

ROSSELLA BARONE & ANTONIO PRISINZANO

PECULIARITÀ COMPORTAMENTALE DEL DINOFLAGELLATO  
*OSTREOPSIS OVATA* FUKUYO (*Dinophyceae*):  
LA STRATEGIA DEL RAGNO

RIASSUNTO

Una serie di osservazioni preliminari, condotte nell'ambito di uno studio sulla dinamica stagionale del dinoflagellato marino mixotrofo *Ostreopsis ovata* Fukuyo, ha permesso di rilevare una peculiare strategia difensiva attuata dalla microalga bentonica. Opportunista per quanto concerne il substrato, vi aderisce realizzando una matrice mucillaginosa dove, peraltro, le cellule rimangono mobili. In condizioni di bassa turbolenza gli individui, producendo dal poro ventrale fibrille di sostanze esopolimeriche, cooperano nella formazione di lunghi fili mucillaginosi che compongono un esteso reticolo dove restano intrappolati piccoli organismi, compresi i potenziali predatori (ad es. nematodi). È stato possibile osservare che gli animali "impigliati" nella "rete", subiscono un rapido attacco da parte di centinaia di individui di *Ostreopsis* che, verosimilmente, generando un'elevata concentrazione di esotossine ad effetto allelopatico li stordiscono ed eventualmente li uccidono. La mucillagine prodotta è successivamente colonizzata da batteri e funghi che contribuiscono alla formazione di un complesso biofilm.

SUMMARY

*Behavioural trait of the dinoflagellate Ostreopsis ovata Fukuyo (Dinophyceae): the spider's strategy.* Preliminary observations, carried out during a study on seasonal dynamics of the mixotrophic marine dinoflagellate *Ostreopsis ovata* Fukuyo, allowed to detect a peculiar defensive strategy performed by this organism. Opportunistic for the substratum, this benthic microalga sticks to it and builds a mucilaginous matrix inside which the cells are mobile. At low turbulence the cells produce fibrils of esopolymeric substances from the ventral pore, cooperating in making long slimy threads that compose a broad network. Small organisms remain trapped in this cobweb, including potential predators (e.g. nematodes). It was possible to detect that the animals "entangled" in the "web" were subjected to a rapid attack by hundreds of *Ostreopsis* cells which probably released high concentration of allelopathic substances, dazing and possibly

killing the potential predators. Afterwards, bacteria and fungi colonize the mucilage contributing to build a complex biofilm.

## INTRODUZIONE

Nell'ultimo decennio, in alcune aree costiere del Tirreno (Liguria, Toscana, Lazio, Sicilia) e dell'Adriatico (Puglia), una serie di sintomi (rinorrea, tosse, febbre, broncocostrizione, dermatiti) manifestati da bagnanti o da individui esposti all'aerosol marino è stata associata alla contemporanea presenza di una notevole densità di specie microalgali bentoniche ascrivibili essenzialmente al genere *Ostreopsis* (Dinophyceae) e, in particolare, alla specie *Ostreopsis ovata* Fukuyo (CONGESTRI *et al.*, 2006). Lo stesso fenomeno è stato rilevato lungo le coste mediterranee francesi e spagnole.

Nel 2006, notevoli densità di *Ostreopsis* sono state segnalate in quasi tutto il litorale italiano, sebbene non sempre legate ad eventi dannosi di tipo sanitario od ecologico. In Sicilia, nelle estati 2005 e 2006, è stata segnalata un'analogia sintomatologia lungo il litorale nord occidentale. In particolare, il fenomeno è stato più intenso ed esteso nei mesi di luglio ed agosto 2006, provocando significative perdite economiche nel settore turistico. Gli episodi di malessere sono stati registrati lungo il litorale Palermitano (Aspra, Capaci, Isola delle Femmine) e Trapanese (S. Giuliano). L'ARPA Sicilia, in occasione degli eventi, ha rilevato alte densità di *Ostreopsis ovata* sia sulle macroalghe sia nella colonna d'acqua. Precedenti segnalazioni della presenza di specie ascrivibili al genere *Ostreopsis* risalgono al 2001 (*Ostreopsis* cf. *siamensis* Schmidt) lungo la costa nord orientale (VILA *et al.*, 2001) ed al 2003 (*Ostreopsis* sp.) nel litorale occidentale (BARONE, dati inediti), nell'ambito di uno studio sulla dinamica stagionale della rodofita *Asparagopsis taxiformis* (BARONE, 2004).

Le analisi tossicologiche delle due morfospesie identificate nel mar Mediterraneo (*Ostreopsis ovata*, *Ostreopsis* cf. *siamensis*) hanno mostrato la presenza di palitossine (PENNA *et al.*, 2005). La produzione di tossine da parte dei dinoflagellati è frequente e, probabilmente, ha un ruolo fondamentale nella difesa contro gli erbivori. Fra i modelli di azione delle tossine il più noto e studiato è il bioaccumulo nella rete alimentare, con successiva contaminazione dei prodotti ittici, il cui consumo umano determina una serie di peculiari sindromi di avvelenamento. Meno noti sono i danni provocati agli umani dalle tossine associate ad altri tipi di esposizione, quale ad esempio l'inalazione di aerosol marino. L'unico caso ad oggi accertato è relativo ai bloom della specie planctonica *Karenia brevis* lungo le coste della Florida (KIRKPATRICK *et al.*, 2004).

Fra le sindromi di avvelenamento più comuni, la CFP (*Ciguatera Fish*

*Poisoning*), causata dall'ingestione di pesci carnivori (ad es. barracuda) è stata messa in relazione con la comunità a dinoflagellati bentonici e, in particolare, con la specie *Gambierdiscus toxicus*. I pesci erbivori, a loro volta predati dai carnivori, consumano le macroalghe ed i dinoflagellati epifiti associati accumulando e trasformando in ciguatossine le gambiertossine prodotte dal dinoflagellato. Nelle aree tropicali e subtropicali, considerate endemiche dell'intossicazione, è stata identificata un'associazione di dinoflagellati bentonici ascritti ai generi *Gambierdiscus*, *Ostreopsis*, *Coolia*, *Prorocentrum* ed *Amphidinium* (FAUST *et al.*, 1996). In particolare, sono state implicate come agenti causali specie dei generi *Ostreopsis* (*O. siamensis*, *O. ovata*) e *Prorocentrum* (*P. lima*, *P. concavum*), ma ad oggi è certo solo il ruolo di *Gambierdiscus*, l'unico taxon a non essere mai stato segnalato nel mar Mediterraneo. I dinoflagellati bentonici, in particolare i produttori di palitossine come *Ostreopsis*, sono stati implicati anche nel clupeotossismo, intossicazione umana associata al consumo di pesci clupeoidi (ONUMA *et al.*, 1999; LENOIR *et al.*, 2004).

