

ROSSELLA BARONE, ROSA TERMINE & BRUNO MASSA

NOTE SU UN BLOOM DI *PRYMNESIUM PARVUM* CARTER
(*Haptophyta*)
NEL LAGO DI PERGUSA
E SUE CONSEGUENZE SULLA FAUNA

RIASSUNTO

Dal 17 febbraio ai primi giorni di marzo 2008 è stata registrata una moria di centinaia di Carpe (*Cyprinus carpio*) nel Lago di Pergusa, in coincidenza di un'anomala colorazione giallastra delle acque ascrivibile ad un intenso bloom dell'aptofita ittiossica *Prymnesium parvum*. La microalga manifesta comunemente bloom e tossicità in acque eutrofiche poco profonde, con salinità comprese fra 1 e 12 PSU. Il bloom tossico nel Lago Pergusa, per quanto determinato dalla complessa interazione di numerosi fattori ambientali, è essenzialmente connesso alle mutate condizioni di salinità del corpo idrico negli ultimi 5 anni (da >20 PSU a <5 PSU). Sebbene non abbia causato mortalità nelle popolazioni di uccelli, il bloom ha prodotto indirettamente una variazione nella composizione della comunità, causando una netta diminuzione delle specie erbivore (Anatidi, Folaghe, *Fulica atra*, e Gallinelle d'acqua, *Gallinula chloropus*) ed un consistente aumento delle specie ittiofaghe (Cormorano, *Phalacrocorax carbo*, Gabbiano reale, *Larus michabellis*, e Airone cenerino, *Ardea cinerea*, che ha anche nidificato per la prima volta) imputabile all'elevata disponibilità di cibo.

SUMMARY

Remarks on a Prymnesium parvum bloom in Lake Pergusa (Enna, Sicily) and its consequences on the fauna. The death of hundreds of carps (*Cyprinus carpio*) has been recorded in lake Pergusa from February to March 2008, coinciding with an anomalous yellowish water coloration, due to an intense bloom of the ichthyotoxic haptophyte *Prymnesium parvum*. Generally, this microalga blooms, producing toxicity, in eutrophic and shallow waters, with salinity between 1 and 12 PSU. The toxic bloom was determined by a complex interaction of many environmental factors, but it was essentially related to the changed conditions of salinity of the water body in the last five years (> 20 PSU to <5 PSU). Although the algal bloom did not cause mortality in bird populations, the event has produced a variation in their community composition, namely the decrease of herbivorous species (Anatids, Rallids: Coot, *Fulica atra*, and Moohren, *Gallinula chloropus*) and the increase of piscivo-

rous ones (Cormorant, *Phalacrocorax carbo*, Yellow-legged Gull, *Larus michabellis*, and Grey Heron, *Ardea cinerea*, which also nested for the first time on the lake). The presence of such abundance of piscivorous birds, previously unrecorded, was clearly due to the high availability of food.

INTRODUZIONE

Dal 17 febbraio ai primi giorni di marzo 2008 nella Riserva Naturale Speciale Lago di Pergusa è stata registrata una moria di Carpe (*Cyprinus carpio*), stimata nell'ordine di grandezza di diverse centinaia di individui. L'episodio si è verificato in coincidenza di un'anomala colorazione giallastra delle acque (Fig. 1) ascrivibile ad un intenso bloom dell'aptofita ittiotossica *Prymnesium parvum* Carter (Fig. 2). Questi eventi, verosimilmente interconnessi, sono stati l'occasione per analizzare l'andamento del bloom microalgale e le sue conseguenze dirette e indirette sulla fauna, nonché per tentare di ricostruire alcune recenti relazioni trofiche instauratesi nell'invaso a seguito dell'introduzione della Carpa.

NOTE GENERALI SU *PRYMNESIUM PARVUM*

Il genere *Prymnesium* (*Prymnesiophyceae*, *Prymnesiaceae*) include microalga unicellulari flagellate caratterizzate dalla presenza di un corto e flessibile aptonema, peculiare appendice flagelliforme che fornisce un temporaneo attacco al substrato (EDVARSEN *et al.*, 2000). L'aptonema decorre fra due lunghi flagelli inseriti subapicalmente in una leggera depressione. Durante il nuoto l'aptonema è rivolto in avanti e i flagelli, subuguali ed eterodinamici, sono disposti all'indietro lungo il corpo cellulare. Le cellule, ricoperte di scaglie organiche, manifestano una forma variabile e un'estremità apicale troncata obliquamente. Sono presenti due plastidi parietali a forma di C, comunemente di colore giallo dorato per l'elevata presenza di fucoxantina che maschera il colore delle clorofille (*a* e *c*). La principale sostanza di riserva è il polisaccaride idrosolubile crisolaminarina (β -1,3 glucano) accumulato in un ampio vacuolo posteriore. Spesso si osserva la presenza di granuli vibranti nella parte posteriore della cellula (THRONDSEN, 1993).

