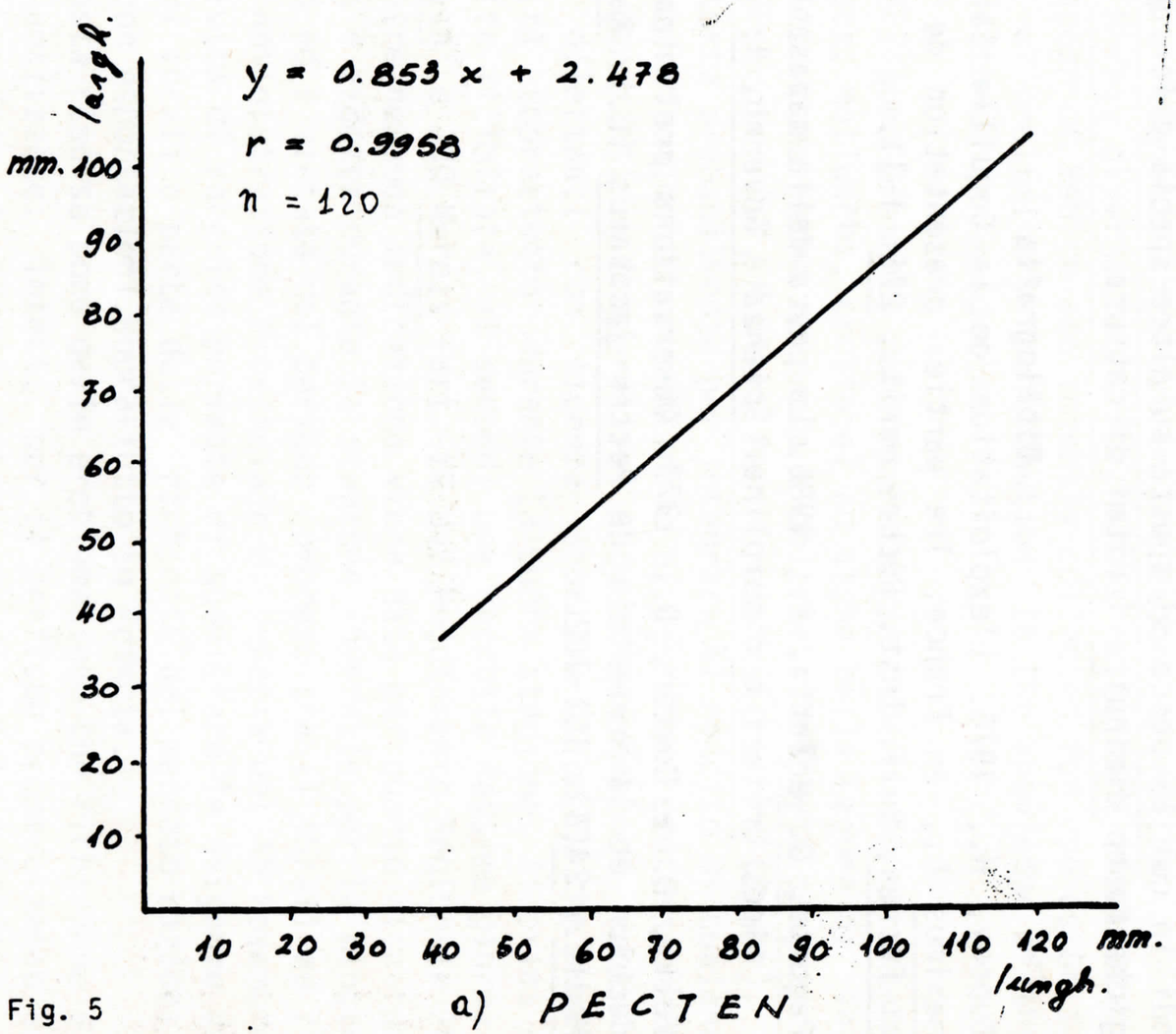
a) PECTEN



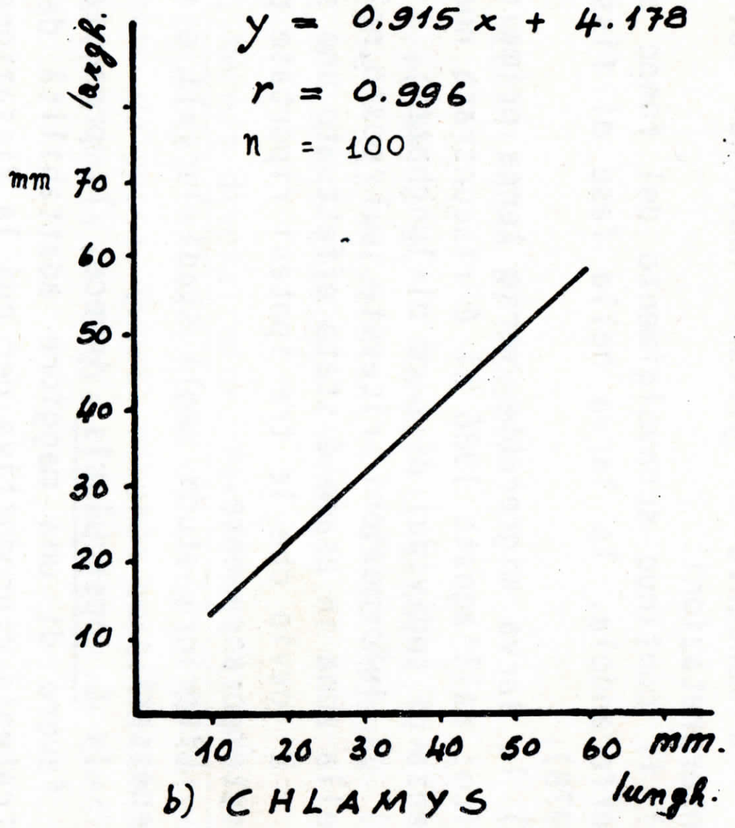
b) CHLAMYS

Fig. 4





a) PECTEN



b) CHLAMYS

Fig. 5

Dalle osservazioni fin qui effettuate, si evidenzia un eccessivo sfruttamento che pone a rischio la sopravvivenza del Pecten nel banco oggetto d'indagine.

La mancanza di giovani individui sul banco può portare a diverse interpretazioni:

a) il continuo sconvolgimento del fondo operato dai ramponi sotterra, soffocandola, la larva nella fase di fissazione al substrato (Dupouy, 1978);

b) la larva migrerebbe verso terra prima di passare allo stadio bentonico: nell'agosto 1986 si é riscontrata nuovamente, in effetti, la presenza di individui di 6 cm di lunghezza;

c) da informazioni ricevute sul posto,nel periodo marzo-aprile 1986, nella zona in esame é stato effettuato uno scarico di residui chimici.

E' ovvio che le tre ipotesi riportate possono essersi tutte avverate contemporaneamente.

Ulteriori studi sugli stadi larvali e sul periodo di fissazione sono necessari.

In C. opercularis, invece, la presenza di giovani sul banco depone a favore di una maggiore adattabilità delle specie o di una diversa strategia riproduttiva per cui la fissazione avrebbe luogo anche in periodi in cui la pesca si sposta su altre specie e le condizioni metereologiche fanno diminuire i ritmi di cattura.

Bibliografia

Dupouy, H., 1978. L'exploitation de la Coquille Saint-Jacques, Pecten maximus L., en France. 1re partie: presentation de pêcheries. Science et Pêches, Bull. Inst. Pêches marit., 276: 1-11.

Pagotto, G. e Zatta, P., 1986. La pesca della capasanta nell'Alto Adriatico. Criteri e disciplina. Scienza e Governo, 1: 33-35.

Valli, G. e Dovier, D., 1977. Observations preliminaires sur la reproduction et la biometrie de Pecten jacobaeus (L.). Rapp. Comm. int. Mer Medit., 24(4): 101-102.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	641-642	1986

POLICHETI DI INTERESSE ECONOMICO NELLA LAGUNA DI VENEZIA

Ansaloni I.* - Pellizzato M.** - Prevedelli D.* - Zunarelli Vandini R.*
* Dipartimento di Biologia Animale - Via Università, 4 - 41100 Modena.
** Co.S.P.A.V. - Viale Stazione, 5 - 30015 Chioggia (Venezia).

Riassunto - Marphysa sanguinea, Nereis diversicolor, Perinereis cultrifera (Anellidae, Polychaeta), sono oggetto, nella Laguna di Venezia di intense raccolte e utilizzate come esche da pesca. Questa ricerca costituisce un contributo preliminare alla conoscenza della biologia riproduttiva di queste tre specie.

Abstract - Polychetes of economic interest in the Lagoon of Venice. Marphysa sanguinea , Nereis diversicolor, Perinereis cultrifera (Anellidae, Polychaeta) in the Lagoon of Venice are intensly collected for use as bait. This study provides a preliminary contribution to the knowledge of the reproductive biology of these three species.

Negli ambienti salmastri sono presenti numerose risorse biologiche sfruttate dall'uomo. Oltre a pesci, molluschi, crostacei ed alghe nella Laguna di Venezia vengono raccolti come esche da pesca i policheti Marphysa sanguinea (Montagu), Nereis diversicolor O.F. Muller, Perinereis cultrifera (Grube). A questa attività, sorta probabilmente per integrare il reddito di qualche famiglia, si dedicano attualmente un centinaio di pescatori professionali (licenza di tipo A) organizzati in cooperative. A questi si debbono aggiungere circa trecento dilettanti con licenza sportiva (tipo B) che svolgono la loro attività soprattutto durante la buona stagione. Ai primi è consentita una raccolta illimitata, ai secondi una raccolta massima giornaliera di 100 Marphysa e 300 Nereis (art. 29 del Regolamento Regionale 26 Marzo 1985, n° 9) mentre nessuna indicazione viene data per quanto riguarda Perinereis. La pesca è ridotta durante la stagione invernale per la minore richiesta di prodotto ed è vietata nel periodo compreso tra il 15/XII ed il 28/II (Ordinanza dell'Amministrazione Provinciale di Venezia del 15 Novembre 1985). L'intensa attività di raccolta permette di soddisfare le esigenze di esche vive di pescatori locali e parte delle richieste del mercato nazionale ed internazionale con esportazioni soprattutto in Francia.
Lo sfruttamento di questa risorsa pone delle problematiche che richiedono di essere urgentemente analizzate: infatti per il proficuo proseguimento di questa attività, si rendono necessari interventi di tutela ambientale e l'avvio di ricerche che consentano di conoscere cicli biologici, areali

distributivi e densità di popolamento delle specie raccolte.
Questa ricerca costituisce un contributo preliminare alla conoscenza del ciclo riproduttivo delle specie in questione.
E' importante far notare che si fa riferimento alle condizioni di maturità sessuale degli individui della taglia commerciale e che durante l'anno di indagine (Novembre '84 - Ottobre '85) non sono stati fatti prelievi nel mese di Gennaio per copertura di ghiaccio ed in Luglio e Agosto.
Marphysa sanguinea: negli individui da noi presi in considerazione, le cavità celomatiche contengono costantemente, insieme con grossi ovociti, ovociti in diverso stadio di sviluppo ed anche ovogoni. In Marzo il numero degli ovociti di grosse dimensioni (250-280 u) diminuisce fortemente e in Maggio sono presenti esclusivamente ovociti piccoli. Questo ci permette di ipotizzare che l'emissione degli elementi germinali avvenga in Marzo.
Nereis diversicolor: le nostre osservazioni sono in accordo con i dati riguardanti popolazioni di ambienti simili a latitudini diverse (Olive e Garwood, 1981). I mesi in cui gli ovociti raggiungono le dimensioni maggiori sono Novembre e Dicembre mentre a Marzo le cavità celomatiche sono prive di elementi germinali. Questo fa supporre che la deposizione avvenga tra Gennaio e Marzo. La mancanza di dati relativi a questo periodo non consente di fornire informazioni precise.
Perinereis cultrifera: l'ovogenesi rispecchia, nelle linee generali, quanto osservato da Durchon (1951) in una popolazione di Luc-sur-Mer (Normandia). Nella popolazione di Venezia però l'emissione sembra essere anticipata infatti le massime dimensioni degli ovociti sono state osservate in Marzo anzichè in Maggio.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	643-644	1986

EVOLUZIONE ED ADATTAMENTI TROFICI NEI PROSOBRANCHI: SPUNTI PER UNA ANALISI FUNZIONALE DEL POPOLAMENTO MALACOLOGICO DI UNA PRATERIA A Posidonia oceanica DELL'ISOLA D'ISCHIA

Giovanni F. RUSSO

Stazione Zoologica di Napoli, Laboratorio di Ecologia del Benthos, Ischia

Key Words: Prosobranch, feeding, community ecology, seagrass

RIASSUNTO

Lo strato foliare delle praterie di Posidonia oceanica (L.) Delile ospita una fauna malacologica molto ricca e differenziata, costituita quasi esclusivamente da Gasteropodi Prosobranchi (98.7 %).

Prendendo in considerazione l'ampia radiazione adattativa che ha interessato questo gruppo di Molluschi dopo la grande rivoluzione del Mesozoico, soprattutto per quanto concerne la grande varietà dei tipi di alimentazione evolutisi dopo quell'evento (VERMEIJ, 1977), si è cercato di indagare sugli aspetti funzionali della comunità malacologica delle praterie nel suo complesso. Tra i Prosobranchi attuali, infatti, si ritrovano i principali tipi di alimentazione presenti nel regno animale, poiché questo gruppo si è evoluto dalle più antiche forme erbivore alle più recenti forme carnivore (e predatrici attive) attraverso adattamenti "intermedi" che hanno dato luogo a forme detritivore, sospensivore, saprofaghe e parassite.

L'analisi morfo-funzionale delle strutture radulari, inoltre, ha recentemente permesso di distinguere diversi tipi di alimentazione anche all'interno del gruppo dei cosiddetti "erbivori". E' stato osservato, infatti, che radule a molti denti (ripidoglosse) sembrano avere una bassa capacità di escavazione e di rimozione del substrato alimentare algale, mentre quelle a numero limitato di denti (docoglosse) sembrano avere una grande capacità di escavazione e di rimozione. Sulla base di queste considerazioni i Ripidoglossi sarebbero erbivori adattati a "spazzolare" il substrato ("brushers"), nutrendosi soprattutto di Diatomee e di Alghe filamentose; i Tenioglossi avrebbero capacità escavatoria maggiore, sarebbero cioè capaci di "graffiare" il substrato alimentare ("scrapers") nutrendosi anche di Alghe foliose, dai talli più consistenti; i Docoglossi, infine, sarebbero capaci di "raschiare" il substrato ("raspers") e di nutrirsi di Alghe cuoiose e di Corallinacee incrostanti (a tallo calcareo) (STENECK & WATLING, 1982).

Una notevole corrispondenza tra struttura radulare e tipo di alimentazione del resto si riscontra anche tra gli altri Prosobranchi. Difatti Ptenoglossi ed Aglossi sono costituiti in massima parte da forme parassite, tra i Rachiglossi ed i Toxoglossi, invece, si ritrovano forme saprofaghe e soprattutto predatrici. Le rare forme sospensivore, come le detritivore, si rinvengono soprattutto tra i Tenioglossi (ma anche tra i Ripidoglossi).

L'analisi dei gruppi funzionali, del popolamento malacologico della prateria di Posidonia oceanica di Lacco Ameno d'Ischia, rivela che esso è costituito in massima parte da erbivori "brushers" e "scrapers"; le altre tipologie trofiche sono molto meno rappresentate nella prateria sia in termini quantitativi che qualitativi.

Per l'analisi sono stati considerati campioni prelevati lungo un transetto costa-largo, alle profondità di 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 25 e 30 m, utilizzando un retino manovrato a mano in immersione.

I Prosobranchi "brushers" risultano essere fortemente dominanti nel prato molto superficiale, fino a circa 2m di profondità; oltre questa batimetrica si osserva una netta e forte inversione di dominanza a favore di forme "scrapers", che dominano poi a tutte le altre profondità, fino al limite profondo del prato (30 m circa). Tale inversione di dominanza andrebbe indagata più a fondo mediante uno studio parallelo, condotto in chiave morfo-funzionale più che tassonomica, della comunità a macrofite e microfite,epifita delle lamine foliari. Nella prateria profonda (oltre i 15 m), sono discrete le dominanze dei carnivori, dei detritivori e dei sospensivori; il corrispondente decremento complessivo degli erbivori può essere collegato ad un decremento di colonizzazione delle foglie da parte della flora epifita (dovuto ad es. all'attenuazione con la profondità dell'intensità luminosa) e ad una contemporanea diminuzione della densità dei ciuffi della pianta, che favorisce l'intrusione di specie di fondo mobile.

E' interessante anche speculare sui processi coevolutivi, originatisi proprio dopo la rivoluzione mesozoica (le fanerogame marine sono infatti comparse agli inizi del Cenozoico), che hanno portato alla selezione nelle praterie marine soprattutto di Molluschi Prosobranchi con alimentazione di tipo erbivoro a "limitato impatto" sul substrato. Un tale tipo di alimentazione, infatti non solo non danneggia la pianta-substrato (che sarabbe irreversibilmente erosa da molluschi "raschiatori"), ma controlla anche lo sviluppo del feltro epifitico, ritardandone i processi di colonizzazione sulle foglie e riducendone il carico complessivo di biomassa. Questo, ancora una volta, produce effetti benefici per la pianta-ospite, che altrimenti verrebbe ostacolata nell'assunzione dei nutrienti e nei processi fotosintetici dall'eccessiva copertura epifitica delle foglie.

BIBLIOGRAFIA

STENECK R.S. & L. WATLING (1982) - Feeding capabilities and limitations of herbivorous molluscs: a functional group approach. Mar.Biol., 68: 299-319

VERMEIJ G.J. (1977) - The Mesozoic marine revolution: evidence from snails, predators and grazers. Paleobiology, 3 : 245-258

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	645-646	1986

INSEDIAMENTO DI CIRRIPEDI IN UN TRATTO DI MARE ANTISTANTE IL DELTA DEL PO

C. Fasciana, A. Puerari e G. Relini

Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale, Istituto di Anatomia Comparata, Università di Genova.

Vengono forniti i primi dati sull'insediamento di Balanidi nelle acque marine antistanti le lagune salmastre del delta del Po, (presso la Sacca del Canarin, a Sud del Po di Pila) in base a osservazioni pluriennali condotte mediante l'immersione di substrati sperimentali. Le specie presenti sono risultate essere le stesse già rinvenute nelle lagune salmastre adiacenti e cioè *Balanus improvisus* Darw., *Balanus eburneus* Gould e *Balanus amphitrite* Darw. L'insediamento di queste specie avviene prevalentemente nel 2°semestre dell'anno e pertanto osservazioni più dettagliate sono state eseguite tra giugno e dicembre, con immersioni di pannelli per periodi scalari di tempo, da 15 giorni a 3 mesi e più. A titolo di esempio in fig. 1 vengono riportati i dati raccolti durante il 1984. *Balanus improvisus* è la specie più frequente e quella che presenta il più ampio periodo di insediamento, da maggio a novembre con densità maggiori tra luglio e settembre. *B. eburneus* ha un periodo di attacco più limitato da giugno a settembre, mentre *B. amphitrite* si insedia soltanto tra giugno e agosto e sempre in quantità scarsa.