Pertanto, anche se non è stato ancora definito il tipo di rischio sanitario realmente associato alla proliferazione di *Ostreopsis*, il dinoflagellato rappresenta un potenziale produttore di tossine che potrebbero accumularsi nelle catene alimentari. Inoltre, contribuendo allo sviluppo di spessi biofilm che possono determinare sofferenza o morte di organismi bentonici (SANSONI *et al.*, 2003), i suoi bloom rappresentano anche un rischio ecologico.

Nel Settembre 2006 è stato intrapreso uno studio volto essenzialmente a definire la tipologia dei siti più vulnerabili a fenomeni di proliferazione di *Ostreopsis* e ad analizzare la dinamica stagionale dell'organismo. Una serie di osservazioni preliminari, *in situ* e su campioni vivi esaminati in laboratorio, lascia ipotizzare un peculiare ruolo difensivo svolto dalla matrice mucillaginosa prodotta dal dinoflagellato.

#### INQUADRAMENTO TASSONOMICO E CARATTERIZZAZIONE

Nelle più recenti classificazioni tassonomiche degli eucarioti i dinoflagellati sono inseriti nel gruppo degli Alveolati (KEELING *et al.*, 2005). In particolare, il loro rivestimento cellulare è caratterizzato dalla presenza di vescicole appiattite (alveoli) al di sotto della membrana plasmatica. Gli alveoli sono vuoti nei dinoflagellati denominati "nudi", mentre contengono lamine polisaccaridiche, prevalentemente cellulose, nei cosiddetti dinoflagellati "armati" o tecati. La morfologia e la disposizione delle lamine nella teca definiscono una "tabulazione" utilizzata come carattere tassonomico. Le cellule mobili hanno due flagelli inuguali, uno che batte trasversalmente determinando propulsione e rotazione, l'altro diretto posteriormente che, presumi-

bilmente, agisce come timone. Nei dinoflagellati tecati il primo flagello giace interamente in una doccia equatoriale (cingolo) ed il secondo, parzialmente, in un solco longitudinale. Il peculiare modello di nuoto è responsabile del prefisso dino- (dal greco δινέω = ruotare).

*Ostreopsis* (οστρέον = ostrica, οπισς = aspetto) è un dinoflagellato unicellulare armato bentonico, occasionalmente planctonico. Opportunista per quanto concerne il substrato (ad es. macroalghe, sedimento, aggregati di detrito), vi aderisce costruendo una matrice mucillaginosa dove, peraltro, le cellule rimangono generalmente mobili.

Il genere *Ostreopsis* (Ostreopsidaceae, Gonyaulacales, Dinophyceae) è morfologicamente ben definito (FAUST & GULLEDGE, 2002), sebbene la sua tassonomia sia ancora poco chiara (PENNA *et al.*, 2005). Le cellule manifestano una teca biconvessa, comunemente a forma di lacrima, compressa antero-posteriormente e distorta dorsoventralmente rispetto ad un dinoflagellato tipico (Fig. 1). Il poro apicale, allungato, giace in posizione eccentrica sul lato sinistro dell'epiteca (Fig. 2). Nella teca sono stati osservati numerosi pori a tri-

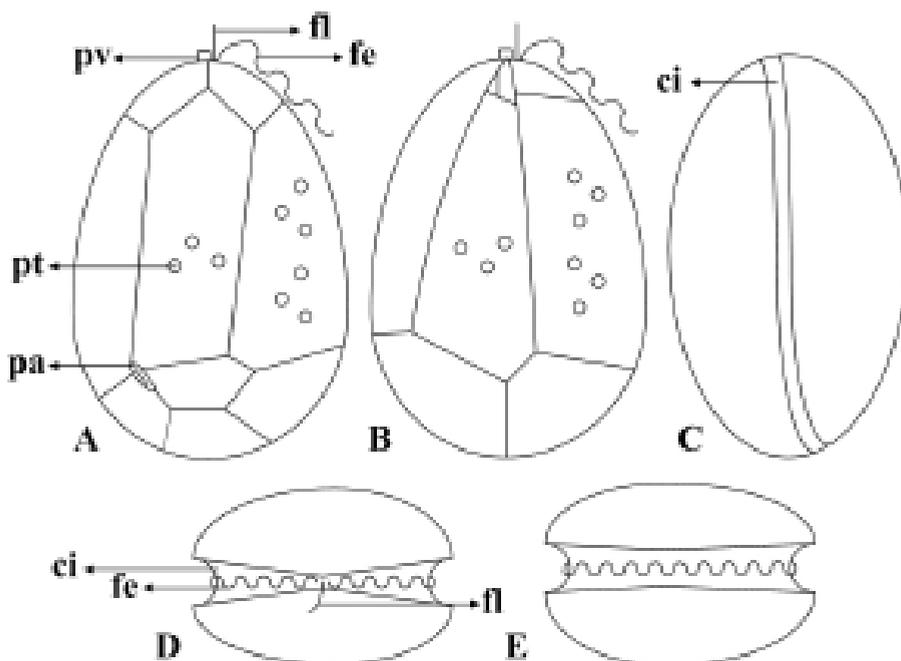


Fig. 1 — *Ostreopsis*. A = epiteca; B = ipoteca; C = vista laterale; D = vista ventrale; E = vista dorsale; ci = cingolo; fe = flagello equatoriale; fl = flagello longitudinale; pa = poro apicale; pt = poro a tricocisti; pv = poro ventrale.



