

Sulla presenza di *Caulerpa racemosa* (Forsskäl) J. Agardh in Sardegna

ANDREA COSSU E VITTORIO GAZALE*

DIPARTIMENTO DI BOTANICA DELL'UNIVERSITÀ DI SASSARI

BATTELLE-SOFTEC - TRAMARIGLIO, SASSARI

Riassunto

Nel presente contributo viene segnalato un nuovo sito di rinvenimento di *Caulerpa racemosa*, localizzato a sud della Sardegna nel Golfo di Cagliari, nelle adiacenze dell'area industriale di Sarroch. È significativa la presenza dell'alga in prossimità del porto industriale dove attraccano numerose petroliere provenienti dal Golfo Persico via Suez. È possibile quindi che data la grande resistenza dell'alga, frammenti del tallo possano essere rimasti impigliati nell'ancora. L'area marina risulta particolarmente adatta all'insediamento dell'alga perché risente della pressione antropica della vicina zona industriale, dell'elevata densità insediativa e della presenza di stagni e lagune di ampie dimensioni nelle immediate vicinanze. Il fondale da una prima prospezione è ricoperto da matte morte di notevoli proporzioni con radi ciuffi di *Posidonia* e con vaste zone di accumulo di materia organica particellata. Il sito presenta un'elevata torbidità dovuta al tipo di sedimento e bassi fondali. Il presente contributo analizza inoltre l'espansione di *Caulerpa racemosa* in Mediterraneo, riportando alcune considerazioni biogeografiche.

Introduzione

Caulerpa racemosa è un interessante esempio di migrazione che comincia nel bacino orientale del Mediterraneo e progressivamente si estende al bacino occidentale. Probabilmente la penetrazione in Mediterraneo è avvenuta per foresia antropica e quindi non dovrebbe essere considerata una vera lessepsiana "sensu" Por (1990).

La specie sembra mostrare un elevato dinamismo adattandosi a difficili condizioni ambientali (Doumenge, 1995) ed è stato dimostrato che, in coltura, le capacità di adattamento di *C. racemosa* al variare dei più importanti fattori ambientali (salinità, temperatura, luce e pH) in rapporto alle condizioni naturali del suo habitat risultano molto elevate (Horstmann, 1983) e gli stress indotti nella coltura di solito rientrano nella tolleranza fisiologica di *Caulerpa*. In condizioni estreme si possono comunque manifestare effetti dannosi sull'alga.

