

LE ALGHE:

caratteristiche e cicli biologici



Il termine “**alghe**” è generico e **non ha valore tassonomico**. Si riferisce a **organismi eucarioti e fotoautotrofi prevalentemente acquatici**, tradizionalmente inclusi nel **regno Protista**. Le alghe comprendono diverse divisioni (= phyla), molte delle quali non strettamente correlate tra loro dal punto di vista filogenetico.

LE ALGHE



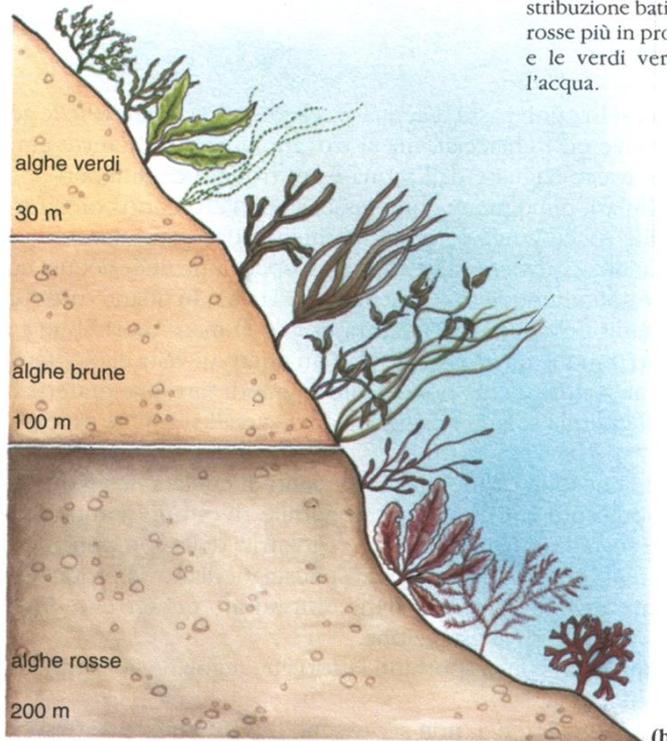
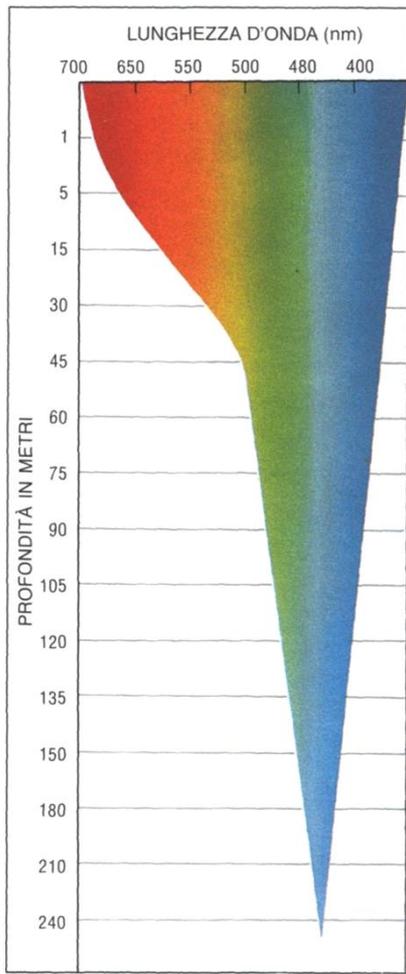


Fig. S14.1

a Diminuzione della quantità di luce e variazione del "colore" della luce trasmessa all'aumentare della profondità. **b** Rappresentazione schematica di un fondale marino roccioso che digrada dalla costa verso le maggiori profondità, in cui è evidenziata la distribuzione batimetrica delle alghe: le rosse più in profondità, poi le brune e le verdi verso la superficie dell'acqua.

Rost T.L., Barbour M.G., Stocking C.R., Murphy T.M., 2008 – Biologia delle piante. ZANICHELLI

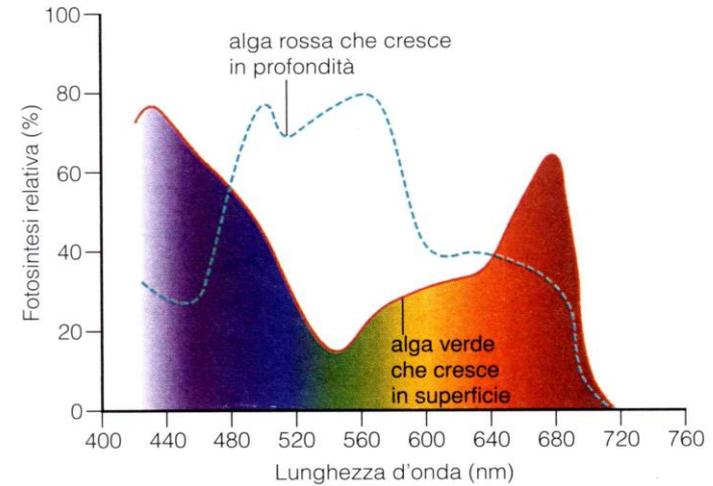


Figura 21.11

Spettro di azione per la fotosintesi in un'alga verde che cresce in superficie (*linea rossa intera*) e di un'alga rossa che cresce in profondità (*linea blu tratteggiata*). L'alga rossa può utilizzare la luce nelle lunghezze d'onda corrispondenti al verde-blu (440-580 nm), che passano attraverso lo strato d'acqua superficiale.

Penetrazione della luce e distribuzione delle comunità algali in base alla profondità

Venturelli F. e Virli L., 1995 - Invito alla Botanica. Zanichelli

macroalghe

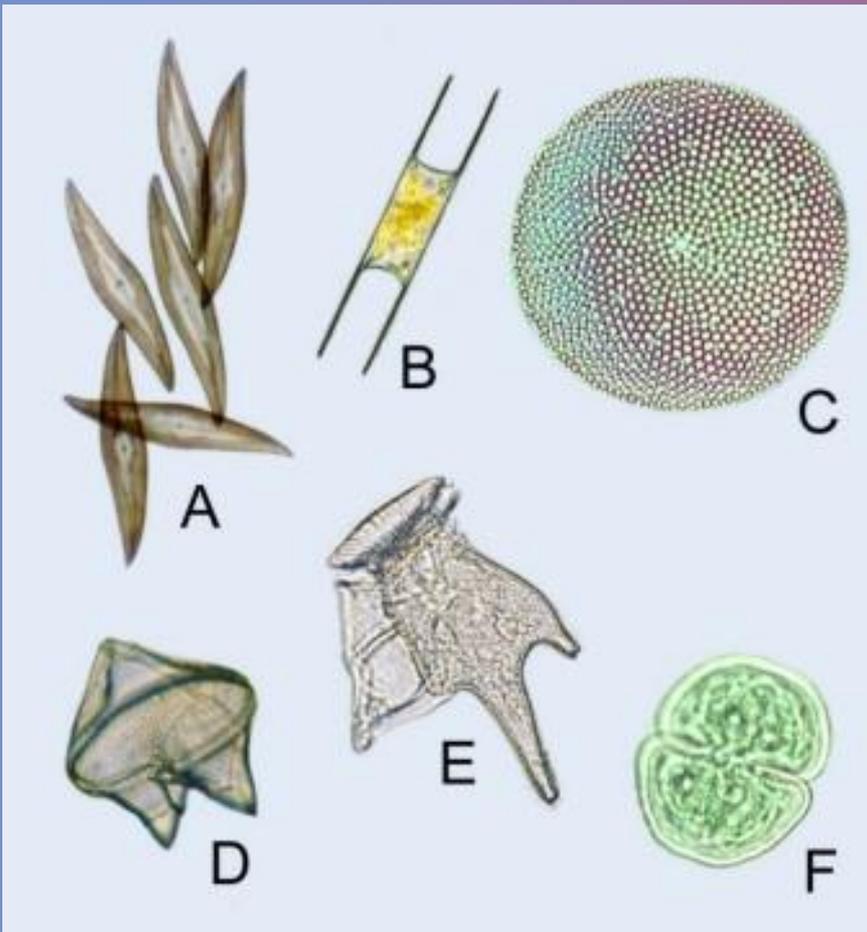
Comunità algale della zona intertidale (dipende dalle maree).

Torre Astura, Nettuno



Phaeophyta delle coste scozzesi

microalghe



Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

A, B, C) diatomee *Bacillariophyta*
D, E) dinoflagellati *Dinophyta* o *Dinozoa*
F) desmidio *Chlorophyta*



Campbell N.A., Reece J.B., 2002 – Biologia. ZANICHELLI

alga fossile (circa 1,2 MA)
Sommerset, regione artica del
Canada

Le microalghe sono solitarie o coloniali ; le loro cellule possono essere mobili(flagellate o ameboidi) o immobili. Le colonie sono aggregati di individui inglobati in sostanze mucillaginose. Le cellule non sono comunicanti, né svolgono funzioni coordinate. Nelle colonie più evolute, cenobi, le cellule sono unite da filamenti citoplasmatici. Talvolta le colonie raggiungono dimensioni macroscopiche ed assumono forme fogliacee.

Le macroalghe sono multicellulari ed insieme ad alcune angiosperme marine formano la vegetazione marina. Possono colonizzare le coste rocciose. Il loro corpo è un tallo: dal greco germoglio, possono avere forma filamentosa, parenchimatosa o sifonale (cenocitica: cellule giganti con un'unica parete e moltissimi nuclei). In numerose macroalghe è possibile riconoscere filloidi, cauloidi e rizoidi. Le macroalghe hanno dimensioni macroscopiche fino a 60-70 metri di altezza
Macrocystis (Laminariales, alghe brune).

La parete cellulare è sempre presente nelle macroalghe ed è composta di polisaccaridi, diversi a seconda dei gruppi tassonomici.

Nelle microalghe la parete può mancare o essere formata da più involucri alla cui formazione partecipa l'apparato di Golgi.

La maggior parte possiede un involucro che si forma all'interno del plasmalemma chiamato **periplasto**. In certi casi come nelle diatomee è silicizzato e viene chiamato frustulo.

Cloroplasti nei diversi *phyla* di alghe

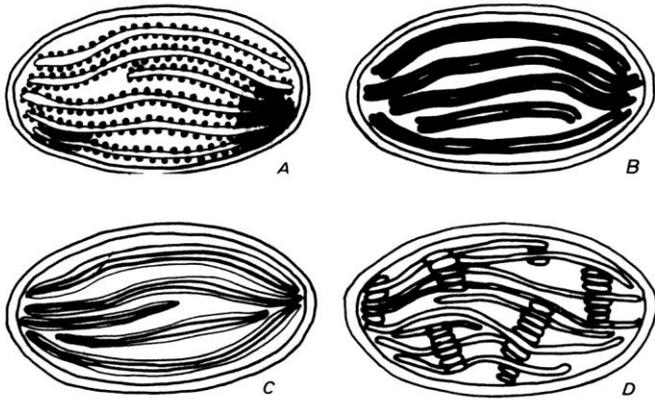


FIG. 21.27 • Differenze nella disposizione delle membrane tilacoidali in differenti alghe: A, *Rhodophyta*; B, *Cryptophyceae*; C, *Cromophyta*; D, *Chlorophyta*.

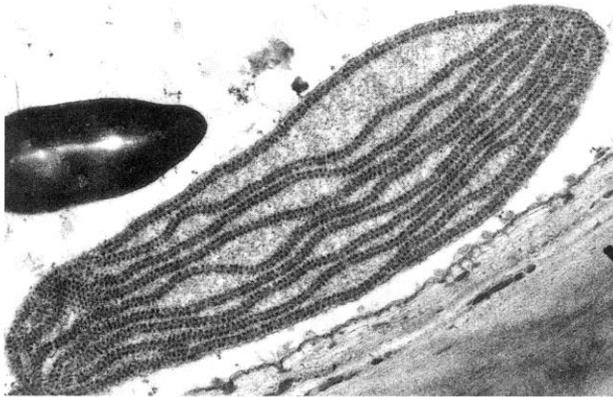


FIG. 21.28 • Cromatoforo di un'Alga rossa (*Gracilaria*) al microscopio elettronico. Evidenti le due membrane delimitanti le lamelle tilacoidali semplici con i ficobilisomi. (Foto Tripodi).



FIG. 21.29 • Il cloroplasto di *Euglena* (*Euglenophyceae*) con i tilacoidi associati in lamelle. (Foto Tarantola).



FIG. 21.30 • La disposizione dei tilacoidi di un'Alga verde in grani e tilacoidi intergranari. (Foto Andreis).

Pirenoide ha una composizione proteica e contiene enzima Rubisco. Vicino ai pirenoidi vengono accumulate le sostanze di riserva.

Il grande raggruppamento degli *archaeplastida* si identifica con lo storico Regnum Plantae che riunisce tutti gli organismi dotati di cloroplasti con clorofilla a, organelli che si ipotizza siano stati acquisiti in seguito ad endosimbiosi primaria. Questi vegetali sono suddivisi in due sottoregni: Biliphyta e Viridiplantae. Le Biliphyta (vegetali con ficobiliproteine) sono rappresentate solo da divisioni algali; le Viridiplantae (vegetali con clorofilla b) riuniscono sia divisioni algali che briofite e tracheofite.

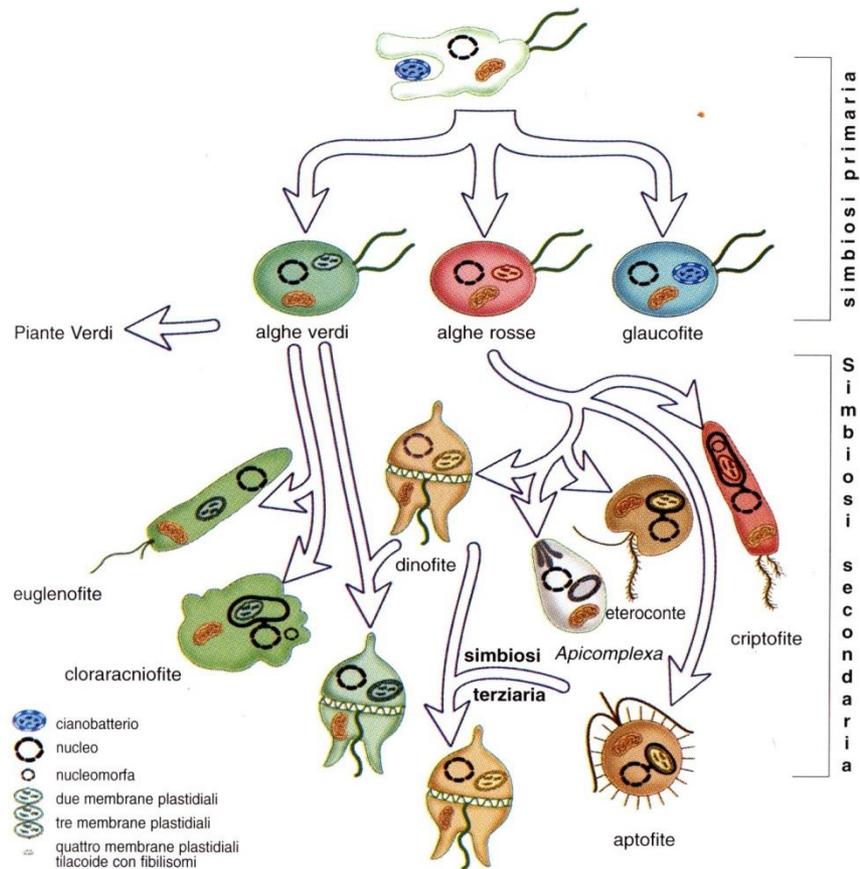


Figura 5.40 - Le alghe verdi (e le piante vascolari), le alghe rosse e le glaucofite derivano probabilmente da un primo ed unico evento endosimbiontico tra un eucariote flagellato fagotrofo e un cianobatterio ancestrale. Le euglenofite e cloracniofite derivano probabilmente dalla incorporazione di un'alga verde in un protozoo fagotrofo mentre tutte le altre divisioni algali (dinofite, alghe eteroconte, aptofite, criptofite) e gli Apicomplexa derivano probabilmente dalla incorporazione di un'alga rossa in un protozoo fagotrofo. Un gruppo di dinofite ha sostituito il cloroplasto tipico contenente peridina con il cloroplasto di un'aptofite probabilmente attraverso un processo di endosimbiosi terziaria. Una specie (*Lepidodinium viride*) ha sostituito il cloroplasto tipico contenente peridina con quello di un'alga verde probabilmente attraverso un processo di sostituzione secondaria. Si ritiene che la comparsa degli eucarioti fotosintetici possa farsi risalire al Cambriano (600-700 milioni di anni fa). Notare il nucleo residuo (*nucleomorfa*), tra le due membrane RE e le due membrane interne del cloroplasto nelle cloracniofite e nelle criptofite. (da Moreira & Philippe e Palmer).

Origine dei diversi *phyla* di organismi fotosintetici attraverso endosimbiosi primarie, secondarie e terziarie

Le membrane in soprannumero appartengono ai vacuoli o al reticolo endoplasmatico dell'originario organismo eterotrofo che ospitava l'endosimbionte fototrofo.

I flagelli sono gli organi locomotori di molte microalghe e delle cellule riproduttive. Rare sono le alghe senza flagelli (Rhodophyta). Il flagello è formato da un'assonema attaccato alla cellula e può portare peli. L'assonema è formato da 9 doppietti di microtubuli periferici ed al centro 1 coppia di microtubuli. Tutti i microtubuli sono immersi in una matrice proteica.

I flagelli si distinguono per la posizione dei peli sull'assonema:

Anematici: privi di peli

Acronematici: con un ciuffo di peli all'estremità distale

Sticonematici: fila di peli laterali

Pleuronematici: più file di peli

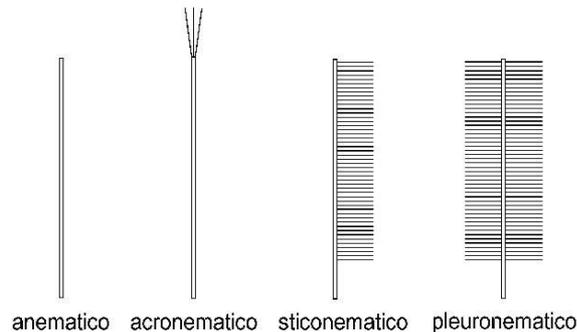


Figura 18.6

Rappresentazione schematica dei principali tipi di flagello delle alghe (disegno di G.P. Felicini).

I flagelli possono essere uguali: cellule isoconte o diversi: eteroconte. Nelle cellule eteroconte spesso alla base del flagello c'è un rigonfiamento: la macchia oculare

Nelle cellule eteroconte (2 flagelli diversi tra loro) uno dei due flagelli porta spesso un rigonfiamento soprabasale coinvolto nel meccanismo di percezione dello stimolo luminoso da parte dell'apparato della *macchia oculare*. Questa, chiamata anche *stigma*, è una piccola area di color rosso-arancio, che si trova nella maggior parte delle specie flagellate e delle cellule riproduttive. È composta da un certo numero di globuli lipidici contenenti carotenoidi; può essere interna o esterna al cloroplasto, lontana o adiacente alla base dei flagelli, con i quali interagisce nel fototropismo.