*Fig. 2* — *Ostreopsis ovata* Fukuyo (400x). A = al centro è visibile l'epiteca con il poro apicale.; B = l'individuo a destra è in vista laterale.

cocisti, peculiari strutture implicate nella difesa, la cui estrusione determina un repentino allontanamento della cellula dalla fonte di disturbo. Il nuoto manifesta una rotazione attorno all'asse dorso-ventrale. Le cellule producono fibrille di sostanze esopolimeriche che, aggregate, realizzano una matrice mucillaginosa approssimativamente adesa al substrato, nella quale gli individui rimangono mobili (FAUST *et al.*, 1996). I cloroplasti, piccoli e numerosi, sono comunemente di colore bruno-dorato. Il ciclo biologico implica, in condizioni ambientali sfavorevoli, la formazione di uno stadio di resistenza (cisti) rappresentato, probabilmente, da un ipnozigote.

Da un punto di vista nutrizionale, *Ostreopsis* è un organismo mixotrofo (fotoautotrofo facoltativamente eterotrofo) il cui comportamento alimentare eterotrofo è ancora poco noto. Una peculiare struttura protrusa, denominata poro ventrale, è stata implicata nella cattura della preda in condizioni di fagotrofia (FAUST & MORTON, 1995).

Cosmopolita in acque marine costiere e d'estuario di aree temperate, tropicali e subtropicali, prolifera più comunemente nella stagione estiva, in ambienti caratterizzati da basso idrodinamismo e da elevata disponibilità di nutrienti. La sua presenza nel mar Mediterraneo non sembra, pertanto, connessa ad una recente introduzione, mentre il suo carattere invasivo appare una manifestazione attuale determinata dall'interazione di un complesso di fattori chimici, fisici e biologici. Peculiari condizioni climatiche e meteomarine, eutrofizzazione costiera e maggiore disponibilità di aree con ridotto scambio idrico, associate alla costruzione di moli e porti turistici, potrebbero aver giocato un ruolo significativo nello sviluppo e nell'amplificazione del fenomeno.

## METODOLOGIA

In riferimento agli eventi delle estati 2005 e 2006, lungo il litorale occidentale siciliano è stata individuata una stazione di campionamento (38° 06' 23.3" N, 13° 29' 58.9" E), sita in località Aspra (Palermo), caratterizzata dalla presenza di una serie di depressioni costiere (pozze di marea), con diametro variabile da pochi cm a qualche m e profondità oscillante fra 10 e 30 cm, dove possono realizzarsi, secondo le condizioni climatiche e meteomarine, condizioni di temporaneo confinamento dal mare (Fig. 3).

Lo studio, iniziato nel settembre 2006 e tuttora in atto, prevede campionamenti settimanali/mensili di biomassa macroalgale per l'analisi dei dinoflagellati epifiti. Ad oggi sono stati effettuati campionamenti sia nel mare aperto sia nelle pozze costiere. I campioni sono stati trasportati vivi in laboratorio ed esaminati mediante microscopia ottica ed analisi di immagini. L'identifica-



Fig. 3 — Stazione di campionamento.

zione delle specie è stata realizzata adottando essenzialmente: TOMAS (1997), FAUST & GULLEDGE (2002), HALLEGRAEFF *et al.* (2003). Per l'analisi quantitativa dei dinoflagellati epifiti è stata adottata la metodica riportata da ANDERSEN & THRONSEN (2003).

#### OSSERVAZIONI

Gli organismi macroalgali dominanti nelle depressioni sono le clorofite *Ulva rigida* C. Agardh e *Chaetomorpha linum* (O.F. Müller) Kützing, e le rodofite *Corallina elongata* Ellis et Solander e *Pterocladia capillacea* (S.G. Gmelin) Santelices et Hommersand. Di particolare rilievo è la presenza di estese patine nerastre costituite essenzialmente dal cianobatterio *Lyngbya aestuarii* Liebman (Fig. 4).

Sulle superfici macroalgali è stata identificata un'associazione di dinoflagellati (Fig. 5) composta da *Amphidinium carterae* Hulburt (Gymnodiniales), *Amphidinium operculatum* Claparède et Lachmann (Gymnodiniales), *Coolia monotis* Meunier (Gonyaulacales), *Ostreopsis ovata* Fukuyo (Gonyaulacales) e *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge (Prorocentrales), taxa considerati potenzialmente tossici (ZINGONE *et al.*, 2006).

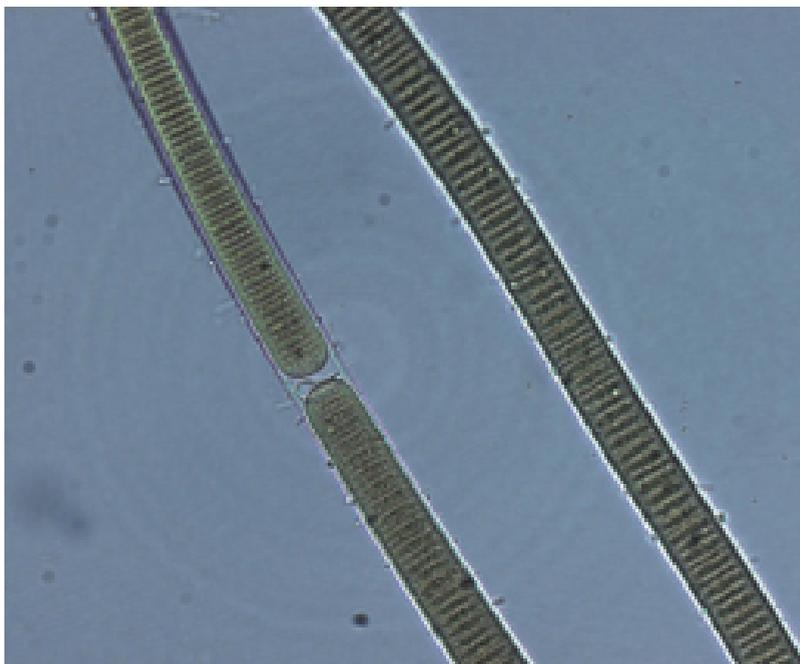


Fig. 4 — *Lyngbya aestuarii* Liebman (400x).

