

P. GROSSONI (*), R. GELLINI (*), A. ONNIS (**)

LE ZONE UMIDE COME FONTE DI SPECIE UTILI IN AGRICOLTURA E NELLA DEPURAZIONE DELLE ACQUE (***)

Riassunto — Gli autori riportano i primi risultati delle ricerche condotte su alcune specie acquatiche che si sono rivelate capaci di svilupparsi su substrati fortemente inquinati da metalli pesanti. In particolare viene descritto il comportamento di *Iris pseudacorus*, *Salvinia natans*, *Lemna minor* ed *Eichhornia crassipes*. Queste specie, allevate in acque di coltura ricche di ioni Cu^{++} e Zn^{++} , rimuovono dal substrato notevoli quantità di questi elementi, assorbendo sino ad oltre il 75% del rame presente inizialmente in quantità pari a 5,01 ppm. Sulla base di questi risultati viene prospettata la loro utilizzazione per il disinquinamento di corpi idrici contaminati, di origine industriale.

Viene infine discussa l'importanza delle zone umide salmastre come riserve biogenetiche, fornitrici di specie alotolleranti utili in agricoltura e, come bioindicatori, nella lotta all'inquinamento.

Abstract — *The significance of humid zones as a source of useful species for agriculture and water purification.* The first results of research on identification of aquatic plants species for water purification was described.

Experimental results showed that *Iris pseudacorus* L., *Lemna minor* L., *Salvinia natans* All. and *Eichhornia crassipes* Solms have a great absorption and accumulation capacity of Cu^{++} and Zn^{++} ions. This fact indicated the possibility of being utilized of these species for heavy metals removal from contaminated fresh water.

In conclusion various data are discussed in connection to the ecological and economic significance of salt marshes and salt lakes halophytic species.

Key words — Aquatic species/water purification and agriculture.

La Convenzione di Ramsar del 1971 definisce come zone umide « ...paludi, torbiere, acquitrini e comunque specchi d'acqua naturali od artificiali, permanenti o no, con acqua dolce, salmastra

(*) Istituto di Botanica agraria e forestale dell'Università di Firenze.

(**) Istituto Botanico dell'Università di Pisa.

(***) Ricerca realizzata nell'ambito del P.F. « Promozione della qualità dell'ambiente » del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Roma). AQ/1/166.

o salata, ferma o corrente, incluse le coste marine, la cui profondità non superi i 6 metri con la bassa marea ».

Tralasciando l'esame delle tipologie, si può dire che i suddetti ambienti sono ecosistemi estremamente ricchi e diversificati contenenti un elevato numero di informazioni.

Nel ciclo idrologico le zone umide, e più in generale gli ecosistemi acquatici, sono un passaggio obbligato fondamentale dato che rappresentano il sistema di depurazione e trasformazione naturale più conveniente ed energeticamente meno costoso (ODUM, 1971). Nelle zone ad elevato tasso di antropizzazione, con sviluppo delle attività industriali ed agricole, questi ambienti sono divenuti uno dei bersagli tipici degli inquinanti proprio per la loro posizione a « collo di bottiglia » (da essi proviene la maggiore parte delle acque utilizzate e ad essi ritorna). Questo fenomeno ha alterato, collassato o distrutto numerosi ecosistemi acquatici e soprattutto quelli che rientrano nella definizione di Ramsar; questi hanno infatti mostrato gli effetti più vistosi di alterazione data la loro caratteristica molto frequente di acque a lento ricambio (lentic communities).

In quest'ultimo caso infatti la trasformazione e l'eliminazione dei contaminanti è essenzialmente legata a fattori biotici dato che i fenomeni di ossidazione o di allontanamento degli inquinanti sono ovviamente scarsi e lenti.

Riteniamo che le zone umide oltre a rappresentare biotopi di eccezionale importanza per la loro ricchezza genetica, per le funzioni che svolgono nei cicli biologici di molti animali (uccelli ad es.) e per il mantenimento di piante rare, possono risultare il punto di partenza per la scelta di specie utili per un trattamento biologico dell'inquinamento idrico.

