

Edmondo H o n s e l l

## Prime osservazioni ultrastrutturali sulle cellule di *Bangia fuscopurpurea* (Dillw.) Lyngb. (\*)

### INTRODUZIONE

Le ricerche ultrastrutturali sulle cellule delle Rhodophyta sono ancora piuttosto limitate, frammentarie e i risultati di esse talora contrastanti.

Per le Bangiophyceae esiste un lavoro molto accurato di BRODY e VATTER (1959) su *Porphyridium cruentum* e altre osservazioni di GIRAUD (1962) sullo stesso *Porphyridium*, su due specie di *Porphyra* e su *Rhodosorus marinus*. Per le Floridee, le ricerche ultrastrutturali abbracciano una quindicina di specie, sia soltanto per quanto concerne la parete cellulare (*Griffithsia*, *Rhodymenia* e *Laurencia*: MYERS, PRESTON e RIPLEY, 1956, 1959), sia i cromatofori e in misura minore gli altri costituenti protoplasmatici (*Rhodochorton*, *Trailliella*, *Gracilaria*, *Plocamium*, *Gigartina* e *Polysiphonia*: MITRAKOS, 1960; *Lomentaria*: BOUCK, 1962; *Rhodomela* e *Ceramium*: GIRAUD, 1962; *Furcellaria*: BERKALOFF, 1962; *Polysiphonia* e *Ceramium*: PEYRIERE, 1963).

I cromatofori presentano nei casi descritti una distinta membrana plastidiale, che in *Lomentaria bayleiana* (BOUCK, 1962), *Polysiphonia*, *Ceramium* (PEYRIERE, 1963) e *Rhodomela subfusca* (GIRAUD, 1962) è accompagnata da una membrana più interna, ad essa parallela, che avvolge tutto il sistema lamellare plastidiale, al quale darebbe origine. Le lamelle all'interno del plastidio, raramente disposte in pile indipendenti (BRODY e VATTER, 1959), sono chiuse all'estremità formando veri e propri

---

\* Consiglio Nazionale delle Ricerche, Comitato Biologia e Medicina, Gruppo di ricerca « ECOLOGIA ». Lavoro eseguito nell'Istituto e Orto Botanico (Facoltà di Scienze) dell'Università di Napoli.

« sacculi » appiattiti e sono normalmente separate le une dalle altre da uno spazio di circa  $0,1 \mu$  (GIRAUD, 1962). Nelle specie osservate le lamelle sono doppie con due zone più oscure che delimitano una più chiara intermedia con spessori totali variabili da 100 a 200 Å. Soltanto in *Lomentaria* (BOUCK, 1962), in qualche caso osservato da GIRAUD (1962) e in *Polysiphonia* e *Ceramium* (PEYRIERE, 1963) sono state descritte lamelle con tre strati oscuri simili a quelle segnalate da LEFORT (1960) per le Cyanophyceae, ma non è da escludere che si tratti di artefatti. BERKALOFF (1962) ha osservato in *Furcellaria fastigiata* una variazione nell'evoluzione delle lamelle nei cromatofori, a seconda della posizione delle cellule che li contengono, all'interno o alla periferia del tallo.

I pirenoidi appaiono generalmente poco differenziati, costituendo una zona non lamellata del cromatoforo (*Porphyridium*: BRODY e VATTER, 1959) o povera di lamelle (*Rhodochorton*: MITRAKOS, 1960; *Rhodorus* e *Nemalion*: GIRAUD, 1962).

Per quanto concerne l'origine dei cromatofori, secondo MITRAKOS (1960) essi deriverebbero per divisione di quelli preesistenti, mentre BOUCK (1962) ritiene che in *Lomentaria* possano anche avere origine da proplastidi non lamellati.

L'amido, sia nelle Bangiophyceae che nelle Florideae, è sempre contenuto nel citoplasma, al di fuori dei cromatofori, ad eccezione di un caso descritto da MITRAKOS (1960) per cellule giovani di *Gigartina*: i suoi granuli generalmente non sono rivestiti da membrana ma semplicemente delimitati da uno strato leggermente più denso del rimanente citoplasma. BRODY e VATTER (1959), tuttavia, descrivono per i granuli di amido di *Porphyridium* una membrana limitante ben definita.

Sembrerebbe che nelle Rhodophyceae finora studiate siano sempre presenti mitocondri tipici (BERKALOFF, 1962; GIRAUD, 1962) o con variazioni morfologiche più o meno notevoli (BOUCK, 1962), ma BRODY e VATTER (1959) negano la loro esistenza in *Porphyridium*, almeno nella forma specifica.

Dictiosomi sono stati segnalati in *Porphyridium* (BRODY e VATTER, 1959), in *Lomentaria* (BOUCK, 1962), *Rhodorus*, *Porphyra*, *Batrachospermum* e *Rhodomela* (GIRAUD, 1962). Sembra sia un fatto generale anche la presenza del reticolo endoplasma-

tico, particolarmente evidente nelle cellule giovani, ma la questione non è stata ancora approfondita. BRODY e VATTER (1959) segnalano nel citoplasma di *Porphyridium* abbondanti elementi vescicolari, lamellari e granulari.

Queste notizie sulla conoscenza dell'organizzazione ultrastrutturale, non sempre completa, di un numero troppo limitato di specie, non consentono di mettere in rilievo caratteri generali, validi per tutte le Rhodophyta: appare quindi evidente la necessità di estendere questi studi ed osservazioni ad altre specie, tenendo conto anche della loro posizione sistematica nell'interno del gruppo stesso. Allora soltanto si potranno fare validi confronti, sotto questo punto di vista, con le altre piante e, in particolare, con i gruppi sistematici filogeneticamente più affini ad esse.

#### MATERIALE E METODO

In questa nota vengono illustrati i risultati delle prime osservazioni al microscopio elettronico delle cellule di *Bangia fuscopurpurea* (Dillw.) Lingb. Questa specie appartiene alla classe delle Bangiophyceae, ordine Bangiales e rappresenta una forma primitiva delle Rhodophyta. E' un'alga pluricellulare con tallo filamentoso: le cellule disposte alla base in un'unica serie, si dividono anche longitudinalmente nella regione terminale dando origine ad una porzione del filamento più slargata, pluriseriata. Come in molte altre Rhodophyta, la parete è costituita da due parti distinte, la guaina più esterna e una porzione interna pectica. Le cellule posseggono un unico grande rodoplasto lobato con pirenoide centrale, sono uninucleate e contengono, normalmente nel citoplasma, granuli di un amido che si colora con lo iodio in bruno.