Nell'ambito dell'associazione, *Ostreopsis ovata* e *Coolia monotis* sono le specie dominanti nei mesi autunnali. In particolare, il valore massimo di densità di *Ostreopsis* ad oggi rilevato sui talli di *Ulva* è  $1,5 \times 10^5$  cellule  $\text{g}^{-1}$  di peso fresco macroalgale, corrispondente ad una dominanza del 75%. Sebbene Rodofite e Feofite siano comunemente riportate come biosubstrati preferenziali di *Ostreopsis* (VILA *et al.*, 2001), BOMBER *et al.* (1989) hanno rilevato che anche le Clorofite possono supportare un'elevata densità del dinoflagellato. In particolare, i talli laminari di *Ulva*, in apparenza morfologicamente poco idonei alla formazione di reticoli, manifestano una serie di irregolarità marginali (Fig. 6) e fori che permettono l'elaborazione di filamenti mucillaginosi.

Su esemplari vivi sono state rilevate le seguenti caratteristiche morfometriche: diametro dorso-ventrale (DV), transdiametro (TD) e diametro antero-posteriore (AP). In particolare, gli esemplari esaminati ( $n = 50$ ) manifestano DV di 28-62  $\mu\text{m}$ , TD di 17-44  $\mu\text{m}$ , AP di 14-21  $\mu\text{m}$ , DV/TD di 1,22-2,19 e DV/AP di 1,75-3,14. Questi dati, da considerarsi preliminari, evidenziano complessivamente un'elevata variabilità dimensionale e valori inferiori rispetto a quelli riportati in letteratura per la specie *Ostreopsis ovata* (FAUST & GULLEDGE, 2002), come peraltro già rilevato nel mar Mediterraneo da PENNA *et*

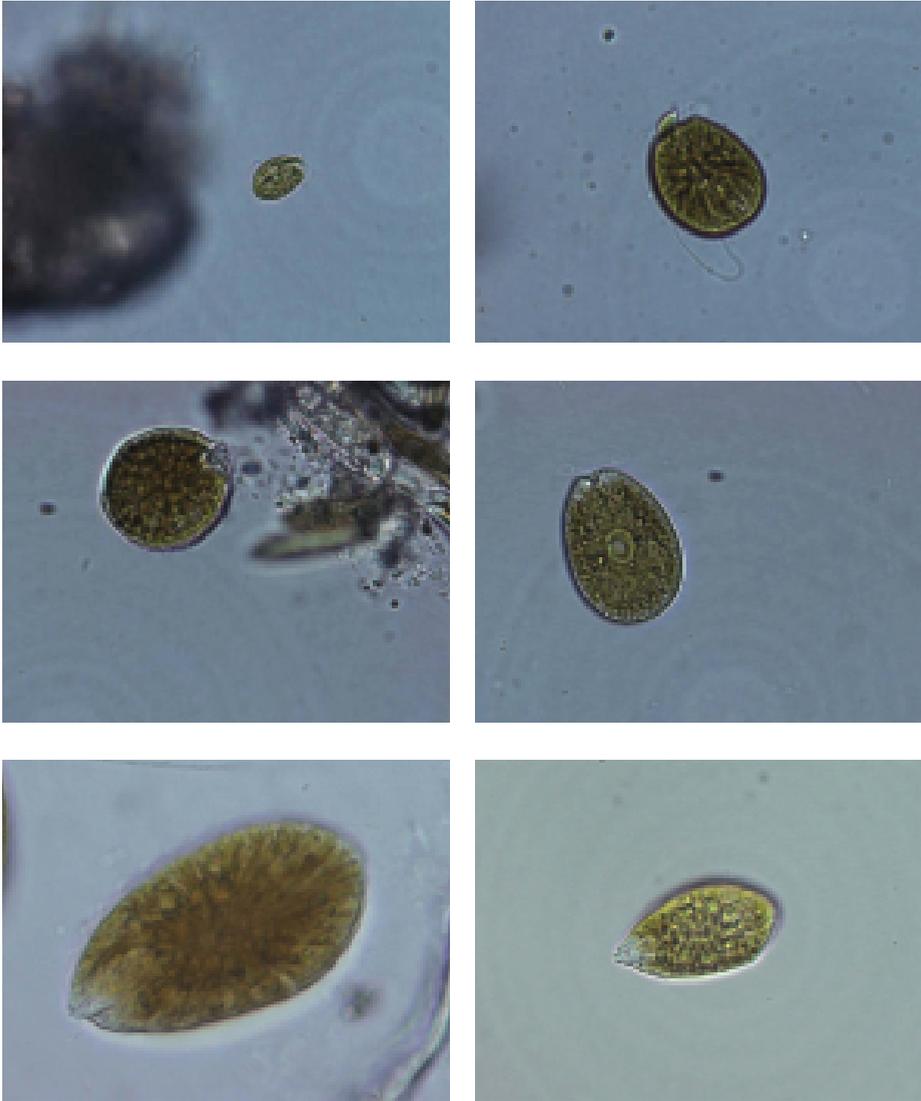


Fig. 5 — A = *Amphidinium carterae* Hulburt; B = *Amphidinium operculatum* Claparède et Lachmann; C = *Coolia monotis* Meunier; D, E = *Ostreopsis ovata* Fukuyo (Gonyaulacales); F = *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge. 400x.

al. (2005) ed ALIGIZAKI & NIKOLAIDIS (2006), che distinguono due classi dimensionali.

Negli organelli intracellulari, descritti come vacuoli alimentari (FAUST & MORTON, 1995), non sono stati osservati organismi ingeriti, ma un contenuto