La composizione biologica vegetale di molte zone umide è stata alterata dall'azione degli inquinanti: molte specie, spesso la maggioranza, sono scomparse, altre spesso sono divenute predominanti ed invadenti grazie ai meccanismi di difesa che esse possiedono. Questi meccanismi possono consistere nella capacità di non assorbire i contaminanti (resistenza passiva) o nella possibilità di assorbirli e trasformarli o inattivarli (resistenza attiva).

Ecco quindi, come già detto, le zone umide diventano ecosistemi ancora più eccezionali perché possono rappresentare l'ambiente ideale da cui prelevare idrofite capaci di essere utilizzate nel trattamento di scarichi antropici. Numerose specie infatti fra

cui *Alternanthera philoxeroides* Griseb., *Justicia americana* Vahl., *Myosotis palustris* Lam., *Nasturtium officinale* R.Br. *Potamogeton crispus* Darl., *Scirpus lacustris* L., *Spirodela polyrrhiza* Schleid., *Typha latifolia* L., etc. sono state sperimentate per il disinquinamento delle acque con buoni risultati (BOYD, 1970; SCARSBROOK e DAVIS, 1970; BOMBELLI, 1979).

Nell'ambito della linea di ricerca « Indicatori biologici della qualità dell'ambiente » abbiamo cercato di individuare idrofite autoctone capaci di ridurre il livello di contaminanti nelle acque. Queste ricerche, attualmente in sviluppo, sono orientate verso specie da utilizzare come disinquinanti di scarichi industriali (inquinamento da metalli pesanti) e di « acque di vegetazione » di frantoio (inquinamento da composti organici con un BOD₅ molto elevato).

Riportiamo in questa comunicazione risultati che si riferiscono alla prima fase delle ricerche.

Il primo gruppo di specie sperimentate sono state: una specie rizomatosa e radicante sul fondo (*Iris pseudacorus* L.), due specie flottanti (*Lemna minor* L. e *Salvinia natans* All.) e una specie natante esotica (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) prescelta per la sua estrema potenzialità di riproduzione e per la sua capacità, già nota dalla letteratura, di assorbire metalli pesanti (BOYD, 1970; WOLVERTON, 1975; WOLVERTON e McDONALD, 1976), anche se la sua utilizzazione può dar luogo a gravi inconvenienti se non utilizzata in ambienti adatti e con le dovute cautele.

Sono state prese in considerazione anche *Cyperus papyrus* L. e *Azolla caroliniana* Willd. ma la loro scarsa resistenza agli anioni inorganici (specialmente cloruri) ci ha fatto tralasciare queste due specie da ulteriori prove.

Le piante sono state allevate in ambiente liquido in vaschette contenenti 2.000 ml di soluzione. Il mezzo liquido, a seconda delle prove, era costituito da una soluzione nutritiva (soluzione dei macroelementi di Knop addizionata dalla soluzione dei microelementi di Heller con FeCl₃ · 6H₂O sostituito da FeSO₄ · 7H₂O o da altri mezzi cui faremo riferimento successivamente). Nel periodo invernale le piante furono allevate in serra riscaldata (20-25°C); in nessuna prova le piante furono sottoposte a particolari trattamenti fotoperiodici.

Le prove possono venire riunite in due gruppi principali:

- a) prove di resistenza ad anioni inorganici (PO₄³⁻; NO₃⁻; Cl⁻) di cui gli scarichi industriali sono molto ricchi.

b) prove di assorbimento di metalli pesanti.

Le specie saggiate hanno dimostrato di sopportare bene dosi di nitrati e fosfati pari a 45,5 ppm di P e 61,6 ppm di N, solo *Eichhornia crassipes* ha mostrato un rallentamento della produttività. La resistenza ai cloruri si è dimostrata elevata per le prime tre specie (solo verso 8 g/l iniziano a presentare lesioni e necrosi fogliari).