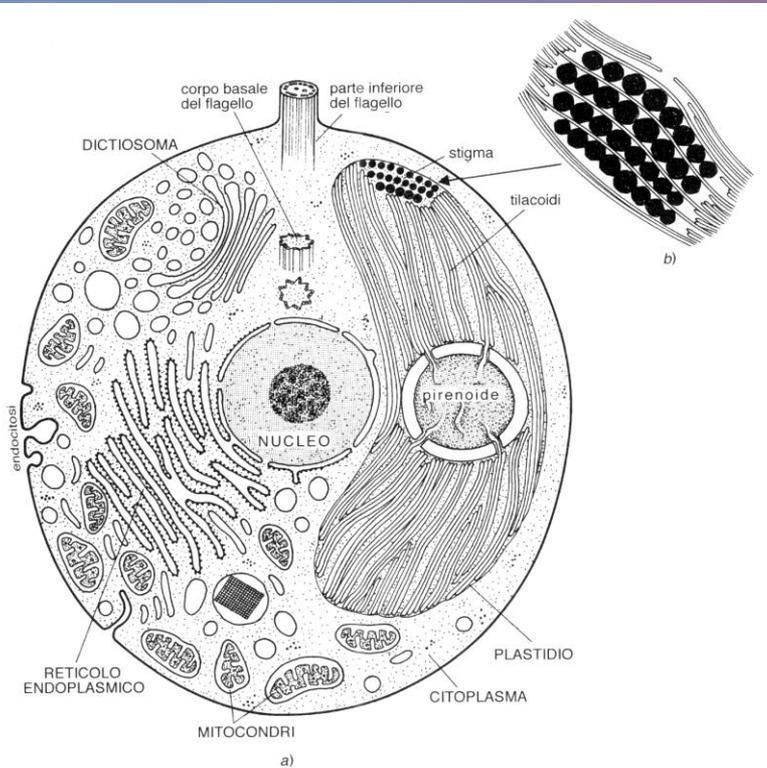


Fig. 21.31 • Schema dell'organizzazione cellulare di un'Alga verde (a); la struttura della macchia oculare è mostrata in (b).

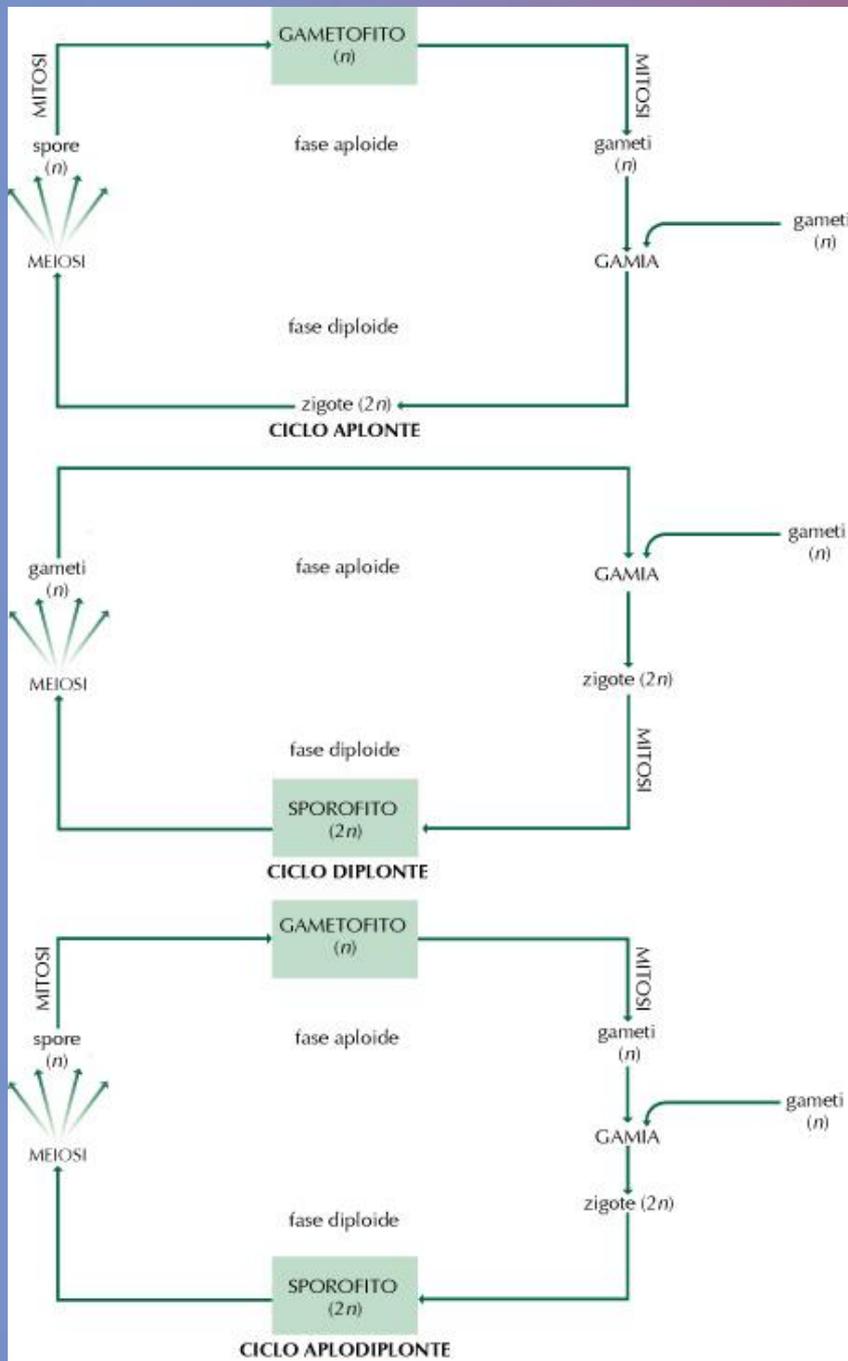
Tabella riassuntiva dei principali caratteri dei gruppi algali trattati nel testo

Divisione/ classe	Livello di organizzazione*	Principali pigmenti accessori†	Principali sostanze di riserva	Flagelli	Involucro cellulare (tipo e composi- zione)	Habitat‡
Glaucophyta	m flagellate, coccali	C-ficobiliprotei- ne, zeaxantina, luteina	amido	1, 2 eteroconte	nessuno, parete cel- lulosica	D, T
Rhodophyta	m coccali M filamentose, pseudoparen- chimatiche	C-fiococianina, R-ficobiliprotei- ne, luteina, zeaxantina, vio- laxantina	floridoside, amido delle floridee	assenti in ogni stadio vitale	parete proteica, parete cellulosa con matrice di man- nani, poligalattani solfati, ac. alginico, talvolta calcificata	D, M, T
Chlorophyta	m flagellate, coc- cali, coloniali M filamentose pseudo-paren- chimatiche, cenocitiche	Cl b, prasinoxan- tina, zeaxantina, luteina, ante- raxantina	amido	1 - numerosi isoconte, ste- fanoconte	scaglie o parete gli- coproteiche, parete celluloso-pectica, talvolta con sporo- pollenina	D, M, T
Charophyta	m coccali, colo- niali M filamentose, parenchimati- che	Cl b, xantofille tipiche delle piante terrestri	amido	isoconte	parete celluloso- pectica, talvolta cal- cificata; ipnozigoti con sporopollenina	D, T
Cryptophyta	m flagellate	Cl c ₂ , α-carotene, Cr-ficobiliprotei- ne, crocoxantina, alloxantina	amido	2 eteroconte	periplasto di piastre proteiche	D, M
Haptophyta	m flagellate, coc- cali	Cl c ₁ , c ₂ , c ₃ , fuco- xantina, diato- xantina	crisolaminari- na	1, 2 isoconte, eteroconte	nessuno, scaglie proteiche talvolta calcificate	M
Ochrophyta	m coccali, ame- boidi, flagella- te, coloniali M filamentose, cenocitiche, parenchimati- che	Cl c ₁ , c ₂ , fucoxan- tina, diatoxanti- na, vauche- riaxantina	crisolaminari- na, mannitolo	1, 2 eteroconte	nessuno, scaglie silicee, scheletro siliceo, lorica poli- saccaridica, peripla- sto siliceo (frustulo), parete cellulosa con matrice di fucoidano e alginati	D, M, T
Dinophyceae (divisione Miozoa)	m flagellate	Cl c ₂ , dinoxanti- na, peridininina	amido	2 eteroconte	periplasto (anfie- sma), talvolta con cellulosa e sporo- pollenina	D, M
Chlorarachnio- phyceae (divisione Cer- cozoa)	m ameboidi, coloniali	Cl b, xantofille	amido	1	nessuno	M
Eugleno- phyceae (divisione Euglenozoa)	m flagellate	Cl b, echinenone, criptoxantina, sifoneina	paramilon	2 eteroconte	peroplasto proteico (pellicola), lorica	D, M

* m: microalghe, M: macroalghe; † β-carotene sempre presente; Cl: clorofilla; ‡ D: acque dolci, M: ambienti marini, T: ambienti terrestri.

Cicli biologici e alternanza di generazione

Le Alghe si riproducono per via asexuale e sessuale. Molte microalghe presentano solo la riproduzione asexuata: semplice divisione di cellule o ad opera di spore. Le spore possono essere aploidi o diploidi.



supergruppo		<i>Phylum</i>	numero di specie	pigmenti fotosintetici	carboidrati di riserva	flagelli	parete cellulare	habitat
Archaeplastida (simbiosi primaria)		Rhodophyta (alghe rosse)	6.000	Clorofilla <i>a</i> ; ficobiline; carotenoidi	amido delle floridee	assenti	microfibrille di cellulosa in matrice di altri polisaccaridi; in molte specie depositi di carbonato di calcio	principalmente marine; circa 100 specie d'acqua dolce, molte specie tropicali
		Chlorophyta (alghe verdi)	17.000	clorofilla <i>a</i> e <i>b</i> ; carotenoidi	amido	assenti o due; apicali o subapicali, uguali o diseguali a frusta	glicoproteine, polisaccaridi, cellulosa	marino o acqua dolce
		Glaucocystophyta	?	clorofilla <i>a</i> ; ficobiline	amido	assenti o due diseguali con peli	assente o cellulosa; residui del peptidoglicato del cianobatterio simbiote	acqua dolce
Mycetozoa		Myxomycota (funghi mucilluginosi plasmodiali)	700	assenti	glicogeno	normalmente due, spesso diversi fra loro, solo nelle cellule riproduttive	assente	terrestri
		Dictyosteliomycota (funghi mucilluginosi cellulari)	50	assenti	glicogeno	assenti (movimenti ameboidi)	cellulosa	terrestri
Excavata (endosimbiosi secondaria)	Euglenozoa (euglenoidi)	Euglenophyta	900	Clorofilla <i>a</i> e <i>b</i> ; carotenoidi; molte sono eterotrofe	paramillon	normalmente due, spesso diversi fra loro; vari peli	nessuna parete, placche proteiche al di sotto della membrana	principalmente d'acqua dolce, alcune marine

Inquadramento sintetico aggiornato dei gruppi principali di protisti I° modificato da Raven P.H.,

Ray F.E., Eichhorn S.E., 2002 – Biologia delle piante. (6° ed.) ZANICHELLI

Per quanto riguarda la nomenclatura delle alghe, ricordiamo il significato delle desinenze latine: *-phyta* si riferisce alle divisioni (sinonimo *phyla*), *-phytina* alle subdivisions (sinonimo *subphyla*), *-phyceae* alle classi, *-phycidae* alle sottoclassi, *-ales* agli ordini.

Il grande raggruppamento degli *archaeplastida* si identifica con lo storico Regnum Plantae che riunisce tutti gli organismi dotati di cloroplasti con clorofilla a, organelli che si ipotizza siano stati acquisiti in seguito ad endosimbiosi primaria. Questi vegetali sono suddivisi in due sottoregni: **Biliphyta e Viridiplantae**. Le Biliphyta (vegetali con ficobiliproteine) sono rappresentate solo da divisioni algali; le Viridiplantae (vegetali con clorofilla b) riuniscono sia divisioni algali che briofite e tracheofite. I *chromalveolata* sono organismi che originariamente avrebbero acquisito i cloroplasti mediante un evento di endosimbiosi secondaria tra un eucariote eterotrofo ed un' ancestrale microalga rossa. **Regnum Chromista** rientrano gran parte dei *chromalveolata* e alcuni *rhizaria*; nel **Regnum Protozoa** troviamo la restante parte dei *chromalveolata* e gli *excavata*

supergruppo		<i>Phylum</i>	numero di specie	pigmenti fotosintetici	carboidrati di riserva	flagelli	parete cellulare	habitat
Chromoalveolata (endosimbiosi secondaria)	Stramenopili	Cryptophyta (criptomonadi)	200	clorofilla <i>a</i> e <i>c</i> ; ficobiline; carotenoidi; molte sono eterotrofe	amido	due, disuguali subapicali	nessuna parete, placche proteiche al di sotto della membrana	marine o d'acqua dolce; acque fredde
		Haptophyta (aptofite)	300	clorofilla <i>a</i> e <i>c</i> ; carotenoidi principalmente fucoxantina	crisolaminarina	assenti o due, uguali i disuguali; spesso non hanno peli; la maggior parte presenta l'aptonema	scaglie di cellulosa; talora scaglie di materiale organico calcificato	principalmente marine; poche d'acqua dolce
		Bacillariophyta (diatomee)	100.000	clorofilla <i>a</i> e <i>c</i> ; carotenoidi, prevalentemente fucoxantina	crisolaminarina	assenti o uno; solo nei gameti delle centriche, apicale con due file di peli	silicio	marino o acqua dolce
		Chrysophyta (alghe dorate)	10.000	clorofilla <i>a</i> e <i>c</i> ; carotenoidi, prevalentemente fucoxantina	crisolaminarina	assenti o due; uno diretto in avanti con due file di peli; l'altro a frusta diretto all'indietro	nessuna parete, a volte scaglie di silicio e cellulosa	per lo più acqua dolce; pochi marini
		Phaeophyta (alghe brune)	15.000	clorofilla <i>a</i> e <i>c</i> ; carotenoidi, prevalentemente fucoxantina	laminarina, mannitolo	due; uno diretto in avanti con due file di peli; l'altro a frusta diretto all'indietro	cellulosa in matrice mucillaginosa	quasi tutte marine nelle regioni temperate e polari
		Oomycota (funghi acquatici)	700	assenti	glicogeno	due, solo nelle cellule riproduttive	cellulosa, o tipo cellulosa	marino, acqua dolce o terrestri
	Alveolata (endosimbiosi terziaria)	Dinophyta (dinoflagellati)	4.000	clorofilla <i>a</i> e <i>c</i> ; carotenoidi principalmente piridina; molte sono eterotrofe	amido	assenti (eccetto che nei gameti) o due disuguali, laterali (uno trasversale, l'altro longitudinale) entrambi con peli	strato di vescicole sotto la membrana plasmatica con o senza placche di cellulosa	marine o d'acqua dolce; alcune simbiotici

° Inquadramento sintetico aggiornato dei gruppi principali di protisti II modificato da Raven

P.H., Ray F.E., Eichhorn S.E., 2002 – Biologia delle piante. (6° ed.) ZANICHELLI

Molte specie attualmente fototrofe non hanno perso del tutto le capacità di nutrizione eterotrofa e sono pertanto organismi mixotrofi. Ancora oggi è possibile osservare che numerosi protozoi che si nutrono di microalghe non digeriscono integralmente il cibo, ma ne conservano i plastidi ed altri attributi, stabilendo una simbiosi che nel tempo può diventare obbligatoria, come in *Vitrella brassiciformis*, scoperta recentemente nella Grande Barriera Corallina.

Di questo raggruppamento fanno parte organismi alveolati, caratterizzati dalla presenza di alveoli (vescicole) disposti in strato continuo sotto la membrana plasmatica, e i cosiddetti straminopili (dal lat. stramineus, provvisto di peli), un vasto gruppo di eterotrofi

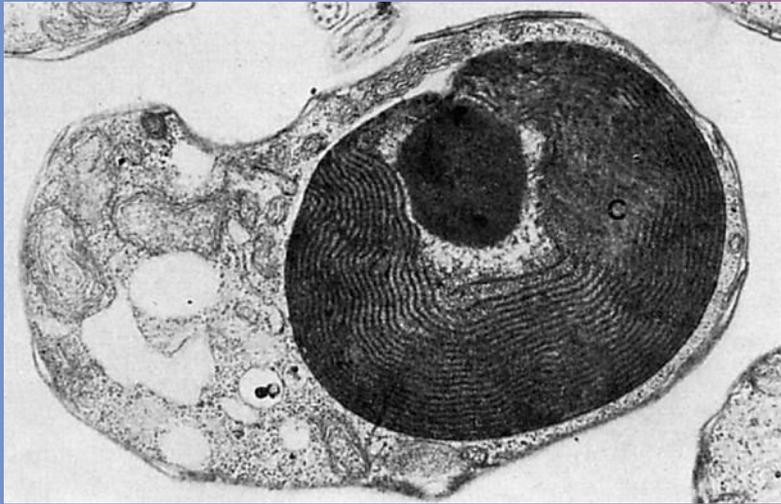


REGNUM PLANTAE

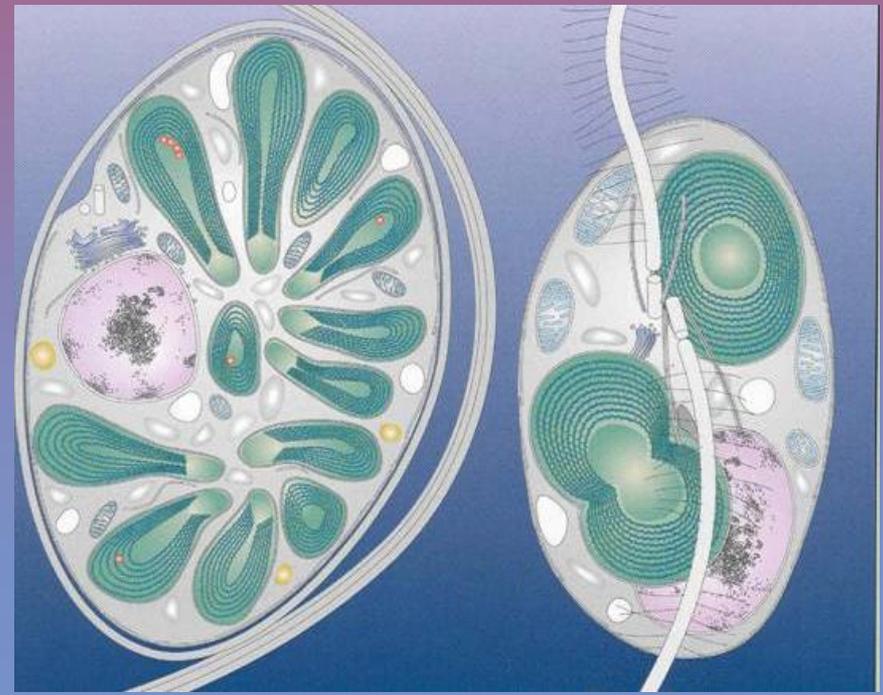
SOTTOREGNO BILIPHYTA

Glaucophyta

Glaucocystis



Alghe unicellulari d'acqua dolce, considerate molto primitive, immobili o biflagellate. I plastidi (cianoplasti) sono del tutto identici ai cianobatteri, con clorofilla *a* e ficobiline organizzate in ficobilisomi. Fre le due membrane del plastidio ci sono tracce di mureina (parete cellulare dei cianobatteri).



Divisione *Rhodophyta*

ALGHE ROSSE

- circa **5000** specie **prevalentemente marine**, il numero di specie è superiore a tutte le altre alghe messe insieme
- Micro e macroalghe
- 150 specie vivono in acque dolci
- Possono vivere fino a **268m di profondità** (Bahamas)
- talli** sono per lo più **macroscopici** ed hanno organizzazione **filamentosa**
- Pochissime** specie sono **unicellulari**
Cyanidium caldarium vive nelle sorgenti termali acide (solfatare di Pozzuoli)



Divisione *Rhodophyta*

ALGHE ROSSE

Alghe per la maggior parte pluricellulari e marine. Cicli complessi di o trigenetici. Assenza di cellule flagellate

Plastidi con due membrane

PIGMENTI FOTOSINTETICI: clorofilla *a*, le ficobiline: ficoeritrina (rossa), alloficocianina e ficocianina (blu)

SOSTANZA DI RISERVA: è l'amido delle floridee, un polimero di glucosio ramificato simile alla frazione amilopectinica dell'amido, somiglia più al glicogeno che all'amido (viene accumulato all'esterno del cloroplasto nel citoplasma)

PARETE CELLULARE costituita da polisaccaridi. Tra questi i poligalattani solfati prendono il nome commerciale di agar e carragenina che conferiscono alle alghe rosse una tessitura vischiosa e flessibile.