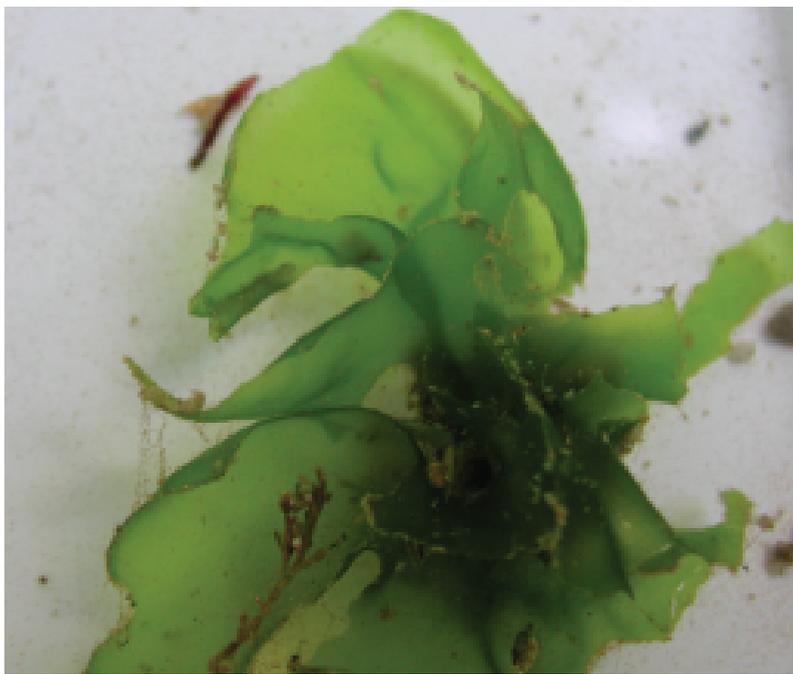


Fig. 6 — Tallo di *Ulva rigida* colonizzato da *Ostreopsis*.

fibrillare connesso al cingolo (Fig. 7). Queste peculiari strutture potrebbero, pertanto, rappresentare serbatoi di fibrille.

Le osservazioni *in situ* e su materiale appena raccolto, mantenuto in condizioni seminaturali, hanno permesso di evidenziare una peculiare strategia difensiva che, riducendo l'impatto degli erbivori, potrebbe giocare un ruolo fondamentale nel comportamento invasivo della specie.

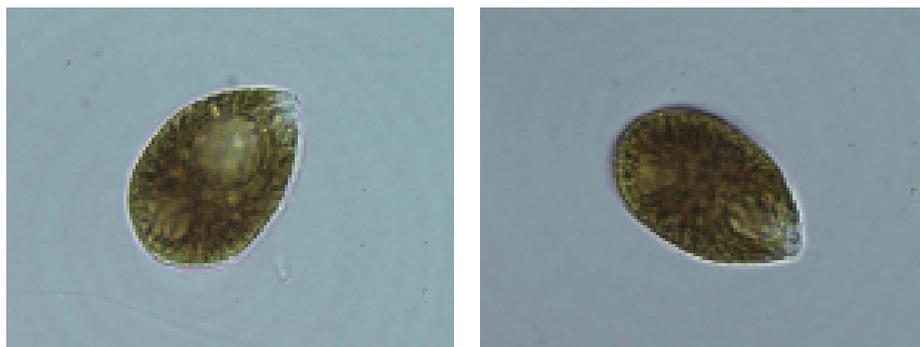
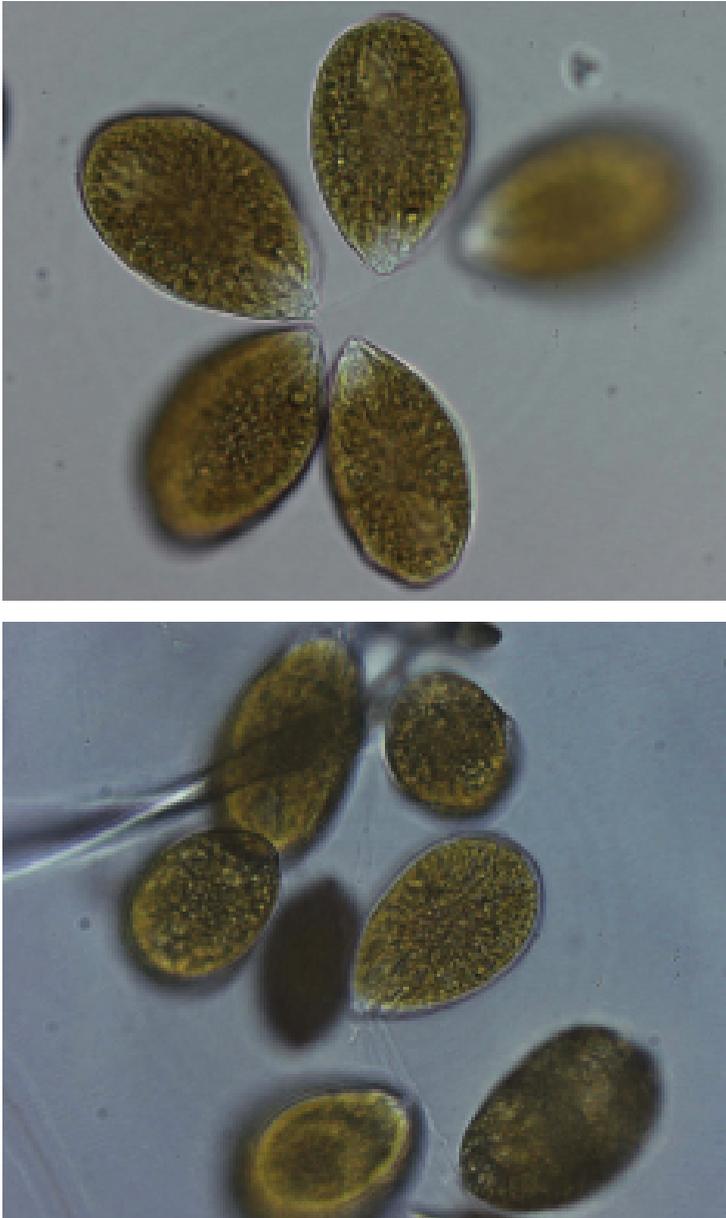


Fig. 7 — A = vacuolo con contenuto fibrillare; B = connessione del vacuolo alla parte ventrale. 400x.

In condizioni di bassa turbolenza gli individui, liberando dal poro ventrale fibrille di sostanze esopolimeriche, cooperano alla rapida formazione di cordoni mucillaginosi (Fig. 8). La realizzazione del reticolo è stata osservata



*Fig. 8* — Cooperazione di individui alla formazione di fili mucillaginosi. 400x.

sia *in situ* sia in laboratorio. In condizioni naturali i cordoni mucilluginosi realizzano una serie di ponti fra i vari tipi di substrato disponibile, definendo un'estesa rete che galleggia nelle ore diurne grazie all'intrappolamento di bolle di ossigeno fotosinteticamente prodotto (Fig. 9). Lo stesso modello è stato osservato in laboratorio (Fig. 10).