La tassonomia del genere è basata essenzialmente sul modello di scaglie organiche. Sono state descritte 10 specie, in sette delle quali è stata studiata l'ultrastruttura; fra queste, cinque si sono dimostrate tossiche. In acque salmastre è stata rilevata soltanto la specie *Prymnesium parvum* Carter che manifesta due forme (f. *parvum* e f. *patelliferum*), probabilmente corrispondenti a due distinte fasi di un ciclo aplodiplonte (LARSEN & EDVARSEN, 1998; LARSEN, 1999). La riproduzione vegetativa si verifica per



Fig. 1 — Aspetto del lago di Pergusa due settimane dopo il bloom algale (1.III.2008).

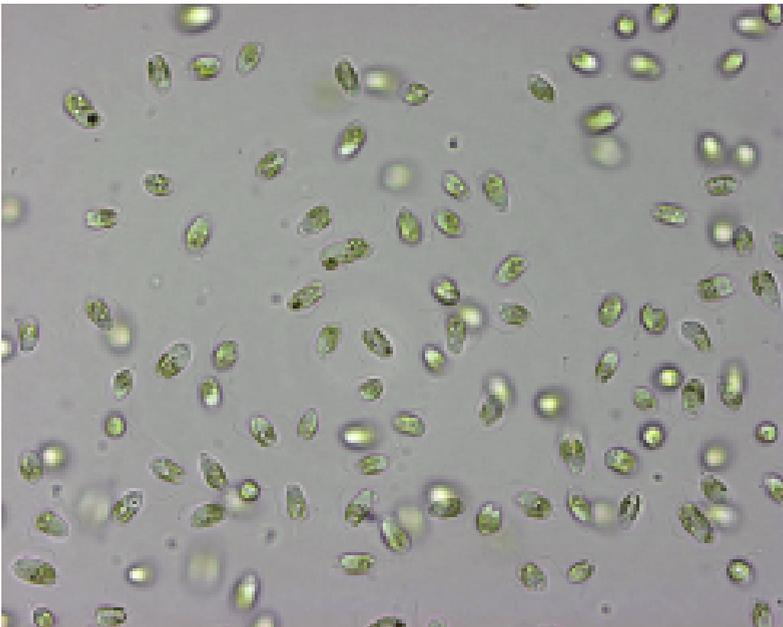


Fig. 2 — *Prymnesium parvum* Carter (400x).

divisione longitudinale. È stata osservata la formazione di stadi di resistenza caratterizzati da una spessa parete (MOESTRUP & THOMSEN, 2003). Il tasso massimo di crescita osservato in coltura oscilla fra 0,3 e 1,4 divisioni d^{-1} , nei range 10-22 PSU di salinità e 21-27 °C di temperatura (GRANÉLI & HANSEN, 2006; ROELKE *et al.*, 2007).

Prymnesium parvum, specie nanoplanctica, mixotrofa e potenzialmente ittiotossica, è attualmente inserita nella lista tassonomica delle alghe planctiche tossiche stilata dalla Commissione Oceanografica Intergovernativa dell'UNESCO (I.O.C., 2003). Denominata *golden alga* in Texas (BARKOH & FRIES, 2005) per la caratteristica colorazione, manifesta bloom che impartiscono alle acque un peculiare colore bruno dorato. I suoi bloom sembrano favoriti da bassi valori di temperatura e di irradianza, da elevati valori di pH e da basse concentrazioni di nutrienti (GRANÉLI & HANSEN, 2006). Cosmopolita nelle regioni temperate e tropicali (MOESTRUP & THOMSEN, 2003), eurialina ed euritermica (EDVARSEN & PAASCHE, 1998), *Prymnesium parvum* è responsabile di estese morie di pesci e di bivalvi in numerosi corpi idrici salmastri, fiumi, bacini artificiali e ambienti marini costieri.

In Sicilia la specie è stata segnalata per la prima volta nel lago Biviere di Gela, dove ha manifestato un bloom ($>150 \times 10^6$ cellule L^{-1}), senza evidenti fenomeni ittiotossici e, nei mesi di marzo e aprile 2005, nei Pantani di Vendicari, con densità sempre inferiori a 3×10^6 cellule L^{-1} (BARONE, 2005). In Italia è stata identificata come agente causale di rilevanti morie di pesci in Toscana nel lago Massaciucoli (MATTIOLI & SIMONI, 1999; SIMONI, 2004), in Sardegna nel lago Baratz (SECHI & COSSU, 1980) ed in Emilia-Romagna nei laghi Gelso e Levante (BONI *et al.*, 2003). Recentemente (aprile 2008) si è manifestata a Torre del Lago, in prossimità del Lago Massaciucoli, una rilevante moria di Muggini (*Mugil cephalus* L.) probabilmente da ascrivere, secondo l'ARPAT, a un bloom di *Prymnesium parvum*.

Mixotrofia, allelopatia, predazione

Prymnesium parvum manifesta una strategia vincente nelle interazioni biotiche, in particolare competizione e predazione (ROELKE *et al.*, 2007). I principali meccanismi con i quali quest'alga ha un vantaggio selettivo rispetto ad altri fitoplanctonti sono:

- strategie alimentari mixotrofiche;
- mortalità o inibizione del grazing mediante produzione di tossine;
- inibizione di competitori mediante produzione di sostanze allelopatiche.