I mesi più caldi, luglio e agosto, corrispondono al più rapido accrescimento e raggiungimento della maturità. *B. improvisus* raggiunge al massimo 7 mm del diametro basale rostro carenale in 15 giorni ad agosto mentre a luglio e settembre arriva a 6 mm e non oltrepassa i 3 mm nella prima quindicina di giugno e novembre. Sui pannelli immersi per 15 giorni la classe di grandezza (diametro guscio) di maggior frequenza è quella inferiore ai 2 mm, mentre sui pannelli immersi per 1 mese e 45 giorni le classi di maggior frequenza sono quelle dei 2, 3, 4 mm a seconda dei mesi. Il massimo diametro riscontrato su pannelli mensili è stato 6 mm, su substrati immersi per 45 giorni 11 mm. Anche per *B. eburneus* il massimo diametro riscontrato è stato di 11 mm su substrati immersi per 45 giorni e più, valori inferiori a quelli raggiunti in alcune zone delle limitrofe lagune. Per *B. amphitrite* il massimo valore riscontrato è stato di 6 mm su pannelli di due mesi di immersione.

Alla fine dell'anno, sui pannelli esposti per 12 mesi e a circa 6 mesi dal primo insediamento di Balani, la maggior parte degli individui risulta no morti soprattutto a causa della predazione e della competizione.

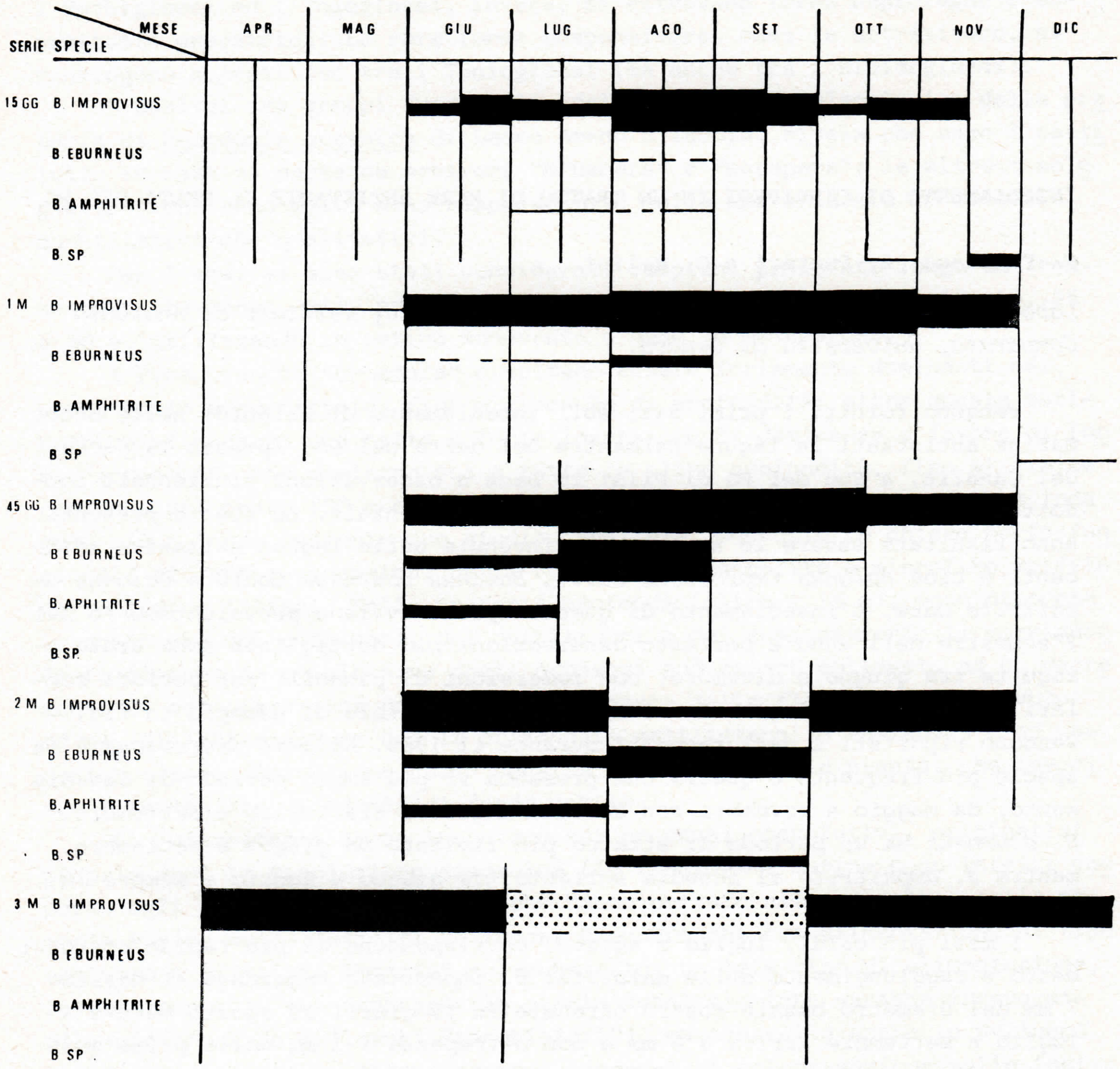


Fig. 1. Insediamento di Balanidi, espresso attraverso indici di ricoprimento, su substrati immersi per 15 giorni, 1 mese, 45 giorni, 2 mesi e 3 mesi in una stazione antistante la Sacca del Canarin (Delta del Po) nel 1984. (B. sp.= individui di piccole dimensioni non identificati come specie. Il tratto punteggiato è stato ricostruito con dati di altri anni).

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	647-648	1986

ASPETTI DELLA BIOCENOSI DEI FANGHI PROFONDI NEL MAR LIGURE CENTRO-ORIENTALE

A. PEIRANO e L. TUNESI
C.R.E. - Studio Professionale Associato - Lavagna
Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale - Università di Genova

Key words: Mar Ligure, Biocenotica, Fanghi Profondi

La campagna del Ministero della Marina Mercantile "Valutazione Risorse Demersali" ha permesso di ottenere 35 campioni di Benthos raccolti sui fondali della Liguria Centro-Orientale tra le batimetriche di 200 e 700m.

Per identificare le specie maggiormente significative nella caratterizzazione dei popolamenti sono state scelte le più importanti numericamente e, i valori ottenuti per ogni stazione sono stati mediati con quelli rilevati per il medesimo intervallo di profondità.

E' stata seguita questa metodica non risultando reali differenze nei popolamenti di uno stesso range batimetrico (unica eccezione: l'intervallo 200-250m dove si è osservata la presenza di due popolamenti ben distinti a seconda delle caratteristiche del fondale).

I dati forniti in Tab.I permettono di identificare la "zona di transizione" tra il Piano Circalitorale e quello Batiale (Carpine, 1970) grazie ad un popolamento con caratteristiche intermedie, composto sia da specie appartenenti alla Biocenosi del DL come *L.phalangium*, sia da altre proprie del VP come *A.serresianus*, *P.echinulatus* e *P.heterocarpus* e da altre a larga ripartizione ecologica.

In questo range, compreso tra i 200 e i 250m, si osserva la presenza di due popolamenti ben distinti a seconda delle aree prese in considerazione : uno noto ai pescatori col nome di "fienile", è caratterizzato dalla notevole abbondanza della specie *L.phalangium* che mostra una densità media di 7 individui per metro quadrato; esso costituisce una fascia incentrata a livello della rottura di pendenza, mostrando un alto valore di biomassa totale. In assenza di *L.phalangium* si riducono i valori di biomassa (Tab.I) e si modifica l'importanza delle restanti specie che vanno a costituire un popolamento dalle caratteristiche differenti. Questo secondo tipo di associazione sembra direttamente correlabile alla presenza di canali di drenaggio che permettono il trasferimento dei sedimenti di piattaforma nella Piana Batiale (Corradi et alii, 1985).

Con l'aumento di profondità si rinvengono forme più propriamente "profonde" come *O.abyssicolum* e *P.variabilis*. Solo con i 350m però si incontrano specie proprie dell'Orizzonte Superiore del popolamento del VP (*A. serresianus*, *N.norvegicus*, *P.sivado*, *S.membranacea*).

Le specie che caratterizzano la fascia 350-450m mantengono la loro importanza fino a 650m; nell'intervallo 450-650 si osserva però un ulteriore aumento delle specie caratteristiche dei Fanghi Profondi con *C.macandreae* e *P. martia*.

La batimetrica dei 650m invece segna un notevole mutamento nella presenza delle specie: si assiste infatti alla riduzione drastica delle catture di *N. norvegicus* e *P.martia* e alla scomparsa di quelle forme incontrate nel livello superiore; il range 650-700 è infatti caratterizzato da *A.antennatus*, *G. longipes*, *P.acanthonotus* e *G.elegans*, specie proprie dell'Orizzonte Medio.

CONCLUSIONI

Sui fondali studiati la zona di transizione tra i Piani Circalitorale e Batiale è identificabile per la presenza, oltre che di specie ubiquiste ed euribate come *A.irregularis p.* e *P.spinosus*, di forme caratteristiche della piattaforma continentale come *L.phalangium* (DL) o *P.hirundo* (VTC) e della biocenosi dei Fanghi Profondi come *A.serresianus*, *P.echinulatus*, *P.heterocarpus*. Il passaggio tra l'Orizzonte Superiore e quello Medio sembra invece risultare più profondo di quanto osservato da Carpine (1970), situandosi sulla batimetrica dei 650m.

In quanto ai valori di biomassa, correlabili con il numero di individui, la Tab.I mostra una maggiore ricchezza numerica del popolamento della zona di transizione, caratterizzata da *L.phalangium*, rispetto ai fondali alla stessa profondità ma senza questa specie. L'impoverimento dei popolamenti aumenta inoltre con la profondità (Pérès ePicard, 1964; Cattaneo e Albertelli,1982).

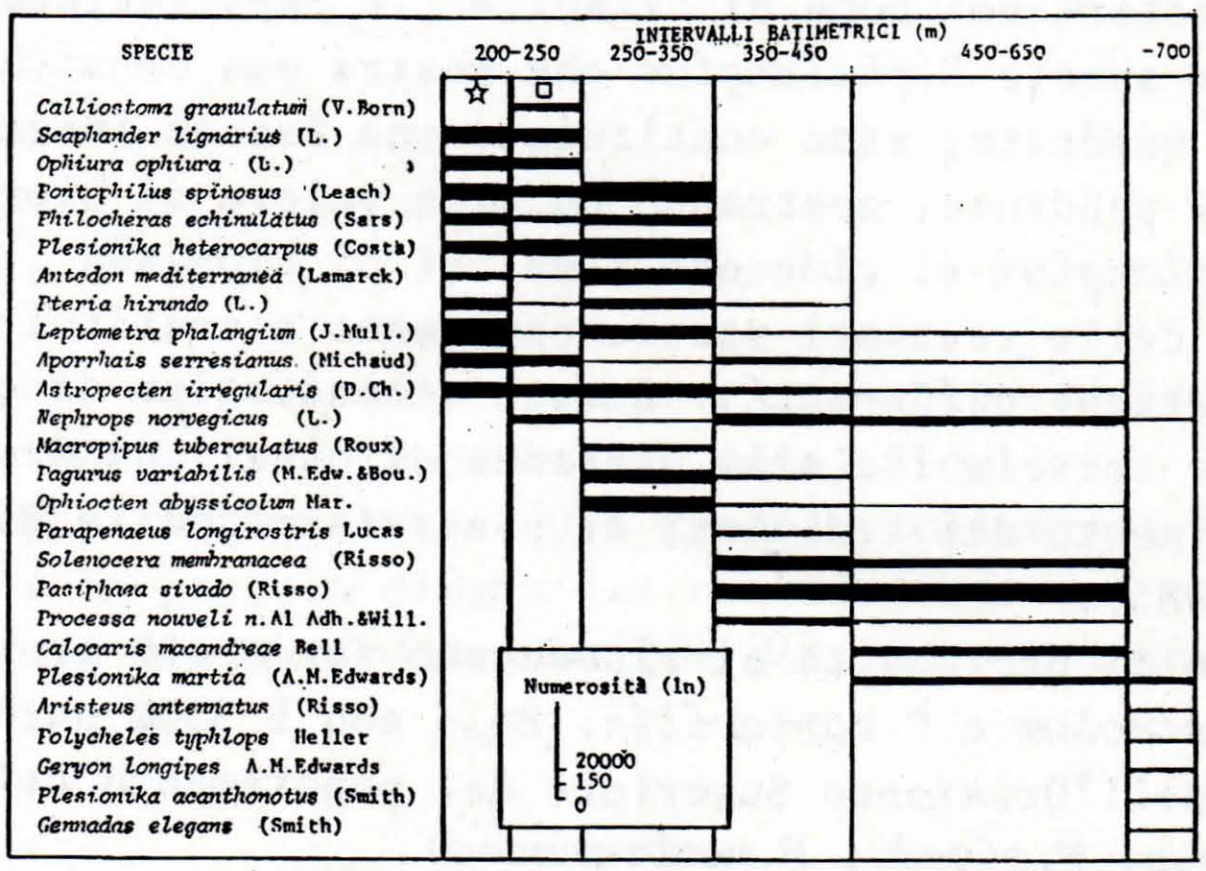
BIBLIOGRAFIA

C.CARPINE-1970- Ecologie de l'étage bathyal dans la Méditerranée Occidentale. -Mem. Inst. Océanogr. Monaco, 2, 1-146.

M.CATTANEO, G.ALBERTELLI-1983- Macrobenthos dei fondi batiali liguri.-Atti V Congr. A.I.O.L., 251-260.

N. CORRADI, F.FANUCCI, G.FIERRO, M.FIRPO, M.PICCAZZO-1985- La piattaforma continentale ligure: caratteri, struttura ed evoluzione. Sottoprogetto utilizzazione e gestione della piattaforma continentale. Rapporto tecnico finale. -C.N.R., Roma, 1-34.

J.M.PERES, J.PICARD-1964- Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée.- Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 31 (47), 1-137.



Tab.I: Presenza delle specie più importanti negli intervalli batimetrici considerati. La numerosità è espressa in scala logaritmica.
☆ popolamento caratterizzato dalla dominanza di *L.phalangium*
□ popolamento caratterizzato dalla ridotta presenza di *L.phalangium*

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	649-650	1986

OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULLE BIOCENOSI BENTONICHE DEI FONDI STRASCICABILI DEL MAR TIRRENO SETTENTRIONALE

D. Pellegrini*, P. Belcari**, F. Biagi*, S. De Ranieri** e M. Mori***

* Centro Interuniversitario di Biologia Marina, Livorno
** Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Pisa
*** Istituto di Anatomia Comparata, Genova

KEY WORDS: benthic bionomy, trawl survey, Tyrrhenian Sea.

Nell'ambito di un programma del Ministero della Marina Mercantile sulla valutazione delle risorse demersali, sono state compiute alcune osservazioni sulle biocenosi bentoniche di un'area del Mar Tirreno settentrionale, tra l'Isola d'Elba e l'Isola di Giannutri, da 0 a 700 metri di profondità(Fig.1). L'importanza che rivestono le biocenosi bentoniche dei fondi strascicabili per gli studi di ecologia delle specie ittiche e la scarsità dei dati disponibili in letteratura per l'area in esame, ci ha indotto a prestare particolare attenzione nella raccolta di tutte le specie pescate.Il disegno di campionamento secondo la stratificazione randomizzata ha portato alla allocazione di 30 cale della durata di un'ora, in entrambe le campagne stagionali: primavera(15 marzo-20 maggio 1985) ed estate (20-30 agosto 1985) (Fig.1). Le cale sono state effettuate con una rete a strascico del tipo utilizzato dalle marinerie locali, con maglia al sacco di lato 16 mm. Nonostante le limitazioni imposte dall'attrezzo usato,la definizione delle biocenosi (Peres e Picard,1964; Picard,1965; Meinesz et al.,1983) è stata fatta non tenendo conto dell'indice di abbondanza e dominanza (Froglia e Orel 1971) ma considerando che il numero delle specie caratteristiche fosse almeno il 25% del totale (Tunesi e Peirano,1985).

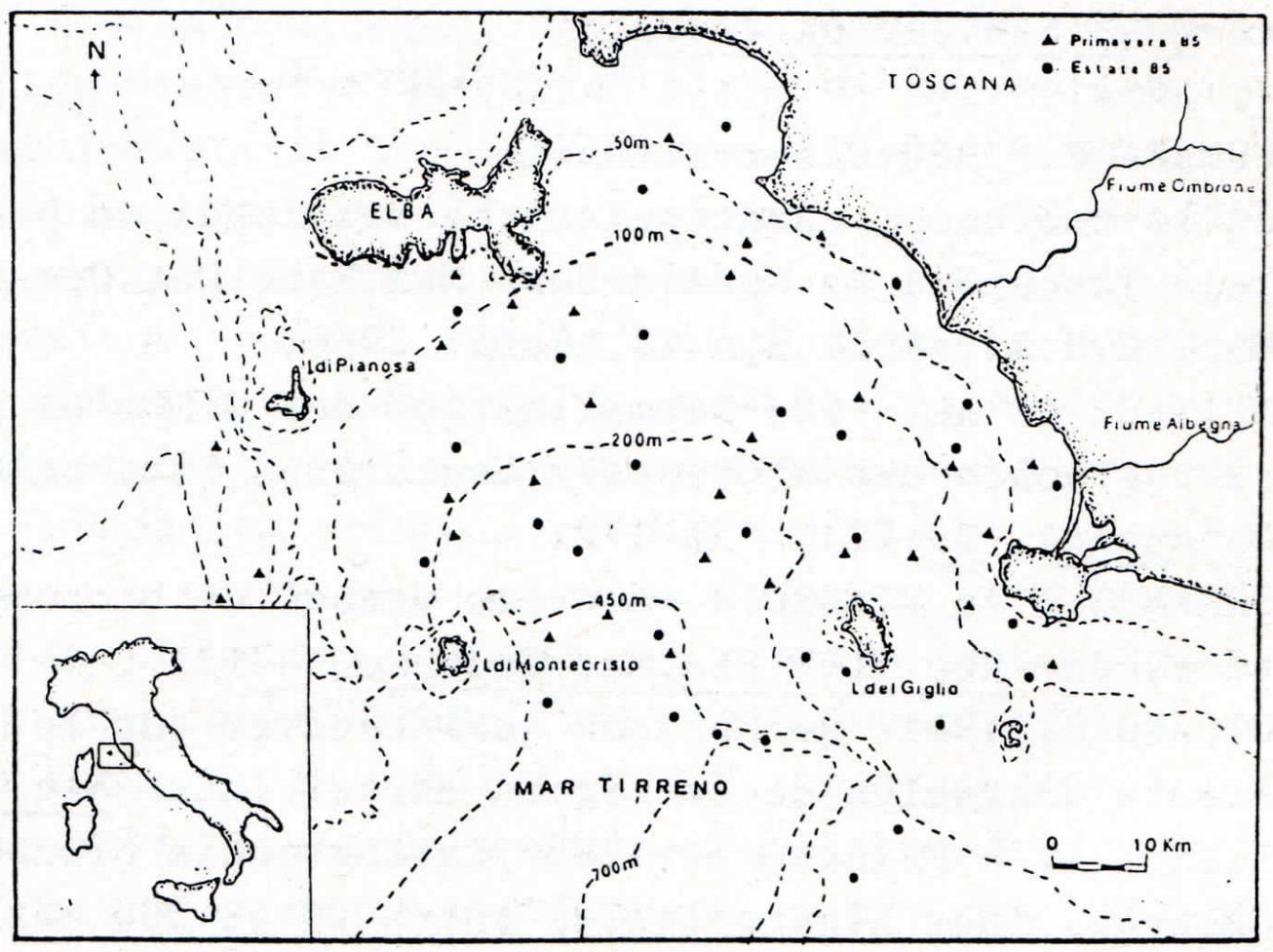


Figura 1. Area di studio e campionamento.