Fig. 9 — Formazione del reticolo *in situ*.



Fig. 10 — Formazione del reticolo in laboratorio.

Nei reticoli neoformati è stato possibile osservare l'intrappolamento di piccoli organismi, essenzialmente copepodi e nematodi, che rappresentano un potenziale pericolo per la microalga. I nematodi, in particolare, sono considerati attivi consumatori di dinoflagellati bentonici (FAUST, 2004). Gli organismi, parzialmente immobilizzati, subiscono il rapido attacco di centinaia di cellule di *Ostreopsis* (Figg. 11, 12). Verosimilmente il dinoflagellato genera un'elevata concentrazione di esotossine ad effetto allelopatico che stordisce, ed eventualmente uccide, la preda. In alcuni individui è stato possibile evidenziare, in cor-

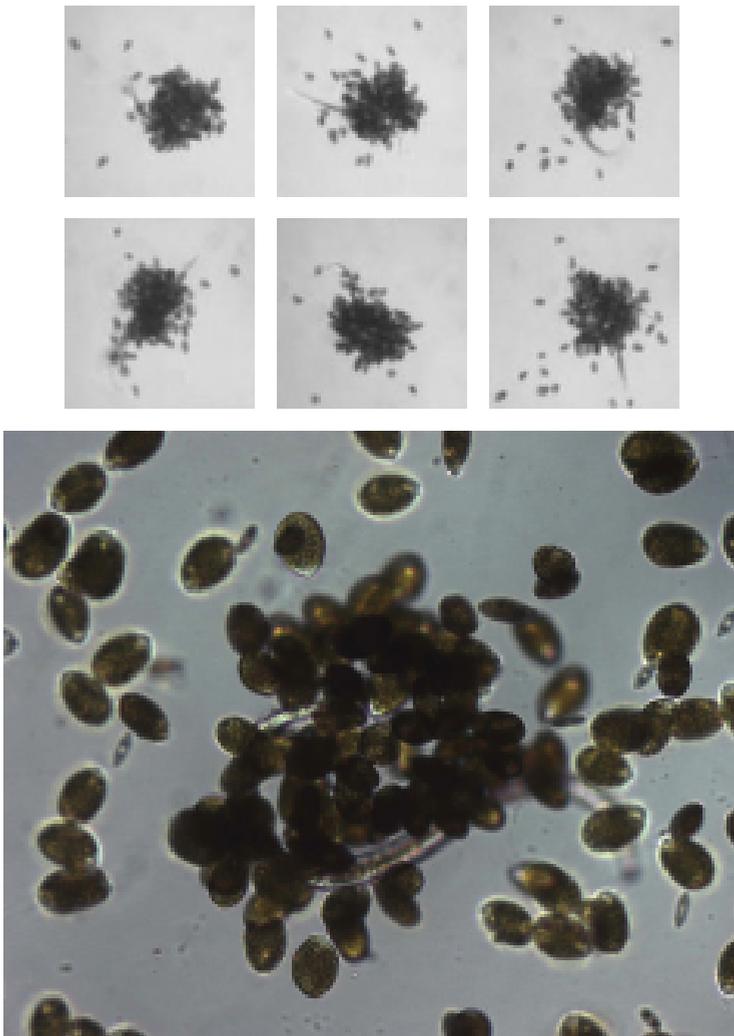


Fig. 11 — Fasi di attacco ad un nematode.

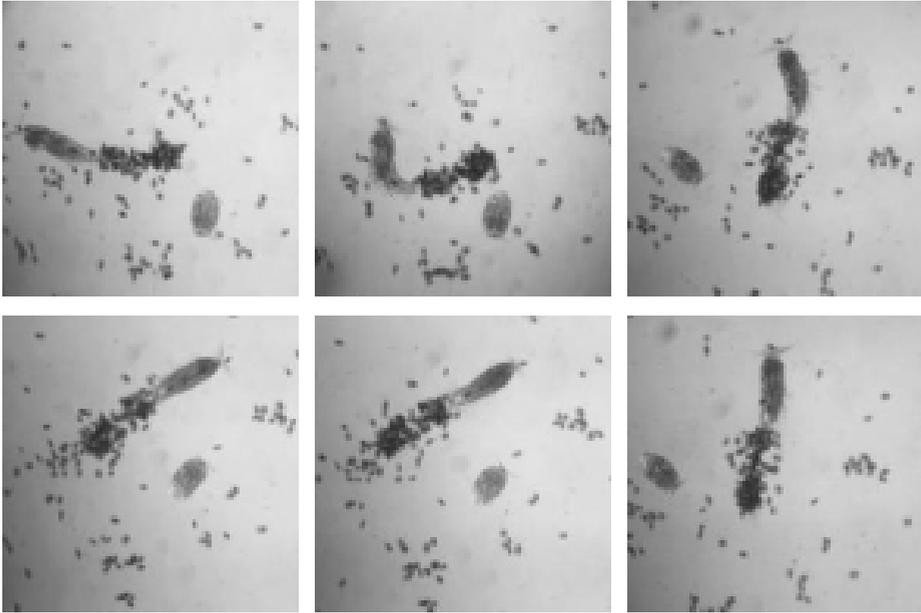


Fig. 12 — Fasi di attacco ad un copepode.

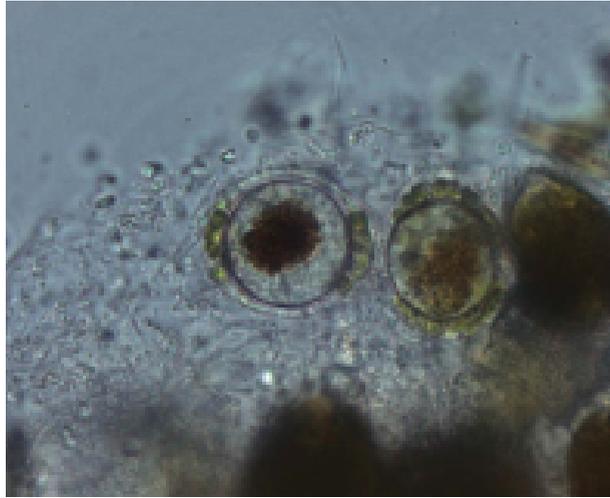
rispondenza del poro ventrale, un corto “peduncolo” adesivo (Fig. 13). Strutture simili, implicate nella micropredazione, sono state osservate in altri dinoflagellati, fra cui l'eterotrofo *Pfiesteria* (VOGELBEIN *et al.*, 2002).