L'ecologia di *Bangia fuscopurpurea* è del tutto particolare e molto diversa da quella della maggior parte delle altre alghe

rosse: questa specie vive nella zona di marea e soprattutto sugli scogli battuti dalle onde, mentre le forme di acqua dolce, ad essa molto affini, si ritrovano o sui sassi dei ruscelli montani o sulle rocce che delimitano le cascate e che sono costantemente bagnate dagli spruzzi d'acqua. Molto indicativo, per chiarire le esigenze ecologiche di tutto il genere, il fatto che *Bangia atropurpurea* (specie molto affine a *B. fuscopurpurea*, o molto probabilmente soltanto una forma di essa) viva molto bene sulle pale delle ruote dei mulini ad acqua (PREDA, 1909): le sue cellule hanno bisogno di un contatto il più possibile immediato con l'aria, ma nello stesso tempo devono essere costantemente bagnate ed, inoltre, richiedono un ambiente molto ben illuminato.

Nella coltivazione in laboratorio del materiale per le presenti ricerche si è tenuto sempre conto di queste esigenze, allo scopo di evitare la comparsa di eventuali modificazioni morfologiche indotte dalle condizioni di coltura (per es. la scarsa illuminazione induce una modificazione della colorazione di *Bangia*, che dal rosso-bruno passa al verde).

Per l'osservazione delle cellule di *Bangia fuscopurpurea* al microscopio elettronico ho dovuto superare notevoli difficoltà tecniche relative sia ai processi di fissazione che di inclusione. Dopo molte prove con diversi tipi di fissativi a base di osmio e permanganato di potassio sono riuscito ad ottenere risultati discreti solamente fissando il materiale in soluzioni di permanganato allo 0,5 % in acqua o in tampone a pH 7,8. Questa concentrazione è di gran lunga inferiore a quella normalmente usata per altri materiali vegetali. Le fissazioni sono state fatte a temperatura ambiente (20° circa) per la durata di 30 minuti. Disidratazioni con acetone dopo abbondante lavaggio in acqua distillata e inclusioni con metacrilato (butile e metile nel rapporto 5:1); polimerizzazione a 60° per 24 ore.

Il materiale, sezionato con ultramicrotomo Ultratome II è stato osservato con un microscopio Siemens Elmiskop I presso il Centro di microscopia elettronica dell'Università di Messina: ringrazio per la cordiale ospitalità il direttore del Centro, prof. R. De Blasi e il dr. E. La Pergola per l'assistenza tecnica durante l'osservazione dei preparati al microscopio.

OSSERVAZIONI

I principali risultati di queste mie prime osservazioni sono i seguenti:

a) *Parete cellulare*: come è noto, la *Bangia*, al pari di molte altre Rhodophyta, ha una parete molto spessa, facilmente distinguibile con i metodi della microscopia ottica in due porzioni, la guaina esterna e la parete vera e propria, pectica, interna, ad immediato contatto con i protoplasti. Al microscopio elettronico queste due parti appaiono normalmente ben differenziate anche se in qualche caso non si osserva un limite netto di separazione fra di esse. La guaina è caratterizzata dalla presenza di numerosi granuli o vescicole frammisti a filamenti la cui densità non sempre è omogenea (Tav. III, fig. 3: g) e verso l'esterno è delimitata da una linea sottile e scura, sempre ben definita (Tav. III, fig. 3: mg). La parete cellulare vera e propria, invece, è omogenea e trasparente e il suo spessore, come del resto quello della guaina, è variabile (Tav. I; II, fig. 1; III, fig. 1 e 3; IV: pa).

b) *Plasmalemma, tonoplasto e vacuolo*: in tutte le micrografie da me osservate, il plasmalemma appare molto sottile, con uno spessore non superiore a 75 Å e corrispondente a circa metà di quello delle lamelle dei cromatofori. Dimostra una costituzione unistratificata (Tav. I e IV: pl), ma molto spesso è scarsamente definito, anche quando le altre strutture lamellari cellulari sono molto evidenti. In certi casi, forse a causa del metodo di fissazione del materiale, esso non è assolutamente visibile e il citoplasma appare a diretto contatto con la parete, senza una qualsiasi struttura divisoria intermedia (Tav. III, fig. 1). Il tonoplasto, in genere, è invece meglio definito ma ha caratteristiche analoghe in quanto è unistratificato e il suo spessore non supera i 75 Å (Tav. IV: t). Il vacuolo, che occupa una buona parte del volume cellulare, si presenta omogeneo senza inclusioni (Tav. IV: v).

c) *Citoplasma fondamentale*: presenta una tessitura finemente granulare (Tav. I: cf) coi granuli talora orientati a for-

mare sottili filamenti, alcuni dei quali rivelano una disposizione spirale ed ha lo stesso aspetto del plasma plastidiale. Contiene, oltre ai costituenti meglio definibili, quali i cromatofori, tutta una serie di abbondanti formazioni vescicolari, di dimensioni diverse e variamente distribuite. Alcune di queste hanno una sezione per lo più circolare od ellittica, con diametri variabili da 150 a 300 Å, la loro parete è semplice e presumibilmente la loro forma dovrebbe essere più o meno sferica (Tav. II, fig. 1 e 2; Tav. III, fig. 1; Tav. IV: vc). Accanto a questi si osservano altri elementi, ma di aspetto tubulare, delle stesse dimensioni e caratteristiche, egualmente con parete unistratificata (Tav. III, fig. 1: tc). Sono anche frequenti vescicole di maggiori dimensioni (diametri superiori a 500 Å) con parete doppia (Tav. III, fig. 1: vg) che ricordano nella loro conformazione proplastidi o anche mitocondri molto giovani, tuttavia, dato che, almeno nel materiale da me studiato fino a questo momento, non compaiono formazioni di questo tipo in via di differenziamento, per es. con inizi di invaginazioni della porzione interna della loro parete, non è possibile, almeno per ora, interpretarli in questo modo. Nel citoplasma si osservano ancora, qua e là, scarse formazioni lamellari, doppie, isolate, di varie dimensioni (Tav. I, Tav. III, fig. 1: lc) ma sempre con uno spessore intorno a 150 Å che potrebbero essere forse parte di un eventuale reticolo endoplasmatico, ma anch'esse non sono sufficientemente caratterizzate per poter sostenere con sicurezza questa loro eventuale attribuzione.