La mixotrofia di *Prymnesium parvum* manifesta un'eterotrofia essenzialmente fagotrofica, che si realizza nei confronti di batteri, di altre microalghe

planctiche, e dei suoi diretti predatori (protozoi erbivori), paralizzati o uccisi dalle primnesine. Le espressioni “*Kill and eat your predator*” (TILLMANN, 2003) e “*Kill your enemies and eat them with the help of your toxins*” (GRANÉLI, 2006) riassumono il peculiare modello alimentare che inverte il classico schema di grazing fra protozoi ed alghe. Il modello d’ingestione della preda paralizzata, spesso attaccata contemporaneamente da numerosi individui che si comportano come un “*pack of wolves*” (GRANÉLI, 2006), comporta la formazione di un lungo pseudopodio a forma di U (TILLMANN, 1998). La frequente monospecificità dei bloom di *Prymnesium parvum*, specie caratterizzata da un modesto tasso di crescita, è da attribuire al rilascio di composti allelopatici che la rendono competitiva con le altre specie fitoplanctoniche per le risorse limitanti (GRANÉLI & HANSEN, 2006).

Tossicità

Prymnesium parvum produce una serie di esotossine idrosolubili (primnesine) che, una volta rilasciate nell’acqua, si combinano con una serie di cofattori (ad es. Ca^{++} e Mg^{++}), trasformandosi in ittiotossine letali per pesci, molluschi e anfibi dotati di branchie (GRANÉLI, 2006). Il tipo di tossina presente è, pertanto, dipendente dalla chimica dell’acqua. Le primnesine sono fra le più potenti tossine ad attività emolitica ed agiscono inizialmente sugli organi non protetti di animali acquatici, come le branchie, alterando la permeabilità delle loro cellule epiteliali (GRANÉLI & HANSEN, 2006). I pesci intossicati manifestano infiammazioni, emorragie e soffocamento letale. Inizialmente si verificano emorragie branchiali, spesso accompagnate da notevole produzione di muco, successivamente sono danneggiati anche gli organi interni.

Ad oggi non risulta un accumulo di tossine nella rete alimentare o nelle acque (GRANÉLI & JOHANSSON, 2003). L’ingestione delle tossine non è un problema diretto per la salute umana e per la fauna che beve l’acqua o si ciba dei pesci morti perché le tossine sono acidolabili e, in condizioni acide, come quelle dello stomaco, sono distrutte. Tuttavia, in caso di estese morie di pesci, si realizza un impatto negativo sull’ecosistema con una serie di conseguenze ambientali ed economiche che, infine, danneggiano anche gli umani. Una serie di metodi applicati per mitigare gli effetti negativi dei bloom di *Prymnesium parvum* in impianti di acquacoltura texani è riportata in BARKOH & FRIES (2005).

La tossicità di *Prymnesium parvum* sembra legata essenzialmente all’attività allelopatica e alla nutrizione mixotrofa. Anche se solo raramente le tossine algali coincidono con i composti allelopatici, per *Prymnesium parvum* si ipotizza una corrispondenza (GRANÉLI, 2006). Il ruolo ecologico

principale delle primnesine sembra associato con la competizione per le risorse (GRANÉLI & JOHANSSON, 2003). In particolare, la produzione di tossine, indipendente dai valori di densità cellulare, appare stimolata principalmente da una bassa disponibilità di nutrienti (N, P), sebbene siano implicati altri fattori di stress. Come altre microalghe mixotrofe, il rilascio di tossine da parte di *Prymnesium parvum* sembra, infatti, dovuto all'interazione di stress fisici (abbassamento della temperatura), chimici (abbassamento della salinità, decremento o squilibrio della concentrazione di nutrienti) e biologici (elevata pressione di grazing). In particolare, le tossine rappresenterebbero il risultato della produzione di metaboliti secondari sotto stress e, pertanto, in condizioni di crescita subottimali (BAKER *et al.*, 2007; ROELKE *et al.*, 2007).

Secondo i risultati ottenuti sia con esperimenti di laboratorio, sia con esperimenti su comunità naturali, le interazioni legate alla tossicità fra *Prymnesium parvum* e altri componenti planctonici sembrano più rilevanti quando le cellule sono limitate da nutrienti. In particolare, la mixotrofia aumenta sotto condizioni di limitazione di nutrienti perché le cellule sono stimolate a rilasciare sostanze chimiche che permettono una più efficace cattura della preda.