Negli aggregati mucillaginosi, successivamente colonizzati da batteri e funghi che contribuiscono alla formazione di un complesso biofilm, sono



Fig. 13 — Cellula con evidente “peduncolo” ventrale. 400x.

Fig. 14 — Cisti incluse nel biofilm. 400x.



state osservate, all'interno di numerose cellule di *Ostreopsis*, peculiari inclusioni simili a cisti di resistenza, delimitate da parete e con un evidente corpo di accumulo rosso (Fig. 14). Le cisti, raramente rilevate in popolazioni naturali sono descritte come subsferiche, ialine, con un corpo di accumulo rosso localizzato centralmente (ALIGIZAKI & NIKOLAIDIS, 2006), complessivamente simili a quelle osservate in alcune specie del genere *Alexandrium* (MATSUOKA & FUKUYO, 2003). Sono necessarie ulteriori indagini su popolazioni naturali e in coltura per verificare se le cisti osservate sono ascrivibili al ciclo biologico di *Ostreopsis* o rappresentano stadi di eventuali endoparassiti.

## DISCUSSIONE

La pianificazione di interventi gestionali volti al controllo e ad un'eventuale mitigazione della proliferazione di *Ostreopsis* necessita, nell'ambito di uno studio integrato della fascia costiera, di una serie di conoscenze di base fra cui l'identificazione di aree costiere soggette a rischio, dove intensificare le azioni di monitoraggio, un accertamento del tipo di rischio sanitario realmente associato alla proliferazione della microalga, ed una più approfondita conoscenza dei suoi modelli comportamentali e riproduttivi.

Le osservazioni condotte evidenziano che le depressioni costiere (pozze di scogliera e di marea) rappresentano potenziali punti di inoculo che, soprattutto in condizioni di confinamento, possono agire da accumulatori di cellule e cisti di *Ostreopsis*. Questa considerazione è in accordo con i risultati degli

studi condotti nelle lagune costiere del Mediterraneo sul fitoplancton neritico (LÓPEZ-FLORES *et al.*, 2006). La rapida germinazione delle cisti, veicolate dalle correnti o direttamente formate *in situ*, permette il verificarsi di intermittenti esplosioni di popolazione. L'alta variabilità del regime idrologico e delle caratteristiche ambientali in questi peculiari ambienti rende, peraltro, complessa l'individuazione dei fattori determinanti la composizione e la biomassa delle associazioni microfitobentoniche. Tuttavia, il frequente ed accurato monitoraggio di questi peculiari siti potrebbe fornire utili indicazioni a carattere previsionale.

La proliferazione di *Ostreopsis* è determinata dalla complessa interazione di una serie di fattori fisici, chimici e biologici. Nondimeno, la sua assoluta dominanza stagionale microfitobentonica è indice di un'alta capacità competitiva che potrebbe, in parte, essere esercitata mediante la riduzione dell'impatto erbivoro, in determinate condizioni ambientali. La peculiare strategia osservata in popolazioni naturali di *Ostreopsis* è compatibile con le conclusioni dei più recenti studi condotti sul comportamento delle microalghe flagellate e, in particolare, sui meccanismi allelopatici. L'attacco a potenziali erbivori è frequentemente attuato mediante la produzione di esotossine che, generando un'elevata concentrazione di essudati vicino la preda, ne causano stordimento ed eventualmente morte. Un recente lavoro conferma la produzione di composti allelopatici, che uccidono i predatori erbivori ed i competitori algali, da parte dell'aptofita *Prymnesium* sp. (GRANÉLI, 2006). Alcuni taxa di dinoflagellati bentonici, fra cui *Coolia monotis* ed *Ostreopsis lenticularis*, sono riportati come produttori di sostanze allelopatiche che agiscono sia su erbivori sia su competitori (GRANÉLI & HANSEN, 2006). La riduzione dell'impatto erbivoro in condizioni di bassa turbolenza potrebbe, pertanto, aggiungersi ad una serie di possibili ipotesi (e.g. ancoraggio al substrato, comunicazione intercellulare) sul complesso ruolo ecologico svolto dalla matrice mucillaginosa prodotta da *Ostreopsis*.

Peraltro, nell'ambito delle ricerche volte ad un accertamento del tipo di rischio sanitario associato alla proliferazione di *Ostreopsis*, dovrebbe essere considerata anche la significativa presenza dei cianobatteri. Sono, infatti, ben note risposte allergeniche, infiammatorie e pirogeniche da contatto su umani ed altri animali causate da cianobatteri ed imputabili alla produzione di alcaloidi dermatotossici ed ai lipolisaccaridi componenti della membrana esterna (LONG & CARMICHAEL, 2003; PAERL & FULTON III, 2006).

*Ringraziamenti* — Si ringrazia la Dr.ssa Antonella Penna del Centro di Biologia Ambientale dell'Università di Urbino per la conferma, su base molecolare, dell'identificazione della specie *Ostreopsis ovata*. I ringraziamenti si estendono alla Dr.ssa Adriana Zingone della Stazione Zoologica 'A. Dohrn' di Napoli per il proficuo scambio di idee.