d) *Mitocondri e dictiosomi*: nel materiale studiato non ho ancora osservato strutture di questo tipo, tuttavia esistono nel citoplasma formazioni che potrebbero essere interpretate come mitocondri (Tav. III, fig. 1: m?) e come dictiosomi (Tav. III, fig. 1: d?) pur non presentando un aspetto tipico. Purtroppo, mentre gli altri elementi citoplasmatici, quali le vescicole di varie dimensioni, i tubuli e tutte le strutture plastidiali appaiono molto ben definite, queste sono rappresentate da immagini poco chiare e non è da escludere che ciò sia dovuto al processo di fissazione. Pertanto la presenza di mitocondri e dictiosomi in *Bangia* è un fatto da considerare ancora con riserva.

e) *Cromatofori*: sono di grandi dimensioni, uno per cellula, profondamente lobati, molto spesso con estroflessioni marginali. Sono circondati da una membrana molto ben definita, bistratificata, il cui spessore è uguale o talora leggermente inferiore a quello delle lamelle interne, intorno a 140 Å (Tav. I e II: mcr). Il sistema lamellare del cromatoforo è formato da elementi laminari doppi, spessi circa 145 Å (Tav. III, fig. 2) uniti ai margini (Tav. I e II: lcr), tanto che possono venir considerati come corpi vescicolari (sacculi) appiattiti. Essi sono disposti più o meno paralleli fra di loro ma in certe sezioni di cromatoforo possono anche avere un andamento radiale. Il loro decorso è generalmente sinuoso e la loro lunghezza massima non supera i 4  $\mu$ , mentre i cromatofori hanno diametri massimi di anche oltre 30  $\mu$ . Nelle parti marginali di questi si osservano spesso fra la membrana esterna e la zona lamellare, regioni del tutto prive di lamelle, contenenti soltanto il plasma fondamentale e che possono raggiungere anche 3  $\mu$  di lunghezza (Tav. II, fig. 2: pcr).

La distanza fra le singole lamelle è variabile e in certi casi può essere minima, superando di poco i 200 Å (Tav. I e III, fig. 1 e 2): ritengo, tuttavia, che anche in questi casi non si possa parlare di grana e neanche di pacchi di lamelle perchè, a parte la loro disposizione sinuosa, non esistono limiti netti fra le regioni del cromatoforo con lamelle molto vicine e regioni con lamelle più distanziate, che in certi casi possono presentare spazi intermedi fino a oltre 0,3  $\mu$ .

Nella parte terminale delle lamelle, particolarmente in prossimità di lobi o in corrispondenza delle strozzature del cromatoforo, come pure nelle estroflessioni, e talora anche nelle parti più interne di esso, si osservano nel plasma fondamentale piccole strutture vescicolari a parete singola (Tav. I e III; fig. 1: vcr), che potrebbero essere interpretate come centri di formazione di nuove lamelle. Talora certe lamelle, molto corte ed evidentemente in via di formazione, appaiono come una continuazione di dette vescicole, le quali vengono a formare la parte marginale di esse (Tav. II, fig. 1: vcr).

I cromatofori presentano molto spesso estroflessioni nelle quali si spingono fasci di lamelle: esse possono presentare

strozzature (Tav. I: scr), in corrispondenza delle quali sembra avvenga una rottura delle lamelle stesse. In altri casi, al margine del cromatoforo, se ne notano altri molto piccoli, a sezione circolare od ellittica (Tav. II, fig. 1: cre), con o senza lamelle, strettamente adiacenti ad esso e non è da escludere che anche questi siano semplici estroflessioni in via di separazione o unite ancora per un sottile istmo o anche completamente separate da esso.

f) *Amido*: si trova sempre nel citoplasma sotto forma di corpi di forma ellissoidale, completamente trasparenti, col diametro maggiore che supera molto raramente i 0,5  $\mu$ . I granuli di questo amido particolare, che si colora con lo iodio in bruno, sono privi di membrana ma talora sono delimitati dal citoplasma circostante con una linea sottile apparentemente dovuta ad un semplice addensamento della sostanza citoplasmatica stessa (Tav. I; II, fig. 2; III, fig. 1: a). Non ho mai osservato amido nell'interno dei cromatofori.

#### DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Da queste prime ricerche appare evidente che la morfologia cellulare a livello ultrastrutturale di *Bangia fuscopurpurea* presenta diversi caratteri comuni con quella delle altre Rhodophyceae fino ad oggi studiate ma, anche, sotto molti aspetti, una fisionomia specifica da mettere in rapporto con la posizione sistematica di questa specie, rappresentante del gruppo primitivo delle Bangiophyceae.

Per quanto concerne la parete delle cellule e dei filamenti di *Bangia*, fissando il materiale con permanganato di potassio, si distinguono nettamente, al microscopio elettronico, la guaina esterna di aspetto granulare vescicolare e anche in certi punti filamentoso e la parete vera e propria, pectica, che invece appare perfettamente omogenea e trasparente; inoltre, al limite esterno, la guaina è delimitata da una membranella sottile, opaca agli elettroni. Nè in *Porphyridium* (BRODY e VATTER, 1959),



nè in *Rhodosorus* (GIRAUD, 1962), entrambe Bangiophyceae, è stata descritta questa differenziazione, ma da una micrografia pubblicata da GIRAUD (1962: Tav. VIII, b) si può dedurre che anche in quest'ultima specie è presente una membranella al margine esterno della parete. Le osservazioni, invece, di MYERS, PRESTON e RIPLEY (1956, 1959) sulla parete di *Gruffithsia*, *Rhodiumenia* e *Laurencia*, pur indicando una diversa costituzione delle fibrille fra parte esterna ed interna di essa, non sono confrontabili per i differenti metodi di studio e di preparazione usati.

Questa conformazione della parete e in particolare della guaina di *Bangia* e anche le caratteristiche variazioni di imbibizione che esse possono presentare in rapporto alle diverse condizioni ambientali, come risulta da mie recenti osservazioni non ancora pubblicate, dimostrano l'interesse di approfondire la conoscenza di questi importanti costituenti cellulari anche a livello ultrastrutturale.

Il plasmalemma di *Bangia* è molto simile nell'aspetto e nelle dimensioni a quelli finora descritti per le Rhodophyta: BRODY e VATTER (1959) parlano, per *Porphyridium*, di una membrana ben differenziata, dello spessore di 100 Å, che separa la parete dal citoplasma, mentre BOUCK (1962) rileva in *Lomentaria* il suo carattere irregolare e uno spessore di circa 60 Å, dati che poco si discostano da quelli da me descritti per *Bangia* (non più di 75 Å). Nè per *Porphyridium*, nè per *Lomentaria* viene data un'indicazione sulla possibilità che il plasmalemma possa essere, in queste due specie, formato da due o più strati e, del resto, anche dalle micrografie di *Bangia* non si rileva una struttura bi o polistratificata. Non è da escludere, tuttavia, che ragioni di carattere tecnico siano alla base della scarsa definizione del plasmalemma, come pure del fatto che in molte micrografie di cellule di *Bangia* esso sembra essere inesistente. In effetti, come viene dimostrato da tanti fatti relativi alla permeabilità cellulare (HONSELL, 1964) e dalle caratteristiche chimico-fisiche del plasmalemma, fatti e caratteristiche validi anche per le Rhodophyta, esso dovrebbe avere una costituzione polistratificata, caratterizzata nelle micrografie di sezioni tra-

sversali al microscopio elettronico, da due sottili linee scure divise da una porzione chiara (BUVAT, 1963).

