

## MACROFITE ACQUATICHE



# IL CONTROLLO DELLE MACROFITE ACQUATICHE INFESTANTI

Laura Mancini\* & Laura Volterra\*

### 1. L'EUTROFIZZAZIONE E LE SUE CONSEGUENZE

Il termine "eutrofizzazione" è stato frequentemente utilizzato per definire l'aumentata produzione primaria di un corpo idrico. In realtà esso indica, originariamente, l'arricchimento in elementi nutritivi, in particolare fosforo e azoto, che non sempre comporta una risposta biologica del corpo idrico. Gli effetti tipici dell'eutrofizzazione sono:

1. diminuzione della trasparenza dell'acqua;
2. incremento della popolazione fitoplanctonica fino al punto di parlare di "fioriture" algali (biomasse tendenzialmente monospecifiche e quantitativamente così abbondanti da intorbidare l'acqua e imprimerle il colore della specie algale quantitativamente più rappresentata);
3. crescita eccessiva di piante acquatiche (macrofite ed alghe);
4. formazione di "schiume" algali o di "tappeti" vegetali flottanti;
5. odori sgradevoli dovuti a molecole specifiche biosintetizzate dalle alghe o ai processi putrefattivi della biomassa vegetale;
6. deossigenazione dell'acqua di fondo e formazione di idrogeno solforato;
7. massicce morie di pesci e di altri animali.

Nel presente lavoro vengono presi in esame i problemi connessi con il sovrasviluppo di macrofite e passati in rassegna i sistemi attuabili per la loro eliminazione.

### 2. LE MACROFITE ACQUATICHE

Gli ambienti lagunari, gli stagni costieri e le acque ricche ospitano biocenosi caratterizzate da delicati equilibri facilmente alterabili.

L'esplosione delle macrofite in ecosistemi acquatici è il primo "campanello d'allarme" del fenomeno dell'eutrofizzazione, di qualsiasi tipo o natura essa sia, antropica o naturale. Questa trasformazione ambientale ha effetti sulla navigazione, sul drenaggio e trasporto delle acque, sugli usi potabili e ricreativi, sullo sviluppo di insetti parassiti, sulla produzione di proteine animali (pesci) e su altre potenzialità dei corpi idrici.

Per macrofite si intendono le piante acquatiche

\* Laboratorio di Igiene Ambientale, Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 - 00161 Roma.

vascolari fanerogame; anche *Chara*, una macroalga, può divenire infestante. Le specie di macrofite note per l'interferenza con le risorse idriche e con il loro utilizzo sono circa 150, appartenenti a 50 famiglie; più numerose, circa 250, sono invece le specie algali che possono creare problemi di utilizzo delle risorse idriche.

Le macrofite acquatiche, sulla base del loro habitat, possono essere raggruppate in:

1. Pleustofite flottanti: macrofite sommerse, generalmente radicate, sospese nell'acqua (*Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Elodea*, *Ceratophyllum*, ecc.);
2. Pleustofite natanti: macrofite sospese nell'acqua, generalmente radicate, ma con la maggior parte delle foglie e dei fiori emergenti dall'acqua (*Nymphaea*, *Nuphar*);
3. Elofite: piante palustri radicate la cui parte basale rimane quasi sempre sommersa mentre foglie e fiori emergono dall'acqua (*Typha*, *Phragmites*, *Sagittaria*);
4. Planofite: piante acquatiche liberamente natanti alla superficie (*Lemna*, *Salvinia*).

La tabella 1 riporta un elenco alfabetico delle macrofite fanerogame divise per famiglie.

In tabella 2 si riportano valori sulla biomassa raggiungibile e sulla produttività, tratti dalla letteratura, per alcune delle macrofite di più comune riferimento negli ambienti acquatici.

Tali dati forniscono informazioni sulla forza e sulla rapidità di colonizzazione delle diverse specie. Così si comprende come *Chara*, che può dar luogo a raccolti di 1,12 kg/m<sup>2</sup>, con produttività di circa 7g di C/m<sup>2</sup> al giorno, possa generare problemi di tipo gestionale, soprattutto in corpi idrici naturali o artificiali di piccole dimensioni, caratterizzati da esigue profondità. Ad esempio in canali di adduzione per uso irriguo, lo sviluppo di *Chara* e di macrofite infestanti ostacola il flusso dell'acqua; un eccessivo rigoglio di questa vegetazione può condurre al completo consumo, per fini produttivi interni della stessa comunità vegetale, dell'acqua trasportata.

L'entità della produzione è influenzata da vari fattori:

1. la capacità produttiva della biomassa iniziale;
2. l'asporto di forme vegetali neofornate da parte delle acque ricche;
3. l'apporto di biomassa alloctona veicolato nell'ambiente da una corrente idrica (ad esempio, le acque immissarie nei laghi);

Tabella 1

Elenco di alcune specie di macrofite (fanerogame) divise per famiglie. Si segnalano, con un asterisco e con il nome volgare, quelle di interesse maggiore per il nostro Paese

(PIGNATTI, 1982; ANZALONE B., 1984; AA.VV., 1984).

#### ALISMATACEAE

- Sagittaria calycina* ENGELM  
*Sagittaria falcata* PURSH.  
*Sagittaria latifolia* WILLD.  
*Sagittaria subulata* (L.) BUCHENAU  
*Sagittaria sagittifolia* L. (\* *Sagittaria* comune)  
*Alisma triviale* PURSH  
*Alisma gramineum* K.C. GMEL.  
*Alisma plantago-aquatica* L. (\* *Mestolaccia* comune)

#### ARACEAE

- Acorus calamus* L. (\* *Calamo aromatico*)

#### AZOLLACEAE

- Azolla caroliniana* WILLD. (\* *Azolla americana*)  
*Azolla filiculoides* LAM. (\* *Azolla maggiore*)

#### CERATOPHYLLACEAE

- Ceratophyllum demersum* L. (\* *Ceratofillo comune*)  
*Ceratophyllum echinatum* GRAY  
*Ceratophyllum submersum* L. (\* *Ceratofillo sommerso*)

#### CYPERACEAE

- Scirpus americanus* PERS.  
*Scirpus californicus* (C.A. MEYER)  
*Scirpus atrovirens* WILD.  
*Scirpus acutus* MUHL.  
*Scirpus fluviatilis* (TOR.) GRAY  
*Scirpus mucronatus* L.  
*Scirpus validus* VALH  
*Scirpus cyperinus* (L.) KUNTH  
*Bolboschoenus maritimus* (L.) PALLA (*Scirpus maritimus* L.) (\* *Lisca marittima*)  
*Holoschoenus romanus* (L.) FRITSCH (*Scirpus hol. L. var. romanus* (L.) KOCH) (\* *Giunchetto minore*)  
*Holoschoenus australis* (L.) REICHERNB. (*Scirpus hol. L. var. australis* (L.) KOCH) (\* *Giunchetto meridionale*)  
*Holoschoenus vulgaris* LINK (*Scirpus hol. L. s.s.*) (\* *Giunchetto comune*)  
*Schoenoplectus lacustris* (L.) PALLA (*Scirpus lac. L.*) (\* *Lisca lacustre*)  
*Cyperus articulatus* L.  
*Cyperus erythrorhizos* MUHL.  
*Cyperus difformis* L.  
*Cyperus eragrostis* LAM.  
*Cyperus rotundus* L. (\* *Zigolo infestante*)  
*Cyperus esculentus* L. (\* *Zigolo dolce*)

*Cladium jamaicense* CRANTZ  
*Cladium mariscoides* (MUHL.) TORR.  
*Cladium mariscus* (L.) POHL (\* Falasco)  
*Carex lasiocarpa* EHRH. var. *latifolia* (BOCK.) GILLY  
*Carex nebraskensis* DEWEY  
*Carex lacustris* WILLD.  
*Carex senta* BOOTT  
*Carex atherodes* SPRENG.  
*Carex aquatilis* WAHLENB.  
*Carex eurycarpa* HOLM.  
*Carex gracilis* CURTIS (\* Carice palustre)  
*Carex elata* ALL. (\* Carice spondicola)  
*Carex extensa* GOOD. (\* Carice delle lagune)  
*Carex riparia* CURTIS (\* Carice spondicola)  
*Eleocharis obtusa* (WILLD.) SCHULTES  
*Eleocharis palustris* (L.) R. & S. (\* Giunchina comune)  
*Eleocharis parvula* (R. & S.) LINK  
*Eleocharis cellulosa* TORR.  
*Eleocharis acicularis* (L.) R. & S.  
*Eleocharis quadrangulata* (MICHX.) R. & S.