Dell'intero pescato sono state identificate 340 specie così ripartite: 15 Cnidaria, 14 Annelida, 105 Mollusca, 61 Crustacea, 35 Echinodermata, 100 Osteichthyes,10 Chondrichthyes ed

altre in corso di determinazione. Una larga parte delle specie raccolte è stata precedentemente segnalata, in questa area da Lumare, 1968; Castagnolo et al. 1981. Dalla analisi di queste specie è stato possibile determinare la bionomia di alcuni dei fondi strascicati (Fig.2).
A profondità inferiori a 120 m, la prevalenza delle biocenosi VTC è da mettere in relazione alla presenza dei fiumi Ombrone ed Albegna. A profondità superiori a 120 m, il Crinoide Leptometra phalangium copre vaste zone dell'area esaminata e talvolta ne è stato raccolto 300 Kg/h. L'Ottocorallo Funicolina quadrangularis è stato ritrovato in notevoli quantità anche a profondità maggiori pur non costituendo una facies vera e propria. Il Brachiopode Terebratula vitrea è presente in abbondanza sui fondi di transizione graduale tra i popolamenti detritici circalitorali e del piano batiale. L'area compresa tra i 200 m ed i 700 m è invece caratterizzata quasi esclusivamente da specie appartenenti alla biocenosi del VP (Isidella elongata, Kophobelemnon leukartii, Abra longicallus, Thenea muricata etc.). Da rilevare l'abbondante presenza del Crostaceo Decapode Nephrops norvegicus tra i 250 m ed i 450 m di profondità.
Ulteriori campionamenti effettuati nel 1986 permetteranno una migliore definizione delle biocenosi bentoniche che caratterizzano questa area.

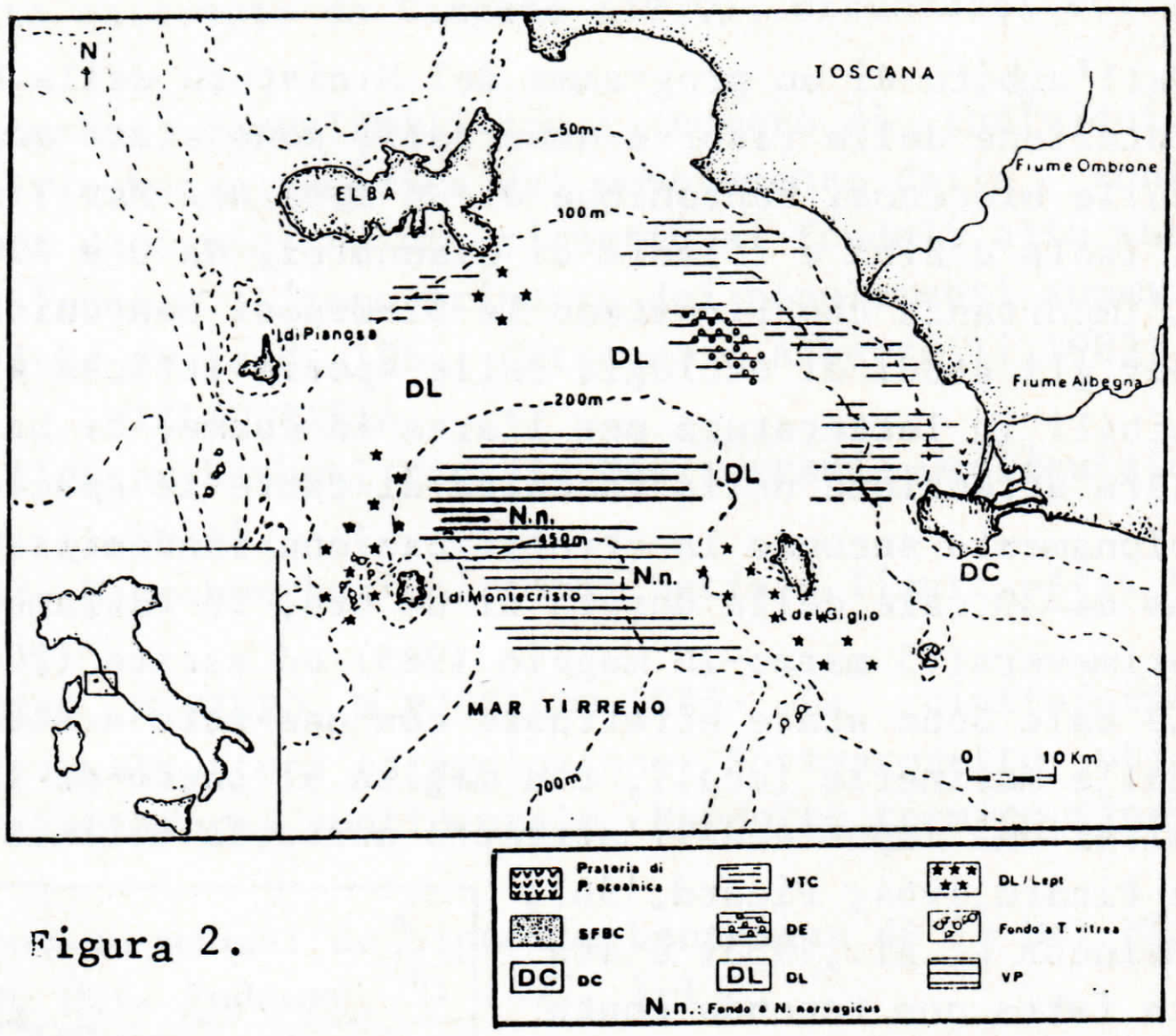


Figura 2.

BIBLIOGRAFIA

CASTAGNOLO L.,FALCIAI L., FOCARDI S. e GAMBI M.C. - 1981-Dati preliminari sulle biocenosi dei fondi mobili dragabili di fronte al fiume Ombrone-Quad.Lab. Tecnol.Pesca,3, 551-561.

FROGLIA C. e OREL G.-1971- Possibilità di delimitazione di biocenosi bentoniche in base agli organismi catturati con reti a strascico-Quad.Lab.Tecnol.Pesca, 1, 37-41.

LUMARE F.-1968-Osservazioni sulle zoocenosi caratteristiche dei fondi da pesca a strascico dall'Arcipelago Toscano a La Spezia-Serv.Naz.Racc.Dat.Ocean.-Progr.Ricer.Ris.Mar.Fondo Mar. C.N.R.,serie B,n.25, Roma: 29pp.

MEINESZ et AL.-1983-Normalisation des simboles pour la raprésentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée-Ann.Inst. Océanogr., 59 (2), 155-172.

PERES J.M. e PICARD J.-Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée- Rec.Trav.Sta.Mar.Endoume, 47(31), 1-122, 1964.

PICARD J.-1965- Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats dragables de la région marseillaise-Rec.Trav.Sta.Mar.Endoume-52(36)1-160.

TUNESI L. e PEIRANO A.-1985- Cartographie bionomique des fonds en face de Chiavari (Mer Ligure-Italy) entre 20 et 300 metres de profondeur-Rapp.Comm. Int.Mer Médit., 29, 6, 213-216

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	651	1986

STRATEGIE EVOLUTIVE NELLE FANEROGAME MARINE DEL MEDITERRANEO

L. MAZZELLA & M.C.BUIA

Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli, Ischia

Le fanerogame marine appartengono ad un gruppo di Monocotiledoni,le Helobiae, all'interno del quale le divergenze si sono verificate in modo non monopodiale. Queste,originatesi da piante terrestri, hanno acquisito indispensabili requisiti per poter vivere in un mezzo acquatico e salino (es. sistema di ancoraggio e impollinazione idrofila). In Mediterraneo Posidonia oceanica,endemica di questo bacino, e Cymodocea nodosa, di derivazione tropicale, sono le piante superiori che formano le praterie sommerse più diffuse. Le due specie presentano caratteristiche morfologiche e biologiche diverse ed i sistemi da esse formati hanno dinamiche differenti.

Posidonia oceanica presenta un apparato fiorale alquanto primitivo e dei caratteri anatomici peculiari per cui alcuni autori ritengono sia stata una delle prime fanerogame a migrare nell'ambiente marino. Inoltre, P.oceanica presenta: un lento ritmo di accrescimento con elevata superficie foliare tutto l'anno, organi che possono essere considerati "long-lived" (es. rizomi),un ottimo sistema di ancoraggio persistente grazie ad un processo di lignificazione, un lento ciclo vitale con maggiore allocazione di energia nella riproduzione vegetativa ed una riproduzione sessuata con semi deiscenti.A queste caratteristiche si aggiungono una bassa palatabilità ed una bassa capacità di recupero da disturbi esterni.

Cymodocea nodosa é una pianta dioica con organi riproduttivi abbastanza evoluti. Al contrario di P.oceanica presenta: un rapido ritmo di accrescimento con sfruttamento di risorse ambientali in periodi favorevoli alla crescita, un sistema di ancoraggio costituito da organi "short-lived", un'alta densità di ciuffi soggetti a notevoli variazioni durante l'anno ed un rapido ciclo vitale con alta produzione di semi quiescenti. Per le caratteristiche sopra descritte, C.nodosa ha un'alta capacità di recupero da disturbi esterni.

Considerate queste diverse caratteristiche le due specie hanno spesso areali di distribuzione differenti. P.oceanica occupa zone più esposte al moto ondoso, colonizza substrati sabbiosi o anche rocciosi e si spinge a profondità maggiori rispetto a C.nodosa. Quest'ultima, invece, si ritrova in aree relativamente riparate dal moto ondoso, a sedimento fine e più superficiali ed anche più soggette a disturbi esterni. In conclusione, P.oceanica sembra conservare dei caratteri più primitivi occupando spazi più ampi, mentre C.nodosa sembra più evoluta mostrando una tendenza a difendere la propria area di colonizzazione.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	653-654	1986

TRAWL SURVEYS NEL MEDIO E BASSO TIRRENO: OSSERVAZIONI PRELIMINARI.

*M.T. Spedicato, *G. Lembo, **R. Giorgi, *M. Convertini
*Cooperativa COISPA, Bari- **Cooperativa Studi Ambientali, Trieste

Key words: Trawl-survey, random stratified sampling, precision estimate.

Summary
On carrying out the trawl-surveys, in the spring and summer of 1985,we adopted a stratified random-sampling frame. We carried out 50 hauls for each survey. The precision estimate showed an increase of precision levels (95% C.L.) from 53.24% (spring survey) to 36.5% (summer survey) of the stratified mean, in consequence of sampling intensification in the highest density strata of the population.

Nell'ambito del programma di ricerca nazionale "Valutazione risorse demersali", promosso dal Ministero Marina Mercantile (l.n.41/82), l'unita' operativa Tecnoittica ha eseguito le prime due campagne di pesca a strascico nell'aprile e settembre 1985, nel Medio e Basso Tirreno, in un'area delimitata a Nord dal Fiume Garigliano e a Sud da Capo Suvero.

Si e' seguito uno schema di campionamento random stratificato, in cui il fattore profondita' e' stato scelto quale preliminare criterio di stratificazione. L'area e' stata inoltre suddivisa in 8 settori geografici. Gli strati sono stati definiti dalle profondita' 0-50 m, 50-100 m, 100-200 m, 200-450 m, 450-700 m, con intervalli di classe chiusi a sinistra e aperti a destra.

La superficie totale dell'area oggetto d'indagine si estende per 10.363 Kmq (3018 mnq), mentre la superficie strascicabile risulta pari a 9.242 Kmq (2.691 mnq).
Sono state effettuate in ogni campagna 50 cale, allocate con il metodo di Neymann.

Nella prima campagna l'allocazione delle cale agli strati e' stata effettuata pesando unicamente il fattore "area dello strato". Nella seconda campagna l'allocazione delle cale ha tenuto conto anche della varianza delle catture interna agli strati.

Analizzando i livelli di precisione dei due surveys a partire dalle catture commerciali, assunte come indice di densita', si e' ottenuta, nella campagna primaverile, una media stratificata delle catture pari a

6.8 Kg e una deviazione standard della media stratificata pari a 0.909. Pertanto, l'ampiezza dei limiti fiduciali al 95% (t=2) e' risultata pari al 53.24% della media.

Nella campagna estiva si e' ottenuta una media stratificata pari a 12 Kg e una deviazione standard di 1.095, pertanto l'ampiezza dei limiti fiduciali al 95% e' risultata pari al 36.5% della media stratificata.

Si e' ottenuto, in definitiva, un aumento dei livelli di precisione del survey da ± 26.62% a ± 18.25% della media, in conseguenza dell'intensificazione dei campionamenti negli strati a piu' alta densita' di popolazione.

Nelle due campagne di pesca '85 sono state ritrovate complessivamente 67 specie di pesci (teleostei e selaci) commerciali e 56 non commerciali, 15 specie di molluschi cefalopodi commerciali e 9 di crostacei commerciali.

Si riporta la tabella dei rendimenti medi commerciali per cala espressi in grammi, suddivisi nei gruppi di pesci, crostacei, molluschi e riferiti alle due campagne (P=campagna aprile '85, E=campagna settembre '85).

Rendimenti medi commerciali per cala e per strato

Gruppo	PESCI		CROSTACEI		MOLLUSCHI		TOTALE	
Campagna	P	E	P	E	P	E	P	E
0- 50 m	3838	19236	84	932	834	1724	4748	21892
50-100 "	4681	9278	100	551	2102	1456	6883	11285
100-200 "	8445	19688	441	693	2117	2280	11003	22661
200-450 "	9809	8846	1876	1648	700	1592	12386	12086
450-700 "	741	927	617	2341	62	103	1421	3371

Bibliografia

GROSSLEIN M.D., LAUREC A. (1982). Bottom trawl surveys design, operation and analysis. FAO CECAF/ECAF Series 81/22; 25 p.

GULLAND J.A. (1975). Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 5-Objectives and basic methods. FAO Fish. Tech. Pap, (145) : 29 p.

GULLAND J.A. (1975). Manual of sampling and statistical methods for fisheries biology. Part 1-Sampling methods.FAO Man. Fish. Sci.N.3 Rome

MACKETT, D.J. (1973). Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 3-Standard methods and techniques for demersal fisheries resource survey. FAO Fish. Tech. Pap.,(124): 38 p.

PAULY D. (1983). Algunos metods simples para la evaluacion de recursos pesqueros tropicales.FAO Doc. Tec. Pesca, (234): 49 p.

SAVILLE A. (1977). Survey methods of appraising fishery resources. FAO Fish. Tech. Pap., (171): 76 p.

ULLTANG O. (1977). Methods of measuring stock abundance other than by the use of commercial catch and effort data. FAO Fish. Tech. Pap.(176): 23 p.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	655-656	1986

CARATTERISTICHE TALASSOGRAFICHE DEL BASSO ADRIATICO

N. Casavola, L. De Martino, G.Martino

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina - Porto, Bari

Key words: Hidrobiology; Nutrients distribution; Adriatic Sea.

Il Laboratorio di Biologia Marina di Bari realizza dal 1984 crociere stagionali nel basso Adriatico allo scopo di valutare la distribuzione quantitativa di ittioplancton e contemporaneamente di rilevare dati chimico-fisici.

In questo lavoro sono presi in considerazione i soli parametri idrologici.

I campionamenti stagionali vengono effettuati su un reticolo di stazioni fisse a 10 miglia l'una dall'altra, e distano tra loro 30 miglia dal Gargano ad Otranto.

Per l'indagine vengono utilizzate le attrezzature oceanografiche della imbarcazione "Podon" di cui dispone il Laboratorio.

I prelievi di acqua vengono effettuati con bottiglia modello NIO della capacità di 5 l con comando a messaggero; le misure di stratificazione termica e alina vengono effettuate con una sonda e in loco viene misurata anche la trasparenza con disco di secchi ed effettuata la fissazione dell'O_2, secondo Alstergerg, in apposite bottiglie.

In laboratorio, su tutti i campioni di acqua, vengono effettuate analisi di: fosforo ortofosfato, fosforo totale, azoto ammoniacale, azoto nitroso, azoto nitrico, silicati, secondo le metodiche di Strickland-Parson. Sui campioni di superficie viene determinata anche la concentrazione della clorofilla a.

Le acque costiere del basso Adriatico presentano concentrazioni di azoto e fosforo molto contenute, notevolmente inferiori a quelle riscontrate in altre zone costiere italiane, in particolare nell'alto e medio Adriatico, per cui i dati analitici evidenziano ancora una volta una marcata oligotrofia (Casavola et al., 1983).

I rapporti tra azoto inorganico totale e fosforo ortofosfato (N/P), calcolati in tutte le stazioni alle diverse distanze dalla costa, in tutto il periodo dell'indagine, risultano sempre maggiori di 10:1; è evidente il ruolo del fosforo come fattore limitante (Marano et al., 1982).

BIBLIOGRAFIA

CASAVOLA N., DE MARTINO L., MARANO G., SARACINO C.- 1983 -Nutrienti nelle acque antistanti la città di Bari. - Acc. Pugl. delle Scienze,41, 3-15.