La capacità di assorbire metalli pesanti è stata saggiata sia con piante allevate in acqua deionizzata che in acqua di fonte ⁽¹⁾ entrambe addizionate di rame ⁽²⁾. In entrambi i casi abbiamo avuto una rimozione elevata del contaminante nelle 48 ore di durata della prova (pari all'80-90% della concentrazione iniziale) ⁽³⁾.

In questa comunicazione riferiamo per esteso i risultati ottenuti con scarichi non diluiti di una industria galvanica e di una industria orafa.

Le piante, omogenee per peso e forma sono state allevate in vaschette con 2.000 ml di acqua dello scarico. Il rame è stato analizzato mediante voltametria anodica e lo zinco tramite spettrofotometria ad assorbimento atomico determinando le quantità corrispondenti mediante una curva di taratura ottenuta con soluzioni standards. Le analisi, nei tempi intermedi, sono state compiute su campioni di 50 ml ciascuno; il controllo era rappresentato da vaschette contenenti un ugual volume di liquido e poste nelle medesime condizioni ma prive di piante.

La prima acqua utilizzata era, come già detto, lo scarico non diluito di una industria galvanica; questa acqua presentava un pH molto elevato (9,4) e un tenore in rame (presente sotto forma di complesso avente come legante lo ione CN⁻) di 5,01 ppm. I risultati, sotto forma di rame presente nell'acqua, sono riportati nella tabella 1.

Come si vede, dopo 48 ore, *Iris* e *Lemna* hanno rimosso rispettivamente il 76,05% e il 75,45% del rame iniziale mentre la capacità minore è stata presentata dalla *Salvinia* (40,72%). Questi dati sono risultati minori di quelli ottenuti con rame aggiunto ad acqua deionizzata dove, ad esempio, *Salvinia* ha rimosso il 92,16%

(1) cioè l'acqua comunemente usata nella maggior parte dei cicli di lavorazione.

(2) Abbiamo usato il rame (nella forma rameica e nella concentrazione di 5 mg/l) perché è un elemento molto comune negli scarichi industriali.

(3) Anche se, nella prova con acqua di fonte, una parte del rame era precipitato in forma insolubile.

TABELLA 1 - Variazione della concentrazione di Cu (mg/l) in uno scarico reale (industria galvanica).

specie	ore	0	2	4	10	24	48
<i>Eichhornia crassipes</i>		5,01	4,3	4,5	4,3	4,1	2,1
<i>Lemna minor</i>		5,01	4,1	3,6	3,7	3,2	1,23
<i>Salvinia natans</i>		5,01	4,4	5,15	4,8	4,6	2,97
<i>Iris pseudacorus</i>		5,01	3,79	3,8	4,4	3,4	1,2
Controllo		5,01	5,01	5,1	5,4	4,9	5,4

del rame. I fattori che maggiormente hanno influito su questa diminuita capacità di rimozione sono stati il pH elevato e lo ione cianuro; la capacità di rimozione da parte di ciascuna specie è quindi risultata influenzata in maniera differente: scarsamente influenzata per *Iris* e *Lemna*, discretamente per *Eichhornia* e notevolmente per *Salvinia*.

Nelle specie di maggiori dimensioni (*Eichhornia* e *Iris*) abbiamo anche cercato di individuare la distribuzione del contaminante nelle varie parti delle piante. Questi risultati sono riportati nella tabella 2.