I fattori che controllano la comparsa dei bloom non sono stati, peraltro, ancora identificati. Dalla letteratura si evidenzia un apparente legame fra eutrofizzazione, bassa salinità, basse temperature e comparsa di bloom. Secondo ROELKE *et al.* (2007) è quasi un paradosso che i bloom e l'associata moria di pesci appaiano in sistemi eutrofici dove la probabilità di prolungati periodi di limitazione di nutrienti può essere ridotta. Tuttavia, la prevalenza mondiale di bloom di *Prymnesium parvum* in sistemi eutrofici potrebbe non essere una funzione diretta dell'aumentata disponibilità di nutrienti, mentre potrebbero essere rilevanti altri processi connessi all'eutrofizzazione, come ad esempio la distruzione di connessioni trofiche della rete alimentare.

MATERIALI E METODI

Censimenti degli Uccelli acquatici

Sono stati effettuati settimanalmente rilevamenti con attrezzatura ottica (binocoli e cannocchiali) per conoscere sia gli aspetti qualitativi dell'avifauna dell'area in oggetto, sia gli aspetti quantitativi, attraverso conteggi degli individui delle diverse specie presenti nell'invaso. Il periodo interessato è quello successivo all'estate 2007, cui fanno riferimento TERMINE *et al.* (2008), fino al mese di maggio 2008.

Rilevamenti algali

Sono stati realizzati, nel periodo marzo-aprile 2008, quattro campioni subsuperficiali in una stazione sita al centro del lago, immediatamente fissati con soluzione di Lugol acidificata in ragione dell'1%. La valutazione dell'abbondanza delle specie, calcolata come numero di cellule per litro, è stata realizzata attraverso analisi microscopica, adottando il metodo Utermöhl (HALLEGRAEFF *et al.*, 2003). La stima della biomassa, espressa in mg L⁻¹, è stata effettuata mediante il calcolo dei volumi cellulari, seguendo le metodiche riportate da HILLEBRAND *et al.* (1999).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Andamento degli Uccelli acquatici

TERMINE *et al.* (2008) hanno rilevato, negli ultimi anni, una contrazione delle presenze degli Anatidi nel lago di Pergusa ed un andamento opposto delle Folaghe (*Fulica atra*) che hanno raggiunto il picco di oltre 900 individui censiti nell'inverno 2004-2005. Tuttavia, gli inverni 2005-2006, 2006-2007 e 2007-2008 sono stati caratterizzati da bassi numeri sia di Anatidi che di Folaghe. Per quanto riguarda gli Anatidi, è stata osservata una diminuzione sia delle specie di superficie appartenenti al gen. *Anas* svernanti nel lago (211 nell'inverno 2005/06, 182 nel 2006/07, 180 nel 2007/08), sia delle specie tuffatrici appartenenti al gen. *Aythya* (328 nel 2005/06, 63 nel 2006/07, 42 nel 2007/08). Il numero di Folaghe svernanti è stato 297 nel 2005/06, 370 nel 2006/07 e 50 nel 2007/08 (TERMINE *et al.*, 2008; *presente studio*), valori minimi invernali finora osservati dopo il riempimento del lago. In seguito, e soprattutto in coincidenza con il bloom algale, i numeri di Anatidi e Folaghe sono rimasti molto bassi ed è notevolmente diminuito anche il numero di Gallinelle d'acqua (*Gallinula chloropus*). Se si eccettuano i pesci ed un Moriglione (*Aythya ferina*), morto l'1 marzo 2008 per altre cause, non sono state rinvenute carcasse di altri vertebrati nel lago.

Un aspetto di un certo interesse è l'andamento opposto osservato per gli uccelli piscivori, in particolare Cormorano (*Phalacrocorax carbo*), Gabbiano reale (*Larus michabellis*) ed Airone cenerino (*Ardea cinerea*).

Il Cormorano, in precedenza assente o presente in inverno con pochi individui nel lago, ha fatto la sua comparsa dopo l'introduzione della Carpa. Dall'8 novembre 2007 sono stati osservati una cinquantina d'individui. Il 15 gennaio 2008 ne sono stati rilevati 200, nei mesi successivi il numero ha raggiunto il picco di 225, in coincidenza con la moria delle Carpe. A partire dalla metà di marzo 2008, i Cormorani hanno lasciato il lago.

Il Gabbiano reale, in precedenza pure assente o presente con singoli individui, ha incrementato le sue presenze dopo l'introduzione della Carpa, a partire dal 2006 (TERMINE *et al.*, 2008), raggiungendo numeri considerevoli per il lago nel mese di gennaio (29 gennaio: 180 ind.) e febbraio 2008 (17 febbraio: 202 ind.); ancora in marzo, in coincidenza con la moria di Carpe, erano presenti 50 individui, ridotti a 1-2 nei mesi primaverili successivi.

L'Airone cenerino, considerato regolare ma sporadico (TERMINE *et al.*, 2008), ha colonizzato il lago in modo consistente già a partire dai primi mesi del 2008, prima ancora della moria delle Carpe (12 gennaio: 5 ind.). Nei giorni del bloom è stato osservato un progressivo incremento fino ai 25 individui rilevati nel mese di marzo. All'inizio di aprile una delle due coppie rimaste ha nidificato, allevando 4 *pulli* (Fig. 3). Il 12 aprile 2008, erano presenti nel lago anche 32 Garzette (*Egretta garzetta*), altro Ardeide generalmente poco frequente a Pergusa; questo è stato lo stormo più consistente finora osservato (TERMINE *et al.*, 2008).