## CRUCIFERAE

*Nasturtium officinalis* R. BR. (\* Crescione d'acqua)  
*Rorippa palustris* (L.) BESSER (*Nasturtium* pal. DC.)  
 (\* Crescione palustre)

## ELATINACEAE

*Elatine americana* (PURSH) ARN.  
*Elatine minima* (NUTT.) FISCH. & MEYER  
*Elatine alsinastrum* L. (\* Pepe d'acqua maggiore)  
*Elatine macropoda* GUSS. (\* Pepe d'acqua meridionale)

## EQUISETACEAE

*Equisetum telmateja* EHRH. (\* Equiseto massimo)  
*Equisetum fluviatile* L. (\* Equiseto fluviale)  
*Equisetum palustre* L. (\* Equiseto palustre)

## GRAMINACEAE

*Calamagrostis canadensis* (MICHX.) BEAUV.  
*Calamagrostis epipijos* (L.) ROTH  
 (\* Cannella delle paludi)  
*Calamagrostis pseudophragmites* (HALLER fil.) KOELER  
 (\* Cannella spondicola)  
*Spartina cynosuroides* (L.) ROTH  
*Spartina bakeri* MERR.  
*Spartina patens* (AIT.) MUHL.  
*Spartina alterniflora* LOISEL  
*Zizaniopsis miliacea* (MICHX.) DOELL & ASCHERS.  
*Leersia oryzoides* (L.) SWARTZ (\* Riso selvatico)  
*Leersia hexandra* SWARTZ  
*Panicum hemitomon* SCHULT.  
*Panicum repens* L. (\* Panico strisciante)  
*Glyceria fluitans* (L.) R. BR. (\* Gramignone natante)  
*Catabrosa aquatica* (L.) BEAUV.  
 (\* Gramignone di palude)  
*Pennisetum purpureum* SCHUMACH.

*Paspalum fluitans* (ELL.) KUNTH  
*Phragmites australis* (CAV.) TRIN. ex STAEUD.  
 (\* Cannuccia di palude)

## HALORAGACEAE

*Myriophyllum heterophyllum* MICHX.  
*Myriophyllum spicatum* L.  
 (\* Millefoglio d'acqua comune)  
*Myriophyllum exalbescens* FERNALD  
*Myriophyllum brasiliense* CAMB.  
*Myriophyllum verticillatum* L.  
 (\* Millefoglio d'acqua ascellare)

## HYDROCHARITACEAE

*Egeria densa* PLANCH.  
*Elodea canadensis* MICHX. (\* Peste d'acqua comune)  
*Vallisneria spiralis* L. (\* Vallisneria)  
*Hydrocharis morsus-ranae* L. (\* Morso di rana)  
*Vallisneria americana* MICHX.  
*Vaucheria* spp.

## IRIDACEAE

*Iris pseudacorus* L. (\* Giaggiolo acquatico)

## JUNCACEAE

*Juncus balticus* WILLD.  
*Juncus phaeocephalus* ENGELM.  
*Juncus roemerianus* SCHEELE  
*Juncus marginatus* ROSTK.  
*Juncus effusus* L.  
*Juncus tenageja* EHRH. (\* Giunco delle pozze)  
*Juncus heterophyllus* DUFOUR (\* Giunco natante)

## LEMNACEAE

*Lemna minor* L. (\* Lenticchia d'acqua comune)  
*Spirodela polyrhiza* (L.) SCHLEID.  
 (\* Lenticchia d'acqua maggiore)  
*Lemna trisulca* L. (\* Lenticchia d'acqua spatolata)  
*Lemna gibba* L. (\* Lenticchia d'acqua spugnosa)  
*Wolffia columbiana* KARST.  
*Wolffia arrhiza* (L.) HORTEL ex WINNER (\* Wolffia)

## LENTIBULARIACEAE

*Utricularia vulgaris* L. (\* Erba vescica comune)  
*Utricularia inflata* WALT.  
*Utricularia foliosa* L.  
*Utricularia purpurea* WALT.

## LYTRACEAE

*Lythrum salicaria* L. (\* Salcerella comune)  
*Decodon verticillatus* (L.) ELL.

## MALVACEAE

*Kosteletzkya virginica* (L.) PRESL  
*Kosteletzkya pentacarpos* (L.) LEDEB. (\* Ibisco litorale)

*Hibiscus palustris* L.  
*Hibiscus lasiocarpus* Cav.

**MARSILEACEAE**

*Marsilea mucronata* A. Br.  
*Marsilea quadrifolia* L. (\* Trifoglio acquatico comune)

**MENYANTHACEAE**

*Menyanthes trifoliata* L. (\* Trifoglio fibrino)

**NAJADACEAE**

*Najas marina* L. (\* Ranocchina maggiore)  
*Najas flexilis* (WILLD.) ROSTK. & SCHIDT  
*Najas guadalupensis* (SPRENG.) MAGNUS  
*Najas minor* ALL. (\* Ranocchina minore)  
*Najas graminea* DELILE (\* Ranocchina tropicale)

**NYMPHAEACEAE**

*Nimphaea mexicana* ZUCC.  
*Nimphaea odorata* AIT.  
*Nimphaea tuberosa* PAINE  
*Nimphaea alba* L. (\* Ninfea comune)  
*Nuphar advena* (AIT.) AIT.f.  
*Nuphar lutea* (L.) SIBTH. et SM. (\* Ninfea gialla)

**ONAGRACEAE**

*Ludwigia palustris* (L.) ELL. (\* Porracchia dei fossi)

**PONTEDERIACEAE**

*Eichhornia crassipes* (MART.) SOLMS (\* Giacinto d'acqua)

**POLYGONACEAE**

*Polygonum punctatum* ELL.  
*Polygonum hydropiper* L. (\* Poligono pepe d'acqua)  
*Polygonum amphibium* L. (\* Poligono anfibio)

**POTAMOGETONACEAE**

*Potamogeton nodosus* POIR. (\* Brasca nodosa)  
*Potamogeton crispus* L. (\* Lattuga ranina)  
*Potamogeton filiformis* PERS.  
*Potamogeton rabbinsii* OAKES  
*Potamogeton zosteriformis* FERN.  
*Potamogeton natans* L. (\* Lingua d'acqua)  
*Potamogeton vaginatus* TURCZ.  
*Potamogeton illinoensis* MORONG  
*Potamogeton amplifolius* TUCKERM.  
*Potamogeton foliosus* RAF.  
*Potamogeton strictifolius* AR. BENN.  
*Potamogeton epihydrus* RAF.  
*Potamogeton richardsonii* (AR. BENN.) RYDB.  
*Potamogeton pectinatus* L. (\* Brasca delle lagune)  
*Potamogeton pusillus* L.  
*Potamogeton diversifolius* RAF.  
*Potamogeton praelongus* WULF.  
*Potamogeton polygonifolius* POURRET  
(\* Brasca poligonifolia)

*Potamogeton lucens* L. (\* Erba tinca)  
*Potamogeton perfoliatus* L. (\* Brasca arrotondata)  
*Potamogeton acutifolius* LINK (\* Brasca acutifolia)  
*Potamogeton gramineus* L. (\* Brasca ingrossata)  
*Potamogeton pusillus* L. (\* Brasca palermitana)  
*Potamogeton berchtoldii* FIEBER (\* Brasca di Berchtold)  
*Potamogeton trichoides* CHAM. et SCHLECHT  
(\* Brasca capillare)

*Groelandia densa* (L.) FOURR. (\* Brasca a foglie opposte)

**RANUNCULACEAE**

*Caltha palustris* L. (\* Caltha palustre)  
*Ranunculus trichophyllus* CHAIX  
(\* Ranuncolo a foglie capillari)  
*Ranunculus flabellaris* RAF.

**SALVINIACEAE**

*Salvinia rotundifolia* WILLD.  
*Salvinia natans* (L.) ALL. (\* Erba pesce)

**SPARGANIACEAE**

*Sparganium euricarpum* ENGELM.  
*Sparganium chlorocarpum* RYDB.  
*Sparganium angustifolium* Michx.  
*Sparganium americanum* NUTT.  
*Sparganium fluctuans* (MORONG) ROBINSON  
*Sparganium erectum* L. (\* Coltellaccio maggiore)  
*Sparganium emersum* REHMANN (*S. simplex* HUDSON)  
(\* Coltellaccio a foglia semplice)

**TYPHACEAE**

*Typha glauca* GODR.  
*Typha latifolia* L. (\* Lisca maggiore)  
*Typha angustifolia* L. (\* Lisca a foglie strette)  
*Typha domingensis* PERS.  
*Typha minima* FUNCK (\* Lisca minore)

**TRAPACEAE**

*Trapa natans* L. (\* Castagna d'acqua)

**UMBELLIFERAE**

*Hydrocotyle umbellata* L.  
*Hydrocotyle vulgaris* L. (\* Soldinella acquatica)

**CALLITRICHACEAE**

*Callitriche truncata* GUSS (\* Gamberaja troncata)  
*Callitriche palustris* L. (\* Gamberaja comune)  
*Callitriche stagnalis* SCOP. (\* Gamberaja maggiore)  
*Callitriche obtusangola* LE GALL (\* Gamberaja ottusa)  
*Callitriche cophocarpa* SENDTNER  
(\* Gamberaja polimorfa)  
*Callitriche hamulata* KÜTZ (\* Gamberaja arrotondata)  
*Callitriche brutia* PETAGNA (\* Gamberaja calabrese)

**ZANNICHELLIACEAE**

*Zannichellia palustris* L.