MARANO G., CASAVOLA N. - 1982 - Caratteristiche trofiche delle acque costiere: campagna di rilevamento 1978-79. Qualità dell'Ambiente C.N.R. AQ/2/14.

staz.	luglio 84		maggio 85		luglio 85		novembre 85		maggio 86		luglio 86	
	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N
1	3	36	8	96	8	88	7	77	16	160	20	200
2	15	165	4	44	4	52	9	90	5	55	5	55
3	12	156	5	60	2	19	4	48	4	52	2	24
4	4	44	9	90	5	55	5	55	4	44	1	13
5	7	71	9	97	4	51	9	89	9	89	4	37
6	8	95	4	45	5	59	4	51	10	86	5	71
7	3	41	5	47	4	53	5	61	4	32	1	13
8	4	37	8	92	1	22	4	58	4	36	2	31
9	33	42	9	85	2	31	5	63	21	178	4	51
10	9	79	8	64	9	121	2	38	15	260	5	77
11	8	97	5	62	3	29	2	36	5	71	1	28
12	4	57	7	84	3	42	2	31	9	137	2	33
13	3	46	8	71	1	23	4	73	8	96	5	71
14	5	73	4	63	3	29	5	71	5	66	4	62
15	9	83	5	72	4	52	9	73	8	115	5	60
16	4	51	4	26	2	33	5	72	4	68	2	32
17	4	58	9	115	2	23	9	141	4	61	5	78
18	5	42	8	112	2	35	8	92	5	73	4	54
19	5	61	7	84	2	24	5	63	1	17	3	61
20	4	62	8	73	2	42	4	64	2	32	2	18
21	4	51	9	87	4	36	5	68	2	43	2	33
22	11	132	18	197	5	91	4	67	5	76	1	28

Azoto inorganico e fosforo-ortofosfato espressi in µg/l nelle 22 stazioni fisse.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	657-658	1986

PESCA DEI GRANDI SCOMBROIDEI E DEGLI XIFIOIDEI NEI MARI ITALIANI.

P. Arena - Coordinatore Gruppo ricerca grandi Scomberoidi.

E.S.P.I. - Via A. Borrelli, 10 - 90139, Palermo.

Key words: Bluefin tuna; Albacore; Swordfish; Mediterranean fisheries.

Un progetto coordinato di ricerca di durata triennale, finanziato dal Ministero della Marina Mercantile, per la valutazione delle risorse di grandi Teleostei pelagici sfruttati dalla pesca italiana é stato posto in esecuzione a partire dal 1984. Le specie ittiche considerate sono il Tonno (Thunnus thynnus (L.)), l'Alalunga (Thunnus alalunga (Bonn.)) ed il Pesce spada (Xiphias gladius L.).

Obiettivo primario delle indagini in corso é quello di conoscere l'entità delle catture operate dalla pesca italiana, le dimensioni e le caratteristiche della flotta impegnata e l'intensità dello sforzo di pesca da essa esercitato. Esse riguardano anche la raccolta di elementi di valutazione sulla distribuzione, l'abbondanza e le caratteristiche biologiche e strutturali dei popolamenti delle specie ittiche interessate.

Le unità Operative impegnate nella esecuzione del progetto con le relative zone di competenza sono le seguenti: 1) Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano (resp.C.Piccinetti): alto e medio Adriatico e Sardegna; 2) Laboratorio Provinciale di Biologia Marina di Bari (resp.G.Marano): Adriatico meridionale; 3) Istituto Comunale di Biologia Marina di Santa Caterina di Nardò (resp. G.Demetrio): alto Ionio; 4) Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina dell'Università di Messina (resp.F.Faranda): Tirreno meridionale, per biologia e pesca Pesce spada; 5) E.S.P.I. di Palermo (resp.P. Arena): Tirreno meridionale e bacini Nord-occidentali, per rilevazioni sul Tonno e la sua pesca da parte delle "tonnare volanti"; 6) Gruppo Ricerca "Pelagos" di Messina (resp.A.Di Natale): Sicilia, Calabria tirrenica, Basilicata, Campania, Liguria.

In base alle risultanze preliminari delle rilevazioni condotte dalle predette Unità Operative per i primi due anni, la biomassa complessivamente pescata, includendo anche alcune frazioni giovanili o subadulte, ammonta intorno ai seguenti valori: Tonno, 7.198 tonn. (1984), 7.202 tonn. (1985); Alalunga, 2.146 tonn. (1984), 3.340 tonn. (1985); Pesce spada, 8.559 tonn. (1984), 9.667 tonn. (1985).

Un quadro della produzione in rapporto alle aree ed ai sistemi di pesca é riportato nell'annessa tabella della pagina seguente.

TAB. I - VALORI DELLA PRODUZIONE DI TONNO, ALALUNGA E PESCE SPADA DA PARTE DELLA PESCA ITALIANA NEL BIENNIO 1984-1985 (in tonn.) - Sono escluse le componenti giovanili.

Anno	1 9 8 4			1 9 8 5		
Specie	Tonno	Alalunga	P.spada	Tonno	Alalunga	P.spada
ADRIATICO						
- "tonnare volanti"	1.913,0	-	-	740,0	-	-
- palangresi di superficie	3,1	139,7	68,9	9,7	303,4	82,5
- lenze a mano	10,0	-	-	10,0	-	-
- pesca diportiva	10,0	-	-	50,0	-	-
IONIO						
- palangresi di superficie	2,6	87,0	165,1	2,2	58,8	160,7
- sistemi vari	231,4	732,2	1.929,1	344,2	1.373,8	2.513,2
CANALE SICILIA						
- palangresi di superficie	-	25,7	2.016,7	-	12,3	1.959,4
- sistemi vari	390,7	-	-	263,6	-	-
TIRRENO						
- "tonnare volanti"	2.476,0	-	-	1.453,0	-	-
- reti derivanti	47,1	448,7	1.190,6	87,3	384,7	1.360,5
- tonnare fisse	327,3	-	2,8	295,0	-	-
- sistemi vari	244,3	712,9	2.172,0	273,6	1.206,6	2.619,5
LIGURE						
- "tonnare volanti"	993,0	-	-	2.329,0	-	-
- sistemi vari	118,4	-	92,0	395,9	0,5	92,5
SARDEGNA						
- palangresi di superficie	35,0	-	-	50,0	-	-
TOTALI	6.831,9	2.146,2	7.634,4	6.303,5	3.340,1	8.788,3

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	659-660	1986

PESCA DEI GRANDI SCOMBEROIDI NEL BASSO ADRIATICO

DE ZIO V. , ROSITANI L., UNGARO N.

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina - Bari.

Key words: Scomberoidae; fishery; Adriatic Sea.

Nel Basso Adriatico occidentale la pesca ai grandi Scomberoidi (Tunnidi e Xifidi) viene effettuata con palangrese derivante (long line) nelle marinerie di Mola di Bari, Monopoli, Savelletri e Otranto e da poche altre imbarcazioni aventi altri porti base. Il numero complessivo delle barche operanti in questa attività raggiunge, nel periodo di pesca più proficuo, un massimo di 70 unità di piccolo e medio tonnellaggio.

La pesca ha carattere stagionale, infatti viene praticata da maggio a novembre ed è indirizzata alla cattura di Xiphias gladius (L.) nel periodo primavera-estate e di Thunnus alalunga (Bonn.) nel periodo estate-autunno. Queste due specie vengono catturate con palangresi che differiscono tra loro nel numero di ami (2.000-3.000 per il pesce spada, 3.000-5.000 per l'alalunga) e nelle dimensioni degli stessi (rispettivamente 7 e 4 cm).

L''esca utilizzata per X. gladius e lo Scomber japonicus colias (Gm.), mentre per l'alalunga viene adoperata Sardinella aurita (Val.) e Sardina pilchardus (Walb.). L'area di pesca è molto vasta e si estende per il pesce spada dalle 30 miglia della costa pugliese sino al limite delle acque territoriale iugoslave, mentre è più costiera per l'alalunga.

Negli anni 1984-85 sono stati rilevati i dati del pescato in tutto il Basso Adriatico, direttamente allo sbarco e spesso sono state effettuate misure biometriche sul pesce spada nella marineria di Monopoli,la più importante, con il 70% circa delle catture totali.

Nel 1985 si è osservato un incremento delle catture sino a q 1.787 di X. gladius e q 3.065 di T. alalunga, nonostante la diminuzione del peso medio dei pesci spada catturati. L'aumento è dovuto non solo alle migliori condizioni meteomarine del 1985, che hanno permesso un numero di uscite di pesca più alto rispetto all'84, ma anche a una migliore resa giornaliera.

Con X. gladius e T. alalunga vengono pescate altre specie quali: Prionace glauca (L.), Ruvettus petriosus Cocco, Thunnus thynnus (L.) che costituiscono il 12% e 11% del pescato totale rispettivamente nell'84 e nell'85. Ponderalmente l'alalunga rappresenta il 45% del pescato del 1984 con q 1.379 e n° 27.398 esemplari e il 56% nel 1985 con q 3.065 e n° 56.768 esemplari.

Nel 1985 si è osservato un maggior numero di esemplari di piccola taglia di X. gladius rispetto all'84, mentre la taglia di T. alalunga è risultata leggermente maggiore.

PESCATO TOTALE BASSO ADRIATICO 1984

	N°	% N°	q tot	% peso
PESCE SPADA	3.623	11,0	1.116	38,0
ALALUNGA	27.398	76,7	1.379	45,0
TONNO	93	0,3	31	1,0
ALTRE SPECIE	4.169	12,0	487	16,0
TOTALE	35.283		3.013	

PESCATO TOTALE BASSO ADRIATICO 1985

	N°	% N°	q tot	% peso
PESCE SPADA	7.634	11,0	1.787	33,0
ALALUNGA	56.768	82,0	3.065	56,0
TONNO	702	1,0	97	2,0
ALTRE SPECIE	4.154	6,0	508	9,0
TOTALE	69.248		5.457	

BIBLIOGRAFIA

A. Cavaliere- 1963 - Studi sulla biologia e pesca di Xiphias gladius L.- Boll. Pesca Pisc. Idrobiol., 17 (2), 123 - 143.

G. De Metrio, G. Petrosino, M. Lo Presti, E. Terio - 1981 - Andamento della pesca del pesce spada (Xiphias gladius L.) nel triennio 1978-1980 al largo delle coste del Salento.- Acc. Pugl. Sci.,39 (2), 1 - 36.

G. Marano, R. Vaccarella, G. Bello, A. M. Pastorelli - 1983 - Prime osservazioni sulla pesca di Xiphias gladius L. (Osteichthyes) nel Basso Adriatico.- Thalassia Salentina, XII, 50 - 59.

M. Miyake, S. Hayasi - 1978 - Manuel d'operations pour les statistiques et l'echantillonnage des Thonidés et espèces voisines dans l'Océan Atlantique - CICTA , Madrid, Espagne, 1 - 149.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	661-662	1986

SCORPENIDI (OSTEICHTHYES) DEL BASSO ADRIATICO

G. BELLO, E. RIZZI e E. VIOLANTE

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina - Molo Pizzoli, 70123 Bari

Key words: Scorpaenidae, Osteichthyes, Fisheries, Adriatic Sea.

Gli scorpenidi oggetto di questa nota sono stati raccolti nell'Adriatico meridionale nel corso delle campagne sperimentali primaverile (maggio) ed autunnale (ottobre-novembre) 1985 del progetto "Risorse Demersali" finanziato dal Ministero della Marina Mercantile.

Abbiamo ritrovato cinque diverse specie di Scorpaenidae, fra le quali Scorpaena elongata e Scorpaena loppei, non riportate nell'elenco dei Pesci adriatici di Šoljan (1975), non erano state segnalate in precedenza per il nostro distretto geografico.

I campionamenti sono stati effettuati con strascicate di un'ora ciascuna in 42 e 39 stazioni, rispettivamente nella prima e seconda campagna, distribuite fra 15 e 650 m di profondità lungo il versante italiano dell'Adriatico, fra le perpendicolari al promontorio del Gargano e al Capo d'Otranto. Le pescate, svolte nelle ore diurne, sono state eseguite da una motobarca di 48 tonnellate di stazza lorda con motore da 190 HP, che utilizzava, secondo il tipo di fondo, reti con maglia del sacco da 16, 18 o 22 mm di lato.

I dati relativi alla distribuzione batimetrica (b), alla frequenza (f), al numero (n) e al peso complessivo (p) degli individui pescati di ciascuna specie, sono riassunti nella tabella seguente.

	PRIMAVERA				AUTUNNO			
specie	b(m)	f	n	p(gr)	b(m)	f	n	p(gr)
S. elongata	169-250	2	4	1227				
S. loppei					86-166	6	175	1702
S. notata	30-156	10	32	738	66-337	8	304	3931
S. scrofa	195	1	1	340				
H. dactylopterus	93-630	13	123	9448	110-604	10	142	10733
				11753				16366

Scorpaena elongata CADENAT - Gli unici quattro esemplari raccolti nel mese di maggio, erano di taglia comparabile, compresa fra 23 e 28 cm di lunghezza totale.

Scorpaena loppei CADENAT - E' stata pescata quasi sempre insieme alla congenere S. notata. La maggior parte degli individui, 164 con peso totale di 1585 gr, è stata raccolta in un'unica cala effettuata alla profondità di 166 m al largo di Brindisi.

Scorpaena notata RAFINESQUE - E' stato lo scorpenide numericamente più abbondante. Il suo reclutamento alla pesca sembra essere occorso nell'intervallo fra le due campagne; infatti nelle pescate autunnali sono stati raccolti individui di dimensioni minori (lt minima = 7 cm) e con peso individuale medio di 12,9 gr, nettamente inferiore a quello registrato in primavera di 23,1 gr.

Helicolenus dactylopterus (DELAROCHE) - E' lo scorpenide ponderalmente più abbondante. Le rese più elevate si sono ottenute in primavera a -450 m al largo di Bari (5,1 Kg/h) e in autunno a -600 m al largo di Vieste (4,9 Kg/h) in aree pochissimo sfruttate dalla pesca professionale (cfr. De Cristofaro, 1974); in particolare la stazione sperimentale a -450 m del transetto di Bari è localizzata in una zona contaminata da yprite e da altri residui bellici. Gli esemplari giovani, con lt minore di 12 cm, sembrano preferire i livelli batimetrici più superficiali della distribuzione della specie, anche se non sono mancati a maggiori profondità, sino a -600 m. Su un campione di 47 individui, con lunghezze comprese fra 14,4 e 25,2 cm, della campagna primaverile, è stata calcolata la curva taglia/peso:

$\mathbf{p} = 0{,}0138\ \mathbf{lt}^{3{,}058}$ con $\mathbf{r} = 0{,}993$ cui corrisponde una $\mathbf{P} < 0{,}01$.

Gli scorpenidi sono fra i teleostei più ambiti della pesca a strascico locale; tuttavia il loro insieme costituisce una frazione bassa del pescato commerciale raccolto nelle due campagne: 2,2% in primavera e 3,0% in autunno. Comunque, tali valori risultano nettamente inferiori alla percentuale media annuale degli scorpenidi catturati da una motobarca professionale del Compartimento di Bari, pari al 6,6% (Marano et al., 1977).

BIBLIOGRAFIA

DE CRISTOFARO S. - 1974 - I pesci commerciali della pesca a strascico italiana. Ministero Marina Mercantile, Direzione Generale Pesca Marittima, mem. 43, 12 pp., 68 tavv.

MARANO G., N. CASAVOLA, R. VACCARELLA, A. PAGANELLI - 1977 - Osservazioni sulla pesca a strascico lungo il litorale di Bari. Oebalia, 3, 17-31.

ŠOLJAN T. -1975 - I Pesci dell'Adriatico. Mondadori, Milano, 523 pp.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	663-664	1986

PESCA A STRASCICO NEL BASSO ADRIATICO: CROSTACEI

VACCARELLA R., MARANO G., PETRUZZI T.

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina - Bari

Key words: Crustacea, demersal fisheries, Adriatic Sea.

Le osservazioni sulla pesca dei crostacei effettuata mediante strascico lungo le coste adriatiche pugliesi risultano sinora molto scarse (Bombace e Froglia, 1973 Marano et Al. 1977).

I risultati esposti nella presente nota riguardano principalmente i crostacei epibatiali raccolti durante i survey di pesca a strascico svoltasi nella primavera e autunno del 1985 e primavera 1986. Sono state effettuate n° 124 cale diurne, della durata di un'ora ciascuna a profondità variabile da 15 m sino a 650 m. In tutte le campagne è stata utilizzata la medesima imbarcazione di 48 ton. di stazza lorda, potenza motore 190 Hp, armata con rete avente le seguenti caratteristiche: apertura della bocca cm 400, maglie al sacco n° 320 (dimensione 16 mm di lato).

In tabella vengono riportati, in ordine decrescente, i valori ponderali delle specie di maggior interesse commerciale. La percentuale media del peso dei crostacei, circa il 2,2% del pescato raccolto nelle tre campagne citate, evidenzia la loro scarsa incidenza nel pescato complessivo; infatti, la produzione media unitamente a pesci e cefalopodi è stata di 14,1 Kg/h. Certamente, nella valutazione dei dati commerciali riguardante i crostacei bisogna tener conto che le ore solari sono le meno indicate per la cattura della maggior parte delle specie pregiate.

Le stazioni in cui maggiore è stata la presenza dei crostacei, sono localizzate a profondità superiore a 200 m ed in particolare le aree di Vieste e quella di Brindisi-Otranto sono risultate le più proficue. Nell'area compresa tra Manfredonia sino al nord di Brindisi non è stato possibile operare su batimetriche superiori ai 200 m sia per la presenza di residui bellici "yprite" che per la presenza di fondi "sporchi"".Sinora sono state classificate n° 32 specie di crostacei decapodi e due di stomatopodi. Le specie commerciali più rappresentate sono risultate in ordine decrescente Plesionika martia (A. Milne Edwards), Nephrops norvegicus (Linnaeus),Parapenaeus longirostris (Lucas), Squilla mantis (Linnaeus), Aristeaomorpha foliacea (Risso), Solenocera membranacea (Risso), Aristeus antennatus (Risso),Ligur ensiferus (Risso), Penaeus kerathurus (Forskal),Maja squinado (Herbst),Geryon longipes A. Milne Edwards.Il genere dominante per densità e peso risulta Plesionika che an-

SPECIE	PRIMAVERA '85	AUTUNNO '85	PRIMAVERA '86	PESO in gr.	%
PLESIONIKA spp.	3270	11470	5100	19840	47.35
N. NORVEGICUS	1010	1860	5176	8046	19.20
P. LONGIROSTRIS	1638	716	1367	3721	8.88
S. MANTIS	855	788	821	2464	5.88
A. FOLIACEA	269	1288	621	2178	5.20
S. MEMBRANACEA	113	93	33	239	0.57
A. ANTENNATUS	-	11	-	11	0.02
L. ENSIFERUS	106	-	-	106	0.25
P. KERATHURUS	25	142	-	167	0.40
M. SQUINADO	870	-	-	870	2.08
G. LONGIPES	4205	-	56	4261	10.17
Tot.	12361	16368	13174	41903	100.00

novera le specie P. martia, più abbondante e P.heterocarpus (Costa);entram be le specie sono state raccolte da 200 m fino a 650 m con una maggiore concentrazione di individui tra 400 e 650 m. Queste vengono commercializzate con il nome di "gamberetti" frammiste ad altre specie di modeste dimensioni quali Solenocera membranacea, Pontophilus spinosus (Leach) e Chlorotocus crassicornis (Costa).

Parapenaeus longirostris è risultata la specie più frequente, è stata raccolta nel 22,6% delle stazioni da 35 m a 650 m. Le catture avvenute a bassa profondità, 35-130 m, riguardano singoli individui presenti occasionalmente a questi livelli.

Aristeaomorpha foliacea è stata pescata con pochi esemplari a profondità compresa tra 335-650 m; il rapporto sessi, seppure rilevato su un limitato numero di esemplari, è a favore delle femmine 1,8:1.