Dalle osservazioni ornitologiche sopra riportate appare evidente che, seppure il bloom algale non abbia causato mortalità nelle popolazioni di uccelli, ha prodotto indirettamente una notevole variazione nella composizione della comunità, causando la diminuzione delle specie erbivore (Anatidi, Follaghe e Gallinelle d'acqua); l'aumento delle specie piscivore (Cormorano, Gabbiano reale e Airone cenerino) sembra imputabile all'elevata disponibilità di cibo immediatamente precedente e successiva alla moria di Carpe.

Andamento algale

Nel periodo di indagine, durante il quale non si sono registrati altri evidenti fenomeni ittiotossici, il bloom di *Prymnesium parvum* ha manifestato una progressiva riduzione (Fig. 4), sebbene i valori di densità e di biomassa si siano mantenuti superiori, rispettivamente, a 300×10^6 cellule L^{-1} e a $40 \text{ mg } L^{-1}$, corrispondenti a una dominanza di oltre il 70% e 90% nell'ambito della composizione tassonomica della comunità fitoplanctonica. Nonostante la persistenza del bloom, Cianobatteri filamentosi (*Pseudanabaena* sp.), piccole Clorofite (*Monoraphidium* spp.), Diatomee centriche (*Cyclotella* sp.) e piccoli Dinoflagellati atecati hanno mostrato un graduale aumento di abbondanza.

Le cellule hanno evidenziato una notevole variabilità morfologica (Fig. 5) e dimensioni oscillanti 8-15 μm in lunghezza e 4-7 μm in larghezza. Sono risultate più frequenti le forme allungate, talvolta caratterizzate da estensioni pseudopodiali ad U (Figg. 5, 6) che testimoniano un'attività fagotrofica (TILLMANN, 1998). L'intensa attività fagotrofica è stata confermata anche dalla presenza, in numerose cellule, di inclusioni vacuolari verdi o rossastre e dall'aggregazione di più individui sulle prede.



Fig. 3 — Primo caso di nidificazione dell'Airone cenerino (*Ardea cinerea*) nel lago di Pergusa (5.IV.2008).

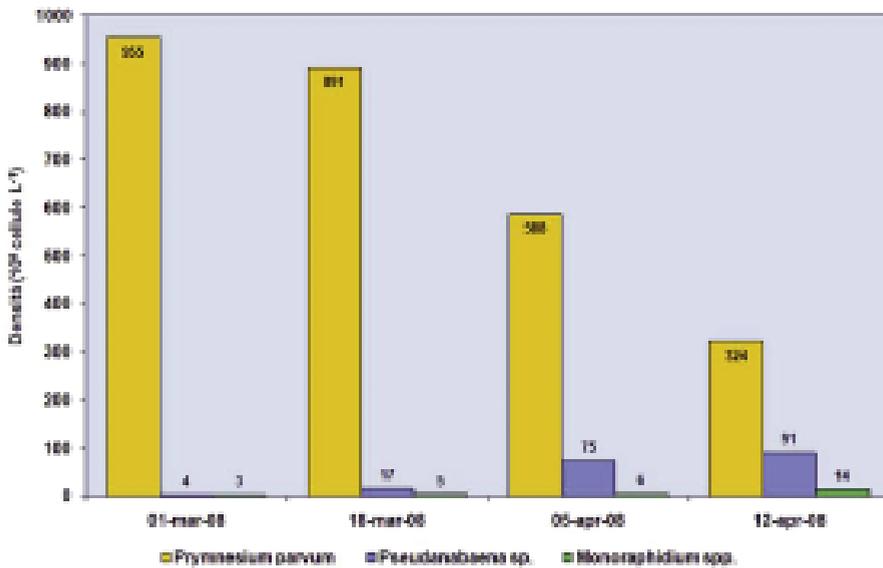


Fig. 4 — Densità dei principali taxa fitoplanctonici.