## BIBLIOGRAFIA

- ALIGIZAKI K. & NIKOLAIDIS G., 2006 — The presence of the potentially toxic genera *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) in the North Aegean Sea, Greece. — *Harmful Algae*, 5: 717-730.
- ANDERSEN P. & THRONDSSEN J., 2003 — Estimating cell numbers. Pp. 99-129 in: Hallegraeff G.M., Anderson D.M. & Cembella A.D. (eds), *Manual on Harmful Marine Microalgae*. UNESCO, Paris.
- BARONE R., 2004. *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan (Rhodophyta) e *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg (Cyanobacteria), due taxa algali tropicali identificati nelle acque costiere della Sicilia. — *Naturalista sicil.*, 28: 183-203.
- BOMBER J.W., RUBIO M.G. & NORRIS D.R., 1989 — Epiphytism of dinoflagellates associated with the disease ciguatera: substrate specificity and nutrition. — *Phycologia*, 28: 360-368.
- CONGESTRI R., PENNA A., ZINGONE A., 2006 — BENTOX-NET, a research and management initiative on *Ostreopsis* spp. and other benthic microalgal blooms on the Italian coast. — *Harmful Algal News*, 32: 11-12.
- CRUZ-RIVERA E. & VILLAREAL T.A., 2006 — Macroalgal palatability and the flux of ciguatera toxins through marine food webs. — *Harmful Algae*, 5: 497-525.
- FAUST M. & GULLEDGE R.A., 2002 — Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. Smithsonian Contributions from the United States National Herbarium. — *Department of Systematic Biology-Botany National Museum of Natural History, Smithsonian Institution*, Washington, USA, 144 pp.
- FAUST M. & MORTON S.L., 1995 — Morphology and ecology of the marine dinoflagellate *Ostreopsis labens* sp. nov. (Dinophyceae). — *J. Phycol.*, 31: 456-463.
- FAUST M.A., 2004 — The Dinoflagellates of Twin Cays, Belize: Biodiversity, distribution, and vulnerability. — *Atoll Research Bulletin*, 514: 1-20.
- FAUST M.A., MORTON S.L. & QUOD J.P. 1996 — Further study of marine dinoflagellates: the genus *Ostreopsis* (Dinophyceae). — *J. Phycol.*, 32: 1053-1065.
- GRANÉLI E. & HANSEN P.J., 2006 — Allelopathy in Harmful Algae: A Mechanism to Compete for Resources. Pp. 189-201 in: Granéli E. & Turner T. (eds), *Ecology of Harmful Algae*. Ecological Studies, Vol. 189. — *Springer-Verlag*, Berlin, Heidelberg.
- GRANÉLI E., 2006 — Kill your enemies and eat them with the help of your toxins: an algal strategy. — *African Journal of Marine Science*, 28: 331-336.
- HALLEGRAEFF G.M., ANDERSON D.M. & CEBELLA A.D. (eds), 2003 — *Manual on Harmful Marine Microalgae*. — UNESCO, Paris, 793 pp.
- KEELING P.J., BURGER G., DURNFORD D.G., LANG B. F., LEE R.W., PEARLMAN R.E., ROGER A.J. & GRAY M.W., 2005 — The tree of eukaryotes. — *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 670-676.
- KIRKPATRICK B., FLEMING L.E., SQUICCIARINI D., BACKER L.C., CLARK R., ABRAHAM W., BENSON J., CHENG Y.S., JOHNSON D., PIERCE R., ZAIAS J., BOSSART G.D. & BADEN D.G., 2004 — Literature review of Florida red tide: implications for human health effects. — *Harmful Algae* 3: 99-115.
- LENOIR S., TEN-HAGE L., TURQUET J., QUOD J.-P., BERBARD C. & HENNION M.-C., 2004 — First evidence of palytoxin analogues from an *Ostreopsis mascatensis* (Dinophyceae) benthic bloom in Southwestern Indian Ocean. — *J. Phycol.*, 40: 1042-1051.
- LONG B.M. & CARMICHAEL W.W., 2003 — Marine cyanobacterial toxins. Pp. 279-296 in: Hallegraeff G.M., Anderson D.M. & Cembella A.D. (eds), *Manual on Harmful Marine Microalgae*. — UNESCO, Paris.
- LÓPEZ-FLORES R., GARCÉS E., BOIX D., BADOSA A., BRUCET S., MASÓ M. & QUINTANA X.D., 2006 — Comparative composition and dynamics of harmful dinoflagellates in Mediterranean salt marshes and nearby external marine waters. — *Harmful Algae*, 5: 637-648.

- MATSUOKA K. & FUKUYO Y., 2003 — Taxonomy of cysts. Pp. 563-592 in: Hallegraeff G.M., Anderson D.M. & Cembella A.D. (eds), Manual on Harmful Marine Microalgae. — UNESCO, Paris.
- ONUMA Y., SATAKE M., UKENA T., ROUX J., CHANTEAU S., RASOLOFONIRINA N., RATSIMALOTO M., NAOKI H. & YASUMOTO T., 1999. Identification of putative palytoxin as the cause of clupeotoxism. — *Toxicon* 37: 55-65.
- PAERL H.W. & FULTON III R.S., 2006 — Ecology of Harmful Cyanobacteria. Pp. 95-109 in: Granéli E. & Turner T. (eds), Ecology of Harmful Algae. Ecological Studies, Vol. 189. — Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- PENNA A., VILA M., FRAGA S., GIACOBBE M.G., ANDREONI F., RIOBÓ P. & VERNEZI C., 2005 — Characterization of *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) isolates in the Western Mediterranean Sea based on morphology, toxicity and Internal Transcribed Spacer 5.8S rDNA sequences. — *J. Phycol.*, 41: 212-225.
- SANSONI G., BORGHINI, B., CAMICI G., CASOTTI, M., RIGHINI, P. & RUSTIGHI, C., 2003 — Fioriture algali di *Ostreopsis ovata* (Gonyaulacales: Dinophyceae): un problema emergente. — *Biologia Ambientale*, 17: 17-23.
- TOMAS C. R. (ed.), 1997 — Identifying Marine Phytoplankton. — Academic Press, London, 858 pp.
- VILA M., GARCÉS E. & MASÓ M., 2001 — Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. — *Aquat. Microb. Ecol.*, 26: 1-60.
- VOGELBEIN W.K., LOVKO V.J., SHIELDS J.D., REECE K.S., MASON P.L., HAAS W. & WALKER C.C., 2002 — *Pfiesteria shumwayae* kills fish by micropredation not exotoxin secretion. — *Nature*, 418: 969-970.
- ZINGONE A., SIANO R., D'ALELIO D. & SARNO D., 2006 — Potentially toxic and harmful microalgae from coastal waters of the Campania region (Tyrrhenian Sea, Mediterranean Sea). — *Harmful Algae*, 5: 321-337.

*Indirizzo degli autori* — R. BARONE, A. PRISINZANO, Dipartimento di Scienze Botaniche, Via Archirafi, 38 - 90123 Palermo (I); email: rossella.barone@unipa.it