Il tonoplasto, in *Bangia*, è meglio definito del plasmalemma, ma sembra avere per il resto caratteristiche del tutto analoghe, che corrispondono a quelle osservate da BOUCK (1962) in *Lomentaria*: esso non sembra avere rapporti col reticolo endoplasmatico o con strutture lamellari citoplasmatiche che potrebbero essere eventualmente attribuite ad esso, ma rappresenta, col vacuolo che delimita, un costituente cellulare molto ben definito ed indipendente.

Nel citoplasma di *Bangia* si osservano, come in *Porphyridium* (BRODY e VATTER, 1959) elementi granulari, vescicolari e lamellari: essi sono di difficile interpretazione anche perchè, per tutte le Rhodophyta, sono stati finora descritti soltanto in queste due specie. Gli elementi granulari che costituiscono la base del plasma fondamentale hanno un aspetto non molto diverso da quello che si osserva nelle altre cellule vegetali e sulla cui interpretazione i diversi AA. non sono d'accordo (BUVAT, 1962): inoltre, come risulta da mie ricerche in corso, il plasma di *Bangia* ha una costituzione particolare, diversa da quella di tutte le altre cellule vegetali finora studiate in rapporto ai fenomeni di accumulo citoplasmatico di coloranti basici, ad eccezione, forse, di quelle di *Bryopsis* (HONSELL, 1962): esso contiene una sostanza che ha molta affinità per questi coloranti, tanto che in loro presenza avvengono in vivo fenomeni di smescolamento nel sistema colloidale plasmatico. Certamente è difficile poter trovare una corrispondenza fra questi fenomeni e un determinato aspetto ultrastrutturale del citoplasma ma ritengo sia opportuno, anche in questa sede, tenerne conto.

Gli elementi vescicolari, così abbondanti nel plasma di *Bangia*, esistono anche in qualche altra delle poche Alghe rosse finora studiate, come si può dedurre dall'osservazione delle micrografie pubblicate, ma nessuno degli AA. si è soffermato su di esse. Le più piccole, con diametri variabili da 150 a 300 Å hanno parete unistratificata e sono variamente distribuite: si potrebbero anche interpretare come le vescicole o ampolle che si formano ai margini delle cisterne dei dictiosomi ma nel materiale da me studiato non esistono strutture di questo genere

nella forma tipica e pertanto ritengo di non poter, almeno per ora, affermare con assoluta sicurezza, la loro esistenza.

Dictiosomi tipici, costituiti da 4 a 8 dischi, sono invece presenti nel citoplasma di *Lomentaria* (BOUCK, 1962) come pure in quello delle Bangiophyceae studiate da BRODY e VATTER (1959: *Porphyridium*) e da GIRAUD (1962: *Rhodosorus*, *Porphyra*).

Le vescicole di maggiori dimensioni delle precedenti, con diametri oltre 500 Å e a doppia parete, che si osservano spesso nel citoplasma di *Bangia* non trovano riscontro nelle altre Rhodophyta finora descritte e la loro interpretazione, come già ho accennato, per ora non è facile: potrebbero essere mitocondri in via di formazione, ma la mancanza di stadi intermedi e particolarmente quella di mitocondri tipici, impediscono di trarre qualche conclusione. Mitocondri ben caratterizzati sono stati invece descritti da GIRAUD (1962) nelle Florideae *Batrachospermum* e *Rhodomela*, come pure nelle Bangiophyceae *Porphyra*, *Rhodosorus* e *Porphyridium*, mentre in quest'ultima specie, BRODY e VATTER (1959) non li hanno osservati. Anche *Lomentaria* possiede mitocondri ben caratterizzati, soprattutto nelle cellule giovani: in quelle adulte spesso le creste sono rotte ed anastomosate (BOUCK, 1962). BERKALOFF (1962) rileva la loro presenza anche in *Furcellaria fastigiata*.

Nel plasma di *Bangia* sono ancora presenti abbondanti formazioni lamellari e tubulari: le prime potrebbero rappresentare parti di un eventuale reticolo endoplasmatico, ma anch'esso non risulta ben chiaro. Strutture analoghe si ritrovano anche in *Porphyridium* (BRODY e VATTER, 1958) dove fanno parte di un reticolo endoplasmatico meglio definito. Esso è evidente anche in *Lomentaria* (BOUCK, 1962), soprattutto nelle cellule giovani, nelle quali presenta uno spessore di 210 Å e sembra abbia rapporti coi granuli di amido: nelle cellule adulte è invece notevolmente ridotto. GIRAUD (1962) descrive la sua presenza in tutte le Alghe rosse da lui studiate.

L'amido di *Bangia*, in una forma non molto dissimile da quello che si osserva nelle Floridee, ma che con lo iodio dà una reazione colorata differente, è contenuto nel citoplasma come nelle altre Bangiophyceae finora studiate ed è a diretto contatto con esso senza essere avvolto da una membrana, come

invece rilevano BRODY e VATTER (1958) per *Porphyridium*. Nelle micrografie di GIRAUD (1962), relative a questa stessa specie questa membrana non è però evidente; egli invece sottolinea il fatto che i granuli di amido circondano il pirenoide, che in *Rhodorus* appare come un'estroflessione del cromatoforo. GIRAUD (1962) descrive ancora amido nel citoplasma di *Rhodorus* e *Porphyra*, come anche in alcune Florideae. Non ho osservato in *Bangia* i rapporti che BOUCK (1962) descrive per *Lomentaria* fra i granuli di amido e il reticolo endoplasmatico mentre corrispondono le osservazioni di PEYRIERE (1963) sulla mancanza di un limite ben definito fra amido e citoplasma in *Ceramium* e *Polysiphonia* nelle spore delle quali egli descrive anche amido vacuolare. L'amido citoplasmatico è un fatto generale per tutte le Rhodophyta, come anche viene affermato da MITRAKOS (1960) per le cinque specie di Florideae da lui studiate: in queste, tuttavia, e in particolare in *Gigartina*, amido è contenuto anche nei cromatofori delle cellule giovani in via di differenziazione.