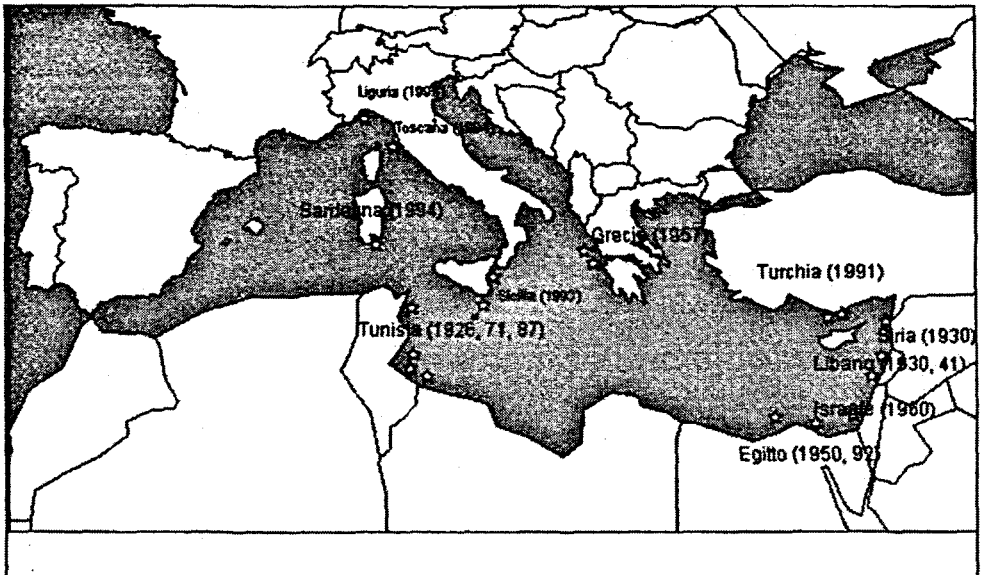


Fig. 1 - Stazioni di *Caulerpa racemosa* in Mediterraneo

C. racemosa è una specie tropicale largamente distribuita nel mar Rosso (Rayss, 1941; Cirik et Oztur, 1991). È stata segnalata per la prima volta in Mediterraneo da Hamel (1926) nelle coste della Tunisia dove è stata ritrovata successivamente da Ben Maitz (1987), tuttavia la principale area di distribuzione è localizzata nel settore orientale del Mediterraneo: Egitto (Aleem, 1992), Turchia (Cirik et Oztur, 1991), Israele (Rayss et Eldeistein, 1960), Siria (Huvé, 1957) e Libano (Rayss, 1941)

Tra primavera e l'estate del 1991, *Caulerpa racemosa* è stata rinvenuta in quantità considerevoli nelle vicinanze di Alessandria d'Egitto (Aleem, 1992). La specie ricopriva aree comprese tra qualche decimetro e un metro quadrato, prevalentemente in acque basse e leggermente-esposte in competizione con Fanerogame. In Egitto, ad oriente del delta del Nilo, era già stata segnalata la sua presenza nel 1950 (Aleem, 1950), mentre l'improvvisa comparsa ad occidente, in quantità considerevoli può essere attribuita alle diverse condizioni ambientali in seguito alla costruzione della diga di Assuan nel 1965 con la conseguente interruzione della ciclica inondazione del Fiume Nilo.

La riduzione di salinità nell'area antistante lo stretto di Suez provocata dal fiume Nilo si è verificata poiché solo un terzo della portata originaria si versa oggi in mare; la mancanza della barriera a bassa salinità rende così più facile l'espansione in Mediterraneo delle specie indopacifiche.

C. racemosa aveva varcato la soglia di Alessandria già prima

che la diga di Assuan entrasse in funzione; come si è detto (Hamel cit.) l'alga è stata ritrovata nel 1926 in Tunisia. In generale si può affermare che le caulerpe di origine tropicale si trovano soprattutto nel bacino orientale e centrale del Mediterraneo. Le migrazioni lessepsiane non possono spiegare completamente la diffusione di alcune specie ad affinità calda; ciò deve altresì essere messo in rapporto alla vegetazione relitta della tetide conservata dal terziario fino ad oggi, come effetto della temperatura elevata ed ad altre favorevoli condizioni ecologiche per la loro conservazione di cui ha goduto questo settore del Mediterraneo. Del resto se si considera la variabilità delle condizioni ambientali dell'habitat dell'alga e della sua capacità adattativa al variare di queste, bisogna accettare che l'espansione a nord può essere frutto della tendenza alla tropicalizzazione del intero bacino mediterraneo (Doumages, 1995). L'espansione tuttavia è anche da porre in relazione al particolare meccanismo di metabolismo facoltativo eterotrofo delle caulerpe (Crawford et Richardson 1992), che ne favorisce l'insediamento su substrati degradati con cospicua presenza di sostanza organica di varia natura. Ampie aree costiere mostrano infatti caratteristiche di questo tipo a causa dell'espansione di aree portuali, di aree interessate da scarichi urbani a riva, di aree in vicinanza di fiumi con bacino imbrifero ad alto tasso insediativo; tutti creano substrati elettivi per specie opportuniste a larga valenza ecologica o come nel caso delle caulerpe con un particolare tipo di metabolismo eterotrofo.