Proteorhodophytina

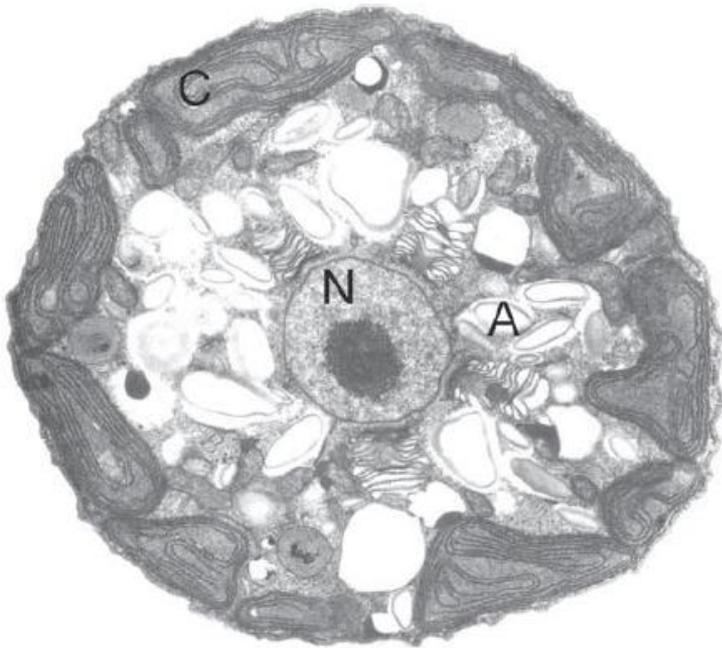


FIGURA 18.7

Glaucosphaera vacuolata (Glaucosphaerales). N: nucleo; C: plastidio; A: amido (da S.T. Broadwater et al., 1995).

La subdivisione è rappresentata da microalghe coccali, talvolta all'interno di una guaina gelatinosa e macroalghe filamentose microscopiche e medie dimensioni che vivono in acque dolci, sui terreni umidi, in ambienti salmastri e marini

Cyanidiophytina

Microalghe coccali, delle dimensioni di pochi micron e di colore azzurro-verde, che abitano ambienti estremi e sono anche capaci di nutrizione eterotrofa.

La parete cellulare, quando presente, è di natura proteica, talvolta con emicellulose. I pigmenti fotosintetici sono: clorofilla a, β -carotene, xantofille (luteina, zeaxantina, violaxantina, criptoxantina), C-ficocianina e alloficocianina. Come sostanze di riserva oltre l'amido delle floridee, accumulano floridoside e isofloridoside (che svolgono anche una funzione osmoregolatrice)

Crescono sul suolo e sulle rocce. Alcune vivono in presenza di sostanze gassose come acido solfidrico, CO₂, ammoniaca, nelle aree interessate da attività di vulcanismo secondario quali caldere vulcaniche, geyser (Yellowstone, U.S.A.), solfatare (in Italia, nell'area di Pozzuoli).

Divisione *Rhodophyta*: Subdivisione *Eurhodophytina* più numerosa con 7000 specie

Il ciclo sessuale della maggior parte delle alghe rosse è un ciclo **trigenetico**

La parete cellulare è formata da una componente fibrillare immersa in una matrice gelatinosa.

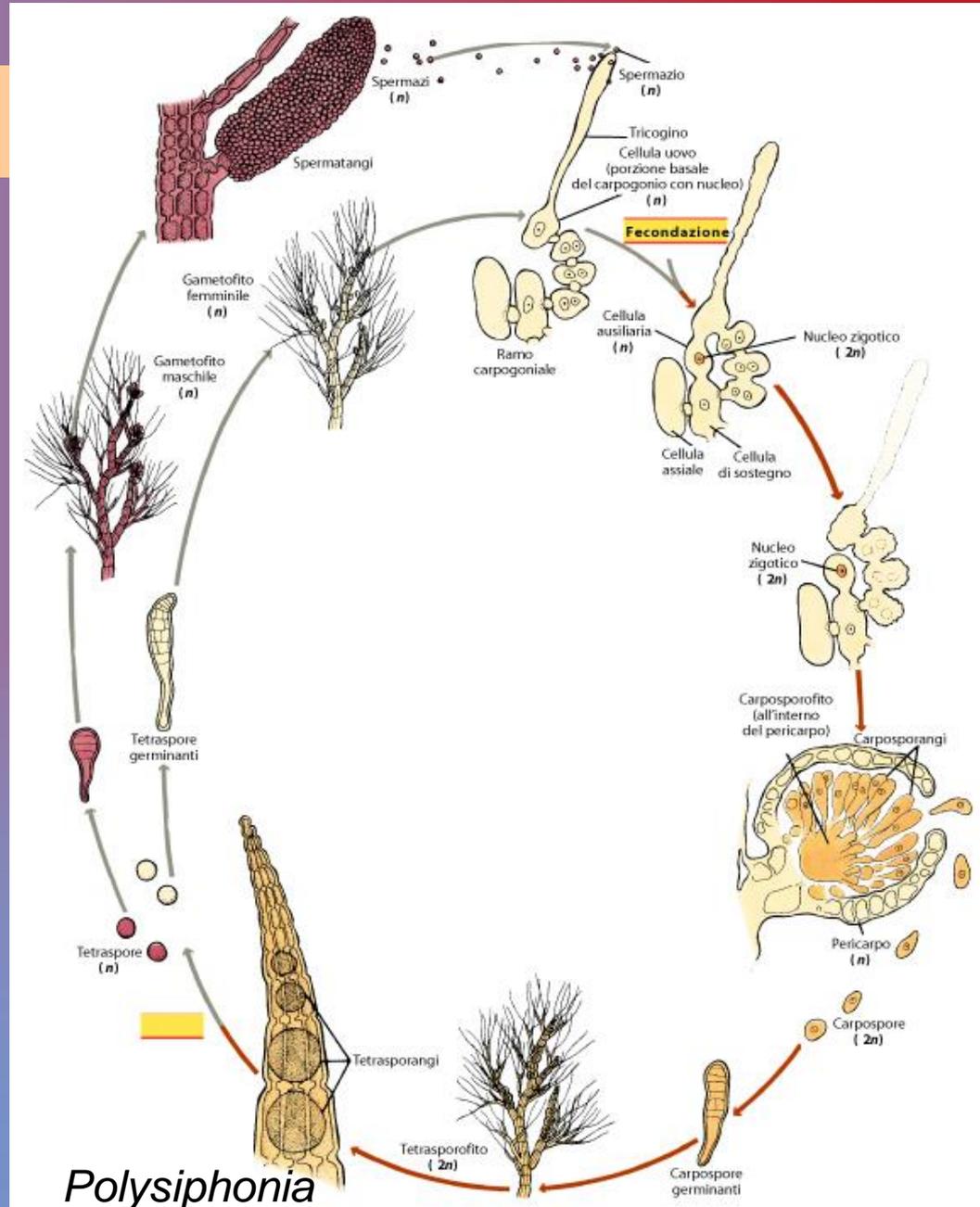
La matrice può essere composta da mannani, poligalattani solfati, piccole quantità di acido alginico. I poligalattani solfati importanza economica prendono il nome commerciale di agar e carragenine e sono utilizzati in microbiologia e in diverse industrie alimentari e farmaceutiche

Alternanza tra:

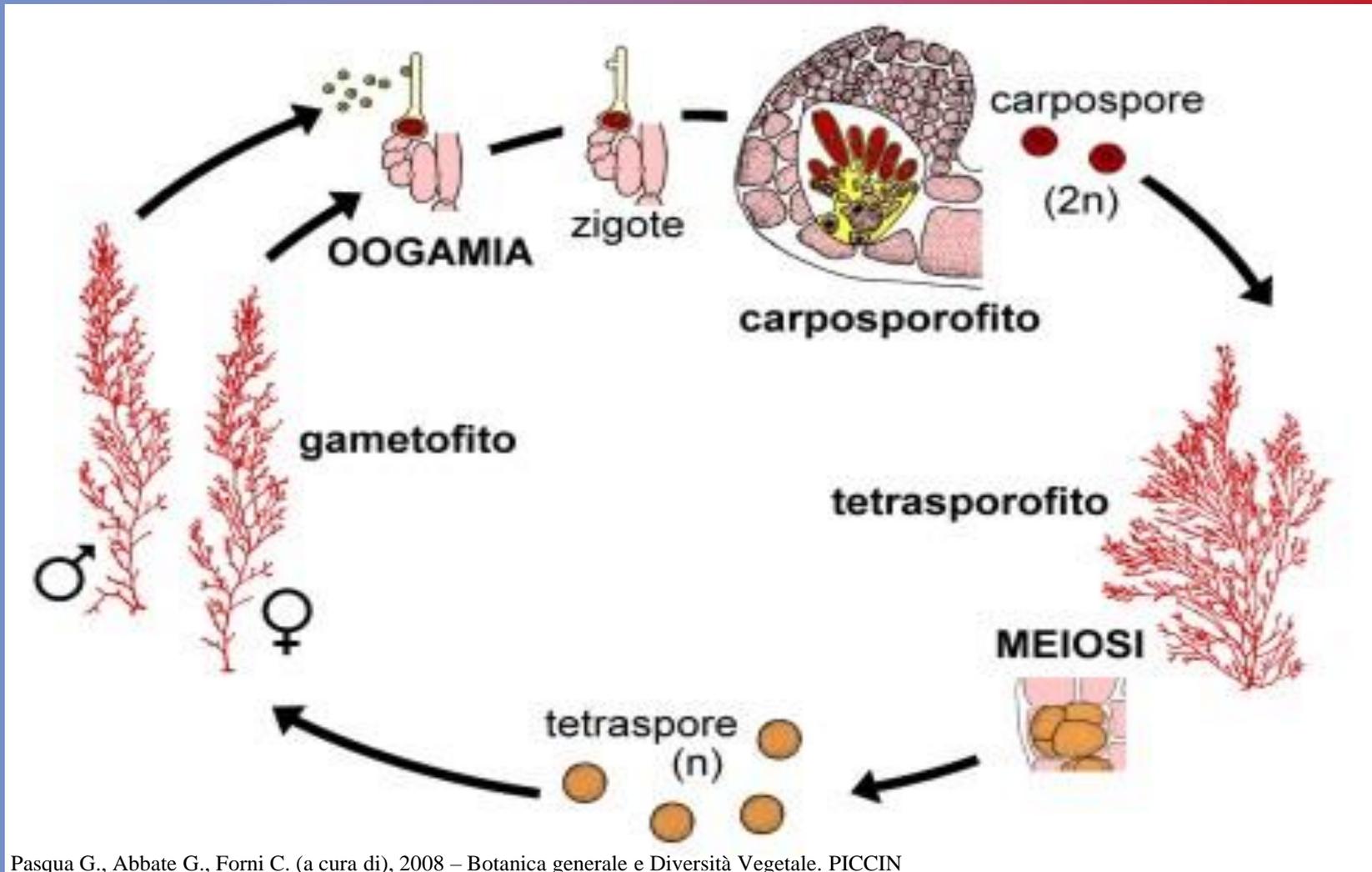
- una generazione gametofitica aploide
- due generazioni sporofitiche diploidi, il carposporofito e il tetrasporofito.

La meiosi avviene nel tetrasporofito.

Il carposporofito strategia riproduttiva per moltiplicare lo zigote, produce carpospore $2n$ per mitosi che producono un tallo diploide detto tetrasporofito. A sua volta forma sporangi nei quali per meiosi si formano tetraspore aploidi



Rhodophyta



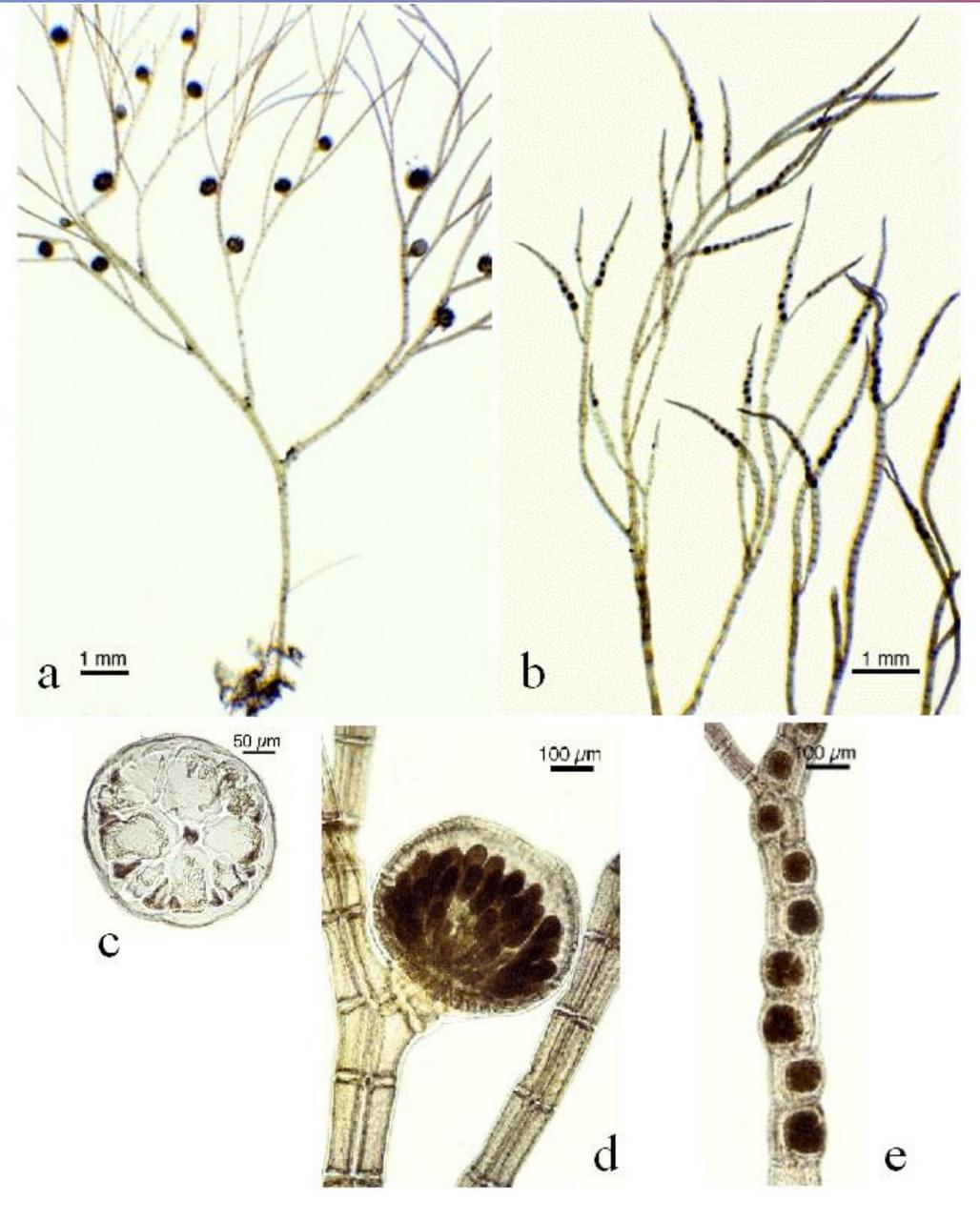
Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

Polysiphonia sp. - ciclo trigenetico eteromorfo. Gametofito (n), carposporofito (2n attaccato al gametofito), tetrasporofito (2n)



carposporofito

Polysiphonia elongata
(Hudson) Sprengel 1827

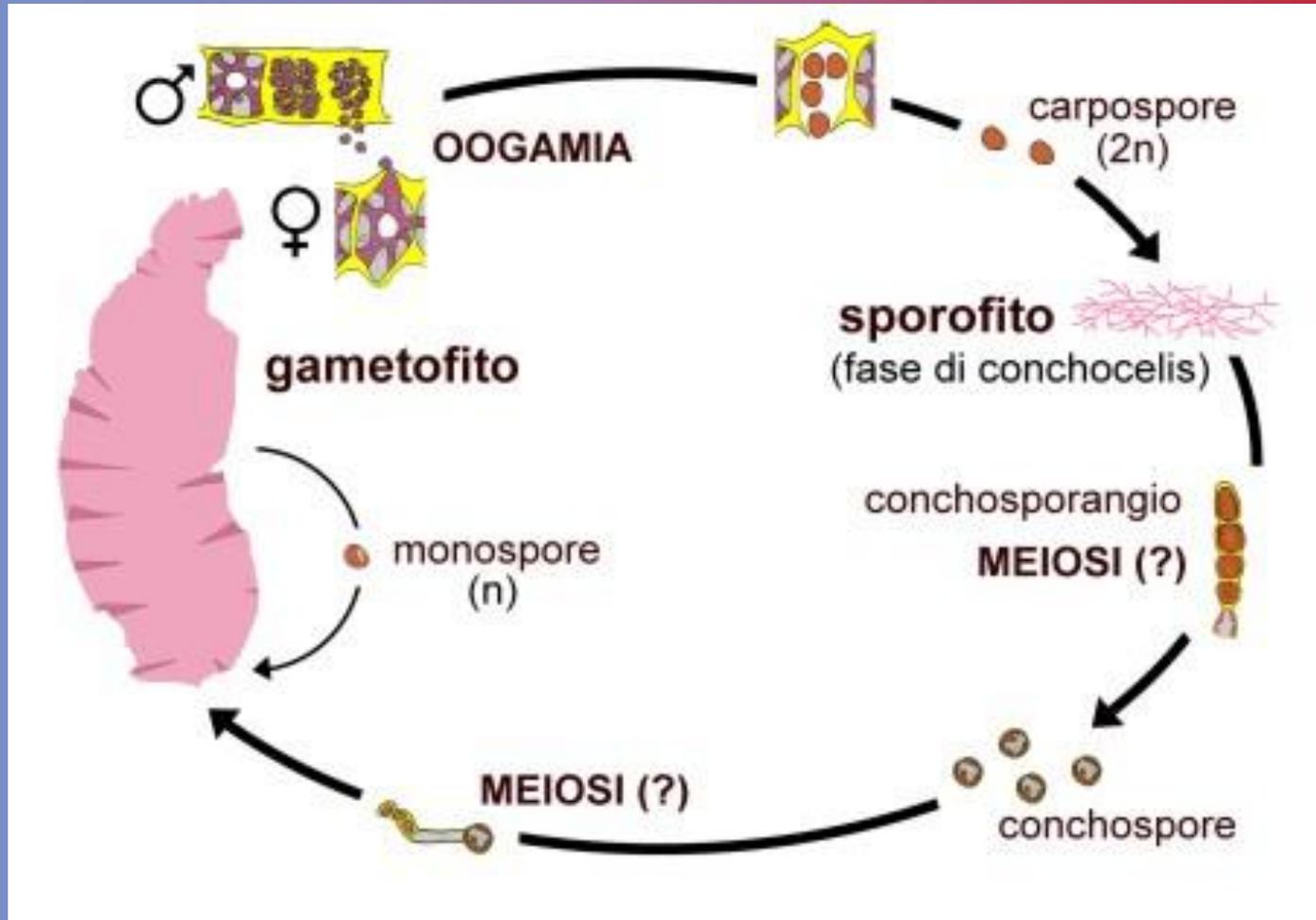


- a) gametofito femminile
- b) tetrasporofito
- c) sezione trasversale del fusto
- d) cistocarpo maturo
- e) tetrasporocisti

Il ciclo è digenetico eteromorfo. I gametofiti, dioici o monoici, sono macroscopici e annuali Formano carpogoni e spermatangi a partire da qualsiasi cellula vegetativa. I carpogoni fecondati si dividono mitoticamente dando origine a carpospore diploidi. Dalla germinazione di queste nascono talli microscopici filamentosi, uniseriati e ramificati (gli sporofiti), che si impiantano solitamente su conchiglie e sono perenni. Poiché in passato questi talli furono assegnati ad una specie distinta, *Conchocelis rosea*, oggi lo sporofito delle *Bangiophyceae* è definito “fase di conchocelis”.