4. la rapidità con cui la biomassa algale presente viene utilizzata dai consumatori primari (grazing);
5. la velocità con cui la biomassa muore ed hanno luogo i processi di mineralizzazione della sostanza organica morta (MARCHETTI, 1987).

### 3. CONTROLLO

Esistono sistemi di bilanciamento e di mitigazione per contrastare l'eccessivo sviluppo delle macrofite in genere e di forme algali infestanti quali *Chara*. Sono utilizzati metodi meccanici, chimici, biologici, anche se il vero controllo deve essere fondato sulla prevenzione: studio dei carichi e riduzione dell'immissione

nel corpo idrico degli elementi scatenanti il problema.

#### 3.1 CONTROLLO MECCANICO

Il controllo meccanico viene effettuato utilizzando apposite macchine dotate di pale meccaniche o battelli debitamente attrezzati per rimuovere la biomassa vegetale.

E' un tipo di intervento che comporta elevati costi sia per i macchinari sia per il personale; è soltanto un "palliativo" da usare in momenti di emergenza.

Oltre a non avere efficacia duratura può arrecare danni all'ecosistema acquatico depauperandolo, per esempio, di alcune delle componenti biologiche. Tra le macrofite, infatti, si insediano organismi bentonici,

Tabella 2

Biomassa e produttività di alcune specie di macrofite in vari ambienti acquatici espresse rispettivamente in g (peso secco)/m<sup>2</sup> ed in mg di Carbonio (C)/m<sup>2</sup> al giorno, o in mg di carbonio (C)/g (peso secco) al giorno

(BRONZI P., GUZZI L., 1983 modif.).

Specie	biomassa	produttività		bibliografia
	g/m <sup>2</sup>	mg C/m <sup>2</sup> /die	mg C/g secco/die	
<i>Ceratophyllum</i> sp.	562-666	2139	-	1,2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	324-710	-	-	3,1
<i>Myriophyllum spicatum</i>	220	-	160	4,5
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	196	1116	-	2
<i>Myriophyllum exalbescens</i>	136	-	-	6
<i>Myriophyllum</i> sp.	222	-	-	1
<i>Potamogeton filiformis</i>	100	816	-	7
<i>Potamogeton pectinatus</i>	885-114-72	1300-1400-668	-	7,8,9
<i>Potamogeton crispus</i>	-	-	80	4
<i>Potamogeton lucens</i>	-	-	106	4
<i>Zannichellia palustris</i>	575	2240	-	10
<i>Chara</i> sp.	326-1120	6770	-	1,10
<i>Lagarosiphon major</i>	-	-	104	4
<i>Phragmites communis</i>	2177	-	-	11
idrofito emerse	1200	-	-	12
idrofito sommerse	198	-	-	12
<i>Typha angustifolia</i>	4040	-	-	11
<i>Typha latifolia</i>	684	-	-	1
<i>Typha</i> sp.	4600	-	-	1

#### Bibliografia

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| 1 - GAUDET, 1974           | 7 - JUPP et al., 1977        |
| 2 - FORSBERG, 1960         | 8 - ALEEM et al., 1969       |
| 3 - GOULDER, 1969          | 9 - BROOKER et al., 1973     |
| 4 - LECHOWICZ et al., 1975 | 10 - WETZEL, 1964            |
| 5 - ADAMS et al., 1974     | 11 - SZCZEPANSKI, 1977       |
| 6 - LIND, 1969             | 12 - GUILIZZONI et al., 1975 |

come larve ed adulti di Coleotteri, larve di Ditteri, Molluschi e Crostacei (Isopodi e Anfipodi) ecc., che rivestono un ruolo fondamentale nella struttura della piramide alimentare.

Inoltre l'azione meccanica, soprattutto nel caso di piante radicate, porta in sospensione i sedimenti; il conseguente aumento della torbidità dell'acqua può avere effetti negativi per certi usi, compreso l'utilizzo irriguo. Acque con alte concentrazioni di solidi sospesi portano, infatti, all'occlusione delle tubature o, nel caso di utilizzo di sistemi di irrigazione a goccia o a spray, all'intasamento dei gocciolatoi.

Spesso l'intorbidamento, conseguente alla eradicazione delle piante, comporta la risospensione, accanto a sostanze inorganiche (argille, sabbie) di sostanza organica, derivata dalla marcescenza di quanto precipita sul fondo del corpo idrico alla fine del suo ciclo vitale. Tale materiale risospeso, non completamente mineralizzato, induce un ulteriore consumo di ossigeno ed eventuali inconvenienti, quali stati anossici, morie di organismi animali superiori e sviluppo di cattivi odori legati ai fenomeni di putrescenza.

### 3.2 CONTROLLO CHIMICO

Il controllo chimico delle macrofite con erbicidi è stato quello più impiegato negli anni passati. Questo metodo presenta notevoli vantaggi rispetto a quello meccanico, come la facilità di utilizzo ed i costi più bassi.

Applicato da tempo, quando ancora la ricerca su tale tema non aveva messo in luce gli effetti su organismi diversi da quelli "bersaglio", è visto oggi con sospetto. Infatti, il tempo di permanenza nell'ambiente delle sostanze impiegate nella lotta chimica, è spesso lungo e l'effetto tossico è a più largo spettro di quello programmato per il suo utilizzo. La conseguenza è una alterazione, a volte irrecuperabile, della risorsa idrica per il tempo di ristagno del prodotto nell'ecosistema.

L'azione selettiva degli erbicidi, inoltre, può condurre a scarsi risultati quando il fenomeno esplosivo coinvolge più specie di macrofite. Così può accadere che, una volta eliminata la specie dominante contro la quale è stato mirato il trattamento, le specie accessorie abbiano il sopravvento, senza un reale miglioramento della situazione.

In realtà negli ultimi anni sono stati messi a punto metodi chimici sempre più innovativi e "non inquinanti"; soprattutto sono stati ridotti i tempi di emivita degli erbicidi nell'ambiente, selezionando sostanze più facilmente degradabili sia per via abiotica sia per

via biologica. Sono anche state meglio definite le concentrazioni idonee al trattamento, selezionando formule che impegnassero dosi basse.

Tra i più utilizzati, e sui quali è reperibile una letteratura scientifica, sono il terbutrine e l'azurin CMU associato al duozon 160 L.

Il primo è stato provato su macrofite subemergenti come *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton tricarrenatus*, *Vallisneria gigantea*, con concentrazioni iniziali inferiori a 0,2 g/l; esso, inoltre, sperimentato in campo su *Elodea canadensis*, ha mostrato un tempo di vita media di 19-20 giorni. A sette settimane dalla immissione nell'ambiente di questo erbicida, usato con successo in canali di irrigazione, si registra il suo totale smaltimento.

L'azurin CMU viene usato sia per l'eliminazione delle alghe che, a diverse concentrazioni, delle piante acquatiche; dopo il periodo di persistenza (4-6 settimane) è spesso necessario ripetere il trattamento. A tale prodotto viene, in genere, affiancato il Duozon 160, che è in grado di controllare la carenza di ossigeno che, talvolta, si presenta a causa della decomposizione delle macrofite trattate.

### 3.3 CONTROLLO BIOLOGICO

Con il termine controllo biologico si identifica in generale l'utilizzo di agenti predatori, parassiti e patogeni nella gestione della vegetazione infestante. Secondo EMDEN (1974) i metodi che vengono utilizzati nelle pratiche di controllo biologico della vegetazione sono essenzialmente tre: protettivo, inoculativo e inondativo (EMDEN, 1974). Il metodo protettivo mira ad esaltare il ruolo dei fitofagi naturalmente presenti in un dato ambiente; il metodo inoculativo consiste nella introduzione nell'ambiente di "nemici" naturali, in numero relativamente modesto, con la speranza che trovino condizioni tali da permettere il loro autosostentamento; il metodo inondativo si basa sull'allevamento in laboratorio e sulla successiva liberazione massiva, nell'ambiente da controllare, di un gran numero di nemici naturali della specie infestante.

#### 3.3.1 CONTROLLO BIOLOGICO CON PESCI ERBIVORI

*Ctenopharyngodon idella*, un Ciprinide conosciuto come carpa erbivora o Amur, ha abitudini alimentari spiccatamente erbivore.