Recentemente *C. racemosa* è stata segnalata oltre il canale di Sicilia e va espandendosi verso il settore occidentale del Mediterraneo. La specie è stata infatti rinvenuta in Sardegna, nel litorale livornese (Piazzi et al., 1994) e a Genova Quinto (Bussotti et al., 1997). Quest'ultimo ritrovamento rappresenta la stazione più settentrionale e la superficie interessata è di pochi metri quadrati (fig. 1).

La situazione in Sardegna

I risultati che vengono presentati in questo lavoro hanno carattere preliminare, poiché sono in corso delle indagini in collaborazione con i dipartimenti di Botanica dell'Università di Catania e di Cagliari il cui obiettivo è quello di fornire una cartografia di dettaglio del popolamento, la sua macrostruttura, quella degli epifiti e il pattern spazio-temporale di coloniz-

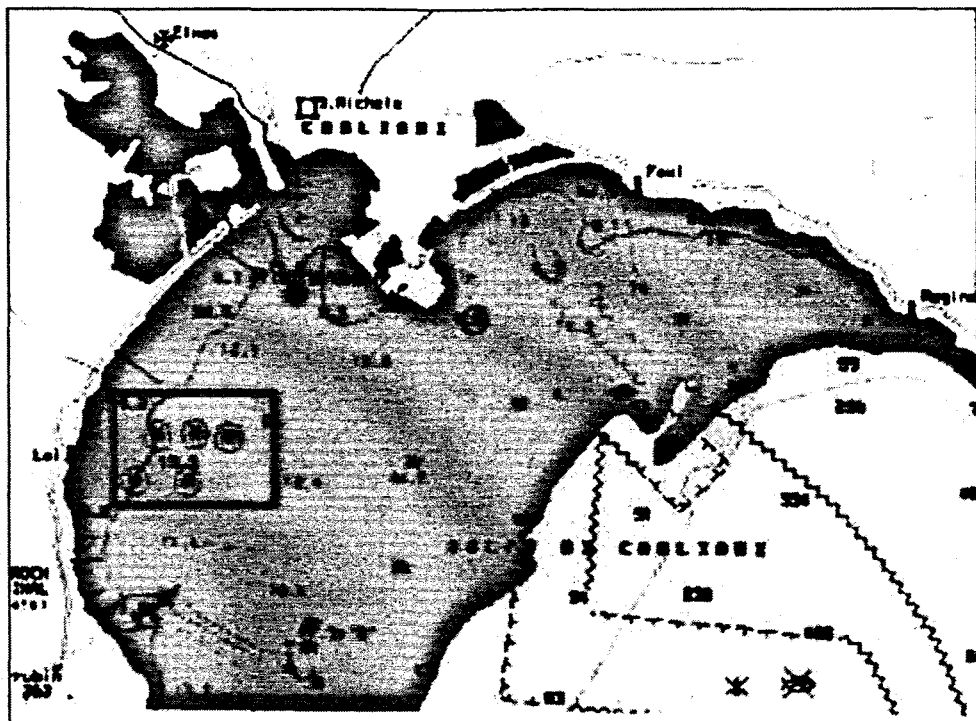


Fig. 3 - Siti di campionamento nel Golfo di Cagliari

zazione.

Il sito di rinvenimento è localizzato a sud della Sardegna nel golfo di Cagliari, nelle vicinanze del porto industriale di Sarroch. La piattaforma continentale di quest'area risulta molto larga; la batimetrica dei 50 m dista dalla linea di riva circa 9 miglia. In estate l'area è interessata da una corrente dominante diretta verso E-N-E con una velocità media di 0,4 nodi. In generale nel golfo di Cagliari, il filone principale della corrente genera un ramo indotto che crea lungo le coste una controcorrente diretta verso W con una velocità media di circa 0,2 nodi. In inverno con i forti venti del I quadrante si crea una corrente da levante a ponente che a sua volta manda un ramo indotto che si avvita nel golfo di Cagliari in senso orario, e sulle coste si traduce in una corrente da W ad E dell'intensità media di 0,3 nodi. Le condizioni del mare risentono dei venti prevalenti provenienti da ovest e l'area è spesso interessata da moti ondosi di forte intensità. Dopo ogni evento di tempesta l'acqua risulta torbida nei primi 7-8 m di profondità attenuando notevolmente la penetrazione della luce. Il range termico delle acque superficiali si colloca tra 13,5 °C e 24,5 °C rispettivamente in inverno e in estate. Inoltre l'area marina risente della pressione antropica della vicina zona industriale, dell'elevata densità insediativa e della presenza di stagni e lagune di ampie