TABELLA 2 - Distribuzione del Cu nelle varie parti di piante di *Eichhornia crassipes* e *Iris pseudacorus* (percentuale sul totale del rame rinvenuto nelle piante).

specie	parti della pianta	Cu rinvenuto (% sul totale)
<i>Eichhornia crassipes</i>	radici	85,01
	rizoma	14,61
	foglie adulte	0,38
	foglie giovani	0,00
<i>Iris pseudacorus</i>	radici	78,45
	rizoma	21,55
	foglie	tracce non quantificabili

Le due specie che nella prova precedente avevano dati i risultati migliori (*Iris* e *Lemna*) sono state utilizzate successivamente per saggiare la capacità di rimozione in un'acqua contenente diversi

contaminanti. L'acqua usata era lo scarico reale (non diluito) di una grossa industria di orificeria dell'Aretino; le sue caratteristiche fisico-chimiche erano le seguenti:

pH = 6,6	SO ₄ ²⁻ = 2,65 mg/l	Cr ³⁺ = 0,07 mg/l	Cu ²⁺ = 0,55 mg/l
	NO ₃ ⁻ = 11,53 mg/l	Ni ²⁺ = 0,45 mg/l	Zn ²⁺ = 0,57 mg/l
	Cl ⁻ = 6,42 mg/l	Fe ²⁺ = 0,20 mg/l	

Fra i cationi abbiamo preso in considerazione il rame e lo zinco in quanto le loro concentrazioni risultavano superiori (e nel caso del rame molto superiori) alla Tabella A della Legge Merli.

Anche in questa prova *Iris pseudacorus* (malgrado la minore durata della prova: 27 ore) ha mostrato di avere una elevata capacità di rimozione in quanto alla fine della prova nelle vaschette erano presenti solo il 21,82% del rame iniziale e il 36,84% dello zinco (tabella 3).

TABELLA 3 - Variazione delle concentrazioni di Cu e Zn (mg/l) in uno scarico reale (oreficeria).

specie	ore		0	3	9	24	27
Lemna minor		Cu	0,55	0,50	0,42	0,33	0,24
		Zn	0,57	0,51	0,39	0,37	0,38
<i>Iris pseudacorus</i>		Cu	0,55	0,32	0,25	0,22	0,12
		Zn	0,57	0,38	0,25	0,25	0,21
Controllo		Cu	0,55	0,55	0,55	0,55	0,57
		Zn	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57

Alcune delle specie da noi saggiate hanno, almeno in queste prove, dimostrato di poter diminuire la concentrazione di alcuni inquinanti particolarmente tossici. E' chiaro che queste specie non dovranno sostituirsi ai depuratori ma riteniamo che un ulteriore trattamento con queste specie o con altre che mostrino simili capacità di depurazione, sarà fondamentale per restituire alle acque le caratteristiche fisiche e chimiche necessarie per evitare un qualsiasi impatto negativo con il corpo idrico in cui vengano scaricate, soprattutto se questo corpo presenta una bassa capacità di ricambio.

Da questi risultati la specie più promettente sembrerebbe essere *Iris pseudacorus*. La sua capacità di rimozione è risultata essere superiore a quella di *Eichhornia crassipes* anche se quest'ultima può supplire con la sua prodigiosa capacità riproduttiva. Tuttavia quest'ultima specie è risultata relativamente sensibile agli anioni saggiati (e di cui gli scarichi industriali sono generalmente ricchi) per cui, anche per i rischi che essa presenta, non riteniamo utilizzabile questa specie per questi scopi.

Sono necessarie ulteriori ricerche per approfondire le conoscenze sulla biologia e sulle esigenze ecologiche sia di *Iris pseudacorus* che di altre specie. Infatti i risultati ora riferiti sono stati ottenuti con esemplari di *Iris* provenienti dalla Tenuta di San Rossore (Pisa); alcune prove compiute con piante della stessa specie prelevate a Castelporziano (Roma) sono fallite per la minore capacità di resistenza di questa provenienza alle concentrazioni degli inquinanti dello scarico della seconda prova qui riportata.

Similmente dovranno essere ricercate altre specie che potrebbero presentare caratteristiche interessanti da questo punto di vista. SARTONI (comunicaz. personale) ha segnalato che, in certe marcite della bassa Lombardia soggette a forte inquinamento, *Typha latifolia* è praticamente l'unica macrofita che vi vegeti.