I cromatofori di *Bangia*, pur presentando, sia nella forma esterna che nelle dimensioni, notevoli differenze rispetto a quelli delle altre Rhodophyta, hanno da un punto di vista ultrastrutturale, una notevole affinità con quelli delle Florideae e, in particolare, delle Bangiophyceae finora studiate. La membrana plastidiale, a doppio strato, ha uno spessore circa eguale a quello delle lamelle interne (sui 140 Å) e quindi superiore a quello indicato da BRODY e VATTER (1959) per *Porphyridium* in 100 Å. Queste misure, tuttavia, debbono venir confrontate con una certa riserva, in quanto possono essere influenzate, entro certi limiti, dalle differenze nella tecnica di fissazione e preparazione.

Il sistema lamellare è molto semplice, con le lamelle indipendenti, variamente orientate ma per lo più parallele, ognuna delle quali forma un sacco o cisterna appiattita, di forma diversa, che può raggiungere anche un diametro di 4 µ. La disposizione delle lamelle è la stessa che si osserva in *Porphyridium* (BRODY e VATTER, 1959, mentre nelle Florideae *Rhodomela* (GIRAUD, 1962), *Lomentaria* (BOUCK, 1962), *Polysiphonia* e *Ceramium* (PEYRIERE, 1963) si osserva di solito, al di sotto della membrana plastidiale, una lamella ad essa per lo più parallela,

che avvolge tutte le altre lamelle del cromatoforo e dalla quale esse deriverebbero (PEYRIERE, 1963): questo carattere è forse anche presente nella Bangiophyceae *Rhodosorus*, come si può rilevare da alcune micrografie pubblicate da GIRAUD (1962).

In *Bangia*, invece, le lamelle del cromatoforo si originerebbero per due meccanismi diversi, il primo dei quali consisterebbe nell'evoluzione delle piccole vescicole presenti nel suo plasma fondamentale, frequenti sia nella regione lamellare vera e propria, che ai margini di essa, fra questa e la membrana plastidiale, oppure con un processo di scissione delle lamelle esistenti, in corrispondenza delle strozzature che compaiono nei lobi dei cromatofori e in seguito alle quali verrebbero a formarsi nuovi lobi o forse anche nuovi piccoli cromatofori. Questa eventualità è però in contraddizione col fatto che nelle cellule di *Bangia* è sempre presente un solo cromatoforo e quindi è presumibile che le estroflessioni che si formano ai suoi margini o comunque su tutta la sua superficie, non si staccino da esso, anche se il sistema lamellare che contengono diventa indipendente.

Una scissione multipla dei cromatofori è stata invece osservata in *Gigartina* (MITRAKOS, 1960) e in *Lomentaria* (BOUCK, 1962): in quest'ultima specie si osserva anche l'evoluzione di nuovi cromatofori da corpi vescicolari simili a proplastidi.

La costituzione delle lamelle del cromatoforo, come ho detto sopra, è molto semplice: anche a forti ingrandimenti esse appaiono formate da due porzioni scure periferiche, divise da una porzione centrale trasparente agli elettroni. Lo spessore totale è di circa 140 Å corrispondente a quello indicato da BRODY e VATTER (1959) per le lamelle del cromatoforo di *Porphyridium* e da MITRAKOS (1960) per *Gracilaria*. Le lamelle di *Lomentaria* (BOUCK, 1962), *Polysiphonia* e *Ceramium* (PEYRIERE, 1963) hanno invece uno spessore maggiore e presentano tre zone scure separate da due chiare: la zona scura centrale ha uno spessore doppio di quelle laterali e risulterebbe dall'avvicinamento di due zone oscure. GIRAUD (1962) ritiene che questo aspetto caratteristico, anche da lui osservato, sia un artefatto dovuto alla contrazione della sostanza interna del sacco, fra le due lamelle elementari che lo costituiscono (di 90 Å di spessore) le quali

sono formate egualmente da due parti esterne oscure, separate da una intermedia chiara. Le lamelle di *Bangia*, tuttavia, a quanto posso dedurre dalle numerose micrografie da me fatte fino ad ora, non presentano una configurazione di questo tipo, nè in esse è distinguibile una eventuale stratificazione delle porzioni scure esterne: a ciò si aggiunga il fatto che esse sono decisamente più sottili di quelle di *Lomentaria*, *Ceramium* e *Poly-siphonia*. La questione non è da considerare chiusa ma, anzi, sarebbe opportuno approfondire le ricerche sulla stessa *Bangia*, usando differenti tecniche di preparazione, ed anche estenderle ad un maggior numero di Rhodophyta: queste considerazioni sono ovviamente valide anche per tutti gli altri costituenti cellulari di queste Alghe tanto interessanti e così scarsamente studiate a livello ultrastrutturale.

I risultati di queste prime osservazioni sono frammentari ma permettono già ora di stabilire alcune importanti caratteristiche ultrastrutturali delle cellule di *Bangia fuscopurpurea* le quali, pur presentando sotto alcuni aspetti una certa specificità, corrispondono per lo più a quelle delle altre Bangiophyceae e non si discostano molto da quelle delle Florideae, tenendo però presente che, essendo il numero delle specie studiate fino ad oggi per entrambi questi gruppi estremamente limitato, non è ancora lecito fare considerazioni di carattere generale.

Napoli, dicembre 1954.

## RIASSUNTO

L'A. descrive i primi risultati delle sue osservazioni ultrastrutturali sulle cellule di *Bangia fuscopurpurea*.

La parete cellulare appare anche al microscopio elettronico distinta in due parti, quella interna, omogenea e trasparente e quella esterna, la guaina, di aspetto granulare e filamentoso, delimitata al di fuori da una membrana scura.

Il protoplasto, circondato da un plasmalemma scarsamente definito, unistratificato, dello spessore di circa 75 Å, contiene abbondanti formazioni vescicolari, alcune a parete semplice, altre con parete doppia, tubuli e altre strutture, non ben definite, che potrebbero essere interpretate come dictiosomi e mitocondri. Il vacuolo è omogeneo ed è delimitato da un tonoplasto ben evidente, anch'esso unistratificato.

I cromatofori, uno per cellula, sono circondati da una membrana formata da due strati e contengono nel plasma fondamentale elementi lamellari doppi, dello spessore di circa 145 Å, chiusi alle estremità, che costituiscono sacculi appiattiti i quali possono raggiungere anche 4 µ di diametro. Ogni elemento lamellare è isolato e indipendente dagli altri, ma ha un decorso parallelo a quelli adiacenti. Il plasma del cromatoforo presenta ampie zone prive di lamelle e contiene, soprattutto ai margini di queste, strutture vescicolari che potrebbero venir interpretate come sacculi in via di formazione. I cromatofori presentano spesso ai margini estroflessioni con strozzature nella parte basale: in corrispondenza di esse si osserva anche la rottura delle lamelle interne.