Fig. 2 - *Caulerpa racemosa* nella st. 2 a 5 m di profondità

dimensioni nelle immediate vicinanze. Il fondale da una prima prospezione è ricoperto da matte morta di notevoli dimensioni con radi ciuffi di *Posidonia* e presenta vaste zone di accumulo di materia organica particellata. L'elevata torbidità dell'area è dovuta pertanto al tipo di sedimento, ai bassi fondali, e alle ricorrenti condizioni di mare mosso.

È significativa la presenza dell'alga nelle vicinanze del porto industriale dove attraccano numerose petroliere provenienti dal Golfo Persico via Suez. È possibile quindi che data la grande resistenza dell'alga, frammenti del tallo potrebbero essere rimasti impigliati nelle ancore delle navi.

La specie

C. racemosa è caratterizzata da uno stolone dal quale si dipartono rami eretti e cilindrici. I ramuli si dipartono in varia forma e possono presentarsi clavati, turbinati, sferici, emisferici o discoidali. Anche la disposizione può essere estremamente variabile passando da alterna a verticillata. Sono numerosi i taxa infraspecifici descritti: var. *lamourouxii*, var. *lamourouxii* f. *requienii*, var. *ciavifera* (Turner) Weber-van Bosse, var. *corynephora* (Montagne) Weber-van Bosse, var. *gracilis* (Zanardini) Weber-van Bosse, var. *laetevirens* (Montagne) Weber-van

Bosse, var. *macra* Weber-van Bosse, var. *macrophysa* (Sonder ex Kz.) Taylor, var. *occidentalis* (J. Agardh) Börgesen, var. *pel-tata* Lamouroux Eubank, var. *uvifera* (Turner) J. Agardh; i diversi aspetti morfologici rientrano tuttavia nella variabilità della specie (Alongi et al., 1993; Calvert, 1976). Peterson (1971) afferma che non è possibile distinguere taxa a livello intraspecifico e Ohba et Enomoto (1987) Ohba et al. (1992), hanno dimostrato che la forma dei ramuli di *C. racemosa* è influenzata dalle condizioni ambientali e in particolare dalla temperatura e dalla luminosità. Sviluppata in coltura questa pianta forma uno stelo primario dal quale si differenziano rizomi striscianti ed assi eretti. Ciascuno di questi successivamente forma dei ramuli assimilatori e la morfologia varia con le condizioni della coltura. La plasticità di questo taxon è quindi estremamente elevata ed è correlata con fattori ambientali. Le varietà sarebbero quindi ecofeni di una singola specie.

I talli da noi raccolti (fig. 2) sono caratterizzati da uno stolone, dal quale si dipartono assi eretti scarsamente ramificati, che portano ramuli claveformi. Questi ramuli sono distribuiti lungo gli assi in modo sub-oppoisto e decussato in accordo con i campioni raccolti da Alongi et al. (1993) nell'isola di Lampedusa. Alcuni campioni sono stati posti in acquario dimostrando una ottima capacità di adattamento; alcuni esemplari hanno subito una trasformazione rispetto alla forma *in situ*. La conformazione dei ramuli caviformi infatti si è allungata con disposizione sub-oppoista e distica rispetto alla condizione decussata riscontrata negli esemplari d'origine, condizione questa probabilmente legata alla scarsa luminosità del fondo.

L'ultima prospezione di dicembre 1996 ha mostrato un rigoglioso ed esteso popolamento. Come accennato nella descrizione del sito, considerate le caratteristiche morfologiche e l'ecologia della specie, l'area interessata dal popolamento a *C. racemosa* è sicuramente idonea ad un suo rapido sviluppo e per questo è in corso di determinazione l'attuale estensione.