Le sue potenzialità di "diserbante ecologico", come agente di controllo sulla proliferazione di piante acquatiche infestanti, hanno portato ad una rapida

propagazione in tutto il mondo di questa specie, che occupa anche un posto rilevante tra i pesci da allevamento. La carpa erbivora è, infatti, una specie largamente utilizzata nelle pratiche tradizionali di ciprinicoltura soprattutto in Cina e nell'est europeo.

In coltura mista questa specie, una volta raggiunta la propria specializzazione alimentare, va ad occupare una nicchia trofica non sfruttata dalle altre specie (fitoplanctofaghe, zooplanctofaghe, detritivore, carnivore) svolgendo un ruolo di controllo sulla proliferazione delle macrofite dannose (Tabella 3) e consentendo nello stesso tempo un incremento della produzione ittica nell'allevamento. Le Tabelle 4 e 5 riportano l'accrescimento della carpa erbivora su diversi substrati alimentari. La tabella 6 mostra il consumo giornaliero di macrofite; si osserva che per alcune taglie e per alcune specie di macrofite o di *Chara* si può arrivare a consumi giornalieri anche del 140-160 % del peso corporeo dell'animale. Sulla scorta di queste indicazioni si può stimare la densità ittica necessaria al controllo della vegetazione.

In molti casi, la carpa erbivora può rappresentare una alternativa, per il controllo delle piante superiori acquatiche, alle pratiche di rimozione meccanica, o all'utilizzo di erbicidi.

Gli erbicidi eliminano le macrofite molto velocemente favorendone, però, la decomposizione, con conseguente rilascio di un grande quantitativo di nutrienti, fonte potenziale di una nuova proliferazione della vegetazione. La rimozione biologica delle macrofite operata dalle carpe erbivore, invece, essendo graduale, non comporta bruschi aumenti dei livelli di nutrienti; anzi, un alimento non sfruttabile e spesso dannoso come le macrofite, viene convertito in proteine pregiate di elevato grado di commestibilità che, con la pesca, possono essere sistematicamente sottratte al mezzo idrico.

I possibili effetti sull'ecosistema causati da una immissione più o meno consistente di carpe erbivore sono schematizzati in tabella 7.

Nei casi in cui si debba intervenire su acque che potrebbero avere utilizzi primari per l'uomo, l'impie-

Tabella 3

Piante acquatiche che possono rappresentare il cibo delle carpe erbivore (SHIREMAN J.V., SMITH C.R., 1983).

Specie	bibliografia	Specie	bibliografia	Specie	bibliografia
<i>Altermanthera philoxeroides</i>	1	<i>Lemna</i> spp.	7	<i>Potamogeton crispus</i>	3,15
<i>Anacharis</i> spp.	10	<i>Lemna gibba</i>	11	<i>Potamogeton diversifolius</i>	1,5
<i>Azolla</i> spp.	15	<i>Lemna minor</i>	3,4,11,15	<i>Potamogeton foliosus</i>	15
<i>Azolla rubra</i>	3	<i>Lyngbya</i> spp.	15	<i>Potamogeton illinoensis</i>	2,12
<i>Callitriche</i> spp.	13	<i>Myriophyllum</i> spp.	15	<i>Potamogeton lucens</i>	6
<i>Callitriche stagnalis</i>	3	<i>Myriophyllum brasiliense</i>	1	<i>Potamogeton natans</i>	6
<i>Ceratophyllum demersum</i>	15	<i>Myriophyllum propinquum</i>	3	<i>Potamogeton pectinatus</i>	7,13
<i>Chara</i> spp.	1,5,9,10,11,12,15	<i>Myriophyllum spicatum</i>	1,5,12	<i>Potamogeton pusillus</i>	15
<i>Eichhornia crassipes</i>	1,4	<i>Najas</i> spp.	10	<i>Ranunculus circinatus</i>	13
<i>Eleocharis</i> spp.	2,20	<i>Najas flexis</i>	2,15	<i>Ranunculus fluitans</i>	6
<i>Eleocharis acicularis</i>	1	<i>Najas guadalupensis</i>	1,11,12	<i>Sagittaria graminea</i>	2
<i>Elodea canadensis</i>	1	<i>Nasturtium officinalis</i>	3	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	7
<i>Elodea densa</i>	3,6,7,8,15	<i>Nitella hookeri</i>	3	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	7
<i>Eremochlea ophiuroides</i>	5	<i>Paspalum notatum</i>	10	<i>Sirogonium</i> spp.	15
<i>Fontinalis</i> spp.	7	<i>Phalaris arundinacea</i>	6	<i>Spirodela polyrhiza</i>	1
<i>Glyceria aquatica</i>	6	<i>Phragmites communis</i>	6,7	<i>Trapa natans</i>	6
<i>Glyceria maxima</i>	7	<i>Pitophora</i> spp.	1,15	<i>Typha angustifolia</i>	6
<i>Hydrilla</i> spp.	9	<i>Polygonum</i> spp.	10	<i>Typha latifolia</i>	6
<i>Hydrilla verticellata</i>	12	<i>Polygonum amphibium</i>	6	<i>Vallisneria</i> spp.	9
<i>Lagarosiphon major</i>	3	<i>Potamogeton</i> spp.	9	<i>Wolffia columbiana</i>	15

N° Autore	taglia/età delle specie	N° Autore	taglia/età delle specie
1 AVAULT, 1965	30-40 cm	9 PRABHAVATHY et SREENIVASN, 1977	30 cm
2 COLLE et al., 1978a	6,3-22 cm	10 STEVENSON, 1965	0,1-1,3 kg
3 EDWARDS, 1974, 1975	0+ /1+	11 SUTTON, 1977a	1,1-3,5 kg
4 JOHNSON et LAURENCE, 1973	160-190 g	12 SUTTON et BLACKBURN, 1973	40-400 g
5 KILGEN et SMITHERMAN, 1971-3	1 anno	13 SUTTON, MILEY et STANLEY, 1977	200-300 g
6 KRUPAUER, 1971	2+ /4+	14 VAN DYKE, 1973	255-589 g
7 OPUSZYNSKI, 1972, 1979	250 g	15 WILLEY, DISKOCIL et LEMBI, 1974	15 cm
8 PENTELOW et STOTT, 1965	19 cm, 140 g		

go delle carpe erbivore appare il solo metodo accettabile, considerata l'impossibilità di utilizzare gli erbicidi.

In alcuni interventi si è proceduto ad un preventivo trattamento con erbicidi ed alla rimozione meccanica delle macrofite, seguiti da una semina di carpe erbivore per controllare il nuovo insediarsi di piante acquatiche.

Agli indubbi vantaggi che l'utilizzo delle carpe erbivore comporta nel controllo dei fenomeni di sovrabbondanza delle piante acquatiche in laghi, stagni

**Tabella 4**  
Accrescimento di avannotti di carpa erbivora utilizzando come nutrimento alcune specie di macrofite (SUTTON, 1977)

Età avannotti (in giorni)	0	28	56
<i>Lemna gibba</i> e <i>L. minor</i>			
g/die consumati			
per g di peso corporeo	3,2	16,1	15,7
accrescimento (g/giorno)	-	0,5	0,6
<i>Najas guadalupensis</i>			
g/die consumati			
per g di peso corporeo	3,2	7,9	12,1
accrescimento (g/giorno)	-	0,2	0,2
<i>Chara</i> spp.			
g/die consumati			
per g di peso corporeo	3,2	8,4	18,9
accrescimento (g/giorno)	-	0,2	0,4

**Tabella 5**  
Accrescimento di carpe erbivore di tre mesi utilizzando come nutrimento, per sei mesi, tre specie di macrofite (TAN, 1970).

macrofite		<i>Hydrellia verticillata</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Manihot utilissimus</i>
taglia iniziale	lung. (cm)	28,8	27,2	25,0
	peso (g)	336,6	290,6	311,3
taglia finale	lung. (cm)	49,4	46,4	37,7
	peso (g)	2000	1562,3	708,9
incred. assoluto	lung. (cm)	20,6	19,2	12,7
	peso (g)	1663,4	1271,7	397,6
incred. %	lunghezza	71,52	70,58	50,8
	peso	494,1	437,6	127,7

e canali, si possono contrapporre, nel caso di semine non razionali, alcuni effetti negativi sull'ambiente. Lo stoccaggio di carpe erbivore dovrebbe, quindi, essere condotto con estrema cautela, preceduto possibilmente da uno studio di impatto ambientale (tab. 7).

A tal proposito alcuni Paesi hanno regolamentato l'introduzione delle carpe erbivore: in molti Stati degli USA, ad esempio, ne è stato vietato l'utilizzo per le alterazioni all'ecosistema naturale.