L'amido è sempre contenuto nel citoplasma, il quale, intorno ai suoi granuli, il cui diametro è raramente superiore a 0,5 µ, presenta un leggero addensamento ma non una distinta membrana di separazione.

## SUMMARY

The first results of the ultrastructural study of thin cell sections of *Bangia fuscopurpurea*, after permanganate fixation, were described.

The cell wall appears differentiated in two regions, the internal homogeneous and clear and the external, granular and filamentous, outwardly limited by a little opaque membrane. The protoplasm, surrounded by a not always well defined plasmalemma, made by a monolayer about 75 Å thick, contains tubules and many vesicular structures, some of them made by a simple and others by a double membrane; it contains in addition other structures, that may be interpreted as dictyosomes and mitochondria. The vacuole is homogeneous and limited by a tonoplast, clearly recognisable, that appears made by a dense monolayer.

The chromatophores, only one in each cell, are surrounded by a double layer membrane and they contain in the ground substance double lamellar elements, about 145 Å thick, closed at the ends to form large flattened cisternae, that may reach a diameter of 4 μ. Each lamellar structure is separated and independent from the others, but it is parallel with those contiguous. The chromatophore presents large zones without lamellae and it contains, above all near the edges of them, some vesicular structures, that may be interpreted as young cisternae in development. At the borders, the chromatophores present often protrusions with constrictions at their basis and division of the internal lamellae.

The floridean starch, whose grains present no more of 5 μ in diameter, is contained always in the cytoplasm and it is not surrounded by a distinct membrane, but by a small thickening of the cytoplasmatic ground substance.

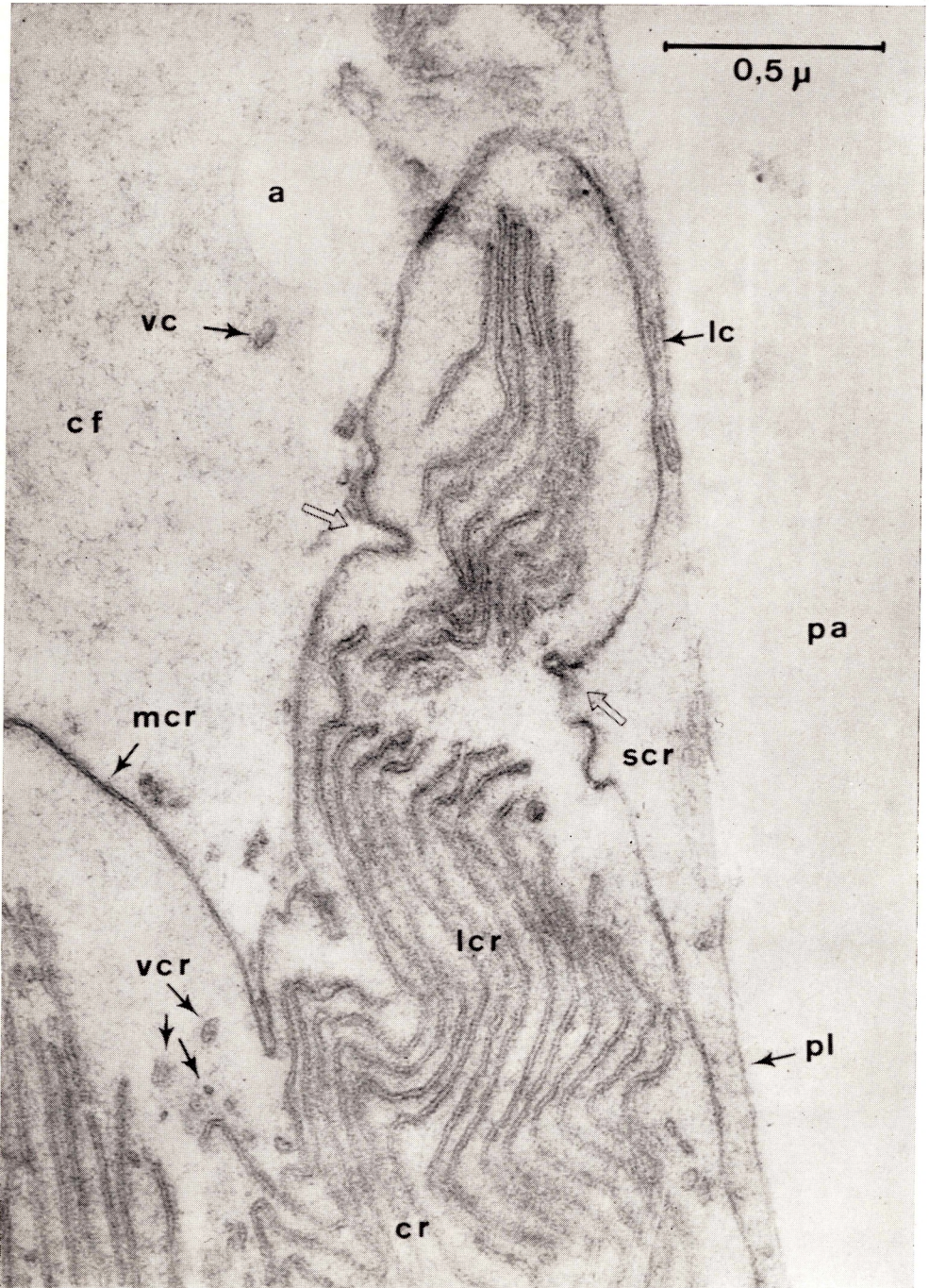
#### BIBLIOGRAFIA

- BERKALOFF, C., 1962. *Quelques données sur les ultrastructures de Furcellaria fastigiata (Huds) Lamour (Gigartinales Rhodophycées)*. Compt. rend. Acad. sci., **254** (14): 2235-2237.
- BOUCK, G. B., 1962. *Chromatophore development, pits, and other fine structure in the red alga Lomentaria baileyana (Harv.) Farlow*. J. Cell. Biol., **12**: 553-569.
- BRODY, M. & A. E. VATTER, 1959. *Observations on Cellular Structures of Porphyridium cruentum*. J. Biophysic. Biochem. Cytol., **5**: 289-294.
- BUVAT, R., 1963. *Electron Microscopy of Plant Protoplasm*. Intern. Rev. Cytol., **14**: 41-155.
- GIRAUD, G., 1962. *Les infrastructures de quelques algues et leur physiologie*. J. Microscopie, **1**: 251-274.
- HONSELL, E., 1962. *Sulla natura dell'accumulo plasmatico di alcuni diacromi e fluorocromi basici e neutri in Bryopsis e Derbesia*. Protoplasma, **55**: 632-655.
- HONSELL, E., 1964. *I coloranti vitali e i problemi della loro permeazione ed accumulo nella cellula vegetale*. Atti della Soc. It. di Fisiol. veg., Giorn. Bot. Ital., **72** (in corso di stampa).
- LEFORT, M., 1960. *Nouvelles recherches sur l'infrastructure du chromatoplasma des Cyanophycées*. Compt. rend. Acad. sci., **251**: 3046-3048.
- MITRAKOS, K., 1960. *Feinbau und Teilung bei Plastiden einiger Florideen-Arten*. Protoplasma, **52**: 611-617.