L'associazione

Recentemente Giaccone e Di Martino (1995) hanno tipizzato il popolamento identificando la nuova associazione rizofitica *Caulerpetum racemosae* e la nuova associazione dipendente di specie epifite su *C. racemosa*, *Microdictyetum tenuii*.

Il *Caulerpetum racemosae* è psammofilo con le rizofite domi-

nanti *C. racemosa*, *C. prolifera* a cui si associano le specie di sottostrato *Rytiphloea tinctoria* e *Halopteris filicina*; in alcune condizioni *C. prolifera* può unirsi alla vegetazione epilita e a *P. oceanica*. Il *Caulerpetum racemosae* di Cagliari rispecchia fedelmente l'ecologia dell'associazione tipo.

Tossicità

Per ciò che attiene ad eventuali problemi di tossicità i dati in letteratura per tale argomento sono numerosi. Un imponente lavoro (Paul et al. 1986) eseguito su quaranta specie diverse di *caulerpe* ha mostrato la presenza di metaboliti secondari quali terpenoidi lineari; questi composti risultano tossici o deterrenti verso alcuni microrganismi, larve di ricci di mare, pesci erbivori, e quando vengano pabulati da alcuni giovani gasteropodi possono causarne la morte. I metaboliti secondari più comuni nel genere sono la Caulerpenina, la Caulerpicina e la Caulerpina. In particolare *C. racemosa* contiene Caulerpenina e Caulerpicina ma non contiene Caulerpenina. Modeste variazioni di tali metaboliti si sono riscontrate nelle diverse porzioni dell'alga; variazioni di una certa entità sono state evidenziate a livello interspecifico in esemplari provenienti da differenti popolazioni di *C. racemosa*.

Kumar (1992) ha riscontrato che estratti acetonicici, metanolici ed eterici di *Caulerpa racemosa* hanno mostrato attività biocide contro alcuni batteri e funghi.

È stata valutata la distribuzione di Caulerpenina e Caulerpicina in otto specie Caraibiche (Vest et al., 1983) *C. racemosa* var *uvifera* mostra basse concentrazioni di Caulerpicina. Non si è osservata nessuna variazione stagionale nelle popolazioni delle concentrazioni dell'uno o l'altro composto. È stato dimostrato che molluschi sacoglossi dei generi *Elysia* ed *Oxynoe* pabulano *C. racemosa*.

In tre specie di *Caulerpe* tropicali *C. sertularioides*, *C. racemosa*, e *C. cupressoides* (Meyer, 1992), è stata esaminata la variazione intraspecifica dei loro metaboliti secondari; le alghe sono state raccolte dal banco corallino di Guam. Il tallo (eretto e prostato), è stato trattato estraendo separatamente i metaboliti e tutte e tre le specie mostrano maggiori tassi del metabolita secondario nella porzione eretta rispetto a quella prostata probabilmente perché la prima è più esposta a macroerbivori ed è coinvolta nella riproduzione. I risultati hanno altresì mostrato

che sia gli estratti grezzi sia i metaboliti isolati, *Caulerpenina* e *Caulerpina*, non hanno, verso pesci erbivori, un effetto deterrente al il cibo, anche a se le concentrazioni sono più elevate di quelle riscontrate in condizioni naturali

Si è presunta una probabile relazione tra il consumo di *Sarpa salpa* e casi di intossicazione umana, lungo le coste israeliane (Chevaldonne P., 1990); i sintomi mostravano una certa simiglianza a quelli del veleno di *Ciguatera*. La *Giugatossina* prodotta dal dinoflagellato *Gambierdiscus toxicus* si inserisce infatti nella catena alimentare caraibica (Spanier et al. 1989); secondo l'autore un ipotesi non provata potrebbe essere data dalla possibile alimentazione di *Sarpa* con *Caulerpa* data la loro simiglianza sintomatica e dal fatto che in Mediterraneo non erano mai stati segnalati avvelenamenti da *ciguatera* via *Sarpa*.