Ad ogni modo va ricordato che, generalmente, le carpe erbivore introdotte in corpi d'acqua confinati non si riproducono naturalmente e quindi non presentano pericoli di proliferazioni incontrollate che non consentirebbero una razionale gestione dell'ambiente. E' chiaro però che, come tutti gli organismi, anche le carpe producono escreti, che inducono trasformazioni biologiche nel corpo idrico, interferendo sui livelli dei decompositori e questi su quelli dei produttori e così via. Un eccesso di popolazione ittica può comportare un aumento di urea, ammoniaca, e loro prodotti di ossidazione; un eccesso di nitrati può determinare il mancato utilizzo idropotabile di una risorsa.

Per il controllo delle piante acquatiche, minore interesse ricoprono alcune specie di *Tilapia*. Il limite più importante per un loro utilizzo, alle nostre latitudini, è rappresentato dalla peculiare intolleranza di queste specie ai climi freddi. Va sottolineato che

**Tabella 6.** Consumo giornaliero di varie specie di macrofite (espresso come percentuale del peso corporeo) da parte di carpe erbivore di differenti taglie (MENTHA, SHARMA and TUANK, 1976).

macrofite	peso delle carpe (g)	consumo giornaliero (come % di peso corp.)
<i>Chara</i> sp.	165	168
<i>Najas faveolata</i>	96	146
	930	131
	1837	99
<i>Hydrellia verticillata</i>	76	27
	1208	140
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	205	15
	2800	18
<i>Tipha angustata</i>	200	3
	4000	14

l'interesse per alcune specie di *Tilapia*, nel controllo delle piante acquatiche, è determinato dalla possibilità di un loro sfruttamento anche in acque salmastre (es. *Tilapia melanopleura*) non tollerate, invece, dalla carpa erbivora. Tra i fattori che giustificano il sempre maggiore interesse per tali specie possiamo citare: la rapidità di crescita, l'estrema facilità di riproduzione (alle temperature idonee), l'utilizzazione come alimento umano, come controllo biologico di piante acquatiche e per la lotta biologica agli insetti vettori di parassiti dell'uomo (ad esempio il genere *Anopheles*, vettore del Plasmodio della malaria).

I risultati di diversi esperimenti hanno evidenziato che le temperature minime tollerate da gran parte delle specie di *Tilapia* sono attorno ai 15-20 °C, ad esclusione della *Tilapia sparmannii* che sopporta temperature fino a 7 °C.

Malgrado questo limite discriminante, non è da scartare l'ipotesi di un utilizzo di *Tilapia* per il controllo delle macrofite in bacini, stagni e canali, con programmi di immissioni stagionali. In effetti può essere plausibile lo stoccaggio nei periodi più caldi, quando più marcato è lo sviluppo di piante acquatiche. Lo svernamento può, invece, essere effettuato in bacini alimentati con acque calde (17-20 °C); in tal modo nei periodi più caldi si può effettuare la riproduzione controllata, con la produzione di taglie giovanili da semina da reimmettere nei corpi idrici in gestione.

Un rapido accrescimento dei soggetti che con buone temperature (20-30 °C) possono raggiungere 100-150 g in 5-6 mesi, se da un lato contribuisce al controllo delle macrofite, dall'altro può suscitare l'attenzione da parte dei pescatori sportivi nei corpi idrici destinati ad attività ricreative integrate.

L'impatto sull'ambiente indotto da possibili semine con specie di *Tilapia* è sostanzialmente minimo alle nostre latitudini. In effetti, notevoli fattori di rischio si hanno nei paesi più caldi, dove questa immissione comporta, spesso, fenomeni di proliferazione indesiderati, con continue riproduzioni che contribuiscono alla formazione di un popolamento abnorme (alte percentuali di individui giovanili, fenomeni di nanismo).

Tuttavia se da un lato, alle nostre latitudini, non esistono rischi di sovrappopolamento, dall'altro si possono ipotizzare rischi di sovrapposizione di nicchia trofica in ambienti dove sia presente un popolamento ittico composto da carpe, tinche ed altre specie indigene che si riproducono proprio nei mesi più caldi. Immissioni consistenti di *Tilapia*, al contrario, potrebbero effettuarsi in ambienti con popolamento ittico composto da alte percentuali di specie ittiche

Tabella 7

Potenziati effetti della carpa erbivora sull'ecosistema, in relazione alla densità di macrofite (AA.VV., 1987).

**1- CARPE: BASSA DENSITA' DI STOCCAGGIO  
MACROFITE: BASSA DENSITA'**

Controllo delle piante e moderato aumento dei nutrienti nei sedimenti; aumento delle piante superiori emergenti; possibile riduzione del reclutamento di specie fitofile che utilizzano le macrofite come biotopo riproduttivo; potenziale aumento di plancton e benthos; esposizione degli animali abitanti nelle piante acquatiche alla predazione; possibile incremento dei predatori.

**2- CARPE: BASSA DENSITA' DI STOCCAGGIO  
MACROFITE: ALTA DENSITA'**

Parziale e/o temporaneo controllo e moderato incremento dei nutrienti nei sedimenti; aumento delle piante superiori emergenti; riduzione della densità delle macrofite, ma senza un totale controllo.

**3- CARPE: ALTA DENSITA' DI STOCCAGGIO  
MACROFITE: BASSA DENSITA'**

Eliminazione delle piante (sovraccontrollo); temporaneo aumento dei livelli di nutrienti nelle acque e nei sedimenti; possibili "bloom" fitoplanc-tonici; riduzione del reclutamento di specie fitofile che utilizzano le macrofite come biotopo riproduttivo; possibili cambiamenti nelle popolazioni bentoniche; esposizione degli animali presenti tra le macrofite alla predazione ed alla estinzione; possibile incremento di specie ittiche detritivore; diminuzione dell'ossigeno e del pH.

**4- CARPE: ALTA DENSITA' DI STOCCAGGIO  
MACROFITE: ALTA DENSITA'**

Controllo delle piante; rilascio di nutrienti nelle acque e nei sedimenti; temporaneo incremento di piante superiori emergenti; possibile riduzione del reclutamento di specie fitofile che utilizzano le macrofite come biotopo riproduttivo; possibile aumento della predazione sugli animali presenti nelle macrofite; probabile incremento di predatori; possibile incremento dei detritivori; diminuzione dell'ossigeno e del pH; aumento di alcalinità.

predatrici, rappresentando "pesce foraggio" per le stesse, generalmente più ambite dai pescatori e di valore economico più elevato.

Il problema dello svernamento resta comunque, alle nostre latitudini, "il collo di bottiglia" maggiore all'utilizzo di pesci Ciclidi.

### 3.3.2 INSETTI

Sebbene gran parte degli Insetti si nutra di piante, soltanto un piccolo numero di essi sono da considerare infestanti; molti altri possono essere considerati utili per controllare in modo "naturale" un esubero di macrofite. In molti casi si sono introdotti dalle aree di origine insetti "predatori naturali" di macrofite con l'obiettivo di riportare queste piante sotto controllo.

Un esempio di lotta biologica operata con l'ausilio di insetti è mostrato nel caso della eccessiva diffusione di *Alternanthera philoxeroides* (Martius) Grisebach, una pianta acquatica originaria del Sud America, che comparve in Florida nel 1984, colonizzando in seguito Texas e California. E' una specie che forma ammassi densi vicino alla superficie dell'acqua impedendo la navigazione, occludendo i canali di drenaggio, uccidendo pesci ed altre forme di vita animale, creando un habitat idoneo per i Culicidae e contribuendo all'inquinamento delle acque.

Nel caso specifico l'area così infestata da questa specie fu stimata di circa 70.000 acri. I trattamenti con erbicidi, non diedero risultati positivi, ma studi sugli insetti parassiti delle piante nell'area di origine, indicarono tre organismi potenzialmente utili per il suo controllo: il Tricottero *Amynothrips andersoni* O'Neill, il Coleottero *Vogtia mallei* Pestrana e il Dittero *Agadises* sp. Essi furono introdotti nel Paese alloctono e rilasciati in più lanci, il primo dei quali effettuato nel 1964. Le prime due specie iniziarono ad adattarsi, e sono ora molto abbondanti in Florida, il Coleottero in particolare appare essere la specie con maggiore possibilità di controllo sulla macrofita infestante (BORROR et al., 1979).

Deve, però, essere sottolineato che gli insetti fitofagi introdotti per il controllo delle erbe infestanti non sono sempre un beneficio. In alcuni casi una specie può nutrirsi di una pianta all'inizio della stagione per poi invadere i campi coltivati. Alcune volte le piante infestanti possono essere sufficienti come cibo per una numerosa popolazione di insetti che si insediano su di esse, ma altre volte la risorsa non è sufficiente e alcuni individui possono anche attaccare piante coltivate creando notevoli danni; in altri casi, una popola-

zione introdotta per controllare la specie infestante può invece preferire come nutrimento piante coltivate, come è accaduto per i Coleotteri parassiti delle patate del Colorado, che inizialmente preferivano una specie del genere *Solanum* ed in seguito, anche a causa del numeroso aumento della popolazione, divennero infestanti su piante coltivate (BONOR et al 1981). In tabella 8 sono riportate alcune specie di Insetti e le relative specie di piante acquatiche di cui si nutrono.