Lo scampo, Nephrops norvegicus, rappresenta la voce più remunerativa per i pescatori in quanto, per l'alta frequenza nelle catture,il 16,9%, per le dimensioni e l'elevata quotazione di mercato rappresenta una delle specie più ricercate. Le femmine ovigere sono state raccolte in autunno. Tra i crostacei commerciali sono state raccolte anche specie poco o mai segnalate nel Basso Adriatico:Ligur ensiferus, Aristeus antennatus,Geryon longipes e Geryon maritae Manning e Holthuis,det. C. Froglia (Vaccarella et Al. in prep.).

BIBLIOGRAFIA

G. Bombace, C. Froglia - 1973 Premiéres remarque sur les peuplements de l'étage batyal de la Basse Adriatique. Rev. Trav. Inst.Peches Marit. 37,p. 159/161.

G. Marano, N. Casavola, R. Vaccarella, A. Paganelli - 1977 - Osservazioni sulla pesca a strascico lungo il litorale di Bari - Oebalia III p. 17-31.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	665-666	1986

TRIGLIDI (OSTEICHTHYES) DEL BASSO ADRIATICO

E. RIZZI e G. BELLO

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina - Molo Pizzoli, 70123 Bari

Key words: Triglidae; Osteichthyes; Fisheries; Adriatic Sea.

La famiglia Triglidae è rappresentata nei mari italiani da otto specie (Tortonese, 1975), delle quali secondo Šoljan (1975) è assente in Adriatico solo Lepidotrigla dieuzeidei. Nel materiale raccolto nelle campagne primaverile (maggio) ed autunnale (ottobre-novembre) 1985 del progetto "Risorse Demersali" finanziato dal Ministero della Marina Mercantile, svolte nel Basso Adriatico, abbiamo riscontrato la presenza di sette diverse entità specifiche appartenenti a questa famiglia.

Nelle due campagne sono state effettuate complessivamente 81 strascicate di un'ora ciascuna, nelle sole ore diurne; le reti utilizzate, secondo il tipo di fondo, avevano sacchi con maglia da 16, 18 o 22 mm di lato. E' stata investigata la parte occidentale dell'Adriatico meridionale, tra Vieste ed Otranto, fino alla profondità di 650 m.

Nella seguente tabella sono riportati i dati riassuntivi relativi ai triglidi ritrovati.

	primavera				autunno			
specie	b(m)	f	n	p(gr)	b(m)	f	n	p(gr)
Trigla lyra L.	110-448	13	55	5248	78-586	18	98	3017
Trigla lucerna L.					75-110	3	3	489
Trigloporus lastoviza (Brünn.)	112	1	1	65	57-129	5	9	153
Eutrigla gurnardus (L.)	195-362	3	3	65	170	1	4	40
Aspitrigla cuculus (L.)	93-250	11	95	3091	86-170	11	136	4484
Lepidotrigla cavillone (Lac.)	31-250	15	564	8880	21-170	19	689	5412
Lepidotrigla dieuzeidei Aud.	134-195	3	5	77	108-170	5	40	333
				17426				13928

b = limiti batimetrici; f = frequenza (numero di stazioni); n = numero di individui pescati; p = peso complessivo.

Trigla lyra - E' il triglide commercialmente più importante per la pesca a strascico, grazie anche alle dimensioni relativamente grandi. Nelle raccolte autunnali si sono catturati esemplari complessivamente più piccoli, fra cui alcuni di soli 10 cm di lt; i pesi medi individuali sono stati rispettivamente 95,4 gr in primavera e 30,8 gr in autunno. Tale fenomeno è probabilmente dovuto al reclutamento alla pesca dei giovani dell'anno. Infatti secondo Bini (1969) questa specie si riproduce in estate. L'equazione della curva taglia/peso, calcolata su un campione di 30 individui pescati in primavera è $\mathbf{p} = 0{,}00847\ \mathbf{lt}^{2{,}984}$ (con **p** in gr e **lt** in cm), con il coefficiente di correlazione $\mathbf{r} = 0{,}997$ cui corrisponde una $\mathbf{P} < 0{,}01$.

Eutrigla gurnardus - I sette individui rinvenuti appartenevano tutti alla forma "milvus".

Aspitrigla cuculus - Non abbiamo osservato differenze nella struttura delle popolazioni primaverile ed autunnale di questa specie.

Lepidotrigla cavillone - E' il triglide più frequente e più abbondante, sia numericamente che ponderalmente; comunque le piccole dimensioni e la ruvida copertura di squame ne limita il valore commerciale. Durante la campagna autunnale è stato pescato un numero considerevole di giovani; il peso medio individuale è passato da 15,8 gr in primavera a 7,8 gr in autunno, per cui si può supporre che il reclutamento sia avvenuto nei mesi estivi. A tal proposito va ricordato che secondo Tortonese (1975) il caviglione si riproduce in primavera. Su un campione di 31 individui, raccolti nella prima campagna, è stata calcolata la curva taglia/peso, $\mathbf{p} = 0{,}00760\ \mathbf{lt}^{3{,}185}$ con $\mathbf{r} = 0{,}956$ e $\mathbf{P} < 0{,}01$.

Lepidotrigla dieuzeidei - Questa specie, che si distingue dalla congenere L. cavillone oltre che per l'assenza di spine dall'arcata sovraorbitale e sul margine della fossetta postorbitale anche per la forma subquadrata delle squame, è stata ritrovata in otto stazioni associata a L. cavillone. Sembra avere una distribuzione batimetrica più ristretta del caviglione. Come abbiamo già detto, L. dieuzeidei non è riportata da Šoljan (1975) per l'Adriatico.

I triglidi hanno un buon valore commerciale; tuttavia, almeno nel nostro distretto geografico, queste specie hanno solo importanza accessoria a causa delle scarse rese. Infatti questi teleostei hanno costituito rispettivamente il 3,6% ed il 2,2% del prodotto commerciale totale delle campagne sperimentali primaverile ed autunnale. Tali risultati sono comparabili con la percentuale media annuale (3,2%) calcolata per la stessa famiglia da Marano et al. (1977) sul pescato di una motobarca del Compartimento di Bari.

BIBLIOGRAFIA

BINI G. - 1969 - Atlante dei Pesci delle coste italiane. Vol. VII. Mondo Sommerso, Roma, 197 pp.

MARANO G., N. CASAVOLA, R. VACCARELLA, A. PAGANELLI - 1977 - Osservazioni sulla pesca a strascico lungo il litorale di Bari. Oebalia, 3, 17-31.

ŠOLJAN T. - 1975 - I Pesci dell'Adriatico. Mondadori, Milano, 523 pp.

TORTONESE E. - 1975 - Osteichthyes (Pesci ossei). Parte seconda. Fauna d'Italia, vol. XI. Calderini, Bologna, xviii + 636 pp.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	667-669	1986

INCIDENZA DEI SELACI NELLA PESCA DEL PESCE SPADA CON LONG-LINE NEL GOLFO DI TARANTO.

T.FILANTI, P.MEGALOFONOU, G.PETROSINO, G.DE METRIO
Istituto Comunale di Biologia Marina di Nardò, Lecce

Key words: Selaci, Long-line, Golfo di Taranto.

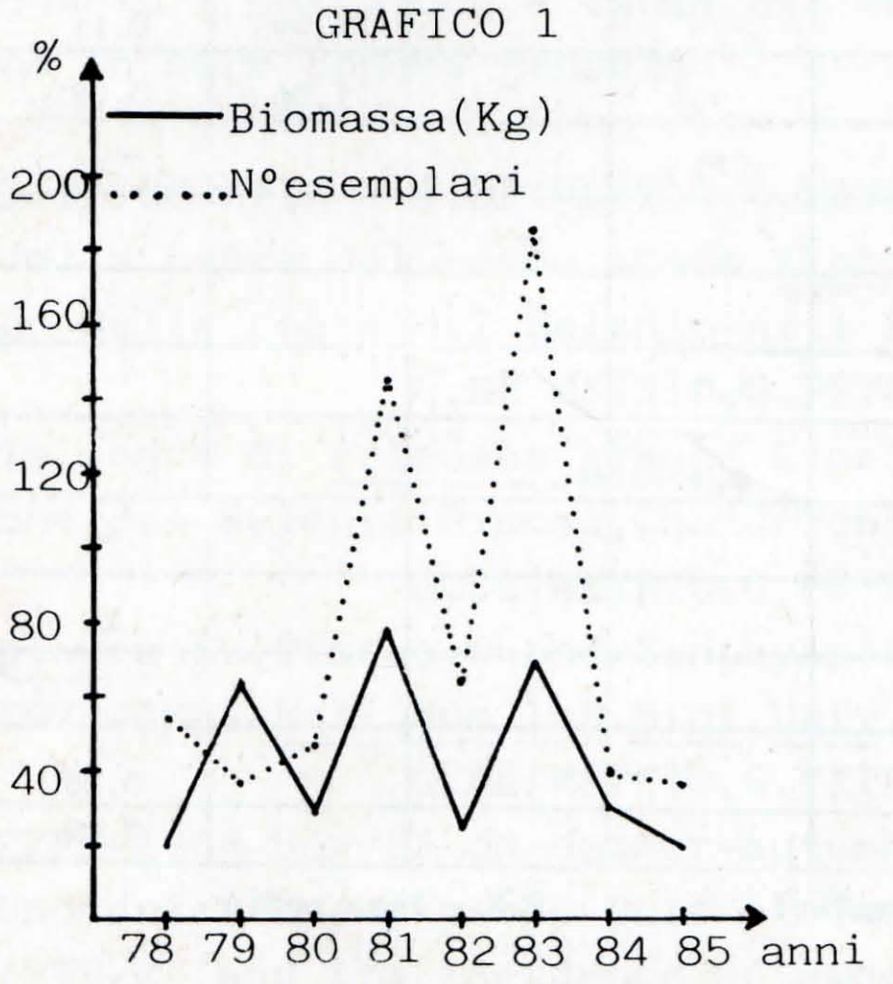
INTRODUZIONE - I Selaci nella campagna di pesca al pesce spada con palangrese derivante,rappresentano una cospicua parte del pescato (DE METRIO et al. 1981).Ci è sembrato pertanto interessante studiare la loro incidenza rispetto alla specie bersaglio.

I dati qui riportati si riferiscono ad otto anni di osservazioni (dal 1978 al 1985)condotte sulle imbarcazioni della flottiglia della marineria di Porto Cesareo che praticano la pesca del pesce spada nel Golfo di Taranto ad una distanza compresa tra 20 e 40 miglia dalla costa ionico-salentina.

Le specie normalmente catturate sono: Xiphiasa gladius L.,Prionace glauca L.,Mobula mobular Bonn.,Lamna nasus Bonn.,Sphyrna zygaena L.,Alopias vulpinus Bonn.,Hexancus griseus Bonn. e Dasyatis violacea Bp.

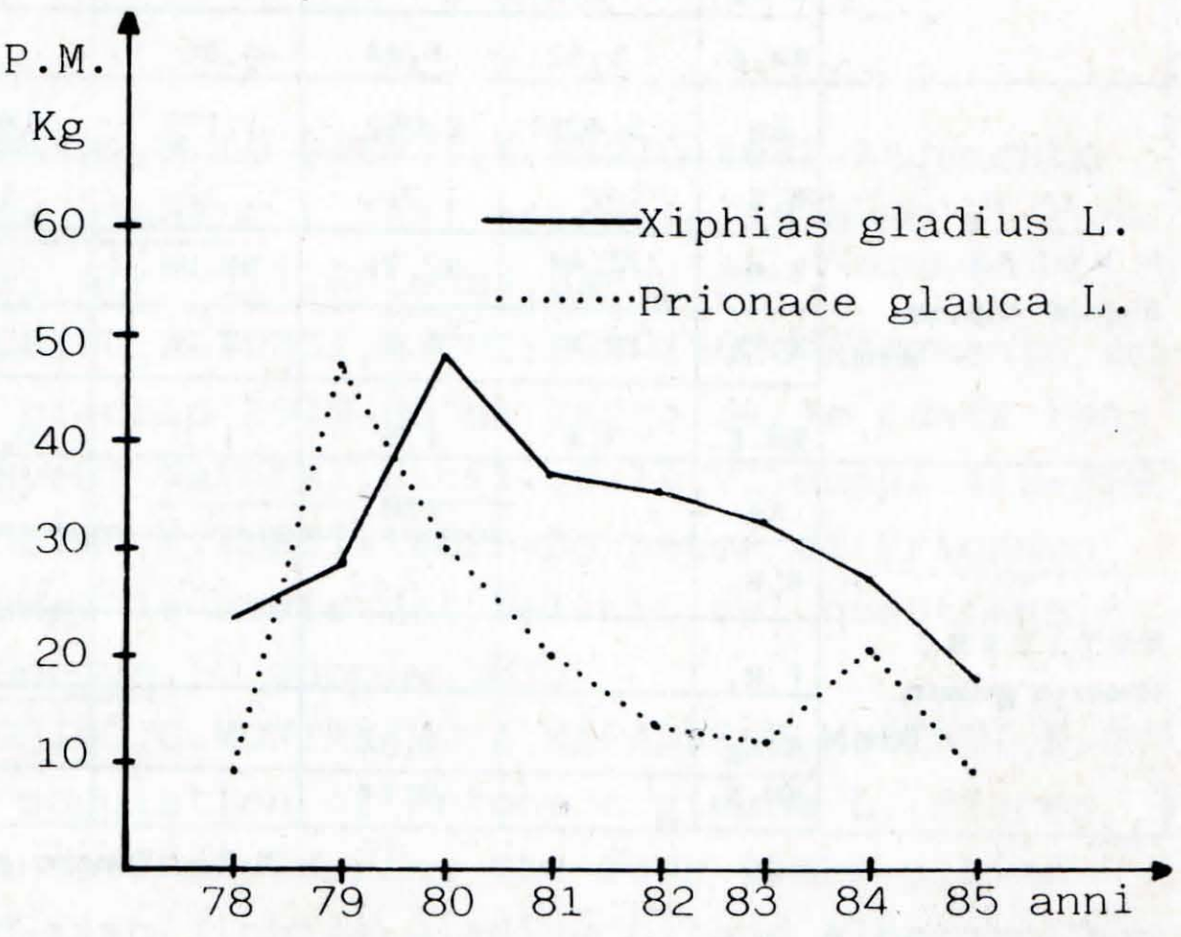
In tabella sono riportati,per ogni singola specie,il numero totale degli esemplari,la biomassa totale in Kg,i pesi medi ed i valori percentuali rispetto alla specie bersaglio.

GRAFICO 1



Incidenze percentuali della verdesca rispetto al pesce spada.

GRAFICO 2

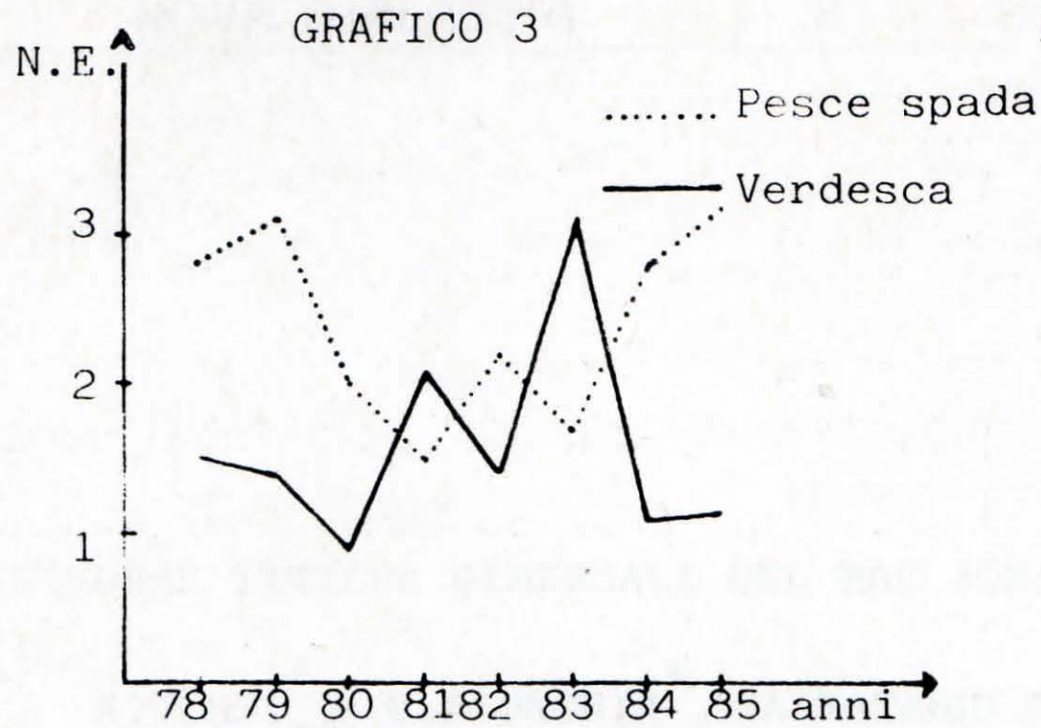


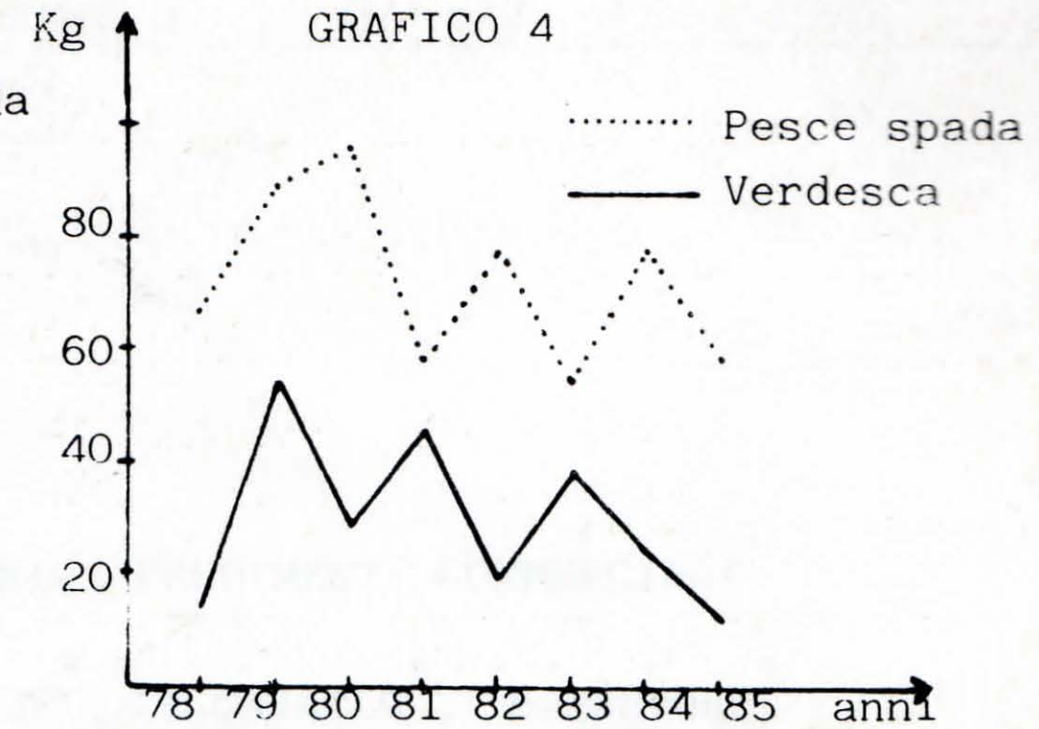
Variazioni annuali del peso medio.