Utilizzazione

Caulerpa racemosa è abitualmente coltivata nell'arcipelago indo-malese e la richiesta ad uso alimentare è in forte aumento in tutto l'Oriente; l'azione irritante indirizzata verso i potenziali brucatori, esalta nei cibi un sapore piccante ritenuto dalle popolazioni orientali particolarmente gradevole probabilmente perché simile a quello del comune peperoncino.

Un'interessante applicazione potrebbe derivare dalla capacità di bioaccumulo dell'alga verso alcuni metalli. Nel litorale brasiliano di Baia di Ribeira, Angra dos Reis è stata determinata la concentrazione di Cu, Cr, Cd, Zn, Mn, Co, Pb e Ni in alcune alghe bentoniche (Guimaraes et al., 1982). I risultati hanno mostrato che questi elementi sono stati concentrati dalle alghe esaminate nel loro tallo ed in particolare *Galaxaura marginata* e *Caulerpa racemosa* hanno mostrato le concentrazioni più alte Il fattore stimato di bioaccumulo varia da 10^2 per Ni a 10^5 per Pb *Caulerpa racemosa* si propone quindi come potenziale specie monitor per questi metalli in acque litoranee.

Conclusioni

Il caulerpeto di Sarroch potrà offrire l'occasione per mettere a fuoco problematiche di stremo interesse ai fini una migliore conoscenza della specie e conseguentemente contribuire alla definizione di un quadro complessivo di un gruppo di alghe di grande originalità e di cui ancora molti tasselli mancano per una sufficiente definizione a livello tassonomico, fisiologico ed ecologico. Per ciò che attiene ai problemi di tossicità i dati di letteratura inducono ad un cauto ottimismo anche se a nostro parere sarebbero da approfondire alcuni aspetti legati alla particolare catena alimentare che si istaura in nuove aree di colonizzazione.

BIBLIOGRAFIA

- ALEEM.A., 1950 - Some new records of marine algae from Mediterranean sea. With reference to geographical distribution. Acta horti Gotonurgensis 18: 275-288.
- ALEEM A.A., 1992 - *Caulerpa racemosa* (Chlorophyta) on the Mediterranean coast of Egypt. PHYCOLOGIA.. vol. 31, no. 2, pp. 205-206
- ALONGI G., CORMACI M., FURNARI G., GIACCONE G., 1993 - Prima segnalazione di *Caulerpa racemosa* (Chlorophyceae, Caulerpales) per le coste italiane. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. 26 (342) 46-53
- BEN MAIZ N., BOUDOURESQUE C. F., OUAHCHI F., 1987 - Inventaire des algues et phanérogames marines benthiques de la Tunisie. Giorn. Bot. Ital. 121: 259-304.
- BUSSOTTI S., CONTI M., GUIDETTI P., MARTINI F., MATRICARDI G., 1997 - First record of *Caulerpa racemosa* along the coast of Genoa (N-E Mediterranean) Doriana (in stampa).
- CRAWFORD G., H., RICHARDSON W., N., 1972 Heterotrophic potential of macroscopic Alga *Caulerpa racemosa*. Proc. of the 7 Int. Seaweeds Symp. 1971:262
- CHEVALDONNE P., 1990 - Ciguatera and the saupe, *Sarpa salpa* (L.), in the Mediterranean: A possible misinterpretation. J. FISH-BIOL. 1990. vol. 37, no. 3, pp. 503-504
- CIRIK, S., ÖZTÜRK, B., 1991 - Notes sur la présence d'une forme rare du *Caulerpa racemosa* en Méditerranée orientale. Flora Mediterranea 1: 217-219
- CLAVERTH H. E., 1976 - Culture studies of some Florida species of *Caulerpa*: morphological responses to reduced illumination. Br. PHYC. 3.11: 203-214.
- DOUMAGE F., 1995 Quelques réflexions sur les algues Caulerpes. Biol. Mar. Medit. 2(2): 613-633
- GIACCONE G., DI MARTINO V., - 1995 - La vegetazione a *Caulerpa racemosa* (Forssk.) J. Ag. nella baia di S. Panagia (SE Sicilia). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. 28 (349) 59-73
- GUIMARAES J. R. D., DE LACERDA L.D., TEIXEIRA V. L., 1982 - Concentração de metais pesados em algas bentônicas da Baía da Ribeira, Angra dos Reis, com sugestão de espécies monitoras REV.-BRAS.-BIOL.. vol. 42, no. 3, pp. 553-557
- HAMEL G., 1926 - Quelques algues rares ou nouvelles pour la flore méditerranéenne. BULL. DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, tome 32, 420 pp.
- HORSTMANN H., 1983 - Cultivation of the green alga, *Caulerpa racemosa*,