Un commento critico dei metodi di controllo induce una serie di considerazioni:

- le sperimentazioni a livello italiano sono frammentarie: per le applicazioni alla nostra realtà occorre attingere largamente alle esperienze realizzate in altri paesi;
- il controllo chimico, pur presentando il vantaggio di una notevole efficacia e rapidità, ripropone il problema non appena cessa l'effetto dell'erbicida;
- il controllo biologico con i pesci, pur presentando notevoli vantaggi, soffre di sperimentazioni effettuate essenzialmente sulle carpe erbivore che nel nostro paese non trovano uno sbocco commerciale diretto sul mercato, ma solo secondario (es. farine);
- in realtà nel nostro paese il metodo più indicato sembra essere quello del controllo meccanico che, se effettuato con le dovute avvertenze, permette notevoli asportazioni di biomassa con limitati inconvenienti. Le principali avvertenze da adottare sono:
  - non effettuare il taglio troppo vicino alla base;
  - evitare lo sradicamento delle piante per non rispendere i sedimenti;
  - scegliere i periodi idonei al taglio in relazione alle specie infestanti presenti.

Il controllo delle macrofite infestanti va effettuato anche tenendo conto di un'ottica produttiva che risulti vantaggiosa all'analisi costi-benefici. L'utilizzo della biomassa asportata per la produzione di biogas, fertilizzanti, foraggio, ecc., può parzialmente abbattere i costi di rimozione.

E' da sottolineare, infine, che anche la scelta dell'abbattimento meccanico è un'opera di profilassi. Nel recupero ambientale occorrerebbe considerare l'introduzione di sistemi preventivi che limitino il sovrabbondante sviluppo delle macrofite, impedendo loro di divenire infestanti. Per far ciò l'unico sistema è il controllo dei carichi di nutrienti e l'introduzione di sistemi di sbilanciamento. Questi dovranno essere studiati di volta in volta in funzione dell'ambiente idrico e dell'ecosistema globale (uso del territorio, destinazione delle risorse, ecc.).

Tabella 8.

Specie di insetti e relative piante acquatiche di cui si nutrono (MCGAHA Y.J., 1952, modif.)

INSETTI	PIANTE AFFETTE	INSETTI	PIANTE AFFETTE
Homoptera Aphidae		15. <i>Perenthis vestitus</i>	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>
1. <i>Rhopasiphum nymphae</i> (LIMNAEUS)	<i>Nuphar advena</i> <i>Nuphar variegatum</i> <i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i> <i>Sagittaria latifolia</i>	DIETZ	
Homoptera Delphacidae		16. <i>Onychylis nigrirostris</i>	<i>Nymphaea odorata</i>
2. <i>Megamelus davisii</i>	<i>Nuphar advena</i> <i>Nymphaea odorata</i>	BOHEMAN	
VAN DUZEE		17. <i>Anchodemus angustus</i>	<i>Sagittaria latifolia</i>
Homoptera Cicadellidae		LECONTE	
3. <i>Draeculacephala</i> spp.	<i>Nuphar advena</i> <i>Sagittaria latifolia</i>	18. <i>Listronotus appendiculatus</i>	<i>Sagittaria latifolia</i>
		BOHEMAN	
Coleoptera Coccinellidae		19. <i>Hyperodes</i> spp.	<i>Sagittaria latifolia</i>
4. <i>Hippodamia punctata tibialis</i> SAY	<i>Nuphar advena</i> <i>Nuphar variegatum</i> <i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i>	Trichoptera Psychomyiidae	
		20. <i>Neureclipsis crepuscularis</i> (WALKER)	<i>Sagittaria latif. diversifolia</i>
5. <i>Coleomegilla maculata</i>	<i>Nuphar advena</i> <i>Nymphaea odorata</i> <i>Sagittaria latifolia</i>	21. <i>Polycentropus remotus</i>	<i>Nymphaea odorata</i>
DEGEER		BANKS	
Coleoptera Chrysomelidae		22. <i>Polycentropus</i> spp.	<i>Sagittaria latif. diversifolia</i>
6. <i>Galerucella nymphaeae</i> (L.)	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Nymphaea odorata</i>	23. <i>Nyctiophylax vestitus</i>	<i>Zizania aquatica</i>
		(HAGEN)	
7. <i>Donacia proxima</i>	<i>Nuphar advena</i> <i>Nuphar variegatum</i>	Trichoptera Phryganeidae	
KIRBY		24. <i>Banksiola salina</i>	<i>Zizania aquatica</i> <i>Nuphar variegatum</i>
8. <i>Donacia piscatris</i>	<i>Nuphar advena</i> <i>Nuphar variegatum</i>	BETTEN	
LACORDAIRE		Trichoptera Limnephilidae	
9. <i>Donacia cineticornis</i>	<i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i> <i>Myriophyllum heterophyllum</i>	25. <i>Limnephilus consocius</i>	<i>Nuphar variegatum</i>
NEWMAN		WALKER	
10. <i>Donacia aequalis</i>	<i>Sagittaria latifolia</i>	26. <i>Pycnopsyche</i> sp.	<i>Sagittaria latif. diversifolia</i>
SAY		27. <i>Leptocens americanus</i>	<i>Vallisneria americana</i> <i>Sagittaria latif. diversifolia</i> <i>Anacharis canadensis</i>
11. <i>Donacia subtilis</i>	<i>Sagittaria latifolia</i>	(BANKS)	
KUNZE		Trichoptera Leptoceridae	
12. <i>Donacia pubescens</i>	<i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i>	28. <i>Leptocella exquisita</i>	<i>Myriophyllum exalbescens</i> <i>Nuphar variegatum</i>
LECONTE		(WALKER)	
Coleoptera Curculionidae		29. <i>Leptocella</i> spp.	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Sagittaria latif. diversifolia</i> <i>Myriophyllum exalbescens</i> <i>Anacharis canadensis</i>
13. <i>Bagous americanus</i>	<i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i>		
LECONTE		30. <i>Atripsodes</i> sp.	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Myriophyllum exalbescens</i>
14. <i>Bagous longirostris</i>	<i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i>	31. <i>Occtis cinerescens</i>	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>
TANNER		(HAGEN)	

INSETTI	PIANTE AFFETTE	INSETTI	PIANTE AFFETTE
32. <i>Ocetis</i> sp.	<i>Nymphaea tuberosa</i> <i>Nymphaea odorata</i>	45. <i>Nymphula allionealis</i> (WALKER)	<i>Nymphaea odorata</i> <i>Vallisneria americana</i>
33. <i>Trienodes aba</i> MILNE	<i>Sagittaria latifolia</i> <i>Milae diversifolia</i> <i>Vallisneria americana</i> <i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i> <i>Nuphar variegatum</i> <i>Utricularia vulgaris</i>	46. <i>Nymphula serrilinearis</i> BARNES & BENJAMIN	<i>Nymphaea tuberosa</i> <i>Nymphaea odorata</i>
34. <i>Trienodes ignita</i> WALKER	<i>Sagittaria latif. diversifolia</i>	Diptera Chironomidae	
35. <i>Trienodes injusta</i> (HAGEN)	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Nuphar advena</i> <i>Sagittaria latif. diversifolia</i> <i>Nymphaea tuberosa</i> <i>Myriophyllum heterophyllum</i>	47. <i>Polypedilum tritum</i> (WALKER)	<i>Nuphar variegatum</i>
36. <i>Trienodes marginata</i> SIBLEY	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Nymphaea odorata</i> <i>Sagittaria latif. diversifolia</i> <i>Vallisneria americana</i> <i>Myriophyllum heterophyllum</i>	48. <i>Polypedilum fallax</i> (JOHANNSEN)	<i>Nuphar variegatum</i>
37. <i>Trienodes</i> sp.	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Nuphar odorata</i> <i>Sagittaria latif. diversifolia</i> <i>Myriophyllum heterophyllum</i>	49. <i>Polypedium illinoense</i> (MALLOCH)	<i>Nuphar tuberosa</i> <i>Nuphar odorata</i>
38. <i>Mystacides longicornis</i> (LIMNAEUS)	<i>Nymphaea tuberosa</i> <i>Nymphaea odorata</i> <i>Myriophyllum heterophyllum</i> <i>Myriophyllum exalbescens</i>	50. <i>Polypedilum braseniae</i> (LEATHERS)	<i>Brasenia schreberi</i> <i>Nymphaea odorata</i>
39. <i>Trienodes sepulchralis</i> (WALKER)	<i>Nuphar variegatum</i>	51. <i>Tanytarsus quadripunctatus</i> (JOHANNSEN)	<i>Nuphar advena</i> <i>Nuphar variegatum</i> <i>Nymphaea odorata</i>
Lepidoptera Noctuidae		52. <i>Harnischia tenuicaudata</i> (MALLOCH)	<i>Myriophyllum exalbescens</i>
40. <i>Bellura melanopyga</i> GROTE	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Nuphar advena</i>	53. <i>Harnischia abortiva</i> (MALLOCH)	<i>Myriophyllum exalbescens</i>
Lepidoptera Pyraustidae		54. <i>Tendipes</i> sp.	<i>Nuphar variegatum</i>
41. <i>Nymphula maculalis</i> CLEMENS	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Nuphar advena</i> <i>Nymphaea odorata</i>	Diptera Empididae	
42. <i>Nymphula icciusalis</i> WALKER	<i>Brasenia schreberi</i>	55. <i>Hilaria bella</i> COQUILLET	<i>Nuphar variegatum</i> <i>Nuphar advena</i>
43. <i>Nymphula obscuralis</i> GROTE	<i>Nuphar variegatum</i>	Diptera Hilecidae	
44. <i>Nymphula badiusalis</i> (WALKER)	<i>Myriophyllum exalbescens</i> <i>Nymphaea odorata</i>	56. <i>Atrichopogon fusinervis</i> (MALLOCH)	<i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i>
		Diptera Ephydriidae	
		57. <i>Notiphila loewi</i> CRESSON	<i>Nymphaea odorata</i> <i>Nymphaea tuberosa</i>
		58. <i>Hydrellia cruralis</i> COQUILLET	<i>Nuphar advena</i> <i>Zizania aquatica</i>
		Diptera Cordyluridae	
		59. <i>Hydromyza confluens</i> LOEW	<i>Nuphar variegatum</i>
		Diptera Hemididae	
		60. <i>Porricondylini</i> sp.	<i>Sagittaria latifolia</i>
		Hymenoptera Braconidae	
		61. <i>Chorebus</i> sp.	<i>Zizania aquatica</i>