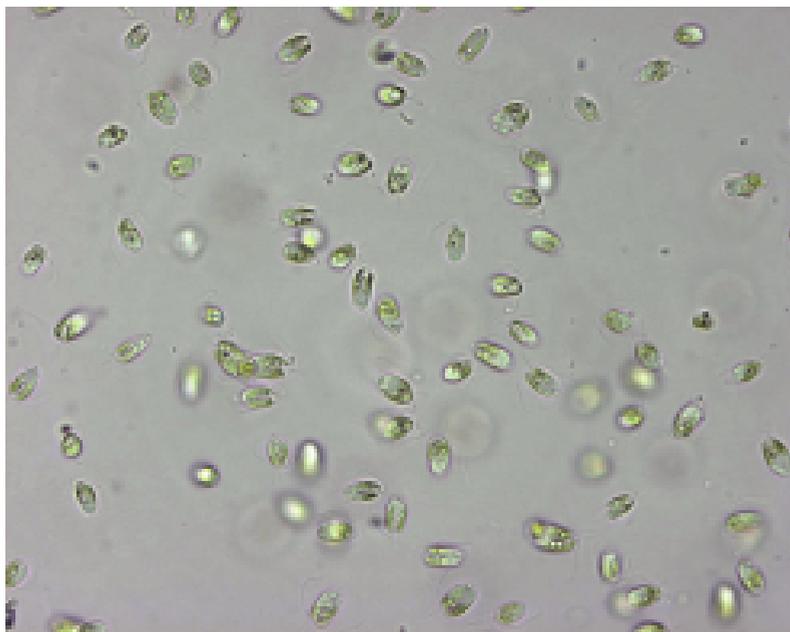


Fig. 5 — Variabilità morfologica delle cellule di *Prymnesium parvum* e fagotrofia di due individui con formazione del caratteristico pseudopodio a U (400x).

Più comunemente *Prymnesium parvum* manifesta bloom e tossicità in acque eutrofiche poco profonde, con salinità comprese fra 1 e 12 PSU ed a basse temperature (GRANÉLI, 2006). La comparsa del bloom nel Lago Pergusa e la sua tossicità, sebbene imputabili alla complessa interazione di numerosi fattori ambientali, sono da ascrivere probabilmente alle mutate condizioni di salinità del corpo idrico, dovute all'immissione delle acque del lago Ancipa, caratterizzate da bassi valori di salinità (<1 PSU), nei periodi dicembre 2002-giugno 2003 e marzo-maggio 2004. In particolare, prima del 2003 i valori di salinità erano notevolmente superiori a 35 PSU e la profondità inferiore a 1 m. Dal 2003 sono stati registrati valori medi progressivamente più bassi di salinità (2003: 12,3 PSU; 2004: 6,2 PSU; 2005: 5,2 PSU; 2006: 5,0 PSU; 2007: 4,9 PSU) in corrispondenza di più elevati valori di profondità (Fig. 7). Il lago di Pergusa, in funzione della salinità media annua (STOCH, 2004), ha pertanto manifestato acque classificabili come salate e polisalmastre fino al 2002, salmastre nel periodo 2003-2006 e oligosalmastre nel 2007. L'attuale predisposizione del lago di Pergusa a manifestare bloom fitoplanctonici ed il recente evento di ittiotossicità sottolineano la necessità di intensificare la frequenza del monitoraggio fito-

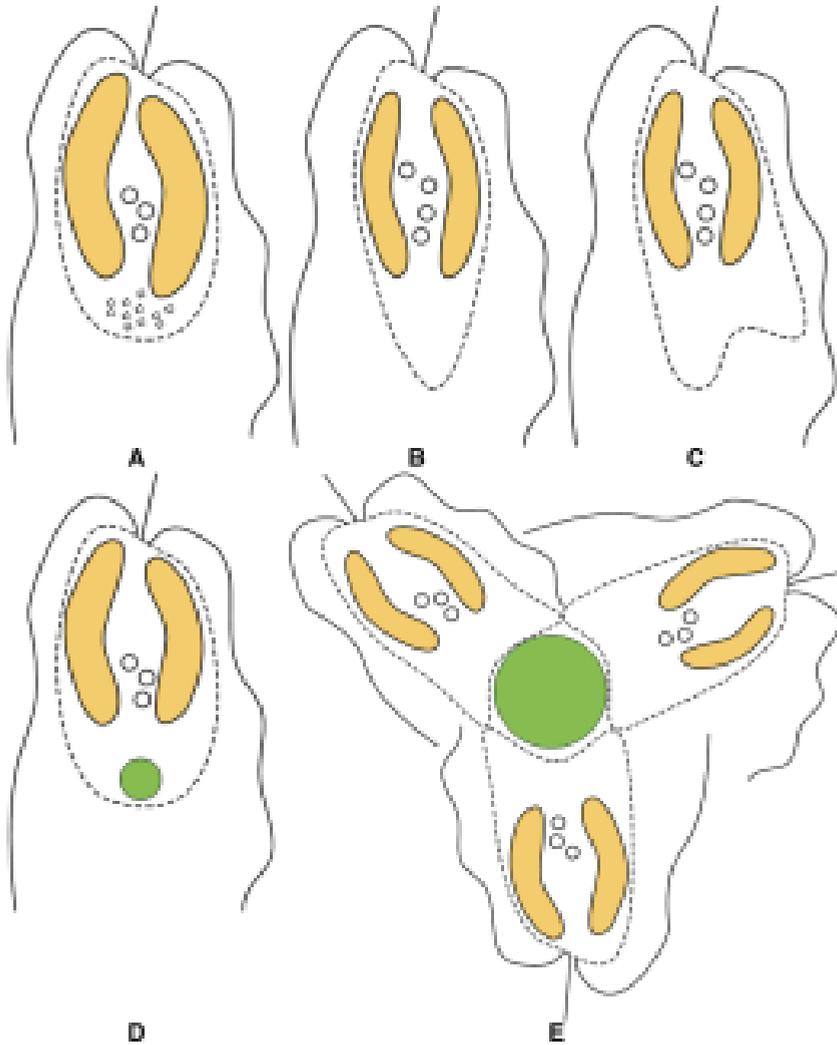


Fig. 6 — *Prymnesium parvum* Carter. A, B, C: variabilità morfologica; D: cellula con inclusione vacuolare; E: aggregazione e fagotrofia di tre individui.

planctonico al fine di rilevare la dinamica dei popolamenti di specie potenzialmente dannose.