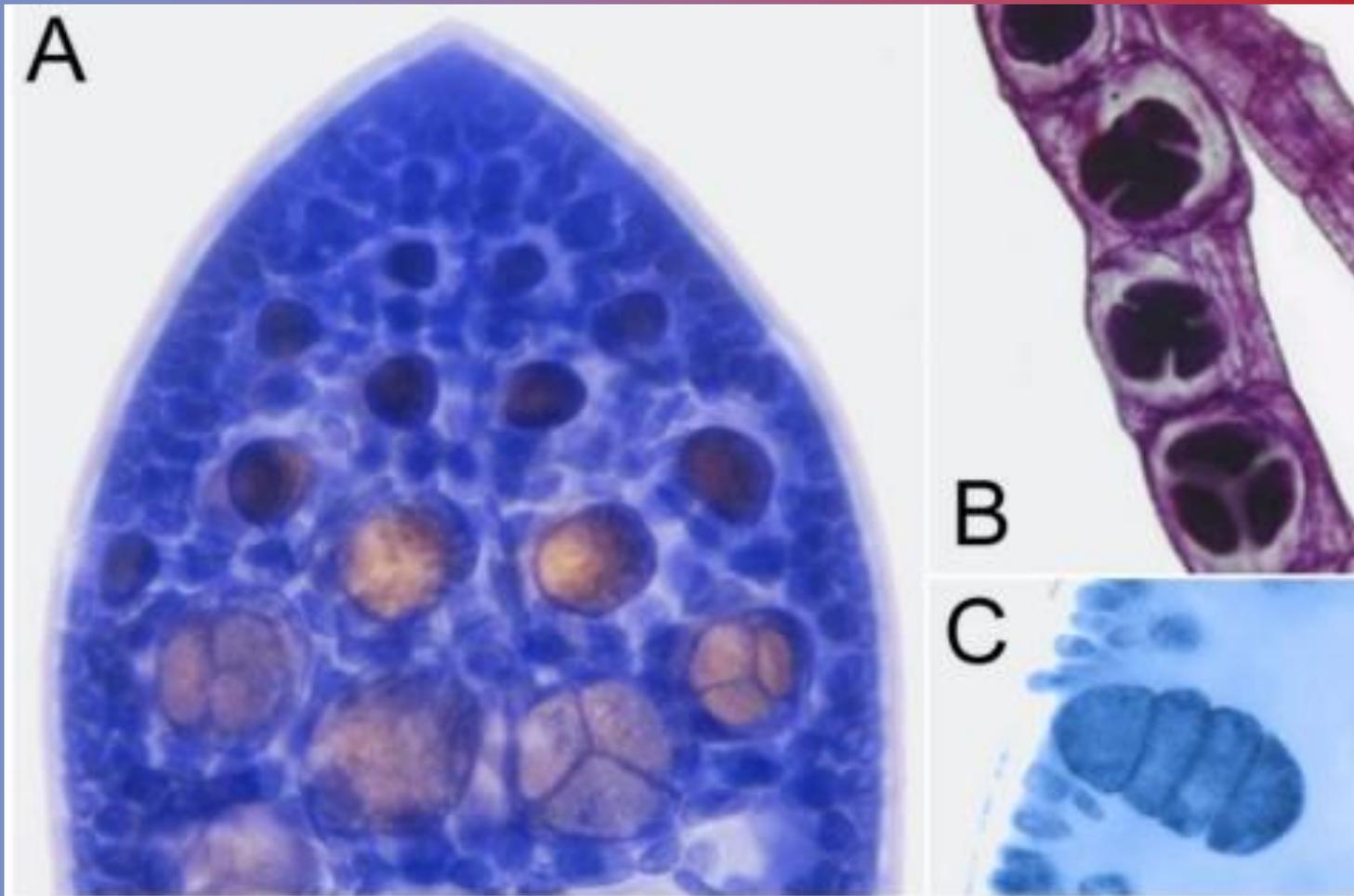
Questi sporofiti formano serie di sporangi (conchosporangi) che rilasciano conchospore. Poiché il luogo della meiosi rimane ancora enigmatico, le conchospore potrebbero essere aploidi o diploidi; se diploidi, vanno incontro a meiosi all’atto della germinazione

Rhodophyta



Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

Porphyra sp. - ciclo digenetico eteromorfo

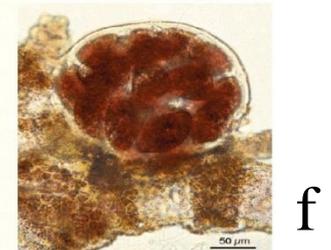
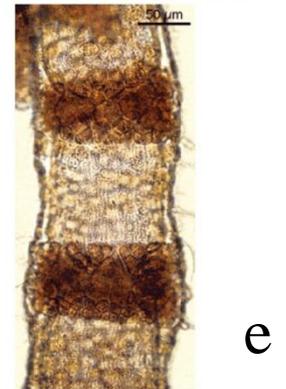
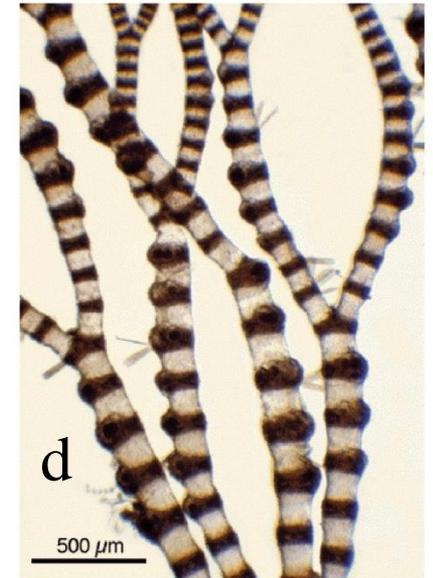
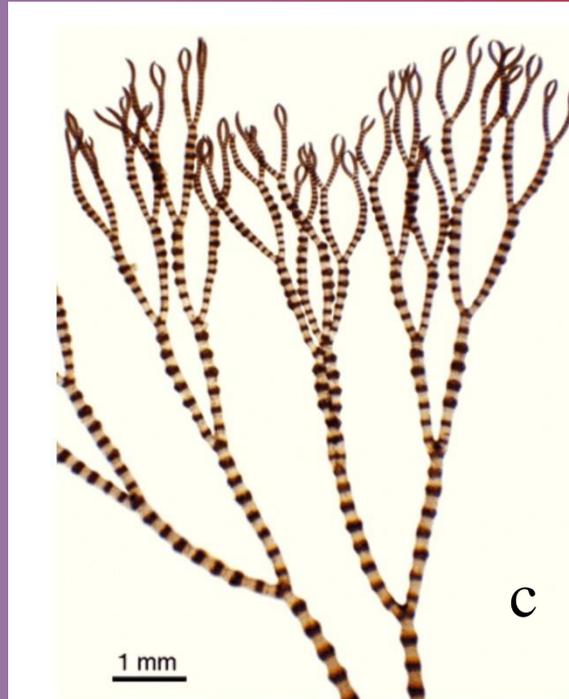
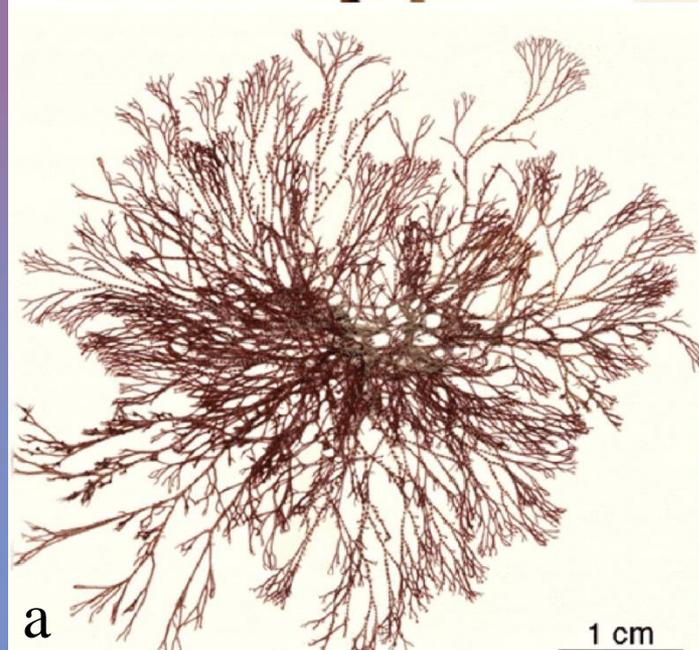
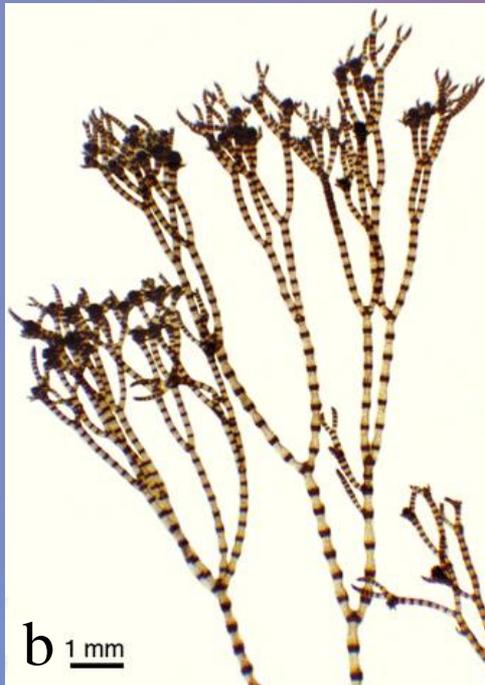


Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

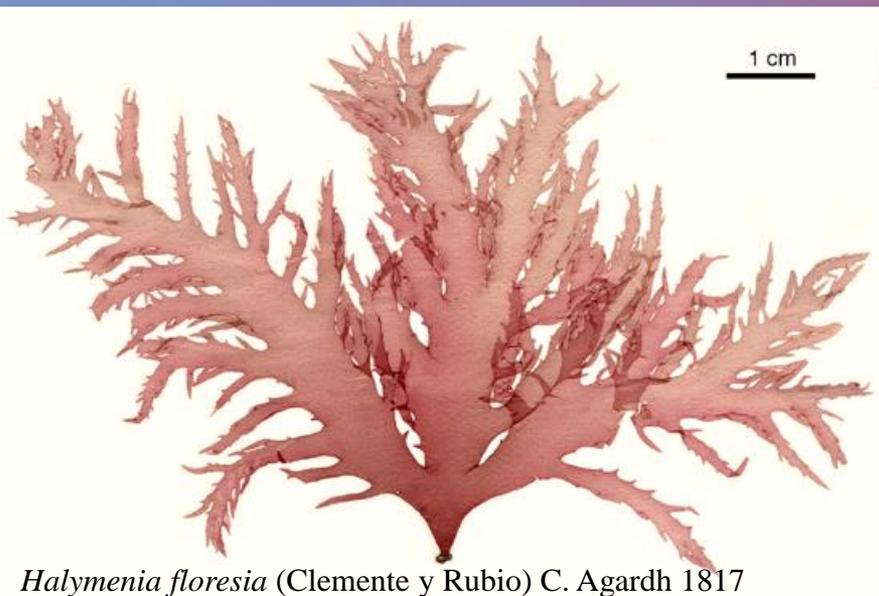
Tetrasporangi tetraedrici in *Parviphycus felicini* (A) e *Polysiphonia* sp. (B); tetrasporangi seriati in *Agardiella subulata* (C)

Ceramium strictum
(Kützing) Harvey 1849

- a) esemplare d'erbario
- b) gametofito femminile
- c) tetrasporofito
- d) tetrasporocisti
- e) particolare dei nodi
- f) cistocarpo



Abdelahad N.,
D'Archino R., Pepe
D'Amato E., 2002 –
Flora Illustrata delle
alge marine delle
coste laziali (Italia
Centrale, I°.
Rodophyta. Univ. "La
Sapienza, Regione
Lazio.



Halymenia floresia (Clemente y Rubio) C. Agardh 1817



Peyssonnelia polymorpha (Zanardini) F. Schmitz 1879



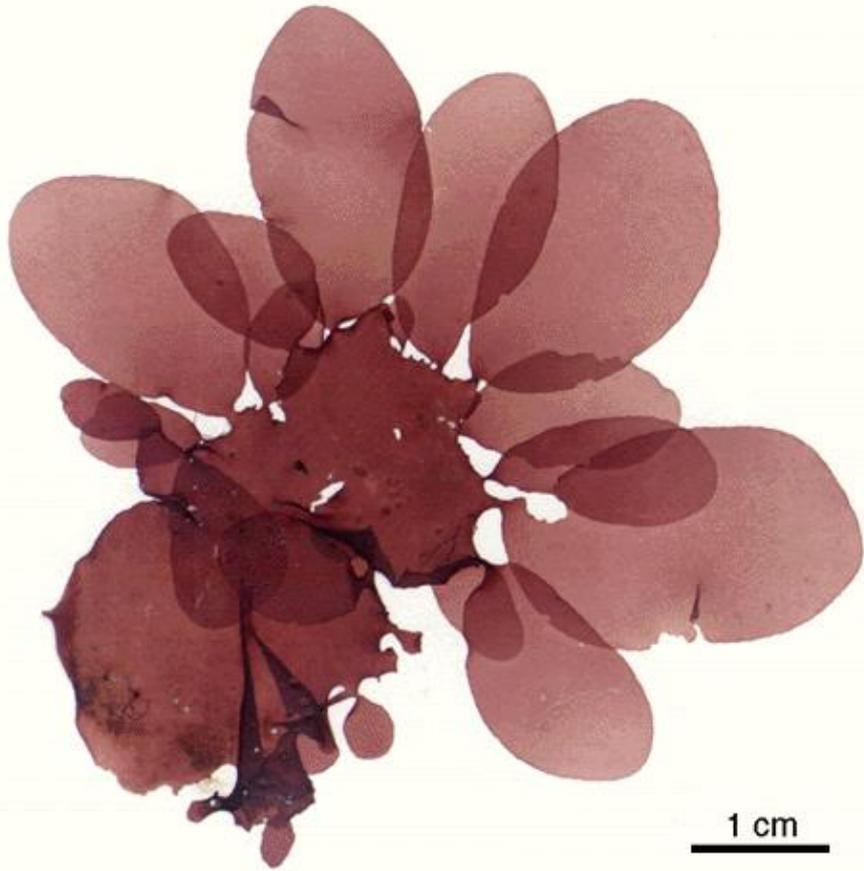
Sebdenia monardiana (Montagne) Berthold 1882

Nitophyllum punctatum (Stackhouse) Greville 1830

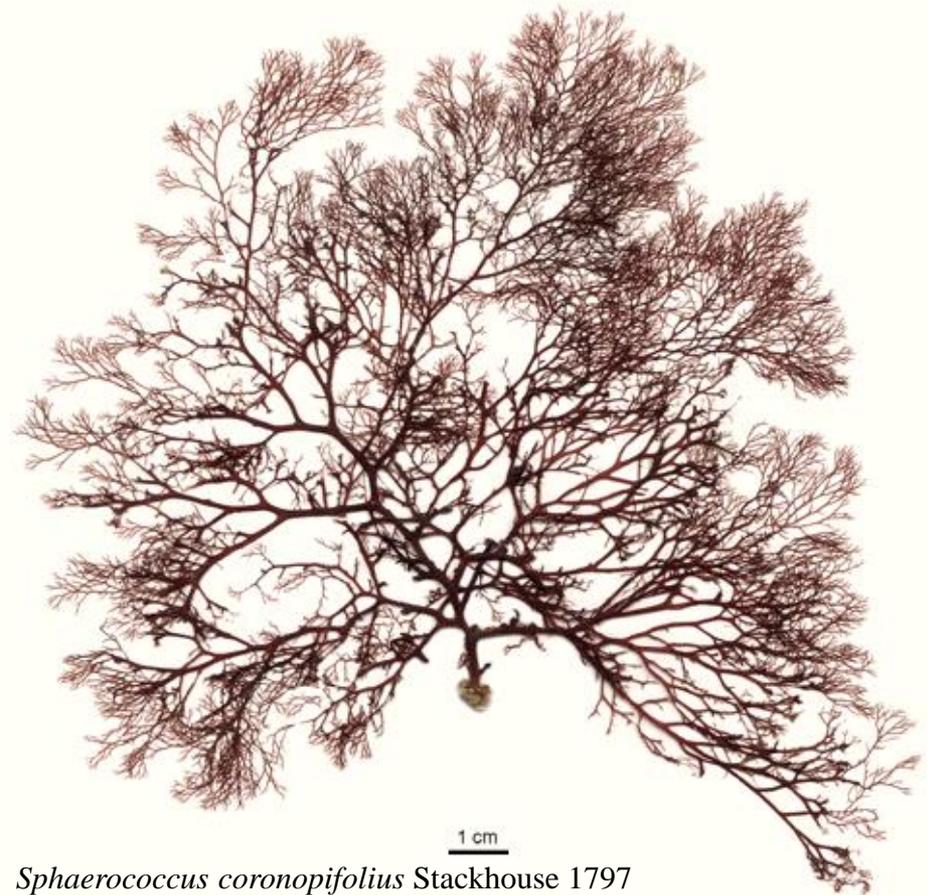


Abdelahad N., D'Archino R., Pepe D'Amato E., 2002 – Flora Illustrata delle alghe marine delle coste laziali (Italia Centrale. I°. Rodophyta. Univ. “La Sapienza, Regione Lazio.

Abdelahad N., D'Archino R., Pepe D'Amato E., 2002 – Flora Illustrata delle alghe marine delle coste laziali (Italia Centrale. I°. Rodophyta. Univ. "La Sapienza, Regione Lazio.