## Bibliografia

- AA.VV., 1971- Aquatic weeds - annual and perennial aquatic weeds.  
*Weed Scienze*, 19 (4): 468-470.
- AA.VV., 1987- Acquacoltura & Agricoltura.  
*CESTAAT*, 178pp.
- AA.VV., 1988 - Risanamento e protezione dell'ambiente idrobiologico della laguna di Orbetello. Studio di fattibilità. *Comune di Orbetello- Regione Toscana-A.GE.I SCRl*- 144pp.
- Adams M.S., McCracken H., 1974 - Seasonal production of the *Myriophyllum* component of the littoral of Lake Wingra.  
*J. Ecol.*, 62: 457-465.
- Aleem A.A., Samaan A.A., 1969 - Productivity of Lake Mairut, Egypt Part II - Primary production.  
*Int. Revue ges Hydrobiol. Hydrogr.*, 54: 491-527.
- Aliev D.S., 1963 - Experience in the use of white amur in the struggle against the overgrowth of the water bodies. In *problemy rybokhozyaystvennogo ispol'zovaniya rastitel'noyadnykh tyb vodoyemakh SSSR* (Problems of the fisheries exploitation of plant-eating fishes in the water bodies of the USSR.
- Anzalone B., 1984 - Elenco preliminare delle piante vascolari del Lazio.  
*Quaderni Lazionatura* n.5. Regione Lazio-Società Botanica Italiana. 251 pp.
- Avault J.W., 1965- Preliminary studies with grass carp for aquatic weed control.  
*Prog. Fish-Cult.*, 27 (4): 207-209.
- Bishop P.L., Eighmy T.T., 1989 - Aquatic wastewater treatment using *Elodea nuttallii*.  
*Journal WPCF*, 61 (5): 641-648.
- Bonor D.J., De Long D.M., Triplehorn C.A., 1981 - An introduction to the study of insects (5th edition).  
*Saunders College Publishing* - United States of America, pp. 827.
- Bronzi P., Guzzi L., 1983 - Prospettive di utilizzo della carpa erbivora (*Ctenopharyngodon idella* Val.) nel controllo biologico delle macrofite infestanti.  
*Acqua-Aria*, 3: 249-258.
- Brooker M.P., Edwards R.W., 1973 - Effects of the herbicide Paraquat on the ecology of a reservoir - I- Botanical and chemical aspects.  
*Freshwater Biol.*, 3: 157-175.
- Brooker M.P. & Edwards R.W., 1975 - Aquatic herbicides and the control of water weeds. *Water Res.* 9: 1-15.
- Cappelletti C., 1975 - Trattato di botanica. Vol. 1 e 2.  
*Utet*, Torino.
- Celli G., Maini S., 1980 - Lotta biologica integrata in agricoltura.  
*MAF - CESTAAT*, Roma pp. 140.
- Celli G., Viggiani G., Tremblay E., Rotundo G., Triggiani O., Girolani V., Barbagallo S., 1980 - Prospettive di controllo biologico degli insetti in agricoltura.  
*CNR AQ/1/51-56* pp. 164.
- Colle D.E. et al., 1978 - Utilization of selective removal of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) from an 80-hectare Florida lake to obtain a population estimate.  
*Trans. Am. Fish. Soc.*, 107 (5): 724-729.
- Corbetta F., Ronsisvalle G.A., 1983 - Fitodepurazione delle acque inquinate ed utilizzazione delle biomasse prodotte.  
*Natura e Montagna*, 4: 36-40.
- DeBusk T.A., Reddy K. R., Hayes T.D., Schwegler Jr. B.R., 1989 - Performance of a pilot-scale water hyacinth-based secondary treatment system.  
*Journal WPCF*, 61 (7): 1217- 1224.
- Edwards D.J., 1974 - Weed presence and growth of young grass carp in New Zealand.  
*N.Z.J. Mar. Freshwat. Res.*, 8 (2): 341-350.
- Edwards D.J., 1975 - Taking a bite at the waterweed problem.  
*N. Z. J. Agric.*, 130 (1): 33-36.
- Edwards P., 1985 - Use of terrestrial vegetation and aquatic macrophytes in aquaculture. Proceeding of the Conference on Detrital Systems for Aquaculture 26-31 august 1985, Bellagio, Como, Italy ICLARM : 311-335.
- Einor L.O. and Dmitrieva N.G., 1989 - Phosphorus uptake from natural waters by emersed macrophytes, exemplified by inanna grass.  
*Water Res.*, 15 (4): 396-401.
- Einor L.O., Kolesnikov P.A., Mutuskin A.A., Glinka E.M., Melikhova A.G. and Zorè S.V., 1989 - Characteristics of one enzyme of aquatic macrophytes in connection with formation of water quality. *Water Res.*, 15 (3): 253-258.
- Emden van, H.F., 1974 - Pest control and its ecology. *Studies in Biology* n. 50, *Edward Arnold Ltd.*, London.
- Forsberg C., 1960 - Subaquatic macro-vegetation in Osbysjon.  
*Oikos*, 11: 183-199.
- Franz J.M., Krieg A., 1976 - La lotta biologica.  
*Edagricole-Calderini*, Bologna, pp. 208.
- Gaudet J.J., 1974 - The normal role of vegetation in water. In: Mitchell D.S. (Ed.): *Aquatic vegetation and its use and control*. *Unesco* - Paris: 24-37.
- Goulder R., 1969 - Interaction between the rates of production of freshwater macrophyte and phytoplankton in a pond.  
*Oikos*, 20: 300-309.
- Guilizzoni P., Saraceni C., 1974 - Popolamento a macrofite. In: Barbanti L. et al.: *Indagini ecologiche sul lago d'Endine*. Edizioni *Istituto Italiano di Idrobiologia*- Pallanza: 183-224.
- Hauser J.R., 1984 - Use of water hyacinth aquatic treatment systems for ammonia control and effluent polishing.  
*Journal of water pollution control federation*, 56 (3): 219-225.