- MYERS, A., R. D. PRESTON, F. R. S. & G. W. RIPLEY, 1956. *Fine structure in the red algae. I. X-ray and electronmicroscope investigation of Griffithsia flosculosa*. Proc. Roy. Soc. London, **144**: 450-459.
- MYERS, A., R. D. PRESTON & G. W. RIPLEY, 1959. *An Electron Microscope Investigation into the Structure of the Floridean Pit*. Ann. of Bot., **23**: 257-260.
- PEYRIÈRE, M., 1963. *Les plastes et l'amidon floridéen chez quelques Rhodophycées*. Compt. rend. Acad. sci., **257**: 730-732.
- PREDA, A., 1909. *Florideae*, Vol. 1 (3): 406-412.

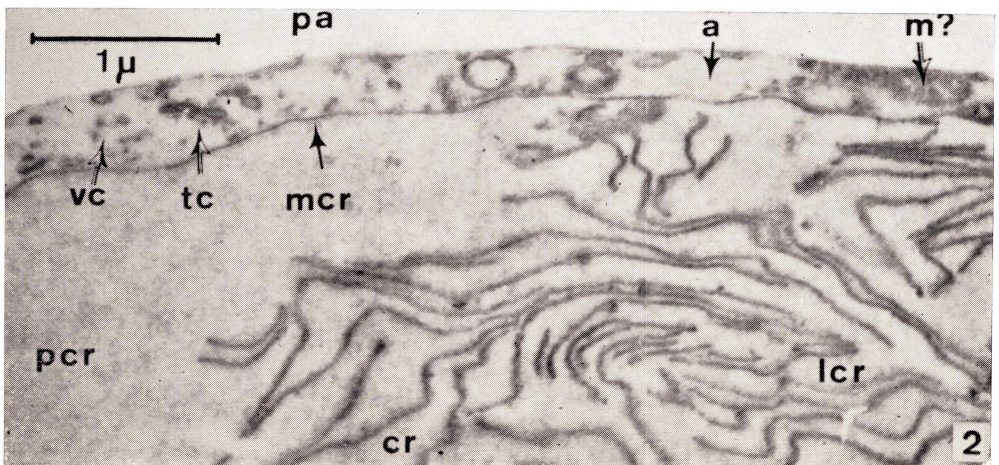
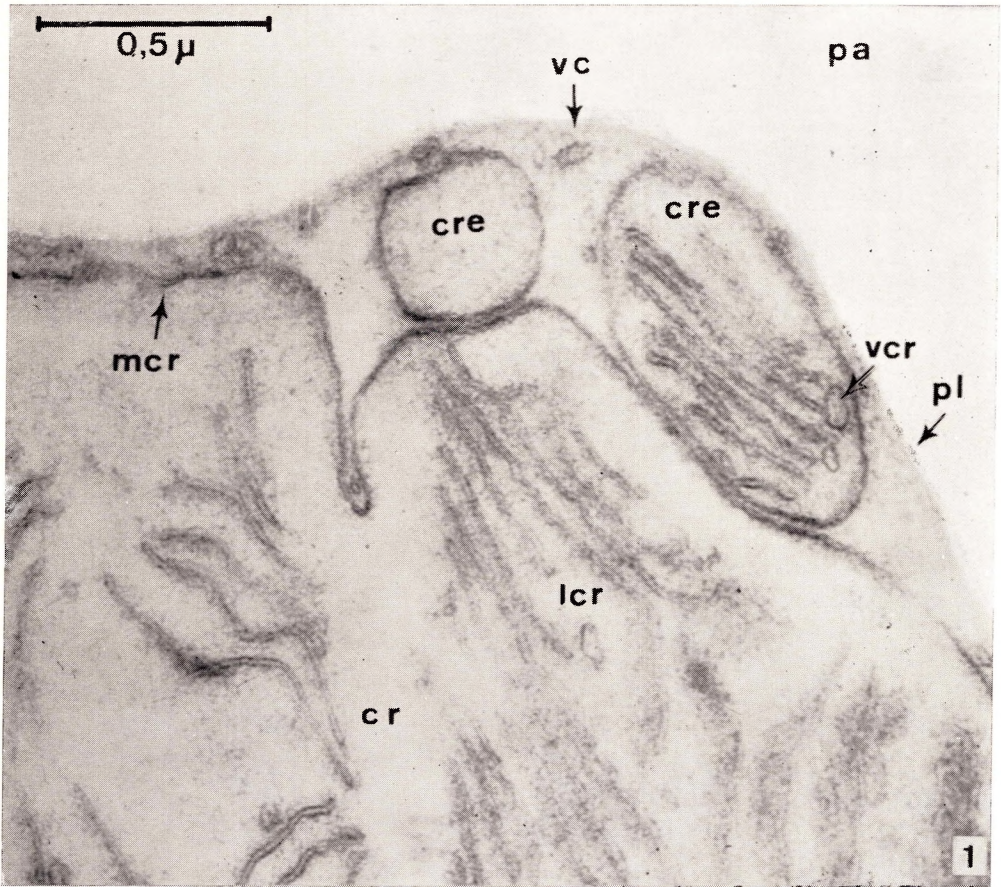




## TAV. II

Fig. 1. — Estroflessioni al margine del cromatoforo (cre): è molto probabile che rimangano unite ad esso, sia pure per un sottile istmo, dato che nelle cellule di *Bangia* è sempre presente un solo grande cromatoforo che si divide in due parti quando avviene la divisione cellulare. In una delle due estroflessioni si osservano piccole lamelle in rapporto con vescicole del cromatoforo (vcr). Il plasmalemma (pl) è scarsamente definito mentre sono ben contrastati la membrana del cromatoforo (mcr) e il suo sistema lamellare (lcr). La parete pectica (pa) è trasparente ed omogenea.