In particolare, è rilevante l'esempio del lago greco Koronia dove, recentemente, si è verificata una mortalità di massa di uccelli in coincidenza di un bloom di Cianobatteri, noti produttori di microcistine cui, in letteratura, sono attribuite numerose morie di uccelli (MOUSTAKA-GOUNI *et al.*,

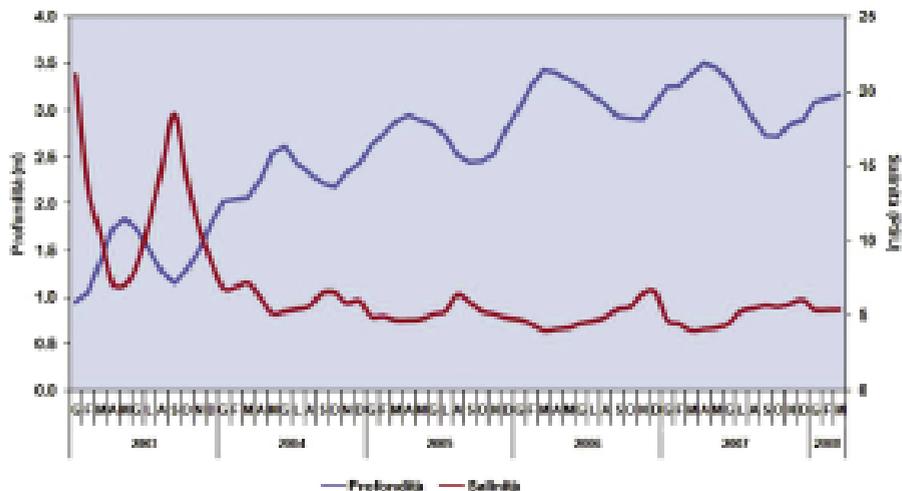


Fig. 7 — Valori medi mensili di salinità e di profondità nel periodo gennaio 2003-marzo 2008.

2007). In precedenza, lo stesso lago aveva manifestato un'estesa moria di pesci in coincidenza di un bloom di *Prymnesium parvum* (MOUSTAKA-GOUNI *et al.*, 2004).

BIBLIOGRAFIA

- BAKER J.W., GROVER J.P., BROOKS B.W., UREÑA-BOECK F., ROELKE D.L., ERRERA R. & KIESLING R.L., 2007 — Growth and toxicity of *Prymnesium parvum* (Haptophyta) as a function of salinity, light, and temperature. — *J. Phycol.*, 43: 219-227.
- BARKOH A. & FRIES L.T. (eds), 2005 — Management of *Prymnesium parvum* at Texas State Fish Hatcheries. — Management Date Series 236, Texas Parks and Wildlife Department, Austin, Texas, 104 pp.
- BARONE R., 2005 — Il fitoplancton delle zone umide siciliane d'importanza internazionale: presenza dell'aptofita ittiotossica *Prymnesium parvum* Carter. — *Inf. bot. ital.*, 37: 556-557.
- BONI L., CANGINI M., GUERRINI F., MILANDRI A., PISTOCCHI R., POLETTI R. & POMPEI M., 2003 — Mass fish mortality in fresh-brackish waters in Italy due to *Prymnesium* (Haptophyta) blooms. — 11th Int. Conf. of the European Association of Fish Pathologists "Diseases of Fish and Shellfish", Malta 21st-26th September 2003.
- EDVARDSEN B. & PAASCHE E., 1998 — Bloom dynamics and physiology of *Prymnesium* and *Chrysochromulina*. Pp. 193-208 in: Anderson D. M., Cembella A. D. & Hallegraeff G. M. (eds), Physiological ecology of harmful algal blooms. — NATO ASI Series, Vol. G 41. Springer-Verlag, Berlin.
- EDVARDSEN B., EIKREM W., GREEN J.C., ANDERSEN R.A., MOON-VANDER STAAY S.Y. & MEDLIN, L.K., 2000 — Phylogenetic reconstructions of the Haptophyta inferred from 18S