Kallymenia spathulata (J. Agardh) Codomier ex P.G. Parkinson 1980



Sphaerococcus coronopifolius Stackhouse 1797



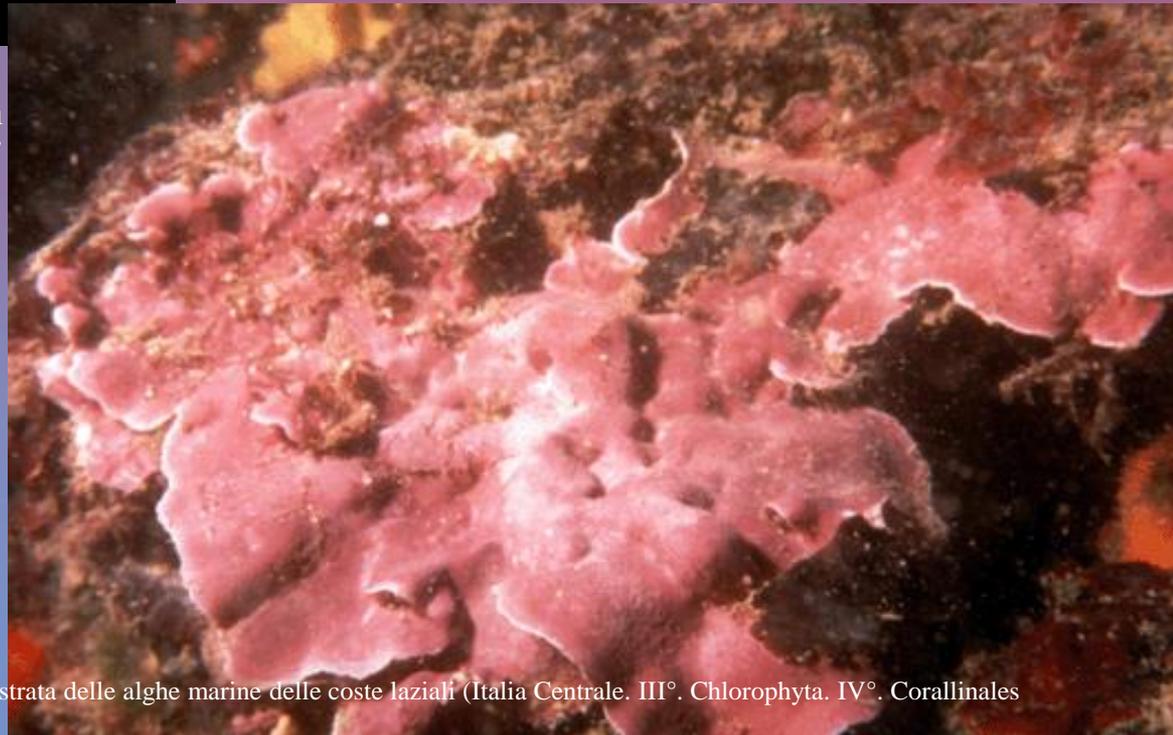
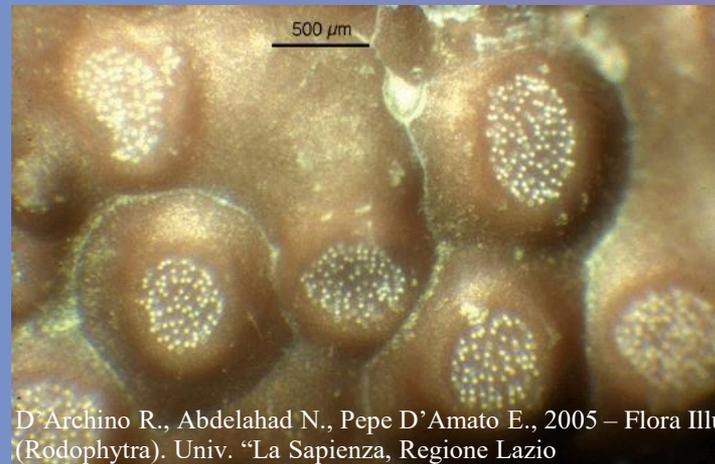
Lithophyllum byssoides (Lamarck) Foslie 1900

Corallinales (Rhodophyta)

alghe con tallo fortemente incrostato di carbonato di calcio, principali responsabili della costruzione del coralligeno mediterraneo. Questo è una biocenosi ad altissima diversità biologica costituita da alghe, celenterati e poriferi, briozoi e molluschi. Ospita numerose popolazioni di crostacei e di pesci che se ne giovano come riparo e fonte di nutrimento.

Lithophyllum stictaeforme (Areshoug in J. Agardh) Hauck 1877

Concettacoli multipori





Corallina officinalis Linnaeus 1758

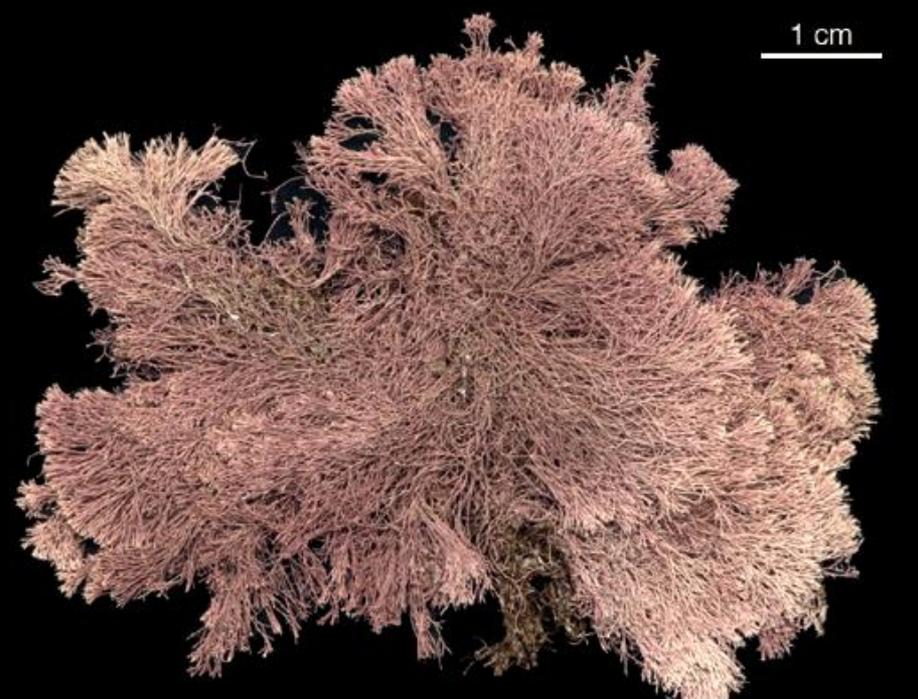


concettacoli

Jania rubens (Linnaeus) J.V. Lamouroux 1812 var. *rubens*



Concettacoli contenenti le strutture riproduttive



Torre Astura (Nettuno)
zona intertidale è la zona del
litorale che dipende dalle
maree, in quanto è emersa in
condizioni di bassa marea e
sommersa con l'alta marea.
Substrato: scogli e ruderi

Rhodophyta: *Pterocliadiella*
capillacea (S. G. Gmelin)
Santelices & Hommersand 1997,
Chondracanthus acicularis
(Roth) Fredericq 1993;
Chlorophyta: *Ulva laetevirens*
Areschoug 1854, *Codium fragile*
(Suringar) Hariot ssp.
tomentosoides (Van Goor) P.C.
Silva 1955





Torre Astura (Nettuno). Zona intertidale, substrato: scogli e ruderi. **Rhodophyta:** *Nemalion helminthoides* (Vellay in Withering) Batters 1902, *Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq 1993; **Chlorophyta:** *Ulva laetevirens* Areschoug 1854

REGNUM PLANTAE

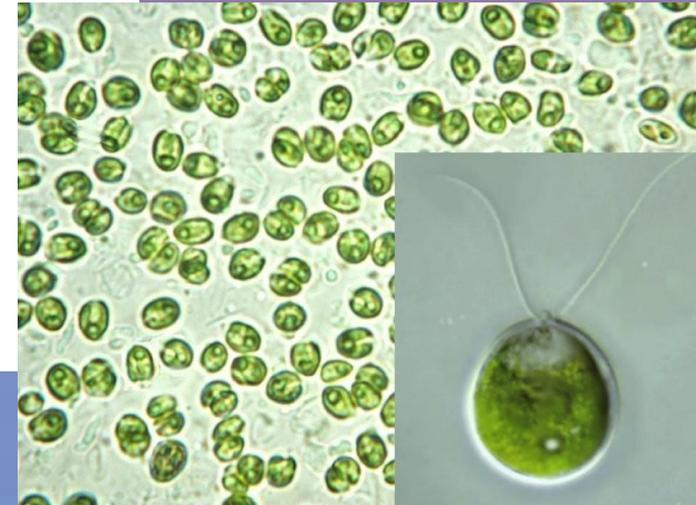
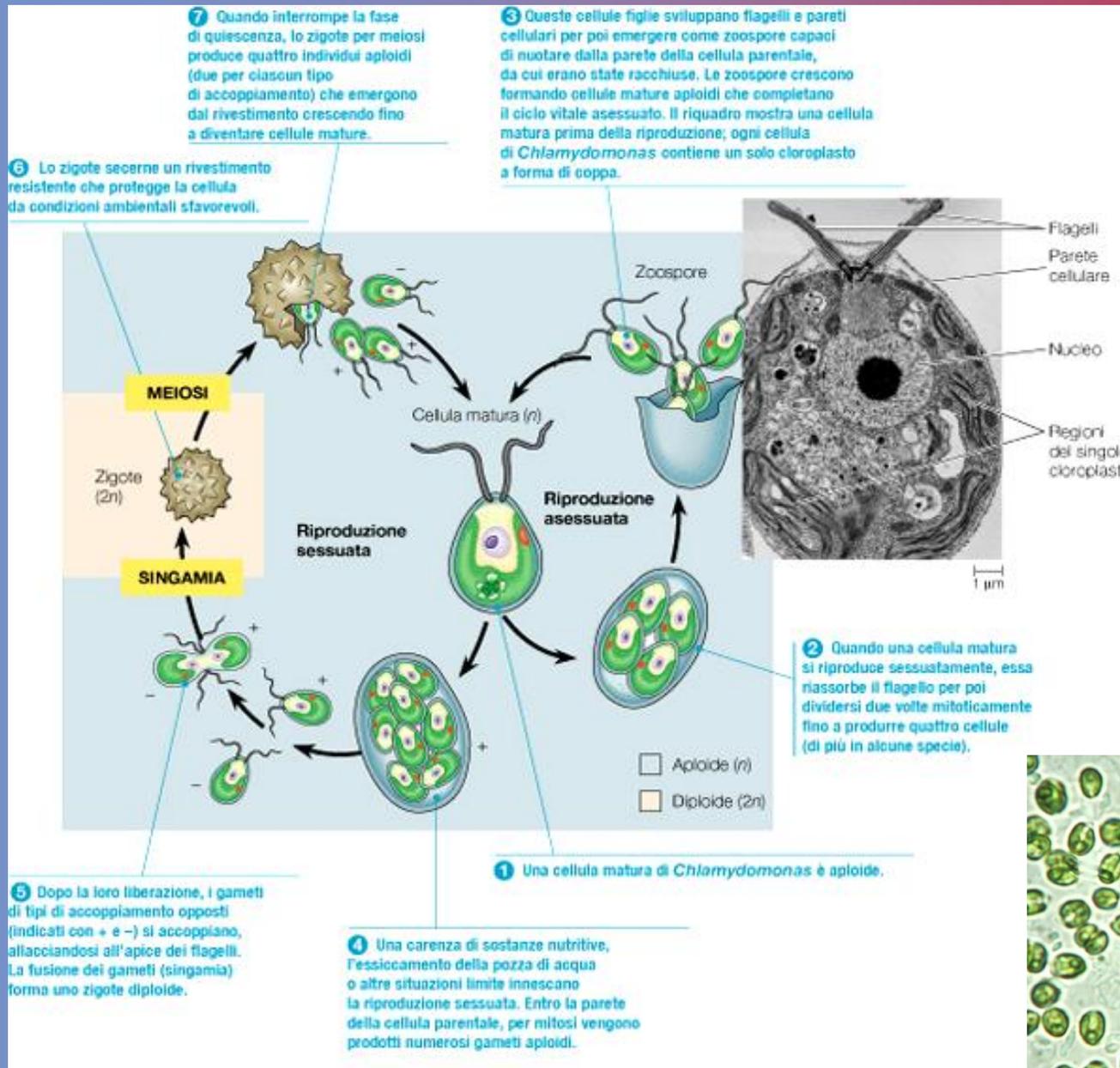
SOTTOREGNO VIRIDIPLANTAE

DIVISIONE CLOROPHYTA Più DI 6500 SPECIE

**IN QUESTO RAGGRUPPAMENTO SONO PRESENTI TUTTI
I TIPI DI ORGANIZZAZIONE DEL TALLO**

Chlorophyta

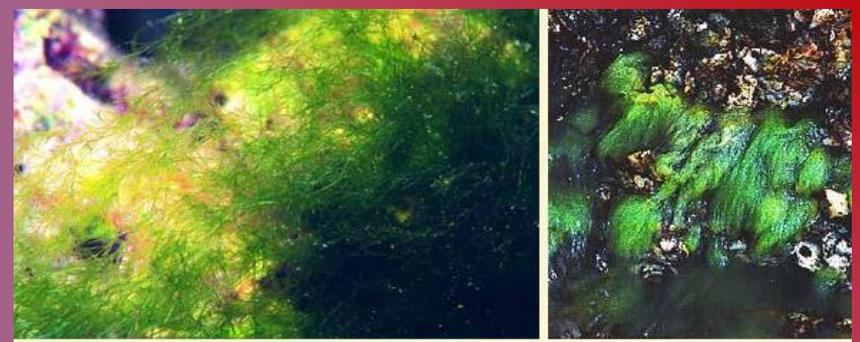
Alghe sia uni- che pluricellulari, marine e d'acqua dolce. Parete cellulare spesso celluloso-pectica. Cloroplasti con due membrane, Clorofilla *a* e *b*, β -carotene e xantofille. Amido come sostanza di riserva. Cellule flagellate isoconte



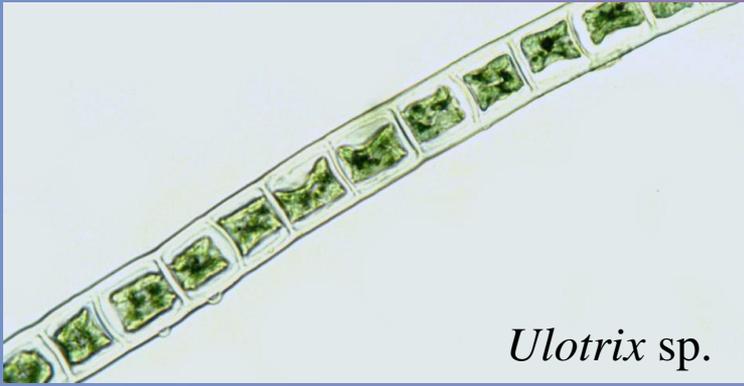
Campbell N.A., Reece J.B., 2002 – Biologia. ZANICHELLI

Ciclo di *Chlamydomonas* sp. alga unicellulare d'acqua dolce

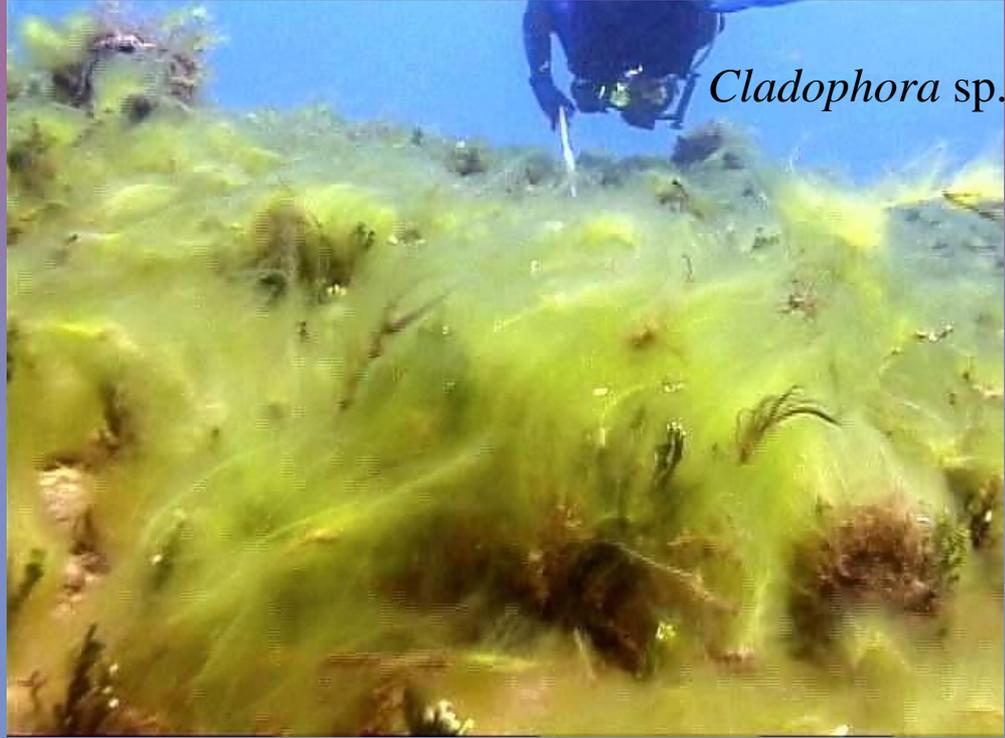
Talli filamentosi



Chaetomorpha linum (Müller) Kutz.

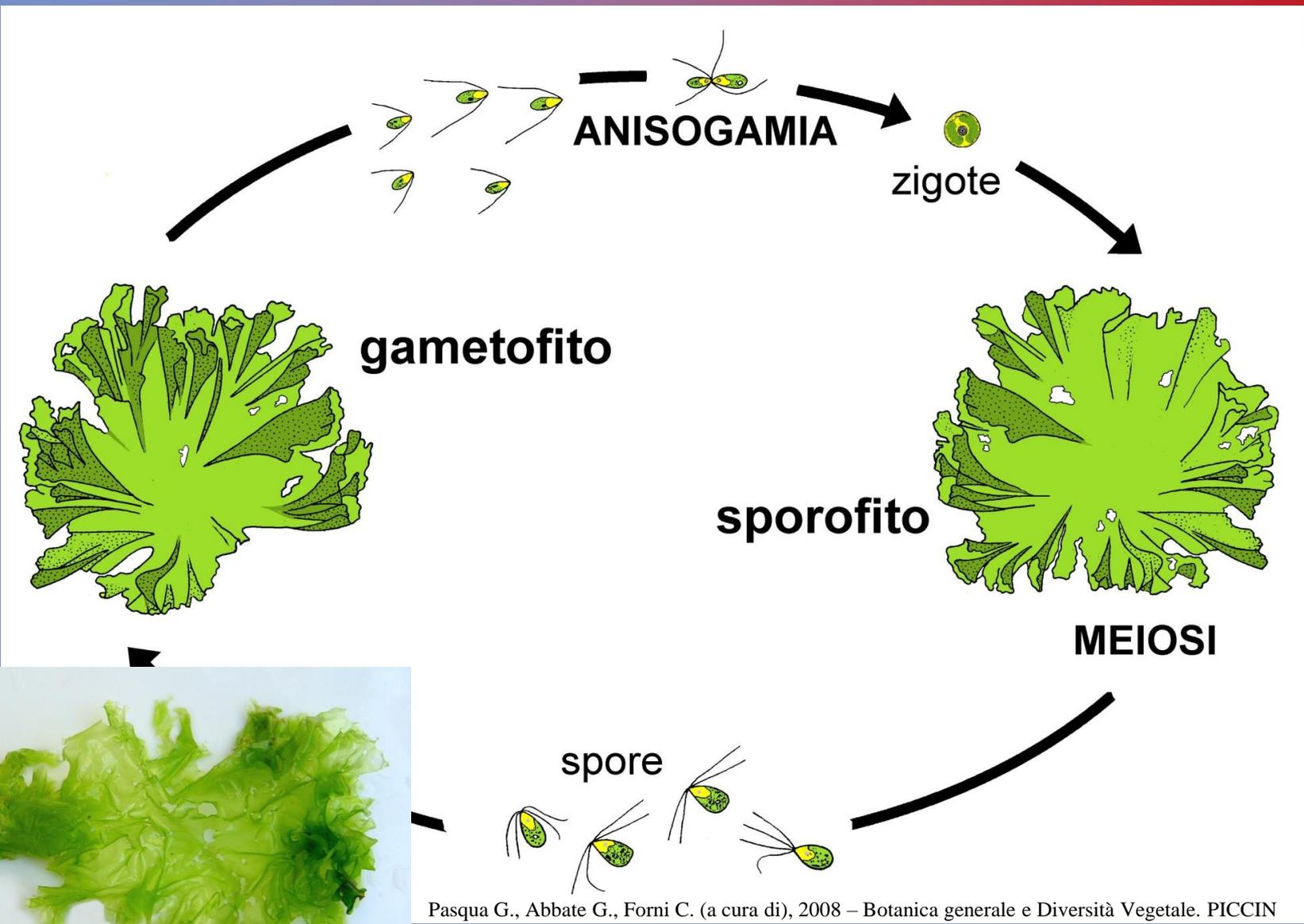


Ulothrix sp.