T A B E L L A

A N N O		1 9 7 8	1 9 7 9	1 9 8 0	1 9 8 1	1 9 8 2	1 9 8 3	1 9 8 4	1 9 8 5
N° AMI MESSI IN MARE		491.170	451.500	559.500	256.940	150.100	116.250	232.800	334.400
P. S P A D A Xiphias gladius L.	Kg	32.646	40.047	53.888	14.805	11.632	6.303	18.201	19.674
	N.E.	1.375	1.387	1.118	397	325	192	660	1.084
	P.M.	23,74	28,87	48,20	37,29	35,79	32,82	27,57	18,14
V E R D E S C A Prionace glauca L.	Kg	7.078	24.177	15.932	11.678	2.902	4.393	5.462	3.705
	N.E.	751	510	526	579	210	357	260	391
	P.M.	9,42	47,4	30,28	20,16	13,81	12,3	21	9,47
	% Kg	21,7	60,4	29,6	78,9	24,9	69,7	30	18,8
	%N.E.	54,6	36,8	47	145,8	64,6	185,9	39,4	36,07
M A N T A Mobula mobular Bonn.	Kg	907,5	846	420	558	150	110		
	N.E.	33	18	5	4	1	1		
	P.M.	27,48	47	84	139,5				
	% Kg	2,77	2,11	0,77	3,76	1,28	1,74		
	%N.E.	2,4	1,29	0,44	1	0,3	0,52		
S M E R I G L I O Lamna nasus Bonn.	Kg	4.355	2.849	4.858	261	40			
	N.E.	108	83	122	4	2			
	P.M.	40,32	34,32	39,81	65,25	20			
	% Kg	13,3	7,1	9	1,8	0,3			
	%N.E.	7,8	6	10,9	1	0,6			
P. M A R T E L L O Sphyrna zygaena L.	Kg	1.487	1.416	280				373	22
	N.E.	21	20	4				7	1
	P.M.	70,8	70,8	70				53,28	
	% Kg	4,55	3,53	0,51				2,04	0,11
	%N.E.	1,52	1,44	0,35				1,06	0,09
P. V O L P E Alopias vulpinus Bonn.	Kg	3.405	2.052	1.177	180	170			
	N.E.	47	21	12	1	1			
	P.M.	72,44	97,71	98,08					
	% Kg	10,4	5,1	2,2	1,2	1,5			
	%N.E.	3,4	1,5	1,1	0,2	0,3			
N O T I D A N O Hexancus griseus Bonn.	Kg		138						75
	N.E.		2						1
	P.M.		69						
	% Kg		0,34						0,38
	%N.E.		0,14						0,09

N.E.= Numero esmplari P.M.= Peso medio





CPUE in numero di esmplari e in biomassa dove E=1.000 ami

RISULTATI E CONCLUSIONI - In tutti gli anni la specie più rappresentata,sia dal punto di vista numerico che ponderale è Prionace glauca L.(DE METRIO et al.1982a e b).La sua incidenza percentuale(grafico 1),in numero di esmplari raggiunge nel 1983 il valore di 185,9% rispetto al pesce spada.Dai grafici 3 e 4,mentre è possibile seguire le variazioni annuali,non è possibile evidenziare tendenze all'incremento o alla diminuzione delle CPUE.Sembrerebbe invece poter supporre una certa competizione tra il pesce spada e la verdesca,entrambi presenti nella stessa area di pesca e nel medesimo arco di tempo(DE METRIO et al.1983).

Per tutte le altre specie l'incidenza rispetto alla specie bersaglio è ovviamente contenuta entro limiti molto più ristretti.Per Mobula mobular Bonn.,Lamna nasus Bonn.,Sphyrna zygaena L. e Alopias vulpinus Bonn. si nota una certa tendenza alla diminuzione delle catture a partire dal 1978.Le catture di Hexancus griseus Bonn. possono invece considerarsi sporadiche a causa della sua etologia.

Un discorso a parte merita Dasyatis violacea Bp. i cui dati non sono stati riportati in tabella perchè riferiti soltanto al 1985 con 137 catture. Negli anni precedenti infatti non era stata possibile la rilevazione in quanto i pescatori,a causa del valore commerciale pari a zero,la ributtavano in mare appena pescata.

BIBLIOGRAFIA - G.DE METRIO,G.PETROSINO,M.LO PRESTI,E.TERIO-1981-Andamento della pesca del pesce spada(Xiphias gladius L.)nel triennio 1978-80 al largo delle costé del Salento-Atti Rel.Acc.Pugl.Scienze,parte II.

G.DE METRIO,G.PETROSINO,A.TURSI,M.CHIEPPA-1982a-Andamento della pesca di Prionace glauca L.nel biennio 1979-80 al largo delle coste ioniche del Salento(Pisces,Chondrichthyes)-Natural.Sicil.,S.IV,VI suppl:413-419.

G.DE METRIO,G.PETROSINO,A.TURSI-1982b-La pesca di Prionace glauca L.(Pisces,Chondrichthyes)lungo le coste del Salento nel quadtiennio 1978-1981-Boll.Mus.Ist.Biol.Univ.Genova,50 suppl.,381.

G.DE METRIO,G.PETROSINO,C.MONTANARO,A.MATARRESE,M.LENTI,E.CECERE-1984-Survey on summer-autumn population of Prionace glauca L.(Pisces, Chondrichthyes)in the Gulf of Taranto(Italy)during the four years period 1978-81 and its incidence on sword-fish(Xiphias gladius L.)and Albacore(Thunnus alalunga Bonn.)fishing-Oebalia,vol.X:105-116.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	671-672	1986

RISORSE ITTICHE DEMERSALI DEL MAR JONIO: RENDIMENTI COMMERCIALI.

A.TURSI[°], G.D'ONGHIA[*], A.MATARRESE[°], R.CAVALLO[*], M.PASTORE[*] P.PACIFICO[*].

° Ist. di Zoologia-Univ. di Bari-Via Amendola 165/A-Bari

*** Ist. Sperimentale Talassografico-C.N.R.-Via Roma 3-Taranto**

Key words: Pesca, risorse demersali, Mar Jonio.

Il Ministero Marina Mercantile ha finanziato, a partire dal 1985 il Progetto di Ricerca "Valutazione delle risorse marine demersali". L'Istituto Sperimentale Talassografico C.N.R. di Taranto per tale progetto ha effettuato nello stesso anno, due campagne sperimentali di pesca a strascico nello Jonio: la prima nei mesi di Aprile-Maggio, la seconda in Settembre-Ottobre.
Il disegno sperimentale adottato è stato quello del campionamento random-stratificato. La zona di ricerca è stata suddivisa in strati relativi alle batimetriche. In particolare sono stati individuati i seguenti strati: 0-50 m; 50-100 m; 100-200 m; 200-400 m; 400-700 m. Negli strati in esame sono state estratte casualmente delle unità di campionamento (cale). Ogni cala è della durata di 1 h e la rete, avendo l'apertura alle "mazzette" di 10 m circa, copre in tale tempo l'area di circa 0,055 Kmq. Nel presente lavoro sono riportati i rendimenti commerciali (espressi in Kg/h) di Pesci, Molluschi e Crostacei, delle 34 cale effettuate nella campagna di Aprile-Maggio 1985. Il maggior contributo al rendimento di pesca è dato dal gruppo dei Pesci. Questi infatti costituiscono in media i 3/4 del pescato totale. Le specie più rappresentate per tale gruppo sono per le maggiori profondità i gadiformi Merluccius merluccius, Phycis blennioides e Micromesistius poutassou e l'elasmobranchio Galeus melastomus; a batimetriche minori si rinvengono Mullus barbatus, Mullus surmuletus ed in esigua quantità pagelli: Pagellus erythrinus e Pagellus acarne. Solo in alcune cale (numero 3 oltre 300 m di profondità) sono i Crostacei a rappresentare il 50% del pescato ed in una (intorno ai 500 m di profondità) il 70% circa. I Crostacei di interesse commerciale, non sempre presenti, costituiscono in

media circa il 14% del pescato e si rinvengono a partire dai 100 m con le specie Parapaeneus longirostris e Nephrops norvegicus. A queste specie oltre i 400 m si aggiungono Aristeus antennatus e Aristeomorpha foliacea (quest'ultima molto rara). I Molluschi Cefalopodi costituiscono il 13,9% del pescato totale, risultando assenti in alcune cale oltre i 500 m ma più abbondanti tra le batimetriche dei 50 e 400 m. La specie più frequente è il decapode Illex coindeti. Seguono Sepia officinalis, Sepia elegans, Sepia orbignyana e gli ottopodi Octopus vulgaris, Octopus salutii, Eledone moschata e Eledone cirrhosa.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	673-674	1986

RISORSE ITTICHE DEMERSALI DEL MAR JONIO: ANALISI DELLE SPECIE BERSAGLIO

A.TURSI[°], G.D'ONGHIA[*], P.PANETTA[*], E.CECERE[*], C.MACRIPO'[*], M.DE FILIPPIS[*].

[°] **Istituto di Zoologia -Univ. degli Studi -Via Amendola 165/A -Bari**

[*] **Istuto Sperimentale Talassografico C.N.R. -Via Roma 3 -Taranto**

Key words: pesca, risorse demersali, Mar Jonio

Nell'ambito del Progetto di Ricerca "Valutazione delle Risorse Marine Demersali",l'Istituto Talassografico C.N.R. di Taranto ha effettuato nell' anno 1985, due campagne di pesca a strascico nello Jonio: la prima nei mesi di Aprile-Maggio, la seconda in Settembre-Ottobre. Il disegno sperimentale adottato è stato quello del campionamento random-stratificato. Nella zona di ricerca sono stati individuati i seguenti strati: 0-50 m; 50-100 m; 100-200 m; 200-400 m; 400-700 m, nei quali sono state estratte casualmente delle unità di campionamento (cale) della durata di 1 h. La rete, avendo l'apertura alle "mazzette" di 10 m circa, copre in tale tempo l'area di circa 0,055 Kmq. Nel presente lavoro sono riportati i rendimenti commerciali (espressi in Kg/h) di specie ittiche bersaglio, della campagna sperimentale di Aprile-Maggio 1985. In particolare si riportano i dati su : Merluccius merluccius, Phycis blennioides, Micromesistius poutassou, Mullus barbatus, Mullus surmuletus, Pagellus erythrinus. Il Nasello (Merluccius merluccius) è risultato presente a tutte le batimetriche e costituisce il 33,57 % delle specie bersaglio rinvenute. Tale percentuale è costituita da 1712 esemplari i quali si distribuiscono, nell'ambito degli strati, nel seguente modo:

Strati	N. casi	%
0-50	631	36,86
50-100	256	15,48
100-200	354	20,68
200-400	459	26,81
400-700	3	0,18

Le curve di lunghezza/frequenza per i primi tre strati si presentano normali.

Gli individui sono essenzialmente di taglia piccola, sessualmente immaturi. Il diagramma di lunghezza/frequenza dei 200-400 m presenta una bimodale in cui il primo picco è dato da individui più giovani, il secondo picco, notevolmente appiattito, è rappresentato da esemplari in cui la taglia più frequente è quella dei dei 35-40 cm.

La Mostella bianca (Phycis blennioides) rappresenta il 14,9 % (760 individui) delle specie considerate e si è rinvenuta sostanzialmente alle batimetriche più profonde:

Strati	N. casi	%
200-400	405	53,29
400-700	352	46,32

Nell'ambito di tali batimetriche gli individui pescati si sono presentati in stadi giovanili: nel primo strato con due classi di età, in cui le reclute costituiscono il 50 % del totale, nel secondo la classe più rappresentata è quella dei 20-25 cm, trattandosi quindi ancora di giovani individui.

Il Potassolo (Micromesistius poutassou) (25,8%, 1316 esemplari) è presente soprattutto nella batimetrica dei 200-400 m con il 95,36 % degli individui pescati i quali si presentano con la classe modale dei 15-20 cm. Oltre i 400 m la classe più frequente è di 30-35 cm.

La Triglia di fango (Mullus barbatus) con il 21,43 % si presenta con numero di individui decrescente per profondità, infatti:

Strati	N. casi	%
0-50	740	67,7
50-100	294	26,9
100-200	58	5,3

La classe più rappresentata in tutte le batimetriche è quella dei 10-15 cm, inoltre sono stati rinvenuti adulti solo nella batimetrica di 0-50 m.

La Triglia di scoglio (Mullus surmuletus) è presente in ridotta percentuale (2,94 %) senza mostrare alcuna profondità preferenziale.

Il Parago (Pagellus erythrinus) infine, con solo 69 esemplari (1,35 %) è risultato tipico delle batimetriche minori. Gli individui pescati sono di giovane età.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	675-676	1986

UN ESEMPLARE DI LOLIGO FORBESI (Steenstrup, 1856) DI NOTEVOLI DIMENSIONI PROVENIENTE DALLA PESCA LOCALE DI MAZARA DEL VALLO ("CANALE DI SICILIA").

P. JEREB & S. RAGONESE

Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato -C.N.R.- Mazara del Vallo

Key words: Cephalopoda - Loligo forbesi - large specimen.

Il calamaro Loligo forbesi, comune nell'Atlantico Nord Occidentale, nel Mediterraneo viene citato come specie di gran lunga meno comune del Loligo vulgaris. Di recente alcuni studi condotti nel Mediterraneo Nord Occidentale e nel Canale di Sicilia, suggeriscono che il Loligo forbesi sia in realtà relativamente abbondante in tali zone. Nel Dicembre 1985 gli autori hanno rinvenuto al Mercato Ittico di Mazara del Vallo un esemplare di Loligo forbesi di dimensioni notevoli. Sull'esemplare scongelato sono stati rilevati (al ½ cm.) i parametri riportati nella Tab.1.

PESO TOTALE.....	= gr.1752,0
LUNGHEZZA TOTALE.....	= cm. 112,0
LUNGHEZZA DORSALE.....	= cm. 56,0
LUNGHEZZA DELLE PINNE.....	= cm. 38,5
LARGHEZZA DELLE PINNE.....	= cm. 25,0
LARGHEZZA DEL MANTELLO.....	= cm. 13,0
LUNGHEZZA DEL CAPO.....	= cm. 7,0
LARGHEZZA DEL CAPO.....	= cm. 6,0
DIAMETRO DELL'OCCHIO.....	= cm. 2,5
LUNGHEZZA DEI TENTACOLI....	= cm. 48,5
LUNGHEZZA DEL "CLUB".....	= cm. 12,0
LUNGHEZZA DEL "DACTYLUS"...	= cm. 3,0
LUNGHEZZA DELLA "MANUS"....	= cm. 6,0
LUNGHEZZA DEL "CARPUS".....	= cm. 3,0
LUNGHEZZA DEL BRACCIO ECT..	= cm. 12,0
LUNGHEZZA DELL'ECTOCOTILE..	= cm. 4,0

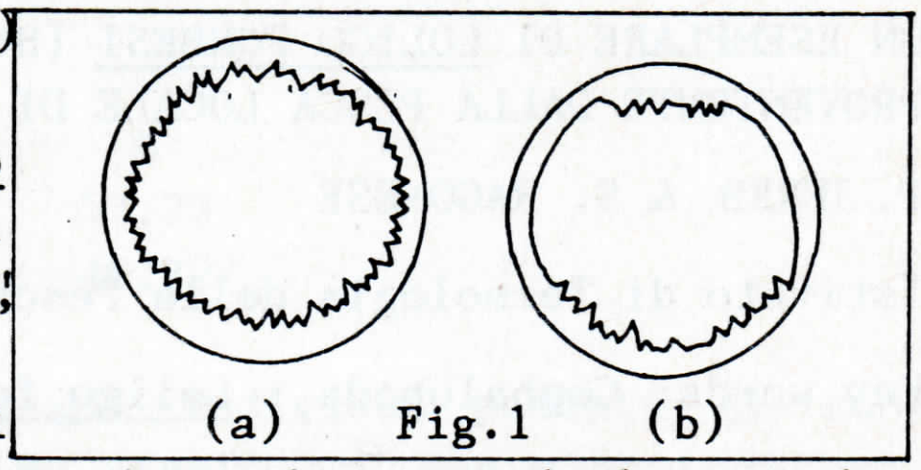
Tab.1.

SESSO.....	= maschio
PESO GONADE.....	= gr. 27,1
PESO TESTICOLO.....	= gr. 11,5
PESO TASCA DI NEEDHAM.	= gr. 15,6
INDICE DI HAYASHI.....	= 0,58

Tab.2.(materiale in alcool 75%)

La tasca di Needham è risultata piena di spermatofore completamente formate ,di lunghezza intorno ai 20 mm. Sono state inoltre rinvenute internamente delle strutture identificabili come le ghiandole nidamentali accessorie: tali organi, assenti nei maschi di Loligo vulgaris, costituirebbero uno dei caratteri sistematici da utilizzare per la sicura identificazione del Loligo forbesi. I principali caratteri morfologici sulla base dei quali si é identificato l'esemplare come Loligo forbesi sono i seguenti: a) dimensioni relative delle ventose presenti nel club del tentacolo; nel Loligo forbesi le ventose delle quattro file della manus sono subeguali, a differenza di quanto si verifica nel Loligo vulgaris, dove le ventose delle due file mediane sono mol-

to più grandi delle file marginali. L'esame di diversi esemplari delle due specie da parte degli autori, ha consentito di formulare in via preliminare i seguenti rapporti medi fra i diametri relativi delle ventose: Loligo forbesi 1,3:1 s= 0,2 (N=12); Loligo vulgaris 2,8:1 s= 0,6 (N=16) b) dentellatura delle ventose del club del tentacolo; nel Loligo forbesi (fig.1-a) l'anello chitinoso delle ventose presenta una dentellatura regolare, con numerosi denti acuti uniformemente distribuiti, mentre nel Loligo vulgaris (fig.1-b) tale dentellatura risulta discontinua in maniera caratteristica, secondo quanto osservato dagli autori c) peculiare disposizione dei cromatofori sulla superficie del mantello. Il Loligo forbesi è caratterizzato da una serie di striature longitudinali simili a "fiamme", di colore rosso-arancio, costituite da un addensamento di cromatofori circondati da una zona praticamente depigmentata,oltre la quale riprende la normale colorazione del mantello. In Loligo vulgaris tali striature compaiono solo occasionalmente, ma risultano di colore diverso ed assai meno numerose. Tale carattere, non sempre considerato sicuro da un punto di vista sistematico, nel presente caso si è rivelato pienamente valido d) ulteriore criterio distintivo, anche se più soggettivo nella sua applicazione, consiste nell'osservare la dimensione relativa dell'occhio, più grande nel Loligo forbesi che nel Loligo vulgaris.Il ritrovamento di un esemplare di Loligo forbesi delle dimensioni di quello oggetto della presente nota, non costituisce di per sé un evento notevole, potendo i maschi di questa specie raggiungere i 90 cm. di lunghezza dorsale del mantello; rappresenterebbe comunque un caso raro nel Mediterraneo, per quanto a conoscenza degli autori. Testimonianze raccolte nella marineria di Mazara farebbero ritenere simili catture non infrequenti per i Motopesca che effettuano bordate da un minimo di 2-3 giorni ad un massimo di 18-20 giorni. Ciò conferma l'ipotesi formulata dagli autori, (Ragonese & Jereb, XVIII Congresso S.I.B.M.,in stampa), che il Loligo forbesi sia una specie molto più comune, nel Canale di Sicilia, di quanto finora ritenuto.