Al pari delle zone umide per acque dolci, quelle in cui le acque sono ricche di sali possono, a ragione, essere considerate di estremo interesse sia per la loro produttività, sia come vere e proprie riserve biologiche e genetiche. Dalla flora di questi ambienti si potrebbero infatti attingere specie e/o ecotipi da utilizzare in campo agronomico oltre che, come già è stato detto, per la lotta all'inquinamento.

La dissennata utilizzazione del territorio che è stata attuata negli ultimi decenni ha portato talvolta alla distruzione o alla degradazione di aree stagnali salse, spesso comunicanti col mare, di grande importanza economica oltre che naturalistica. Fra i tanti esempi basterà ricordare la situazione, veramente emblematica, dello stagno di S. Gilla (Cagliari) che, prima della industrializzazione delle aree limitrofe, nel 1957, dava una produzione ittica di 8402 qli/anno pari a 3,95 qli/ha, produzione che si è progressivamente ridotta sino a soli 722,80 qli/anno pari a 0,34 qli/ha nel 1971 (COTTIGLIA et al., 1973). A queste cifre, già di per sé drammatiche, bisogna aggiungere che negli ultimi anni la produzione ittica a S. Gilla si è ridotta a valori prossimi allo zero e che, infine, il pescato

è stato reso inutilizzabile dagli elevatissimi contenuti in metalli pesanti.

Questi fatti sono indice di una gravissima degradazione ambientale e appaiono particolarmente importanti per il fatto che si ripercuotono con immediatezza sulla comunità in quanto suscitano problemi socioeconomici, come il mancato lavoro dei pescatori per la mancata produzione ittica e problemi sanitari connessi all'eventuale immissione nei mercati dei pesci inquinati. Sarebbe però un errore valutare l'importanza delle zone umide salmastre tenendo conto della sola componente biologica animale e, per contro, ignorando o sottovalutando l'importanza naturalistica e la potenziale utilizzazione pratica del patrimonio floristico di questi ambienti. La flora degli ambienti stagnali andrebbe quindi difesa e conservata, in special modo quando essa insiste su terreni ricchi di sali.

Da tempo hanno acquistato importanza, a livello mondiale, i problemi agronomici relativi alla utilizzazione dei terreni salini ed all'uso di acque di irrigazione ricche in sali (BOYKO, 1968). Queste problematiche sono strettamente connesse con il reperimento di specie e/o di ecotipi alofili che per le loro caratteristiche fisiologiche, possono essere utilizzati sia direttamente in coltura, sia come fornitrici del carattere « alotolleranza » per il miglioramento genetico di specie glicofile altamente produttive.

CHAPMAN (1960 e 1972) e MUDIE et al. (1962) sono stati fra i primi ricercatori che hanno posto l'accento sulla importanza e sul potenziale uso agronomico delle alofite e delle aree stagnali salse. E' opportuno ricordare che queste problematiche, che hanno dimensioni mondiali, ci riguardano direttamente in quanto in Italia le superfici caratterizzate da suoli salini sono state valutate in circa 50.000 ha ed in circa 400.000 ha i suoli a potenziale vocazione salina (SZAABOLCS, 1974). In aggiunta è opportuno ricordare che le specie alotolleranti sono particolarmente resistenti alla scarsità di acqua e pertanto potrebbero trovare anche pratica utilizzazione negli ambienti caldi e aridi, tanto frequenti nel nostro Paese. Un esempio clamoroso di come possano essere utilizzate specie alofite e xerofitiche, ci viene dall'opera di trasformazione operata dagli ebrei nelle zone desertiche del Sinai e della Palestina, primo fra tutti il ripopolamento con specie adatte, dell'area desertica ove è sorta la città-porto di Eilat. Il progetto, impostato nel 1949, è stato realizzato e, in 15 anni, ha portato alla formazione di parchi e giardini entro e fuori l'area urbana di Eilat (BOYKO e BOYKO, 1968).