Cladophora sp.

fioritura (bloom) di *Cladophora* sp. causata da eutrofizzazione: ricchezza di sostanze nutritive soprattutto fosforo ed azoto

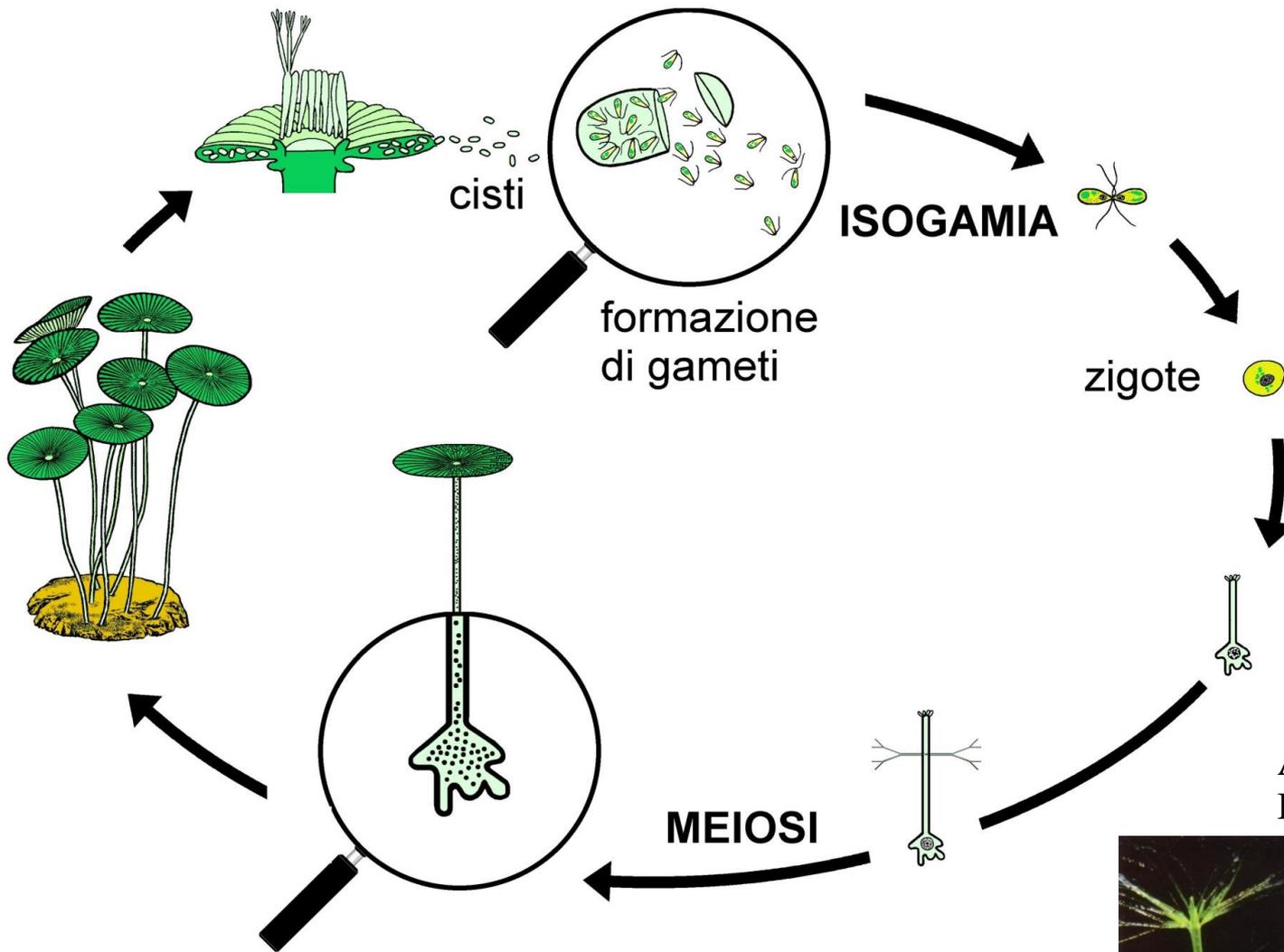


Ciclo digenetico isomorfo



Torre Astura (Nettuno). Zona intertidale, substrato: scogli e ruderi. **Chlorophyta:** *Ulva laetevirens* Areschoug 1854; **Phaeophyta:** *Sargassum vulgare* C. Agardh 1820

Clorifceea
marina a
organizzazione
sifonale

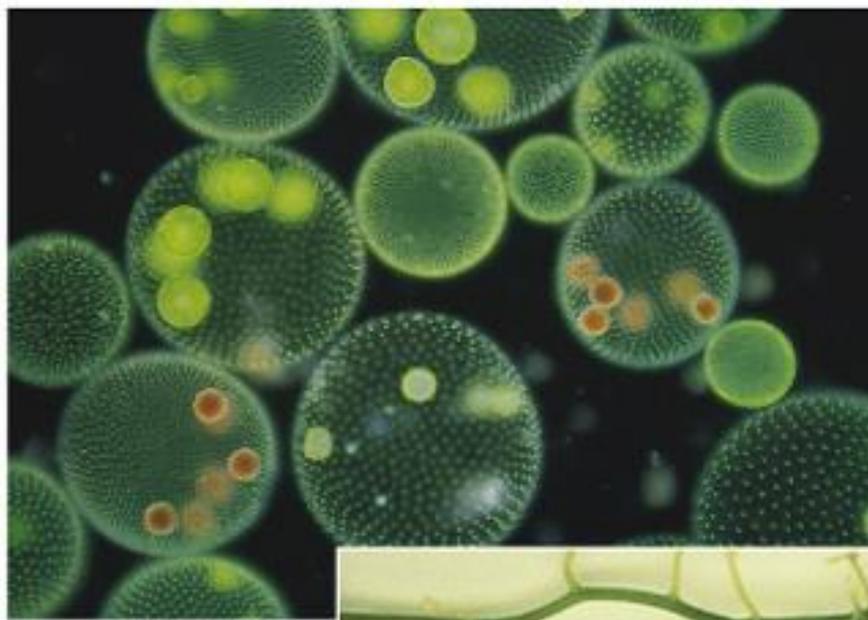


A fase vegetativa
B fase riproduttiva



Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

Ciclo monogenetico aploide di *Acetabularia acetabulum* (Linnaeus) P.C. Silva 1952



(a) **Volvox.** Questa clorofita coloniale vive in acqua dolce. La colonia è una sfera cava la cui parete è formata da centinaia di migliaia di cellule biflagellate immerse in una matrice gelatinosa. Le cellule di solito sono collegate da filamenti citoplasmatici. Prese isolatamente, queste cellule non possono riprodursi. Le grandi colonie mostrate nella figura infine libereranno le piccole colonie "figlie" presenti al loro interno (LM).

50 µm

(b) **Caulerpa** Questa clorofita si trova nella zona del mare soggetta alle maree. I filamenti ramificati sono privi di pareti trasversali e quindi plurinucleati. In effetti, il tallo può essere considerato come una enorme "supercellula",



(c) **Ulva o lattuga di mare.** Questa grande alga marina commestibile possiede un tallo pluricellulare differenziato in lamine simil a foglie e in un apparato di attacco simile a radici che ancora l'alga permettendole di resistere alle onde e alle maree.



Campbell N.A., Reece J.B., 2002 – Biologia. ZANICHELLI

Alghe verdi coloniali, cenocitiche e pluricellulari



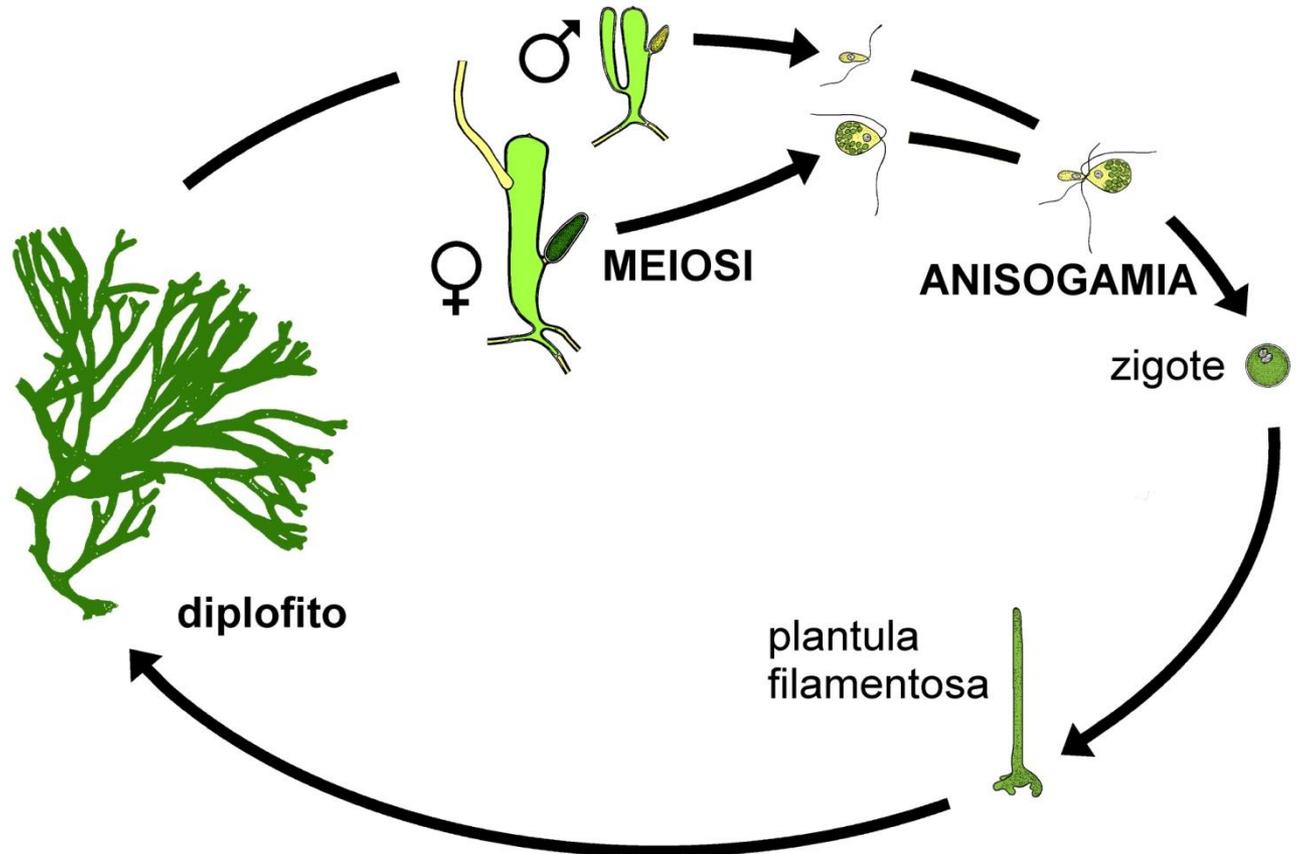
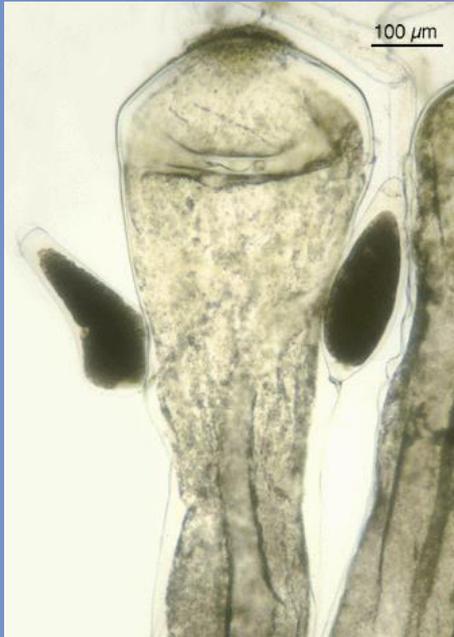
Codium bursa (Linnaeus) C. Agardh 1817
Tallo di consistenza spugnosa



Codium fragile (Suringar) Hariot ssp.
tomentosoides (Van Goor) P.C. Silva 1955

Ciclo monogenetico diploide

Utricolo con gametocisti

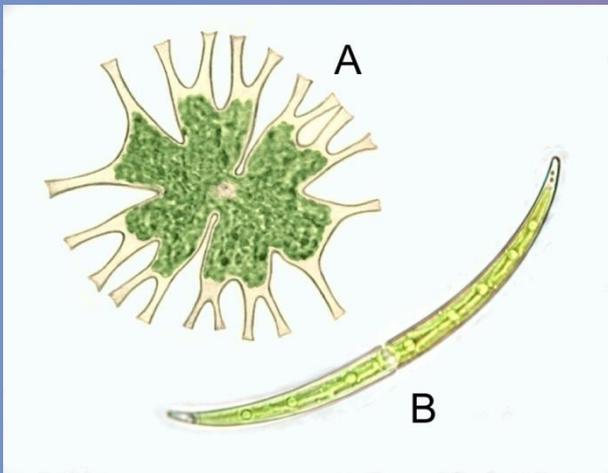




Caulerpa prolifera (Forsskål) Lamouroux 1809

Charophyta

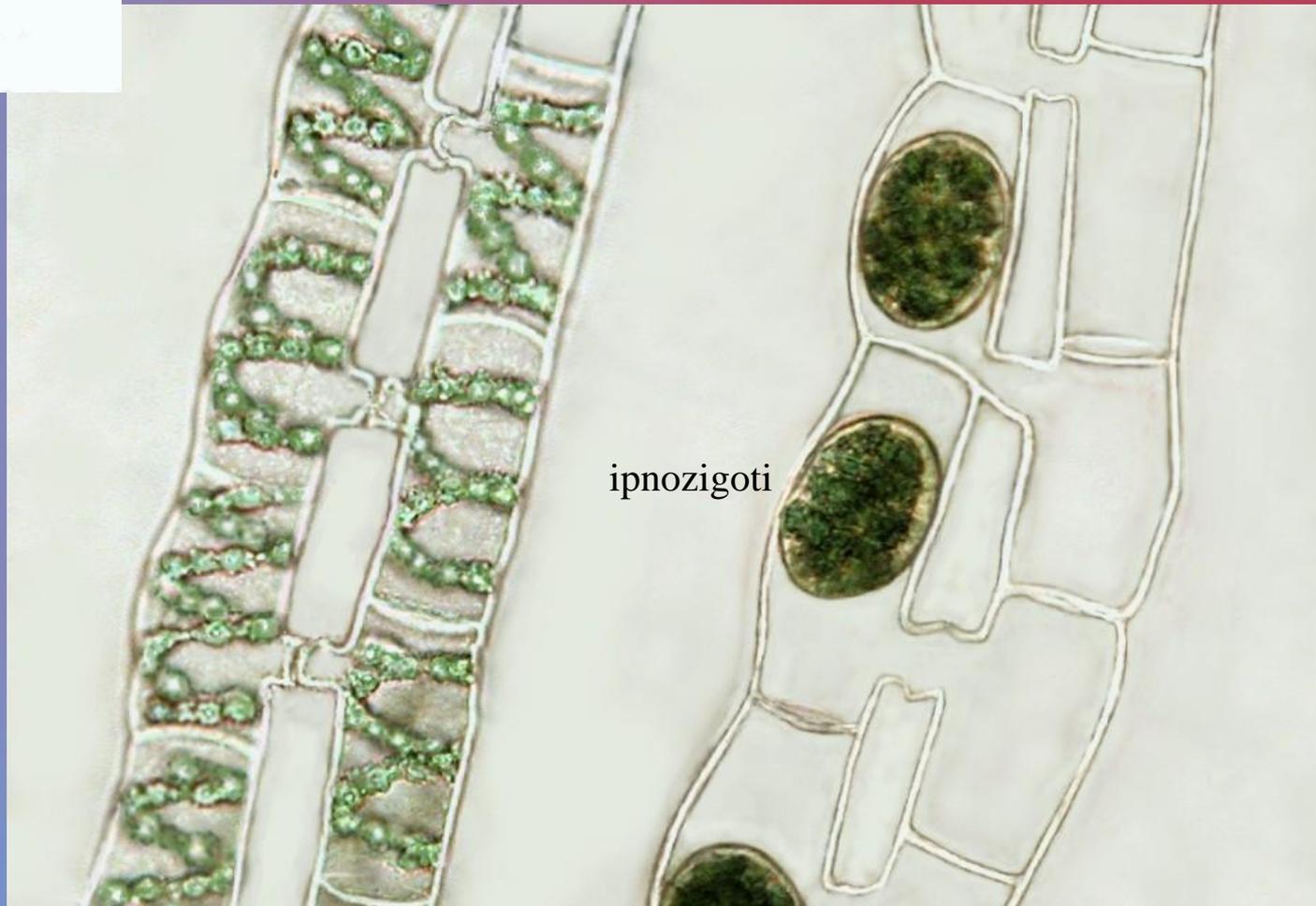
Caratteri in comune con le piante terrestri: fibrille di cellulosa organizzate da complessi a rosetta, presenza del fitocromo, citodieresi con fragmoplasto. Zigoti con **sporopollenina**



Desmidi
A *Micrasterias* sp.
B *Closterium* sp.

Desmidiaceae
microalghe
d'acqua dolce

Coniugazione di
Spirogyra sp.



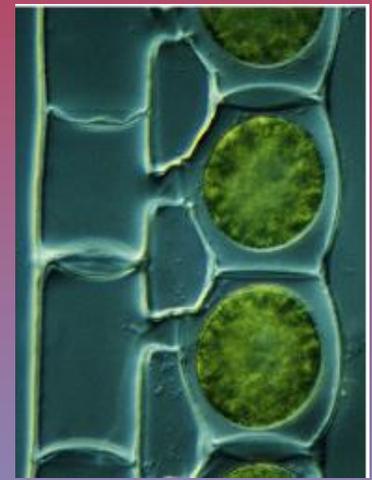
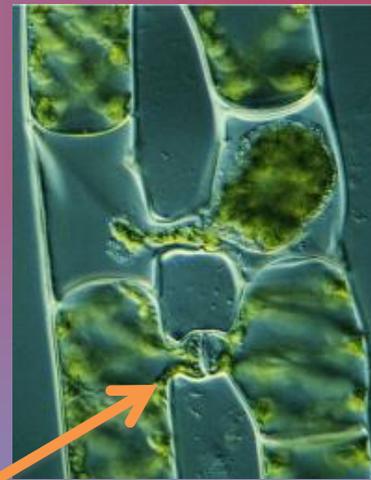
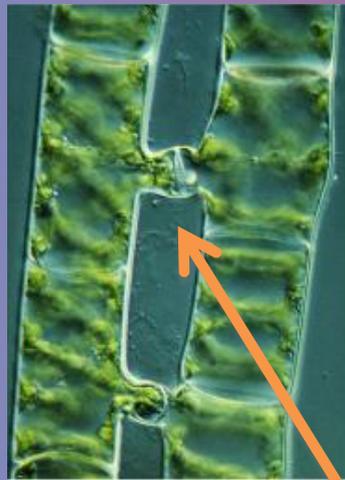
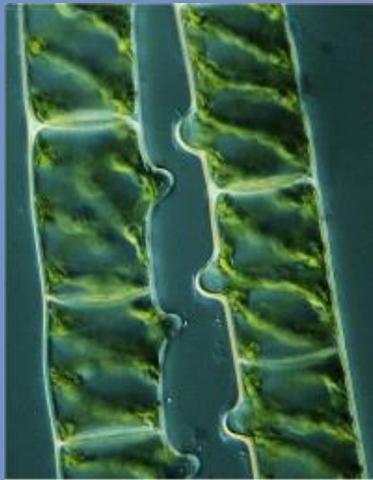
Divisione Chlorophyta

ALGHE VERDI

Forme filamentose: *Spirogyra*, si trova nelle acque dolci

Riproduzione per coniugazione

Ciclo monogenetico aploide



TUBI DI CONIUGAZIONE

Tra le cellule di filamenti adiacenti si formano dei **tubi di coniugazione** attraverso cui il contenuto delle cellule di un filamento passa nell'altro filamento. La fecondazione avviene nelle cellule del secondo filamento. Si forma uno zigote, **zigospora**, che sviluppa una parete spessa e resistente.