Fig. 2. — Sottile strato di citoplasma fra la parete (pa) e il cromatoforo (cr). Evidenti le vescicole citoplasmatiche (vc) e probabili tubuli citoplasmatici (tc). Frequenti i granuli di amido (a) nel citoplasma e, sulla destra della micrografia, una struttura che potrebbe essere interpretata come un mitocondrio (m<sup>?</sup>). Nel cromatoforo, accanto alla zona lamellata se ne osserva una priva di lamelle (pcr). Ben definita la membrana del cromatoforo.

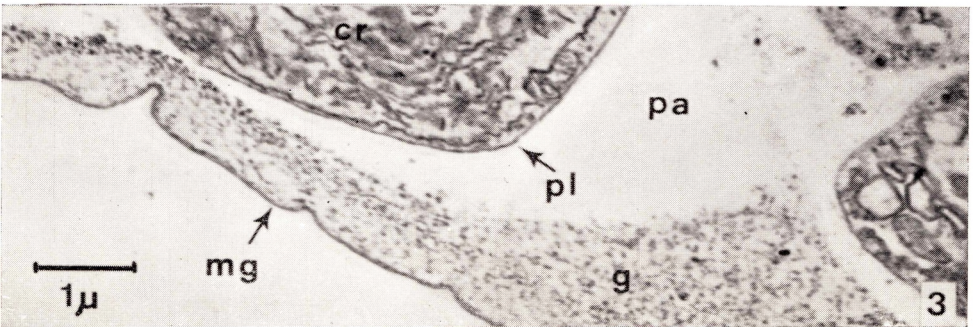
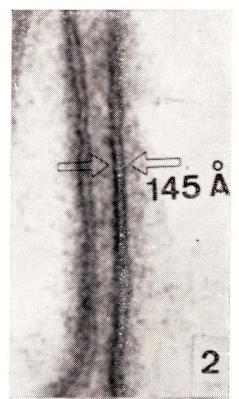
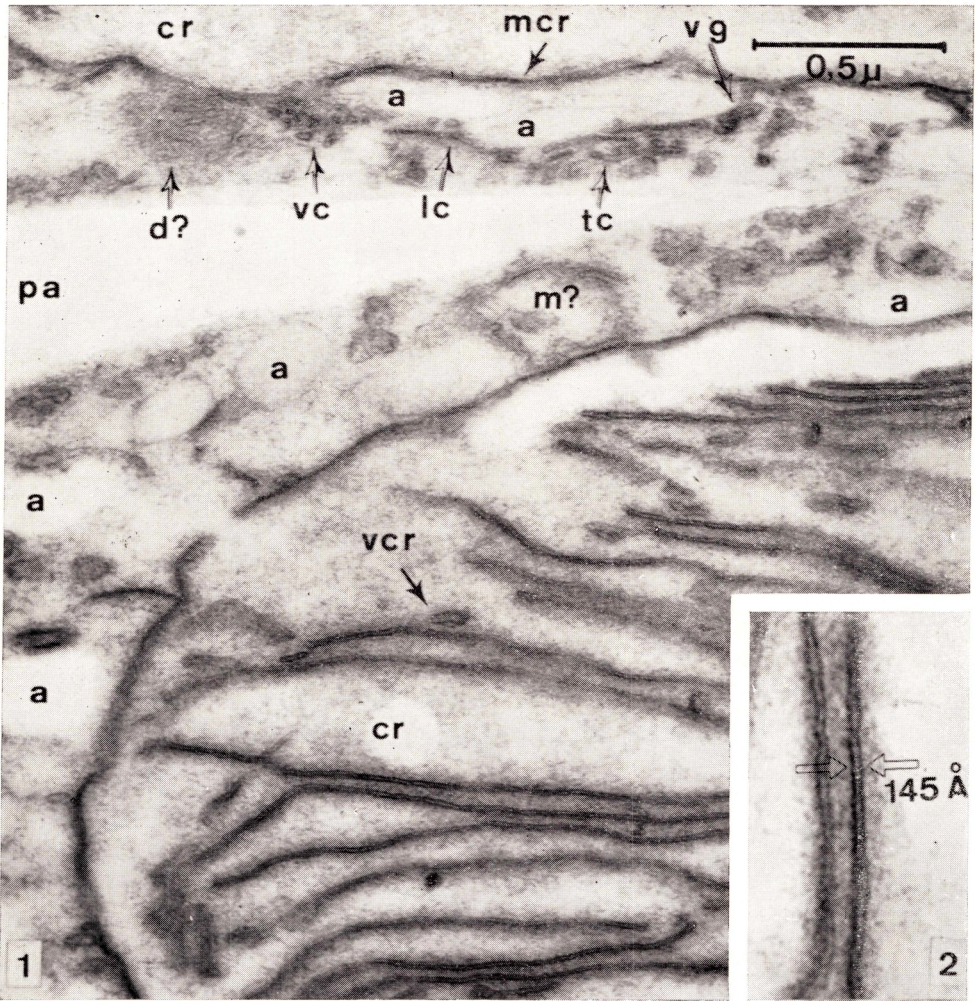


### TAV. III

Fig. 1. — Parti di due cellule adiacenti, separate dalla sottile parete cellulare (pa). Il plasmalemma è scarsamente evidente mentre nel citoplasma si osservano strutture diverse, quali vescicole (vc), lamelle (lc), tubuli (tc), vescicole a doppia parete (vg), amido (a) e strutture che potrebbero essere interpretate come dictiosomi (d?) e mitocondri (m?). Nel cromatoforo (cr), circondato dalla membrana (mcr) le lamelle sono isolate e fra di esse sono presenti frequenti formazioni vescicolari (vcr).

Fig. 2. — Due lamelle vicine, evidentemente formate da due strati scuri esterni e una porzione chiara interna.

Fig. 3. — Porzione marginale di un filamento di *Bangia* con alcune cellule delimitate dal plasmalemma (pl), dalla parete pectica vera e propria (pa) e della guaina (g), di aspetto granulare e filamentoso, all'esterno della quale si nota una membranella più scura (mg).



#### TAV. IV

Due grandi lobi di un cromatoforo (cr) con strutture lamellari parallele circondati dalla membrana plastidiale (mcr). Il vacuolo (v) è delimitato dal tonoplasto (t). Nel citoplasma (cf) frequenti le formazioni vescicolari (vc): esso appare delimitato dal plasmalemma (pl) e tutta la cellula è circondata dalla parete (pa).