Come è stato prima detto, le specie degli ambienti umidi salmastri possono essere oggetto di ricerche tendenti a 1) utilizzare direttamente la specie per uno sfruttamento economico e 2) utilizzare indirettamente la specie mediante ibridazione o innesti in modo da migliorare le capacità alotolleranti delle essenze già in coltura.

1) Numerose specie alofile o ecotipi alofili di specie glicofile sono state studiate in funzione del loro uso potenziale come foraggiere. In Inghilterra *Spartina townsendii*, *S. alterniflora* e *S. patens* sono state sperimentate al fine di valutare il loro impiego come foraggiere (HUBBARD e RANWELL, 1966); queste specie hanno rispettivamente dato una produzione, in peso secco, di 7,5; 8,5 e 8,96 t/ha, con punte di ben 12,6 t/ha, e con contenuti proteici, in percentuale sul peso secco, di 8,2-21,5; 5,7-13,2 e 5,4-12,7 (RANWELL, 1967). *Spartina* rappresenta quindi una potenziale risorsa foraggera di notevole importanza, considerando anche la sua rapidità di sviluppo e la sua grande diffusione.

Di notevole interesse dal punto di vista foraggero sono anche *Distichlis spicata* e *Cynodon dactylon*; queste specie hanno dimostrato una notevole capacità produttiva — 8,5 e 6,6 t/ha in peso secco, rispettivamente — con foraggio ad elevati contenuti proteici (UDELL et al., 1969). Tra le specie componenti la flora degli ambienti umidi meritano attenzione, anche perché sono già saltuariamente oggetto di sfruttamento, *Hordeum murinum* e *H. marinum*, *Agropyrum junceum* e *A. elongatum*, *Distichlis spicata*, *Puccinellia maritima* e *P. distans*, *Lotus corniculatus* e *L. halophilus*, *Medicago marina* e *M. litoralis*, *Plantago coronopus* e *P. maritima*, *Trifolium tomentosum* ed altre ancora che sarebbe troppo lungo ricordare (cfr. MUDIE, 1974).

Un cenno particolare merita *Juncus maritimus* che da gran tempo è stato studiato come fornitore di cellulosa per l'industria della carta. Questa pianta possiede infatti elevati contenuti di cellulosa, pari al 55% del peso secco (BLOCH et al., 1954).

Molte specie alofile di ambienti salmastri, oltre a quelle che già sono entrate nell'uso, potrebbero trovare impiego in floricoltura, in special modo per essere messe a dimora in ambienti aridi e/o con i substrati ricchi di sali. Di alcuni *Limonium* già si raccolgono e commerciano le infiorescenze, certamente la loro coltivazione potrebbe essere sviluppata e migliorata. Altre composite come *Aster*

tripolium e *Cotula coronopifolia* potrebbero essere utilizzate come piante ornamentali unitamente ad ecotipi alotolleranti di *Mesembrianthemum*, *Tamarix*, *Convolvulus* e di altre ancora.

2) Ancora più importante, se fosse possibile, è, negli ambienti umidi salmastrì, la funzione della flora vista come riserva genetica a disposizione per il miglioramento delle qualità produttive e di adattamento all'ambiente delle specie già in coltivazione. La flora di questi ambienti è stata soltanto in minima parte utilizzata sotto questo aspetto; le specie alotolleranti potrebbero concorrere a migliorare le capacità di adattamento delle varie cultivars in coltura delle specie di *Triticum*, *Avena*, *Hordeum*, *Beta*, *Secale*, *Medicago*, *Trifolium* etc. mediante ibridazioni (es. *Agropirum junceum* x *Triticum aestivum*, *T. dicoccum*; *Raphanus maritimus* x *R. sativus*; *Beta vulgaris* subsp. *maritima* x *B. vulgaris*).