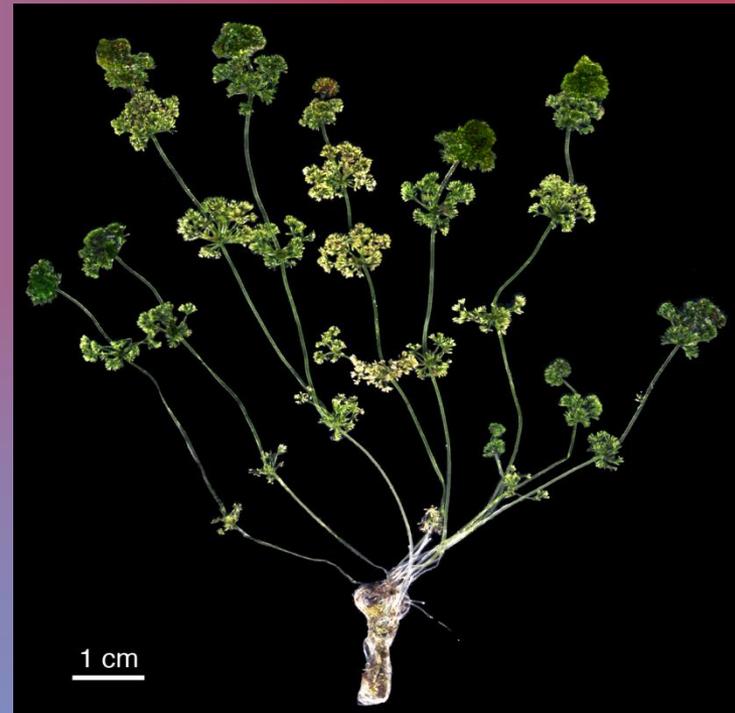
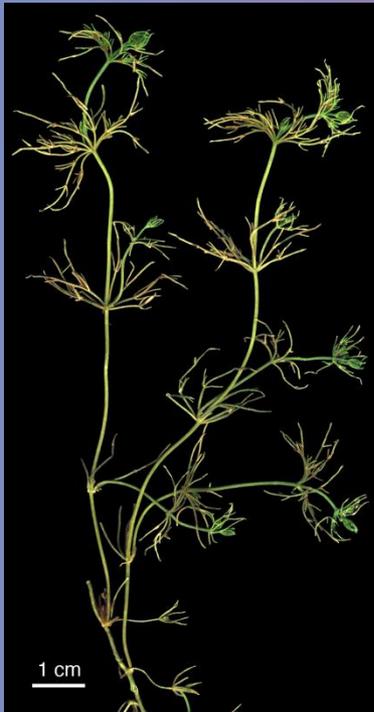
I filamenti sono aploidi e la meiosi avviene durante la fase di germinazione delle zigospore

Divisione Chlorophyta

ALGHE VERDI

CAROFICEE

Sono le uniche alghe verdi d'acqua dolce con tallo macroscopico, nettamente distinte da tutte le altre alghe per le caratteristiche morfologiche e riproduttive. **Sono le alghe verdi più evolute.**



Formano praterie sommerse in regressione in tutta Europa a causa dell'eutrofizzazione delle acque. Hanno una struttura del tallo modulare: ripetizione di uno stesso modulo di base. Talli **protoparenchimatici** possono definirsi quelli delle alghe verdi più evolute (Charali) nei quali alcune cellule del tallo (le cellule nodali) si dividono secondo i tre piani dello spazio e le cellule rimangono connesse tra loro mediante plasmodesmi.

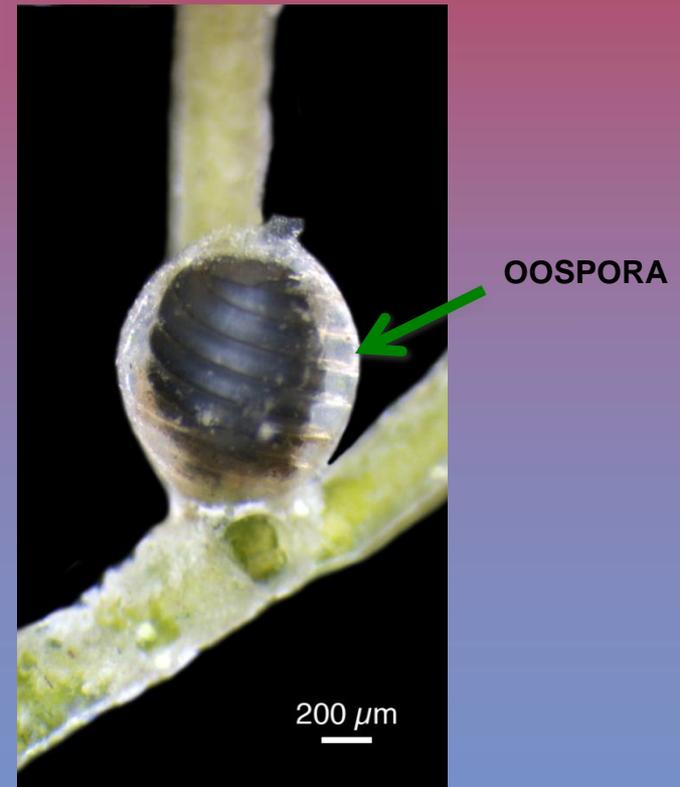
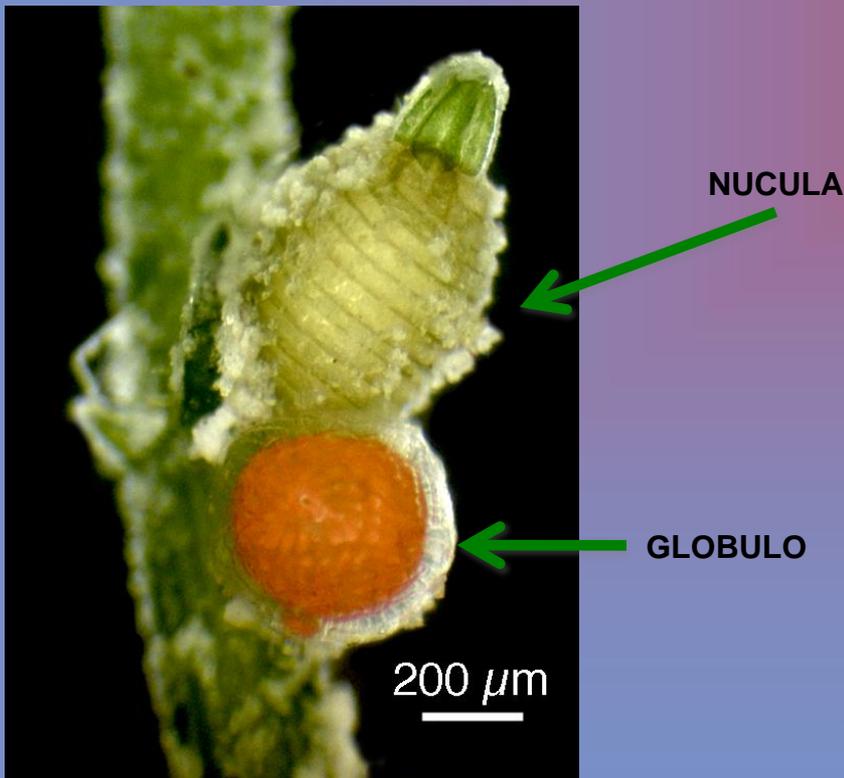
CAROFICEE

Il loro ciclo sessuato è **monogenetico aploide**. L'unica cellula diploide è lo zigote

Il gametangio femminile è chiamato **nucula**: grande oosfera circondata da una cortex formata da cellule che si dispongono ad elica

Il gametangio maschile viene chiamato **globulo**: è un anteridio con struttura complessa color arancione per la presenza di carotenoidi.

Dopo la fecondazione la nucula si riveste di un involucro calcificato trasformandosi in una **oospora** che entra in una fase di vita latente

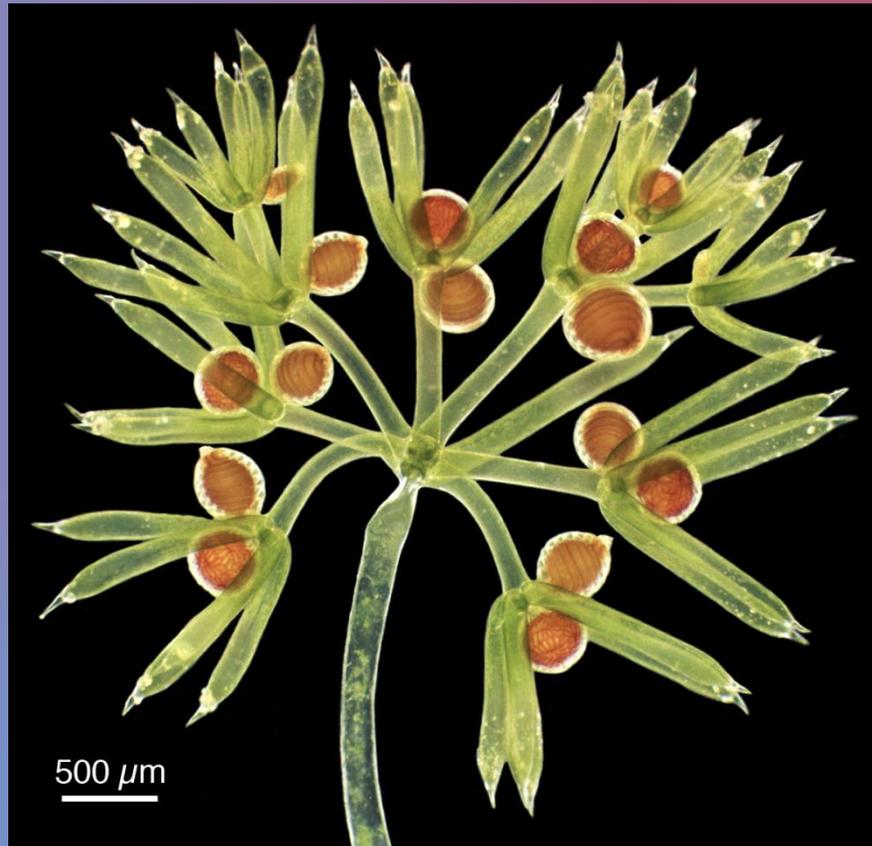


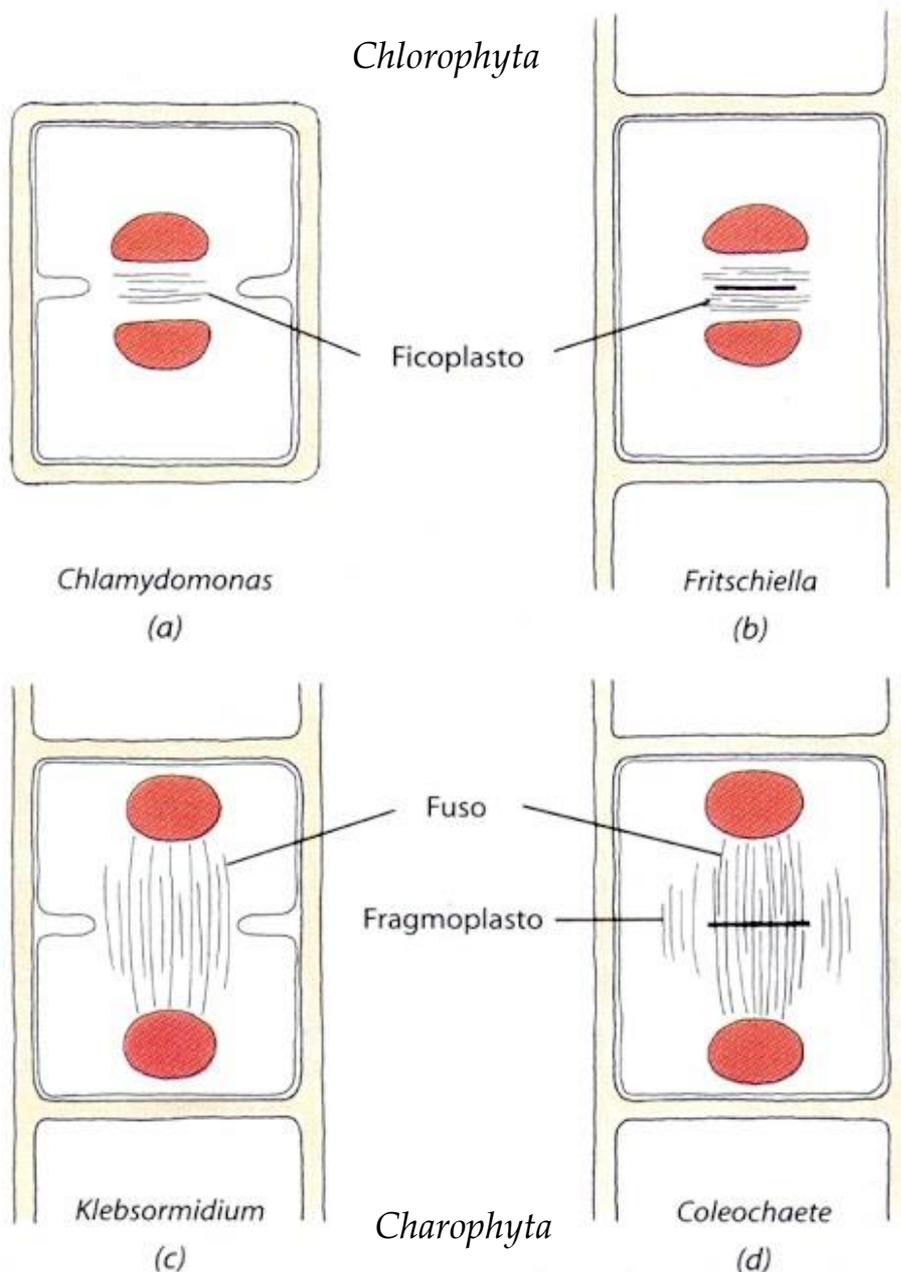
Divisione Chlorophyta

ALGHE VERDI

CAROFICEE

Per la struttura della cellula flagellata e per il tipo di mitosi e citodieresi, le *Charophyceae* mostrano notevole somiglianze con le piante terrestri. E' pertanto probabile che organismi simili alle *Charophyceae* abbiano evoluto le piante terrestri. Questa ipotesi è avvalorata anche dalle somiglianze a livello biochimico tra *Charophyceae* e piante terrestri.

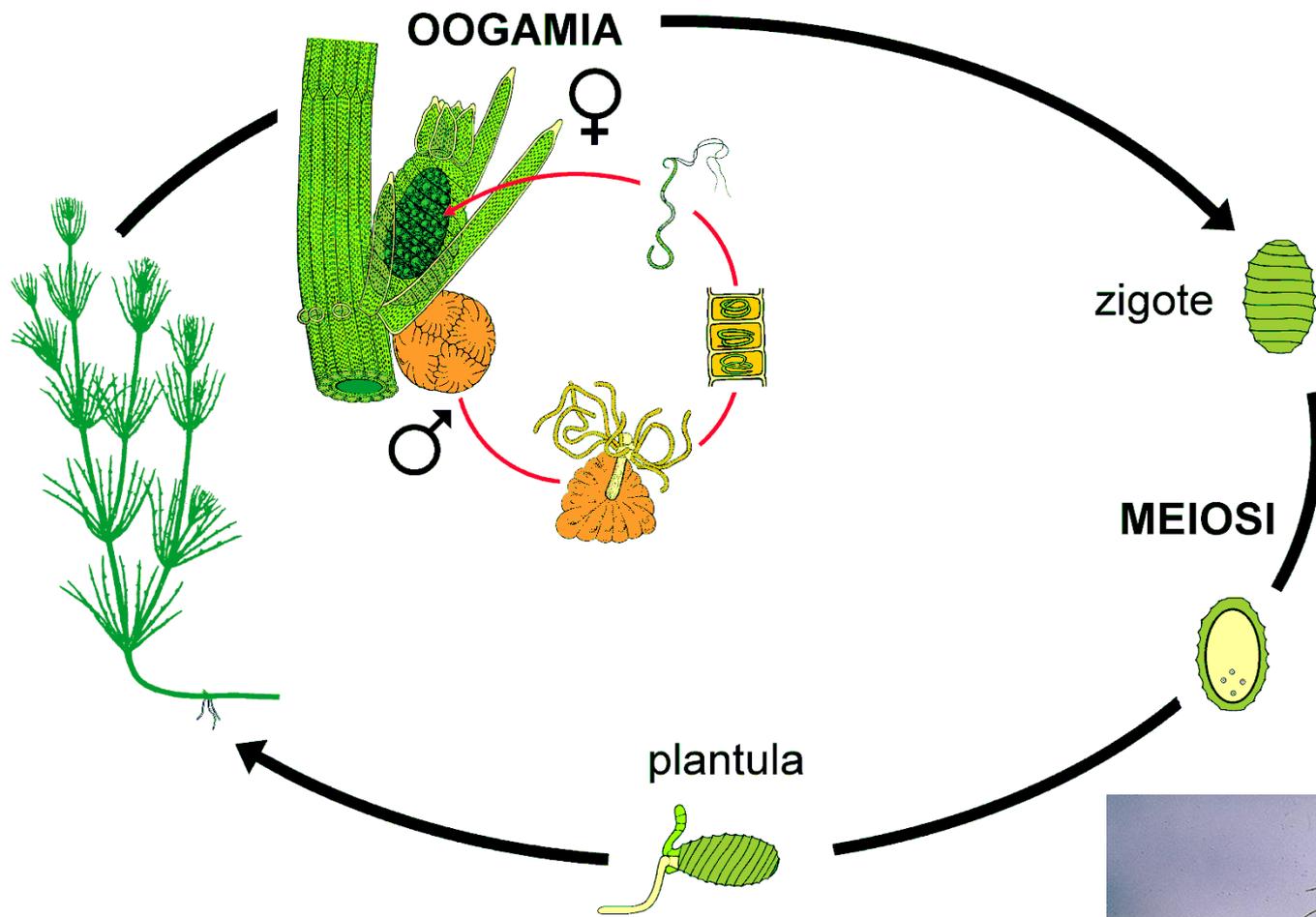




Citodieresi nelle *Chlorophyta* a) e b) e nelle *Charophyta* c) e d).

Il ficoplasto è un sistema di microtubuli che si sviluppa parallelamente al piano di divisione cellulare.

Il fragmoplasto ovvero formazione di una piastra cellulare, formata da vescicole derivate dall'Apparato del Golgi, trascinate verso il piano di divisione cellulare da un sistema di microtubuli disposti perpendicolarmente a detto piano. Nelle *Charophyta* la divisione è identica alle piante superiori



ipnozigote

Le pareti dello
zigote
contengono
sporopollenina

Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN



Ciclo monogenetico aploide di *Chara* sp.

Regno Chromista: Divisioni *Cryptophyta*, *Haptophyta* e *Heterokontophyta*

Classe Phaeophyceae: ALGHE BRUNE

- **Pigmenti fotosintetici**: clorofilla *a* e *c*
FUCOXANTINA, che conferisce il colore marrone scuro
- **La sostanza di riserva** è la **LAMINARINA** (come le diatomee), carboidrato che si accumula nei vacuoli (non all'interno del cloroplasto come piante e alghe verdi).
- **Parete cellulare**: la **matrice** è composta da **fucoidano** (polisaccaride contenente fucosio) e **alginati** (sfruttati economicamente), la componente fibrillare è costituita da cellulosa ed alginati di calcio



La divisione Cryptophyta conta circa 250 specie di microalghe marine e d'acqua dolce.