(a) Fig.1 (b)

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

BOLETZKI, S.v. & MANGOLD, K. (1985) -"Loligo forbesi in the North-Western Mediterranean (mollusca: Cephalopoda)". RAPP.COMM.INT.MER. 29(8): 245-246

HOLME, N.A. (1974) - "The biology of Loligo forbesi Steenstrup (Mollusca: Cephalopoda) in the Plymouth area". J.MAR.BIOL.ASS.U.K. 54: 481-503

MANGOLD-WIRZ, K., (1963) - "Biologie des Cephalopodes bentiques et nectoniques de la Mer Catalane". VIE ET MILIEU Suppl. 13

NAEF, A. (1923) - "Die Cephalopoden". FAUNA FLORA GOLF NEAPEL 35 (I).

RAGONESE, S. & JEREB, P. (in stampa) - "Loligo forbesi Steentrup 1856 (Cephalopoda: Loliginidae) nel versante siciliano del "Mare Pelagico" (Canale di Sicilia): nota preliminare sulla distribuzione, composizione per taglia e biologia riproduttiva." XVIII Congresso Nazionale S.I.B.M.

ROPER, C.F.E. & al. (1985) - "FAO Species catalogue - Vol.3 - Cephalopods of the world." FAO FISH. SYN. 125 (Vol.3)

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	677	1986

ELENCO DEI CEFALOPODI VIVENTI NEL MEDITERRANEO*

Giambattista BELLO

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina - Molo Pizzoli, 70123 Bari

Key words: Mollusca, Cephalopoda, Taxonomy, Mediterranean Sea.

RIASSUNTO

La classe Cephalopoda è rappresentata nel Mediterraneo da 58 specie di accertata presenza, di cui si riporta l'elenco sistematico. La nomenclatura delle specie e degli altri taxa elencati è stata revisionata secondo i dettami della nuova edizione dell'International Code of Zoological Nomenclature (1985); inoltre sono state controllate paternità e date di pubblicazione dei binomi specifici e dei nomi dei taxa di ordine superiore. L'elenco è seguito da note esplicative delle modifiche apportate alla nomenclatura correntemente utilizzata nella letteratura scientifica. Infine si discutono le ragioni dell'esclusione dalla lista della teutofauna mediterranea di alcune specie già riportate per questo mare da altri Autori.

SUMMARY

The class Cephalopoda is represented in the Mediterranean by 58 species of ascertained presence, which are reported in a systematic list. The nomenclature of all listed taxa was reviewed according to the rules of the last edition of the "Intenational Code of Zoological Nomenclature" (1985); the authorship and publication date of all names were checked as well. The accompanying notes explain the changes brought to the nomenclature currently used in literature. Lastly, the reasons for the exclusion from the list of some species ascribed to the Mediterranean teuthofauna by other Authors, are discussed.

*Il lavoro è pubblicato per esteso su "Bollettino Malacologico" vol. 22, 1986, col titolo "Catalogo dei Molluschi Cefalopodi viventi nel Mediterraneo".

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	679-680	1986

SEPIOLIDAE DEI FONDI STRASCICABILI DEL MAR LIGURE

M. Bertuletti e L. Orsi Relini

Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale, Istituto di Anatomia Comparata, Università di Genova.

Notizie sulla presenza, la distribuzione e l'incidenza nel pescato di Cefalopodi della famiglia Sepiolidae (ovvero dell'ordine Sepiolioidea secondo Fioroni, 1982) sui fondi strascicabili del Mar Ligure sono state riunite sulla base di due recenti campagne di pesca a strascico sperimentale del Ministero della Marina Mercantile, integrate con piccole collezioni raccolte negli anni precedenti, sempre da catture a strascico.

Materiali e metodi

a) Campagna "Presupposti bioecologici e tecnici per una nuova regolamentazione della pesca a strascico entro le tre miglia dalla costa" 1982-83. Riviera di Levante tra Portofino e il Mesco. Rete a strascico con divergenti. Maglie di 6 mm di lato al sacco. Pescate orarie diurne, 4 ogni mese sui livelli -20; -30; -50; -90. Alcune pescate notturne sugli stessi livelli.
b) Campagna "Valutazione delle risorse demersali". Riviera di Ponente e di Levante, da Arenzano alla foce del Magra. Rete id. Maglie di 7,5 mm. Pescate orarie diurne in 5 strati batimetrici, compresi tra le isobate 0-50-100-200-450-750 in numero di 56, suddivise in 28 primaverili e 28 estive 1985.
c) Piccoli campioni dalla pesca a strascico commerciale neritica e batiale.

Osservazioni e discussione

a) Specie rinvenute

Sono state identificate nelle catture (essenzialmente sulla base di Naef, 1923) le seguenti specie di Sepiolidae:

Sepiolinae: Sepiola rondeletii Leach, S. ligulata Naef, S. intermedia Naef, S. robusta Naef, Rondeletiola minor Naef, Sepietta obscura Naef, S. neglecta Naef, S. oweniana d'Orbigny.

Rossinae: Rossia macrosoma (Delle Chiaje), Neorossia caroli (Joubin).

Heteroteuthinae: Heteroteuthis dispar (Ruppel.)

b) Distribuzione sui fondi strascicabili

La prima campagna ha permesso di analizzare la presenza di quattro specie di Sepiola (S. intermedia, robusta, ligulata, rondeletii), di tre specie di Sepietta (oweniana, neglecta, obscura) e di Rondeletiola minor nelle acque neritiche. Sul livello -20 m sono state raccolte S. intermedia, S. rondele-

tii, (di notte, S. obscura. A -30 m, oltre alle specie precedenti, S. neglecta. A -50 m le quattro già citate e inoltre S. robusta, S. ligulata, Sepietta oweniana. A -90 m tutte le precedenti e Rondeletiola minor.
La seconda campagna ha confermato le osservazioni precedenti circa le acque costiere e permesso di verificare le seguenti estensioni in profondità delle distribuzioni già constatate: Sepiola intermedia, dall'infralitorale fino a circa 200 metri; Sepietta neglecta e Rossia macrosoma dai fondi neritici circalitorali a quelli epibatiali; Sepietta oweniana e Rondeletiola minor dai fondi neritici circalitorali al mesobatiale. Sono state inoltre rinvenute Neorossia caroli nell'epibatiale e nel mesobatiale e la specie pelagica Heteroteuthis dispar, saltuariamente, in corrispondenza di fondi di 400-700 m.
Complessivamente le distribuzioni osservate sono in accordo con quelle della letteratura; per le Sepiolinae, che rappresentano il gruppo meno conosciuto, rimandiamo a una trattazione specifica (Orsi Relini e Bertuletti 1986).
c) Incidenza nel pescato commerciale
Le due campagne hanno evidenziato che la frazione a Cefalopodi del pescato commerciale ligure è consistente, variando dal 32% nella fascia costiera (0-50 m) in primavera fino al 3% nello strato più profondo (400-700 m) in estate; le catture orarie medie erano rispettivamente di kg 6,2 e 0,8. Le catture costiere del ciclo 1982-83 sono già state illustrate in dettaglio (Relini e Orsi Relini 1984). L'importanza dei Sepiolidi come biomassa è inversamente proporzionale a quella dei Cefalopodi totali: in acque neritiche le catture di Sepiolidae sono inferiori all'1%; nell'epibatiale rappresentano il 5-10% e infine nel mesobatiale oltre il 50% dei Cefalopodi totali. S. oweniana, R. macrosoma, N. caroli, sono le specie di maggior rilievo quantitativo, specialmente nel settore più orientale del Mar Ligure, in genere meno sfruttato. R. macrosoma e N. caroli hanno fornito catture simili in primavera e in estate, S. oweniana rendimenti apprezzabili solo in estate. I massimi osservati: R. macrosoma 5 ind/h pari a kg 0,261; N. caroli 21 ind/h pari a kg 0,422; S. oweniana 395 ind/h pari a kg 2,02. A quest'ultima sono mescolate, nel prodotto commerciale, le altre Sepiolinae, tra cui la più importante è R. minor, con un massimo del 10% in numero e del 5% in peso. Le concentrazioni più importanti di S. oweniana sono state osservate tra 400 e 500 m.

LAVORI CITATI

P. FIORONI - 1981 - Die Sonderstellung der Sepioliden, ein Vergleich der Ordnungen der rezenten Cephalopoden. Zool. Jb. Syst., 108, 178-228.
A. NAEF - 1923 - Die Cephalopoden. Fauna Flora Golf. Neapel; 35 (I. Teil, I. Band: Systematik) 863 p., 19 tavv. Traduzione in inglese di A. Mercado, 1972 - Smithsonian Inst., Washington, 917 p.
L. ORSI RELINI, M. BERTULETTI - 1986 - Sepiolinae (Mollusca, Cephalopoda) from the Ligurian Sea. Vie Milieu, in corso di stampa.
G. RELINI, L. ORSI RELINI - 1984 - The role of Cephalopods in the inshore trawl fishing of the Ligurian Sea. Oebalia, 10 n.s.: 37-58.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	681-682	1986

SU UNA NUOVA GIRODATTILIASI IN LIZA RAMADA RISSO

D. Di Cave, P. Lo Giudice, P. Orecchia, L. Paggi

(Istituto di Parassitologia, Università di Roma "La Sapienza")

Key words: Fish parasite; Gyrodactylus sp.; Mediterranean Sea.

A partire dal 1984 sono in corso ricerche sulla parassitofauna delle specie ittiche eurialine di interesse commerciale presenti nel lago di Sabaudia, anche in considerazione del fatto che con alcune delle specie prese in esame sono state condotte prove di acquicoltura.

Il lago di Sabaudia, situato a nord del promontorio del Circeo, in provincia di Latina, è un bacino salmastro che si estende per circa 7 km parallelamente alla costa e comunica con il mare attraverso due canali.

Nel lago numerosa è la presenza di pesci appartenenti alla famiglia Mugilidae, rappresentata dalle specie: Mugil cephalus L., Liza ramada Risso, Liza aurata Risso e Chelon labrosus Risso.

Sulle branche di 10 esemplari di Liza ramada dei 54 esaminati sono stati rinvenuti numerosi monogenei appartenenti al genere Gyrodactylus (Nordmann, 1832). Dalla letteratura consultata è emerso che rappresentanti di questo genere sono stati raramente segnalati nei mugilidi. Il primo reperto risale al 1870 quando Van Beneden segnalò la presenza di Gyrodactylus sp. in Chelon labrosus del Mare del Nord (Beneden van, 1870, Mem. Acad. r. Belg., 38: 27-28). In tempi più recenti sono stati descritti Gyrodactylus zhukovi (Moen, 1962, Acta hidrobiol. sin., 2:67-78) in Mugil so-iuy del Mare della Cina, e nello stesso ospite Gyrodactylus mugili (Zhukov, 1970, Parazitol., 4:321-326) del Mare del Giappone. Successivamente è stata descritta la specie Gyrodactylus mugelus in Mugil cephalus delle coste della Georgia (Rawson, 1973, Proc. Helminth. Soc. Wash., 40 (2): 180:183). La citazione più recente di Gyrodactylus sp. è quella di Altunel (1984, Com. epist.) che segnala

la presenza di una specie di questo genere in Chelon labrosus nel Mar Egeo, non fornendo tuttavia una descrizione del parassita.

In queste specie i caratteri diagnostici che vengono utilizzati per la loro identificazione sono rappresentati principalmente dalla morfologia e dalle dimensioni delle varie strutture che compongono l'organo di attacco quali le ancore, la barra dorsale e quella ventrale, lo scudo membranoso e gli uncini marginali.

Dal confronto fra gli esemplari da noi trovati con le specie zhukovi e mugelus risulta evidente la differenza tra la morfologia della barra ventrale e dello scudo membranoso. Infatti, la barra ventrale delle due specie ora riportate è una struttura complessa con due prolungamenti che vanno quasi a sovrapporsi ai margini superiori delle ancore. In Gyrodactylus sp. da noi trovato la barra ventrale è senza strutture accessorie ed unisce le due ancore alla base delle apofisi. Lo scudo membranoso di forma quasi triangolare è negli esemplari da noi studiati di dimensioni inferiori a quelle delle stesse strutture presenti in zhukovi e in mugelus. Per quanto riguarda il confronto effettuato con la specie mugili abbiamo riscontrato differenze nelle misure delle ancore e nel rapporto fra la lunghezza delle ancore e dello scudo membranoso. Le misure delle ancore degli esemplari da noi studiati (40-48 microns) sono risultate inferiori rispetto a quelle delle stesse strutture riportate in letteratura per la specie mugili (53-56 microns).

Poiché i caratteri morfologici degli esemplari da noi rinvenuti non sono sovrapponibili a quelli di nessuna delle specie descritte nei mugilidi, riteniamo possa trattarsi di una nuova specie.

Al momento segnaliamo per la prima volta la presenza di Gyrodactylus sp. in Liza ramada e confermiamo la comparsa di parassiti appartenenti al genere Gyrodactylus nei mugilidi del Mediterraneo.

Considerando l'interesse che Liza ramada sta assumendo nell'acquicoltura di ambiente salmastro, riteniamo utile segnalare la pericolosità che tale parassita può assumere soprattutto in situazioni di allevamento. Infatti, in caso di sovrappopolamento, il parassita che ha un ciclo di vita diretto avrebbe maggiori possibilità di diffondersi, inoltre la viviparità, caratteristica del genere Gyrodactylus potrebbe determinare in breve tempo la massiva infestazione delle branchie dell'ospite e causarne la morte per asfissia.

NOVA THALASSIA	8	Suppl. 3	683-684	1986

LO STAGNONE DI MARSALA (SICILIA OCCIDENTALE): AREA CONFINATA O LABORATORIO PER L'EVOLUZIONE DI TAXA BENTONICI?

Silvano Riggio e Renato Chemello, Istituto di Zoologia dell'Università, via Archirafi, 18 - I 90123 Palermo.

PAROLE CHIAVE: Benthos, evoluzione, lagune, Mediterraneo.
RIASSUNTO - La presenza di fenotipi aberranti e di comunità specifiche è interpretata come potenzialità delle lagune meridionali per la microevoluzione di taxa bentonici marini . SUMMARY - Coastal lagoons are semi closed habitats where genotypic segregation may occur: freshwater inflows however selectively favour euryhaline taxa versus truly marine organisms. This is not the case in the Stagnone marine lagoon, where a number of reversible and irreversible adaptations to high salinities and steady hydrodynamism are reported, which are evidence of microevolution taking place in marine benthos. KEYWORDS: Benthos, Evolution, Lagoons.

INTRODUZIONE - Le lagune costiere sono interruzioni del continuum ambientale marino che favorisce fenomeni microevolutivi di varia intensità. Le ampie escursioni di temperatura e salinità delle lagune salmastre sono tuttavia incompatibili con la omeostasi del biota oceanico, e tali da escludere l' esistenza e l'evoluzione di taxa stenoalini. Un bassofondo costiero, parzialmente separato dal mare, ma soggetto alla sua influenza diretta, può consentire l'isolamento e la differenziazione di taxa marini sensu stricto : tale è la condizione dello Stagnone di Marsala.

POPOLAMENTI ZOOBENTONICI. I dati raccolti sul benthos mostrano un'elevata incidenza di fenotipi di origine marina e di comunità che sono riconducibili: 1) ad adattamenti, in tutto o in parte reversibili, alle condizioni termiche ed idrodinamiche dominanti; 2) a processi, tendenzialmente irreversibili, di segregazione e selezione genotipica.

Fra i primi rientrano i casi seguenti: a) lo sviluppo di popolazioni della demospongia Geodia cydonium ad habitus benthopleustofitico, e con sterraster di 15-30micron rispetto ai 40-60 della forma tipica (CORRIERO, 1982-83); b) il gigantismo delle colonie di Aglaophenia harpago (Hydroidea); c) la particolare morfologia intratecale

osservata in Plumularia obliqua (Hydroidea); d) l'habitus epibiotico delle colonie di Cladocora caespitosa (Hexacorallia), con sviluppo abnorme dei coralliti; e) i complessi alga - invertebrati legati alle forme egagropile di Rytiphloea tinctoria (SPARLA & RIGGIO, 1982-83). Fra i secondi va citata l'esistenza di: a) popolazioni albine di Calliostoma dubium (Mollusca Gastropoda); b) un nuovo Chromodoridae, probabilmente endemico, iniseme con numerose forme dubbie di Molluschi Nudibranchi ed Opistobranchi; c) una popolazione omocromatica di Dendrodoris cf. maculosa , limitata al bacino nord e separata dalla forma maculata tipica, presente nella sezione sud della laguna; d) un gobide endemico, Pomatoschistus tortonesei J.P.Mill., distinto dal minor numero di squame e di raggi sulle pinne (TORTONESE, 1975).

CONCLUSIONI - I fenomeni osservati sembrano non rientrare nella casualità, nè coincidono coi patterns evolutivi delle lagune salmastre; essi piuttosto rivelano l'esistenza nel bacino nord dello Stagnone di un "mare interno" caratterizzato dalle alte salinità estive e dal particolare idrodinamismo radente - oscillante (RIGGIO & al., 1983). Alla selettività di tali fattori pilota ed alla natura di "barriera ecologica" del bacino nord vanno riferiti i numerosi fenotipi locali, potenzialmente diffusibili nell'ambiente marino circostante. La marcata stenoalinità dei taxa presenti segnala il possibile ruolo delle lagune costiere subtropicali nell' evoluzione del benthos marino.

BIBLIOGRAFIA

CORRIERO G;, 1982-83 - Note sul popolamento di poriferi dello Stagnone di Marsala (Sicilia). Nova Thalasssia , 6, Suppl.: 213 - 223.

RIGGIO S. & al., 1983 - The Stagnone Lagoon (W/Sicily): an ecological Approach to the Management of its natural Resources. Rapp.Comm.Int.Medit. , 2,6: 143-146.

SPARLA M.P. & S. RIGGIO, 1982-83 -Notes on the Invertebrate Fauna associated to the red alga R.tinctoria (Clem.) C.AG. aegagropyla in the Stagnone Sound (W/Sicily). Nova Thalassia , 6, Suppl.: 105-111.