Da quanto è stato, anche se sommariamente, accennato, appare evidente la necessità di conservare il più possibile integra la situazione ecologica delle zone umide che costituiscono una potenziale fonte di risorse economiche ed una reale riserva di risorse biologiche e genetiche difficilmente ricostituibili una volta che andassero perdute. Purtroppo, come già in apertura è stato fatto notare, ha già portato alla scomparsa in Italia di alcune aree stagnali e al degrado, anche profondo, di molte altre di esse. Questo fatto è dovuto spesso ad una errata valutazione da parte del politico della importanza e funzione nell'ecosistema delle aree lacustri e stagnali; sarebbe auspicabile per il futuro un maggior rispetto nei confronti delle zone umide ed una conseguente conservazione del loro patrimonio faunistico e floristico.

BIBLIOGRAFIA

- BLOCH M. R., KAPLAN D., SCHNERB J. (1954) - *Juncus maritimus*, a raw material for cellulose. *Bull. Res. Council. Isr.*, **4**, 192-194.
- BOMBELLI V. (1979) - Macrofite radicate nella depurazione di effluenti diversi. *Suinicoltura*, **20** (7): 43-51.
- BOYD C. E. (1970) - Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters. *Econ. Bot.*, **24**, 95-103.
- BOYKO E., BOYKO H. (1968) - The desert garden of Eilat. In « Saline irrigation for agricultures and forestry »; ed. by H. Boyko. World Academy of Art and Science. IV. Junk, The Hague.

- BOYKO H. (1968) - Saline irrigation for agriculture and forestry. World Academy of Art and Science, IV. Junk, The Hague, 325 pp.
- CHAPMAN V. J. (1960) - Salt marshes and salt deserts of the world. Interscience, New York.
- CHAPMAN V. J. (1972) - Mangroves of the world. Leonard Hill, London.
- COTTIGLIA M., MASCIA C., TAGLIASACCHI MASALA M. L. (1973) - Fenomeni di degradamento in un ambiente salmastro (le attuali condizioni dello « stagno » di S. Gilla presso Cagliari e le reali possibilità di risanamento in funzione della pesca e dell'acquacoltura). Estratto dal n. 48 de « La programmazione in Sardegna ». Cagliari.
- HUBBARD J. D. E., RANWELL D. S. (1966) - Cropping *Spartina* salt marsh for silage. *J. Br. Grassland Soc.*, **21**, 214-217.
- MUDIE P. J. (1962) - In: Mudie P. J. (1974).
- MUDIE P. J. (1974) - The potential economic uses of halophytes. In « Ecology of halophytes »; ed. by R. J. Remold and W. H. Queen. Academic Press, New York.
- ODUM E. P. (1971) - Fundamentals of ecology. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 574 pp.
- RANWELL D. S. (1967) - World resources of *Spartina townsendii* (s.l.) and economic use of *Spartina* marshland. *J. Appl. Ecology*, **4**, 239-256.
- SCARSBROOK E., DAVIS D. E. (1970) - The effect of sewage effluent on growth of five vascular plants. Proc. 23rd Annual Meeting Southern Weed Science Society.
- SZABOLCS I. (1974) - Salt affected soils in Europe. Nijhoff M., The Hague, 63 pp.
- UDELL H. F., ZARUDSKY J., DOHENY T. E., BURKHOLDER P. R. (1969) - Productivity and nutrient values of plants growing in the salt marshes of the town of Hempstead, Long Island. *Bull. Torrey Bot. Club*, **96**, 42-51.
- WOLVERTON B. C. (1975) - Water hyacinths for removal of cadmium and nickel from polluted waters. *NASA Technical Memorandum*, TM-X-72721.
- WOLVERTON B. C., Mc DONALD R. C. (1976) - Water hyacinths (*Eichhornia crassipes*) for removing chemical and photographic pollutants from laboratory wastewaters. *NASA Technical Memorandum*, TM-X-72731.

(ms. pres. il 21 dicembre 1981; ult. bozze il 3 maggio 1982)