- in tropical waters and some aspects of its physiological ecology. *A3.* 32(3-4): 361-371
- HUVÈ H., 1957 - Sur une variété nouvelle pour la Méditerranée du *Caulerpa racemosa* (Forssk.) J. Agardh. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endome 12: 67-73.
- KUMAR V., 1992- Biocidal activity of certain marine algae from Tuticorin coast. *ENVIRON.-Ecol.* 10(4): 811-813-
- MEYER K. D., PAUL V. J., 1992 - Intraplant variation in secondary metabolite concentration in three species of *Caulerpa* (Chlorophyta: Caulerpales) and its effects on herbivorous fishes. *MAR. Ecol. PROG. SER.* 82(3): 249-257
- OHBA H., NASHIMA H., ENOMOTO S., 1992 - Culture studies on *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyceae) 3. Reproduction, development and morphological variation of laboratory-cultured *C. racemosa* var. *peltata* ..*BOT. MAG. TOKYO.* 105,(1080): 589-600
- OHBA H., ENOMOTO S., 1987 - Culture studies on *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyceae) II. Morphological variation of *C. racemosa* var. *laetevirens* under various culture conditions. *JPN. J. PHYCOL.* 35: 178-188.
- PAUL V. J., Fenical, W. Chemical defense in tropical green algae, order Caulerpales *MAR. Ecol. PROG.-SER.* 1986. vol. 34, no. 1-2, pp. 157-169
- PETERSON R. D., 1972 - Effects of light intensity on the morphology and productivity of *Caulerpa racemosa* (Forssk.) J. Agardh. *MICRONESICA* 8: 63-86.
- PIAZZI L., BALESTRI E., CINELLI F., 1994 - Presence of *Caulerpa racemosa* (Forssk.) J. Ag. in the NW Mediterranean Cryptogamie, *Algol.*, 15(3) 183-189.
- POR, F. D., 1989 *The legacy of Tethys: an aquatic biogeography of levant.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 214 p.
- RAYSS T., 1941 - Sur les caulerpes de la cote Palestinienne. *PALESTINE JOURNAL OF BOTANY JERUSALEM, SERIES 2:*103-124.
- RAYSS T., ELDELSTEIN T., 1960 - Deux Caulerpes nouvelles sur les côtes Méditerranées d'Israel. *REV. GÉN. BOT.* 67: 602-620.
- SPANIER E., FINKELSTEIN Y., RAIKHUN-EISENKRAFT B., 1989 - Toxicity of the saupe, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), on the Mediterranean coast of Israel. *J.-FISH-BIOL.* 1989. vol. 34, no. 4, pp. 635-636
- VEST S. E., DAWES ROMEO C. J., 1983 - Distribution of caulerpin and caulerpicin in eight species of the green alga *Caulerpa* (Caulerpales). *J. T. BOT. MAR.* 26(7): 313-316

**FINITO DI STAMPARE
NEL MESE DI NOVEMBRE 1997
NELLA STAMPERIA INDUSTRIALE
GRAFICA MEDITERRANEA SRL
BOLOTANA**