- Holm L.G., Weldon L.W. and Blackburn R.D., 1971 - Aquatic weeds. *Aquatic Botany*, 2: 1356-1372.
- Jayanth K.P., 1988 - Successful biological control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) by *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) in Bangalore, India. *Tropical Pest Management*, 34 (3): 263-266.
- Jayanth K.P., 1988 - Biological control of water hyacinth in India by release of the exotic weevil *Neochetina bruchi*. *Curr. Sci.*, 57 (17): 968-970.
- Johson M. and Laurence J.M., 1973 - Appendix E. Biological weed control with the white amur. In: Herbivorous fish for aquatic plant control, edid by E. O. Gangstad. Aquatic Plant Control Program. *Tech. Rep. U.S. Army Eng. Waterways Exp. Stn.*, Vicksburg, Miss., (4): E1-E12.
- Jupp B.P., Spence D.H.N., 1977- Limitations of macrophytes in a eutrophic lake. *J. Ecol.*, 65: 431-446.
- Kilgen R.H. and Smitherman R.O., 1971 - Food habits of the white amur stocked in ponds alone and in combination with other species. *Prog. Fish-Cult.*, 33 (3): 123-127.
- Kilgen R.H., 1973 - Appendix F. Food habits of the white amur (*Ctenopharyngodon idella*) stocked in ponds alone and in combination with other species. In: Herbivorous fish for aquatic plant control, edided by E.O. Gangstad. Aquatic Plant Control Program. *Tech. Rep. U.S. Army Eng. Waterways Exp. Stn.*, Vicksburg, Miss., (4): F1-F13.
- Krupauer V., 1971 - The use of herbivorous fishes for ameliorative purposes in central and eastern europe. *Proc. Eur. Weed. Res. Coun.* 3rd Int. Symp. Aquatic Weed :95-102.
- Lechowicz M.I., Adams M.S., 1975 - A note on aquatic macrophyte productivity in lake Maggiore. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 32: 49-55.
- Lind C.T., 1969 - The submerged aquatics of University Bay: a study of eutrophication. *Am. Midl. Nat.*, 81: 353-369.
- Little E.C.S., 1979 - Handbook of utilization of aquatic plants. *FAO Fisheries Technical Paper*, 187 pp.176.
- Magmedov V.G., 1989 - Main types of water-protection structures using the purification properties of macrophyte communities. *Water Res.*, 15: 205-210.
- Mamun A.A., Salim M., Wahab M.A. and Ali M.A., 1987 - Aquatic weeds of Bangladesh and their control. *Tropical Pest Management*, 33 (3): 224-228.
- Mara D.D. and Pearson H.W., 1987 - Waste stabilization ponds - Design manual for mediterranean Europe. *EUR/HFA* 20 pp. 53.
- Marchetti R., 1987 - L'eutrofizzazione un processo degenerativo delle acque. *Franco Angeli-Milano*, 315 pp.
- Marshall E.J.P., 1985- The ecology of land drainage channel- I. Oxygen balance. *Water Res.*, 15: 1075-1085.
- Marshall E.J.P., 1984 - The ecology of a land drainage channel - II biology, chemistry and submerged weed control. *Water Res.*, 18 (7): 817-825.
- McGaha Y.J., 1952 - The limnological relations of insects to certain aquatic flowering plants. *American Microscopical Society*, 71 (4): 355-381.
- Michewicz J.E., Sutton D.L. and Blackburn R.D., 1972 - Water quality of small enclosures stocked with white amur. *Hyacinth Control Journal*, 10: 22-25.
- Michewicz J.E., Sutton D.L. and Blackburn R.D., 1972 - The white amur for aquatic weed control. *Weed Scienze*, 20 (1): 106- 110.
- Minelli A., Trevisanello E., 1985 - Considerazioni sulla fauna legata alle macrofite in un tratto del Fiume Sile (Italia - Nordorientale). *Lavori Soc. Ven. Sc. Nat.*, 10: 79-96.
- O'Brien W.J., 1981 - Use of aquatic macrophytes for wastewater treatment. *Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers*, 107 (EE4): 681-698.
- Oleinik G.N., Yakushin V.M. and Tsaplina E.N., 1989 - Effect of decomposition of higher aquatic plants on organic matter content in water. *Water Res.*, 15: 192-200.
- Pentelov F.T.K. and Scott B., 1965 - Grass carp for weed control. *Prog. Fish-Cult.*, 27 (4): 210.
- Petr T., 1987 - Le poisson, la pêche, les macrophytes aquatiques et la qualité des eaux continentales. *Bulletin de la qualité des eaux et la peche*. 12 (3): 114-119.
- Pieterse A.H., 1977 - Biological control of aquatic weeds: prospectives for the tropics. *Aquatic Botany*, 3: 133-141.
- Pignatti S., 1983 - Flora d'Italia. Vol I e II. *Edagricole - Bologna*.
- Pip E., 1987 - Species richness of aquatic macrophytes communities in Central Canada. *Hydrobiol. Bull.*, 21 (2): 159-165.
- Prabhavathy G. and Sreenivasan A., 1977 - Cultural prospects of chinese carps in Tamilnadu. *Proc. IPFC.*, 17 (3): 354-362.
- Ranalli A., 1989 - Trattamento degli effluenti di oleificio con *Eichhornia crassipes*. *Inquinamento*, 2: 62-66.
- Robson T.O., 1977 - Perspectives of biological control of aquatic weeds in temperate climatic zones. *Aquatic Botany*, 3 : 123-131.
- Room P.M., Harley K.L.S., Forno I.W. & Sand D.P.A., 1981 - Successful biological control of the floating weed salvinia. *Nature*, 294: 78-80.
- Sankaran T. and Rao V.P., 1972 - An annotated list of insects attacking some terrestrial and aquatic weeds in India, with records of some parasites of phytophagous insects.

Commonwealth Institute of Biological Control- Technical Bulletin, 15: 131-157.

Shireman J.V. and Smith C. R., 1983 - Synopsis of biological data on the grass carp *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1844).

FAO Fisheries Synopsis, n. 135 pp. 186.

Sprenger M., Mcintosh A., 1989 - Relationship between concentrations of aluminum, cadmium, lead, and zinc in water, sediments, and aquatic macrophytes in six acid lakes. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 18 (1-2): 225-231.

Stevenson J.H., 1965 - Observations on grass carp in Arkansas. *Prog. Fish-Cult.*, 27 (4): "203-206.

Sutton D.L., 1977 - Utilization of duckweed by the white amur. In: Proceedings of the Fourth International Symposium on biological control of weeds, edited by T.E. Freeman. Gainesville, Florida, University Of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences: 257- 260.

Sutton D.L. and Blackburn R.D. 1973 - Appendix D. Feasibility of the white amur (*Ctenopharyngodon idella*) as a biocontrol of aquatic weeds. In: Herbivorous fish for aquatic plant control, edited by E.O. Gangstad. Aquatic Plant Control Program. Tech. Rep. U.S. Army Eng. Waterways Exp. Stn., Vicksburg, Miss., (4): D1-D42.

Sutton D.L., Miley II W.W. and Stanley J.G., 1977 - Report to the Florida Department of Natural Resources on the project: Onsite inspection of the grass carp in the USSR and other European countries. Fort Lauderdale, Florida, Y. University of Florida Agricultural Research Center, pp. 48.

Szczepanski A., 1977 - Limiting factors and productivity of macrophytes. *Folia Geobot. Phytotax.*, 12: 1-7.

Timofeeva S.S. and Cheremnykh N.V., 1989 - Extraction of triphenylmethane dyes by macrophytes. *Water Res.*, 15: 200-205.

Timofeeva S.S. and Men'shikova O.A., 1987 - Use of macrophytes for intensifying biological treatment of thiocyanate- containing

wastewater. *Water Res.*, 13 (6): 582-586.

Timofeeva S.S. and Rusetskaya G.D., 1990 - Role of macrophytes in decontaminating flotation agents. *Water Res.*, 15: 387-391.

Tonzing S., 1968 - Elementi di botanica. Vol. II. *Ambrosiana* - Milano.

Van Duke J.M., 1973 - A nutritional study of the white amur (*Ctenopharyngodon idella* Val.) fed duckweed. M.S. thesis. Gainesville, Florida, University of Florida, pp. 35.

Van Zon J.C.J., 1977 - Introduction to biological control of aquatic weeds.

*Aquatic Botany*, 3: 105-109.

Van Zon J.C.J., 1984 - Economic weed control with grass carp. *Tropical Pest Management*, 30 (2): 179-185.

Weise G. and Jorga W., 1981 - Aquatic macrophytes - a potential resource.

*Water Quality Bulletin*, 6 (4): 104-107.

Wetzel R.G., 1964 - A comparative study of the primary productivity of higher aquatic plants, periphyton and phytoplankton in a large, shallow lake.

*Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, 49: 1-61.

Willey R.G., Diskocil M.J. and Lembi C.A., 1974 - Potential of the white amur (*Ctenopharyngodon idella* Val.) as a biological control for aquatic weeds in Indiana.

*Proc. Indiana Acad. Sci.*, 83: 173-178.

Wingfield G.I., Greaves M.P., Bebb J.M. and Seager M., 1985 - Microbial Immobilization of phosphorous as a potential means of reducing phosphorous pollution of water.

*Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 34: 587-596.

Wooten J.W. & Dodd J.D., 1976 - Growth of water hyacinths in treated sewage effluent.

*Economic Botany*, 30: 29-37.

Zangheri P., 1976 - Flora italica.

*Cedam*, Padova.