- ribosomal DNA sequences and available morphological data. — *Phycologia*, 39: 19-35.
- GRANÉLI E. & HANSEN P., 2006 — Allelopathy in harmful algae: a mechanism to compete for resources? Pp. 189-201 in: Granéli E. & Turner J. (eds), *Ecology of Harmful Algae*. — Series Ecological Studies, 189. *Springer Verlag*, Heidelberg.
- GRANÉLI E. & JOHANSSON N., 2003 — Increase in the production of allelopathic substances by *Prymnesium parvum* cells grown under N- or P-deficient conditions. — *Harmful Algae*, 2: 135-145.
- GRANÉLI E., 2006 — Kill your enemies and eat them with the help of your toxins: an algae strategy. — *Afr. J. Mar. Sci.*, 28 (2): 331-336.
- HALLEGRAEFF G.M., ANDERSON D.M. & CEMBELLA A.D., 2003 — Manual on Harmful Marine Microalgae. — *UNESCO*, Paris, 793 pp.
- HILLEBRAND H., DÜRSELEN C.-D., KIRSCHTEL D., POLLINGHER U. & ZOHARY T., 1999 — Biovolume Calculation for pelagic and benthic microalgae. — *J. Phycol.*, 35: 403-424.
- I.O.C. (Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO), 2003 — Taxonomic Reference List of Toxic Plankton Algae. — (<http://www.bi.ku.dk/ioc>).
- LARSEN A., 1999 — *Prymnesium parvum* and *P. patelliferum* (Haptophyta) one species. — *Phycologia*, 38: 541-543.
- LARSEN A. & EDVARDSEN B., 1998 — Relative ploidy levels in *Prymnesium parvum* and *P. patelliferum* (Haptophyta) analyzed by flow cytometry. — *Phycologia*, 37: 412-424.
- MATTIOLI M. & SIMONI F., 1999 — Toxicity of *Prymnesium* in the shallow lake of Massaciuccoli (Migliarino - San Rossore - Massaciuccoli Regional Park - Pisa - Tuscany). — *Harmful Algae News*, 19: 7.
- MOESTRUP Ø. & THOMSEN H.A., 2003 — Taxonomy of toxic haptophytes (prymnesiophytes). Pp. 433-463 in: Hallegraeff G. M., Anderson D. M. & Cembella A. D., *Manual on Harmful Marine Microalgae*. — *UNESCO*, Paris, 793 pp.
- MOUSTAKA-GOUNI M., COOK C.M., GKELIS S., MICHALOUDI E., PANTLIDAKIS K., PYROVETSI M. & LANARAS T., 2004 — The coincidence of a *Prymnesium parvum* bloom and the mass kill of birds and fish in lake Koronia. — *Harmful Algae News*, 26: 1-2.
- MOUSTAKA-GOUNI M., MICHALOUDI E., KATSIAPI M. & GENITSARIS S., 2007 — The coincidence of an *Arthrospira* — *Anabaenopsis* bloom and the mass mortality of birds in Lake Koronia. *Harmful Algae News*, 35: 6-7.
- ROELKE D.L., ERRERA R.M., KIESLING R.L., BROOKS B.W., GROVER J.P., SCHWIERZKE L., UREÑA-BOECK F., BAKER J.W. & PINCKNEY J.L., 2007 — Effects of nutrient enrichment on *Prymnesium parvum* population dynamics and toxicity: results from field experiments, Lake Possum Kingdom, USA. — *Aquat. Microb. Ecol.*, 46: 125-140.
- SECHI N. & COSSU A., 1980 — Note preliminari sull'ecologia del lago Baratz. — *Atti del III Congresso AIOL* (18-20/12/78).
- SIMONI F., 2004 — Microcystins concentrations in water and ichthyofauna of Massaciuccoli Wetlands (Tuscany). — *Harmful Algae News*, 25: 4-6.
- STOCH F. (ed.), 2004 — Laghi costieri e stagni salmastri. Un delicato equilibrio fra acque dolci e salate. — *Quaderni habitat. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Museo Friulano di Storia Naturale Comune di Udine*, 158 pp.
- TERMINE R., CANALE D.E., IENTILE R., CUTI N., DI GRANDE C.S. & MASSA B., 2008 — Vertebrati della Riserva Naturale Speciale e Sito d'Importanza Comunitaria Lago di Pergusa. — *Naturalista sicil.*, 32: 105-186.
- THRONDSEN J., 1993 — The Planktonic Marine Flagellates. Pp. 591-729 in: Tomas C. R. (ed.), *Identifying Marine Phytoplankton*. — *Academic Press*, London.
- TILLMANN U., 1998 — Phagotrophy by a plastidic haptophyte, *Prymnesium patelliferum*. — *Aquat. Microb. Ecol.*, 14: 155-160.

TILLMANN U., 2003 — Kill and eat your predator: a winning strategy of the planktonic flagellate *Prymnesium parvum*. — *Aquat. Microb. Ecol.*, 32: 73-84.

Indirizzo degli Autori — R. BARONE, Dipartimento di Scienze botaniche Università di Palermo, Via Archirafi, 18 - 90123 Palermo (I); e-mail: rossella.barone@unipa.it; R. TERMINE, Università di Enna “Kore”, Cittadella degli Studi - 94100 Enna (I); B. MASSA, Stazione d’Inanellamento, c/o Dipartimento SENFIMIZO, Università di Palermo, V.le delle Scienze - 90128 Palermo (I).