TORTONESE E;, 1975 - Fauna d'Italia. Vol. XI. Osteichthyes. Bologna, 636 pp.

INDICE

BIOTECNOLOGIE MARINE

Biotechnology and aquaculture (Colombo L., Belvedere P.) pagg. 7-20

Possibilità dell'uso di biotecnologie nella prevenzione del fouling (Relini G.) 21-34

Contributi delle biotecnologie dei microrganismi fotosintetici marini alla valorizzazione delle aree costiere (Materassi R., Pelosi E.) 35-44

PROBLEMATICHE ATTUALI SULLA BIOCHIMICA E FISIOLOGIA DEGLI ORGANISMI MARINI

Andare a naso: valore adattivo delle chemorecezione nell'ambiente acquatico (Ferrero E.A.) 47-68

Ruolo della (Na^+ + K^+)-ATPasi nella regolazione ionica ed osmotica di animali acquatici (Borgatti A.R.) 69-82

Meccanismi di disintossicazione da metalli pesanti negli animali marini (Carpenè E.) 83-96

Aspetti comparati del metabolismo anaerobico negli animali marini (Cortesi P.) 97-122

Peptidi bioattivi in invertebrati marini (Cariello L.) 123-130

Variazione del contenuto lipidico e del quadro elettroforetico delle lipoproteine nel plasma di spigole (Dicentrarchus labrax *L.) sottoposte a digiuno* (Santulli A., Curatolo A., Modica A., D'Amelio V.) 131-136

Alcuni aspetti del sistema detossificante Mixed Function Oxidases in organismi marini (Fossi C., Leonzio G, Focardi S.) 137-142

Studio del bioaccumulo di cadmio, mercurio e piombo nel fegato e nel muscolo di Xiphias gladius *L. (Mar Tirreno)* (Perdicaro R., Sequi R., La Posta A.) 143-148

Primi risultati sul trasferimento di radionuclidi artificiali in alcuni tratti della rete alimentare adriatica, dopo l'incidente di Chernobyl (Tassi Pelati L., Albertazzi S.) 149-154

Nematocisti e tossine di Pelagia noctiluca *(Forksål)* (Quadrifoglio F., Avian M., Del Negro P., Princi T., Scuka M., Gavinelli E., Rottini Sandrini L.) 155-162

Indagine preliminare sulla presenza di metallotioneine nello sviluppo embrionale di Paracentrotus lividus (Belmonte G., De Petrocellis B., Capasso A., De Prisco P., Parisi E., Grasso M.) 163-169

Biodisponibilità del mercurio dal sedimento: ruolo svolto dalle praterie di Posidonia oceanica (Maserti B.E., Ferrara R., Paterno P.) 171-175

Variabilità elettroforetica nel gruppo di specie marine Euplotes crassus-minuta-vannus *(Ciliophora, Hypotrichida)* (Valbonesi A., Ortenzi G, Luporini P.) 177-185

Seasonal variations of gfycogen, proteins and lipids in tissues of Scapharca inaequivalvis *(Bruguière) for the reproductive cycle* (Cattani O., Corni M.G., Carpenè E., Isani G., Vitali G., Cortesi P.) pagg. 187-195

EFFETTI DELL'EUTROFIZZAZIONE SUGLI ORGANISMI MARINI

Adattamento fisiologico e competizione interspecifica tra le microalghe in funzione dei nutrienti (Maestrini S.Y., Spanò A.M.) 199-219

The gulf of Trieste: a sensitive ecosystem (Stachowitsch M.) 221-235

Maree colorate e fioriture algali lungo la costa dell'Emilia-Romagna dal 1982 al 1985 con particolare riguardo alla comparsa di Protogonyaulax tamarensis (Boni L., Pompei M., Reti M.) 237-245

Strutture di densità e processi di segregazione in Adriatico settentrionale (Franco P.) 247-258

Considerazioni sugli effetti dell'eutrofizzazione delle acque sulla pesca marittima della costa emiliano-romagnola (Mancini L., Sansoni G.) 259-265

Stati di anossia dei fondali, popolamenti bentonici e pesca (Orel G., Vio E., Princi M., Del Piero D., Aleffi F.) 267-280

Effetti dell'eutrofizzazione sulla pesca (Piccinetti C.) 281-289

Eutrofizzazione delle acque costiere emiliano-romagnole, strategia perseguita nella definizione dei programmi di ricerca e risultati conseguiti (Rinaldi A., Montanari G.) 291-304

Crisi distrofiche e variazioni della associazione a bivalvi in una sacca del delta del Po (Franzoi P., Mistri M., Rossi R., Ceccherelli V.U.) 305-310

Modificazioni indotte da scarichi urbani sulla struttura trofica di un popolamento VTC (Tunesi L.) 311-316

Pollution and meiofauna: a short review (Sandulli R.) 317-323

L'eutrofizzazione in rapporto ad alcuni aspetti igienico-sanitari delle acque costiere e dei prodotti della pesca (Mancini L., Milandri A., Nizzoli C, Pirini M., Poletti R., Pompei M., Viviani R.) 325-330

ACQUICOLTURA

The role of nutritional research on Teleosts for the development of aqualculture (Cowey C.B.) 333-341

Attività della tiaminasi in Sardina pilchardus *Walb. e in* Engraulis encrasicholus *L. dell'Adriatico* (Fini M.A., Crisetig G.) 343-348

Prime osservazioni sul ruolo degli aminoacidi nel comportamento di ricerca del cibo in anguilla (Anguilla anguilla L.) (Carrieri A., Cavazzini P., Maccagnani R,, Rizzo M.G., Rossi R.) 349-354

Allevamento intensivo di orata (Sparus aurata L.) a due regimi termici (Corbari L., Caggiano M., Demurtas I.D., Ponticelli A.) 355-363

Tecniche di condizionamento di riproduttori di Penaeus japonicus *Bate, mediante utilizzazione di acque ipotermali salse* (Ponticelli A., Angelini M., Aliberti A., Salvatori R.) pagg. 365-373

Ecuador: analysis of an aquaculture success (Dileo G., Jory D.E., Marano G.) 375-379

Raccolta di seme di Mytilus galloprovincialis *LMK,* Ostrea edulis *L. e* Crassostrea gigas *(Thunberg) e loro allevamento in Laguna di Venezia* (Pellizzato M., Renzoni A.) 381-392

Allevamento di Tapes (Ruditapes) philippinarum *(Adams e Reeve, 1850), in alcuni biotopi lagunari veneti* (Pellizzato M., Mattei N.) 393-402

Analisi della variabilità genetica del branzino (Dicentrarchus labrax *L.) applicata all'acquicoltura* (Cervelli M.) 403-410

L'economia in acquacoltura: considerazioni di economia aziendale e settoriale (Iandoli C., Saroglia M.G., Arata P.) 411-419

Gestione di un modulo commerciale per la produzione di uova embrionate di spigola (Dicentrarchus labrax) (Saroglia M., Ingle E., Iandoli C, Arata P.) 421-429

Produzione di avannotti di spigola (Dicentrarchus labrax *L.) in grandi volumi con impiego di acque ipotermali* (Lenzi M., Fommei F.) 431-435

ECOLOGIA ED EVOLUZIONE DEL BENTHOS CON PARTICOLARE RIGUARDO AL MEDITERRANEO

Endemismo, vagilità e speciazione allopatrica in animali marini (Minelli A.) 439-448

Evoluzione dei Tardigradi marini (Grimaldi De Zio S.) 449-460

Aspetti evoluzionistici dei cicli vitali in animali marini del benthos sessile (Sarà M.) 461-469

Ecology and evolution contributions from the study of Hydromedusae (Cnidaria) (F. Boero) 471-476

Mappa strutturale della comunità epifita di Posidonia oceanica *(L.) Delile: interpretazione evoluzionistica* (Scardi M., Casola E., Fresi E., Mazzella L.) 477-485

Effetti della riduzione di salinità e della consanguineità nel Copepode Tisbe holothuriae *(Humes)* (Martini E., Fava G.) 487-491

Evoluzione del popolamento costiero di Scapharca inaequivalvis *Bruguière e considerazioni biologiche* (Casali P., Colafranceschi M.) 493-496

BIOLOGIA E SISTEMATICA DEI CEFALOPODI

Attuali conoscenze sui Cefalopodi del Mediterraneo (Borri M.) 499-512

Distribuzione di Sepiolidi nell'Adriatico centro-settentrionale (Guescini A., Manfrin G.) 513-518

Rinvenimento di Cefalopodi rari in Adriatico: Abralia veranyi *(Rüppel, 1844) e* Ommastrephes caroli *(Furtado, 1887)* (Guescini A., Manfrin G.) pagg. 519-521

Il ruolo dei Molluschi Cefalopodi nella valutazione delle risorse marine dello Jonio (campagne di pesca 1985) (Panetta P., D'Onghia G., Tursi A., Cecere E.) 523-527

Loligo forbesi *Steenstrup 1856 (Cephalopoda: Loliginidae) nel versante siciliano del* Mare Pelagico *(Canale di Sicilia): nota preliminare sulla distribuzione, composizione per taglia e biologia riproduttiva* (Ragonese S., Jereb P.) 529-535

Osservazioni sul ruolo dei Cefalopodi nella pesca a strascico dell'alto e medio Adriatico (Giovanardi O.) 537-542

Cefalopodi dei fondali strasciabili della Sicilia Nord-occidentale. Nota preliminare (Restuccia V., Ragonese S.) 543-549

POSTERS

Approccio biologico allo studio di composizioni antivegetative con proprietà anti-limo (Gombach M.L., Renni L., Bressan G.) 553-554

Presenza di mercurio in pesci piatti del Mar Tirreno del nord (Barghigiani C., Pellegrini D., Gioffrè D., De Ranieri S.) 555-556

Domestic wastes influence on nutrients concentration in Mar Piccolo in Taranto (Cardellicchio N., Annicchiarico C., Ciannarella R., Marra C., Ragone P.) 557-558

Chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls pollution: influence on the environment and analytical problems (Cardellicchio N.) 559-560

Impiego di embrioni di Paracentrotus lividus *per un'indagine sul livello di inquinamento di acque marine* (Belmonte G., De Petrocellis B., De Prisco P., Capasso A., Parisi E., Grasso M.) 561-562

Long term effects of low cadmium exposure on Murex trunculus (Carpené E., Dallinger R., Dalla Via J., Cortesi P.) 563-564

Oxygen consumption and ex estimations of productivity un the juvenile penaeid Penaeus japonicus *after low salinity stress* (Dalla Via G.J.) 565

Effects of salinity on free amino acids in the juvenile shrimp Penaeus japonicus (Dalla Via G.J.) 567

Responses of Murex trunculus *to a combination of chronic and acute cadmium exposure* (Dalla Via J., Carpenè E., Dallinger R.) 569-570

Adaptation to acute cadmium stress by Murex trunculus (Dallinger R., Dalla Via J., Carpenè E.) 571-572

Differenza di potenziale transepiteliale in branchie del crostaceo decapode Carcinus mediterraneus *della Laguna di Venezia: prime osservazioni sugli effetti di policlorobifenili* (Dalla Venezia L., Siebers D., Campesan G., Menetto A.) 573-574

Metabolismo energetico durante l'anaerobiosi ed il recupero nel muscolo adduttore posteriore di Scapharca inaequivalvis (Isani G., Cattani O., Tacconi S., Carpenè E., Cortesi P.) pagg. 575-576

Effetto della composizione amminoacidica della dieta sulla funzionalità delle preparazioni polisomiali di fegato di branzino (Dicentrarchus labrax) (Bettuzzi S., Serrazanetti G.P., Davalli R, Corti A., Viviani R.) 577-579

Effetto della temperatura di conservazione sulla funzionalità delle preparazioni polisomiali di fegato di ratto e di branzino (Dicentrarchus labrax) (Serrazanetti G.P., Bettuzzi S., Corti A., Viviani R.) 581-583

Idrocarburi alifatici in zooplancton della costa emiliano-romagnola (Serrazanetti G.P., Cattani O., Conte L.S.) 585-588

Ultrastruttura delle branchie di 4 specie di crostacei decapodi: Carcinus maenas, Cancer pagurus *(Brachiuri),* Homarus vulgaris, Austropotamo¬ bius pallipes italicus *(Macruri)* (Zatta P., Milanesi C.) 589-592

Organizzazione ultrastrutturale del tallo maturo in Cystoseira barbata v. tophuloidea *(Fucales)* (Braghetta P., Mariani P., Tolomio C.) 593-594

The basai labirinth in mullet intestinal absorptive cells (Quaglia A., Ciani G.) 595-596

Gli ovociti di Pelagia noctiluca *(Forskal): variazioni stagionali* (Avian M., Giorgi R., Rottini Sandrini L.) 597-598

Isolamento di nematocisti da Pelagia noctiluca (Del Negro P., Tubaro A., Della Loggia R.) 599-600

Variabilità genetica in Orchestia mediterranea *A. Costa (Amphipoda, Talitridae) della Laguna di Venezia* (Biasiolo A., Bisol P.M., Battaglia B.) 601-602

Molecular topology of the mitochondrial genome of Acetabularia acetabulum (Mazza A., Blonda C., Santulli A., Casale A., Bonotto S.) 603-604

Metodi citologici nella valutazione della qualità dell'ambiente (Brunetti R., Majone R, Gola I.) 605-606

Prime esperienze di introduzione del gamberone gigante malesiano Penaeus monodon (Aliberti A., Ponticelli A., Caggiano) 607-608

Raccolta di plancton naturale quale alimento per stadi larvali e post-larvali di spigola Dicentrarchus labrax (Aliberti A., Moretti A., Ponticelli A., Angelini M.) 609-610

Biochemical characteristic of Artemia *sp. and* Branchinella spinosa *from sardinian natural salt ponds* (Mura G., Palmegiano G.B., Sarra C., Cirillo L., Bullo A., Sisi R.) 611

Ottimizzazione di diete secche per Peneidi (Palmegiano G.B., Ziino M., Salvo R, Forneris G., Sarra C.) 613-614

Studio sull'allevamento semi-estensivo di Penaeus japonicus *Bate 1888 con l'uso di fertilizzanti e diete artificiali* (Lumare R, Casolino G., Salvo R, Schiavone R., Tancioni L., Troiano L.G., Ziino M.) 615-616

Isolamento di una linea pura di Spirulina geitleri *(Cyanophyceae)* (Villani P., Ponticelli A., Cordischi N.) 617-618

Sviluppo e crescita in vitro di Pontosphaera *(Prymnesiales: Haptophiceae)* (Saracino C., Casavola N., L'Insalata A., De Zio V.) 619-620

Influenza della temperatura e della salinità sull'orientamento delle ceche di Anguilla anguilla *durante la migrazione dal mare alle acque dolci* (Tosi L., Tongiorgi P., Spampanato A., Sola C., Sala L.) pagg. 621-622

Distribuzione e sex-ratio di Parapenaeus longirostris *(Lucas) nel Tirreno settentrionale* (Mori M., Belcari P., Biagi F.) 623-625

Note sulla biologia riproduttiva di Parapenaeus longirostris *(Lucas) nel Tirreno settentrionale* (De Ranieri S., Biagi F., Mori M.) 627-628

Primi dati sulla crescita di Symphodus roissali *(Risso) e di* Symphodus tinca *(L.) in Mar Ligure* (Fiorentino F., De Ferrari P., Fiorentino R., Cappanera M.) 629-630

Osservazioni sulla distribuzione di Eledone cirrhosa *(LAMK.) nel Mar Tirreno settentrionale* (Belcari P., De Ranieri S., Pellegrini D.) 631-632

Aspetti della biologia di Merluccius merluccius *(L.) in Mar Ligure: la relazione taglia/peso* (Cappanera M., Fiorentino F.) 633-634

Variazioni di taglia in un banco commerciale di Pecten jacobaeus *L. e* Chlamys opercularis *L. al largo di Chioggia. Un anno di studi* (Castelli M., Castagnolo L.) 635-640

Policheti di interesse economico nella Laguna di Venezia (Ansaloni I., Pellizzato M., Prevedelli D., Zunarelli Vandini R.) 641-642

Evoluzione ed adattamenti trofici nei Prosobranchi: spunti per un'analisi funzionale del popolamento malacologico di una prateria a Posidonia oceanica *dell'Isola d'Ischia* (Russo G.F.) 643-644

Insediamento di Cirripedi in un tratto di mare antistante il Delta del Po (Fasciana C., Puerari A., Relini G.) 645-646

Aspetti della biocenosi dei fanghi profondi nel Mar Ligure centro-orientale (Peirano A., Tunesi L.) 647-648

Osservazioni preliminari sulle biocenosi bentoniche dei fondi strascicabili del Mar Tirreno settentrionale (Pellegrini D., Belcari P., Biagi F., De Ranieri S., Mori M.) 649-650

Strategie evolutive nelle Fanerogame marine del Mediterraneo (Mazzella L., Buia M.C.) 651

Trawl surveys nel medio e basso Tirreno: osservazioni preliminari (Spedicato M.T., Lembo G., Giorgi R., Convertini M.) 653-654

Caratteristiche talassografiche del basso Adriatico (Casavola N., De Martino L., Martino G.) 655-656

Pesca dei grandi Scomberoidei e degli Xifioidei nei mari italiani (Arena P.) 657-658

Pesca dei grandi Scomberoidei nel basso Adriatico (De Zio V., Rositani L., Ungaro N.) 659-660

Scorpenidi (Osteichthyes) del basso Adriatico (Bello G., Rizzi E., Violante E.) 661-662

Pesca a strascico nel basso Adriatico: Crostacei (Vaccarella R., Marano G., Petruzzi T.) 663-664

Triglidi (Osteichthyes) del basso Adriatico (Rizzi E., Bello G.) 665-666

Incidenza dei Selaci nella pesca del pesce spada con long-line nel Golfo di Taranto (Filanti T., Megalofonou P., Petrosino G., De Metrio G.) pagg. 667-669

Risorse ittiche demersali del Mar Jonio: rendimenti commerciali (Tursi A., D'Onghia G., Matarrese A., Cavallo R., Pastore M., Pacifico P.) 671-672

Risorse ittiche demersali del Mar Jonio: analisi delle specie bersaglio (Tursi A., D'Onghia G., Panetta P., Cecere E., Macripo C., De Filippis M.) 673-674

Un esemplare di Loligo forbesi *(Steenstrup, 1856) di notevoli dimensioni proveniente dalla pesca locale di Mazara del Vallo («Canale di Sicilia»)* (Jereb P., Ragonese S.) 675-676

Elenco dei Cefalopodi viventi nel Mediterraneo (Bello G.) 677

Sepiolidae dei fondi strascicabili del Mar Ligure (Bertuletti M., Orsi Relini L.) 679-680

Su una nuova girodattiliasi in Liza ramada *Risso* (Di Cave D., Lo Giudice P., Orecchia P., Paggi L.) 681-682

Lo stagnone di Marsala (Sicilia occidentale): area confinata o laboratorio per l'evoluzione di taxa bentonici (Riggio S., Chemello R.) 683-684