Le Criptoficee fanno parte del nanoplancton (2- 20 μm) e si trovano in tutti i mari, ma prediligono le acque fredde del Mare del Nord e dell'Antartide.

Alcune vivono in acque dolci e come endosimbionti sia in protozoi sia di altre alghe, come dinoflagellati

La cellula è protetta da un periplasto di natura proteica, formato da due strati: quello più interno continuo o strutturato in sottili piastre rettangolari o poligonali; quello esterno può ricalcare le piastre interne o portare piastre più complesse.

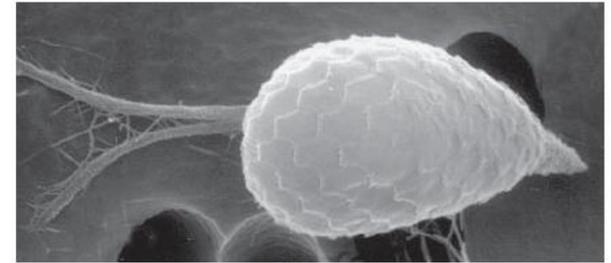


FIGURA 18.51

Plagioselmis prolunga (Pyrenomonadales) (da F. Cerino e A. Zingone, 2006).

La divisione Haptophyta conta poco più di 500 specie di microalghe planctoniche prevalentemente marine, eterotrofe facoltative, coccali oppure con uno o due flagelli

uguali o diversi. Le cellule possono essere rivestite da uno o più strati di scaglie organiche sottili, ellittiche o discoidali, contenenti cellulosa o presentare un involucro (coccosfera) di scaglie mineralizzate con carbonato di calcio

Le aptoficee contribuiscono notevolmente alla produttività primaria degli oceani; certe specie danno luogo a fioriture talvolta tossiche: sono note quelle di *Gephyrocapsa huxleyi* in tutti i mari

Heterokontophyta

Questa divisione riunisce il maggior numero di specie di micro- e macroalghe (più di 21.000), tra cui numerosi straminopili. Alcuni taxa presentano caratteristici peli composti

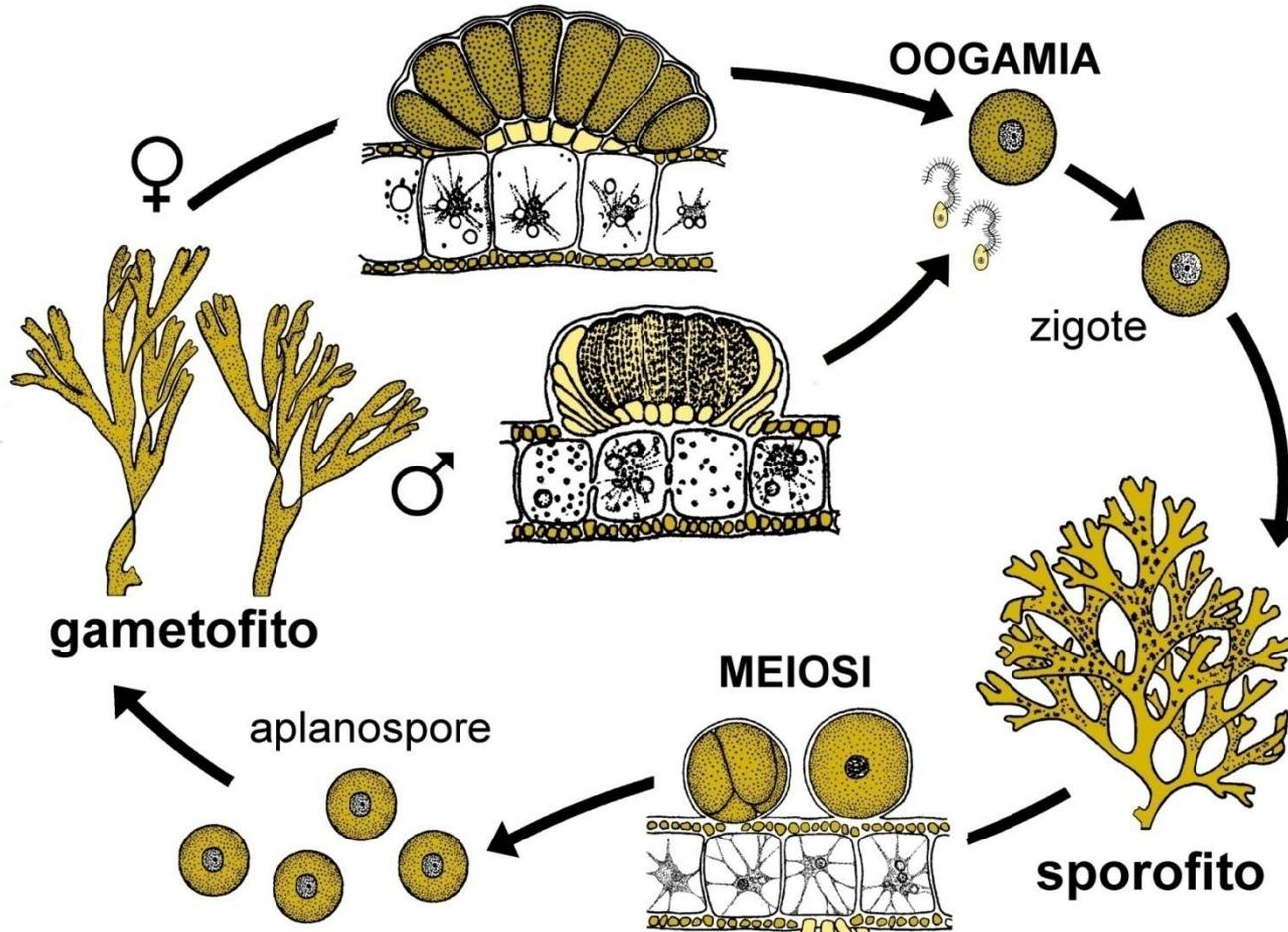
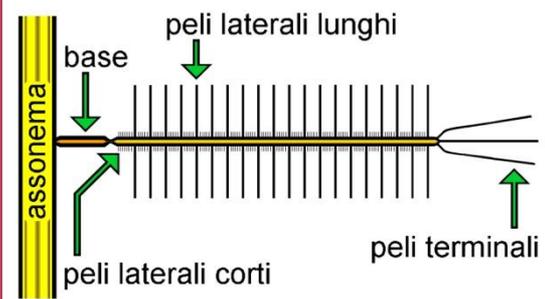
PHAEOPHYCEAE

La classe attualmente riunisce più di 2.000 specie di macroalghe quasi esclusivamente marine, note con il nome di alghe brune a causa della colorazione del tallo, variabile dal giallo ocra al marrone, al verdebruno.

Hanno dimensioni molto varie, da poco più che microscopiche fino a diverse decine di metri; sono le macroalghe più grandi che si conoscano i talli di *Macrocystis pyrifera* arrivano a 70 metri di altezza.

Le cellule sono dotate di una parete cellulare complessa: la matrice è composta da fucoidano (polisaccaride solfato contenente fucoso, galattoso, mannosio, xiloso) e alginati (sali dell'acido alginico); la componente fibrillare è costituita da cellulosa (dal 2 al 20%) e alginati di Ca insolubili.

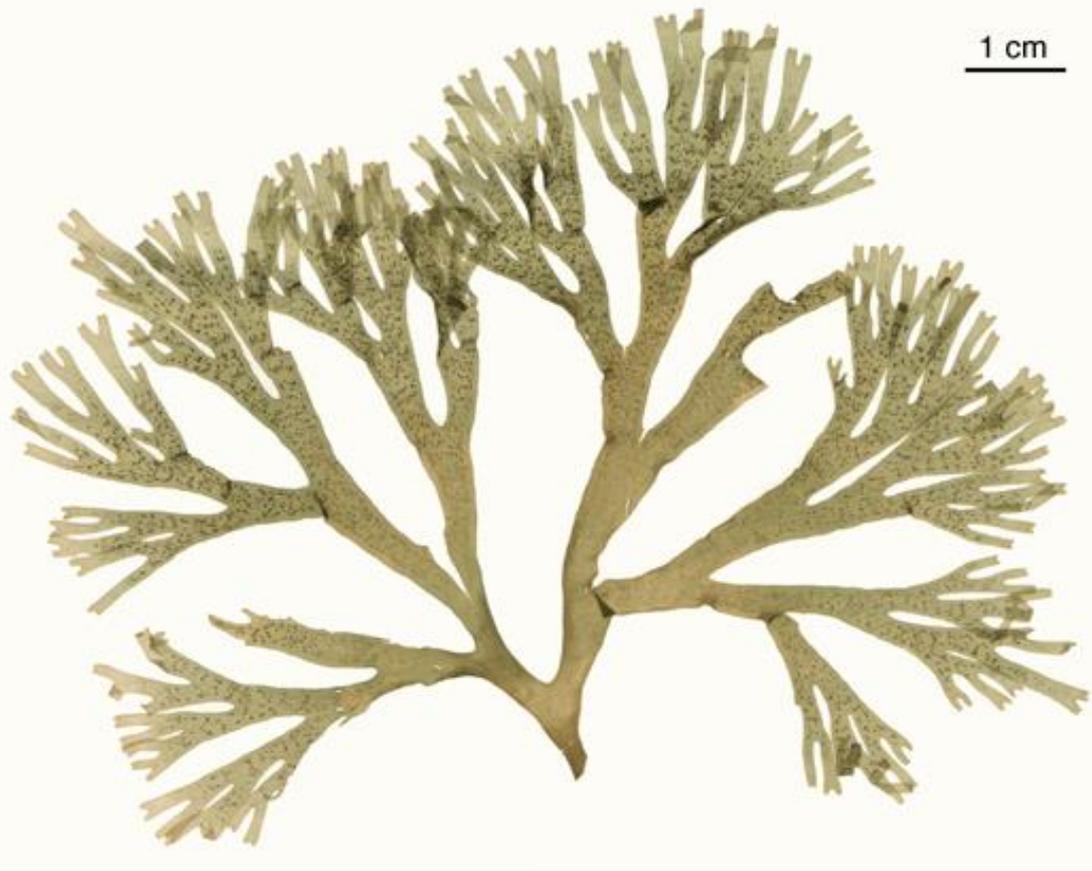
Phaeophyceae



Plastidi con tre membrane;
Clorofilla a e c,
β-carotene e
diverse xantofille.
Cellule riproduttive con due flagelli diversi di cui uno pleuronematico

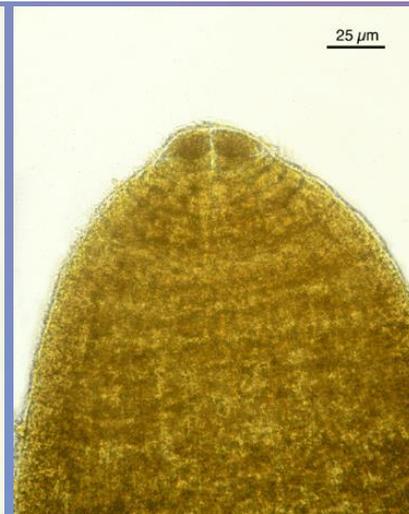
Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

Ciclo digenetico isomorfo di *Dictyota* sp.



Dictyota dichotoma (Hudson)
Lamouroux 1809

Sezione trasversale del tallo
a livello di sporocisti



Cellula apicale divisa longitudinalmente e rami
dicotomi in via di sviluppo



Halopteris filicina (Grateloup)
Kützing 1843



Parte apicale di un gametofito



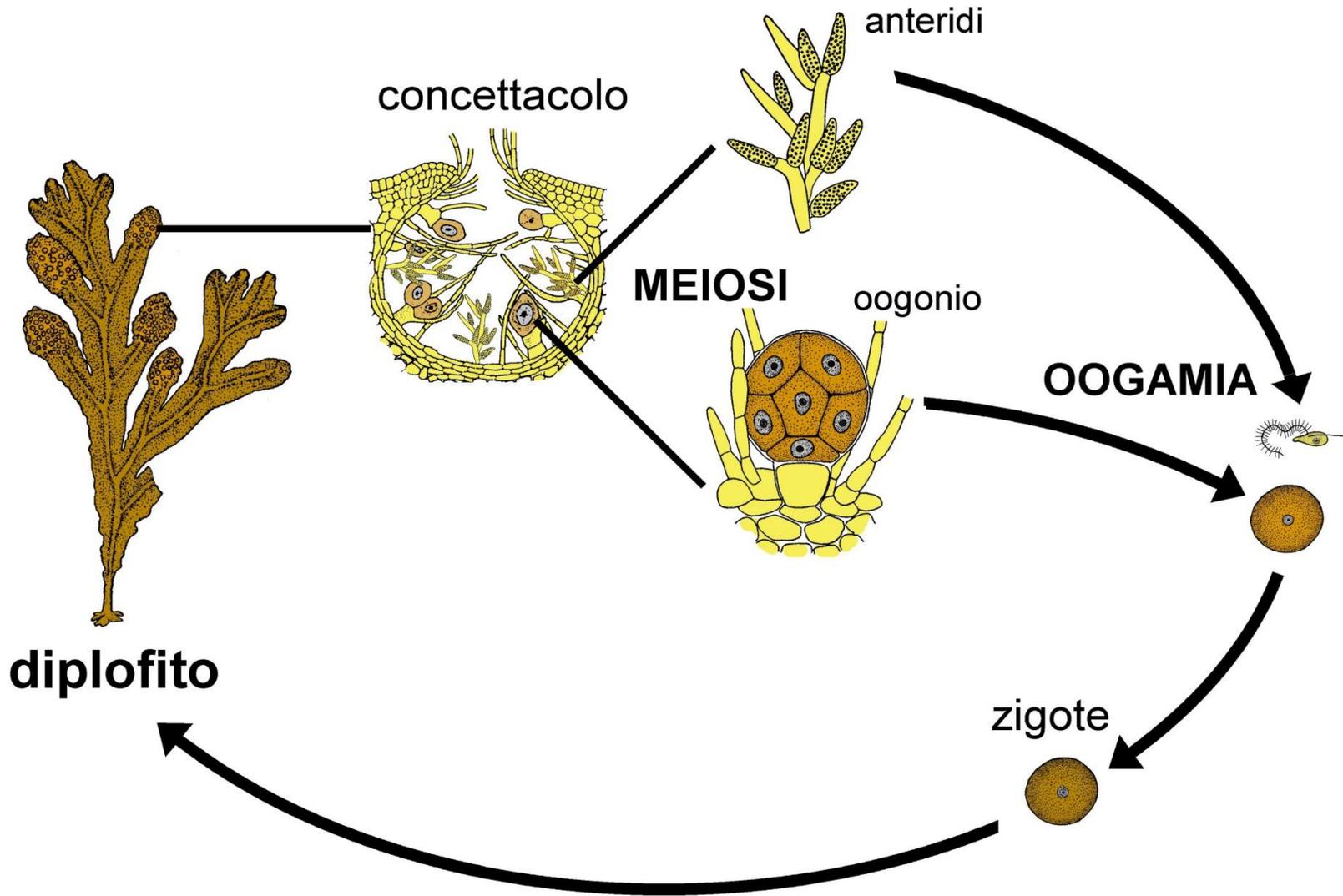
Sporocisti



Gametocisti maschile
(freccia) e femminile

Ciclo digenetico
isomorfico

D'Archino R., Abdelahad N., Pepe D'Amato E., 2004 – Flora Illustrata delle alghe marine delle coste laziali (Italia Centrale. II°. Phaeophyta. Univ. “La Sapienza, Regione Lazio



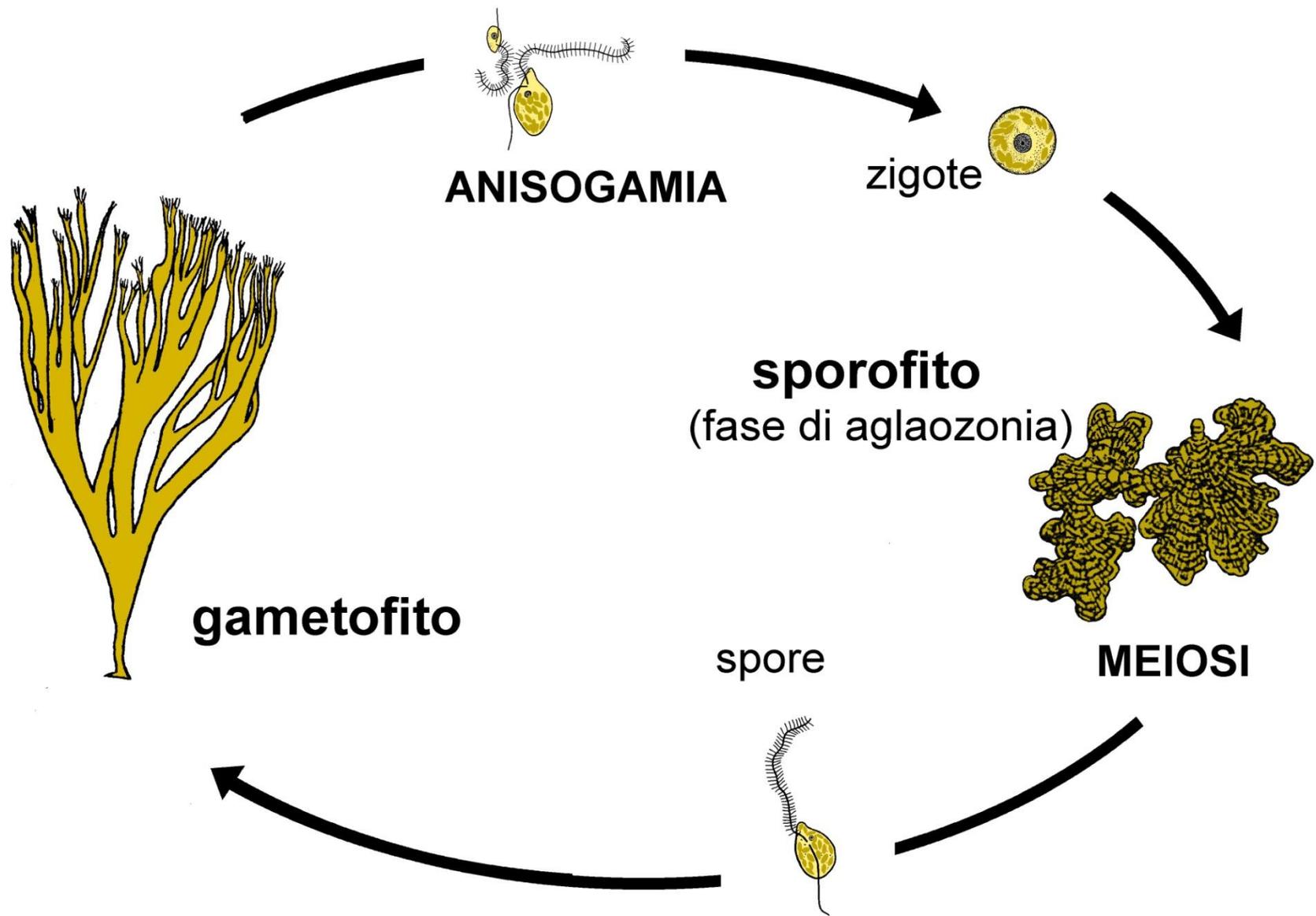
Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

Ciclo monogenetico diploide di *Fucus* sp.

Sezione di un concettacolo di *Fucus vesiculosus* L.



Fucus virsoides J. Agardh



Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

Ciclo digenetico eteromorfo di *Cutleria multifida* (J.E. Smith) Greville



Scozia, costa del Mar del Nord con escursioni di marea fino a 10 metri



Fucus sp.

limite dell'alta marea



Scozia, Edimburgo



Scozia, isola di Skye

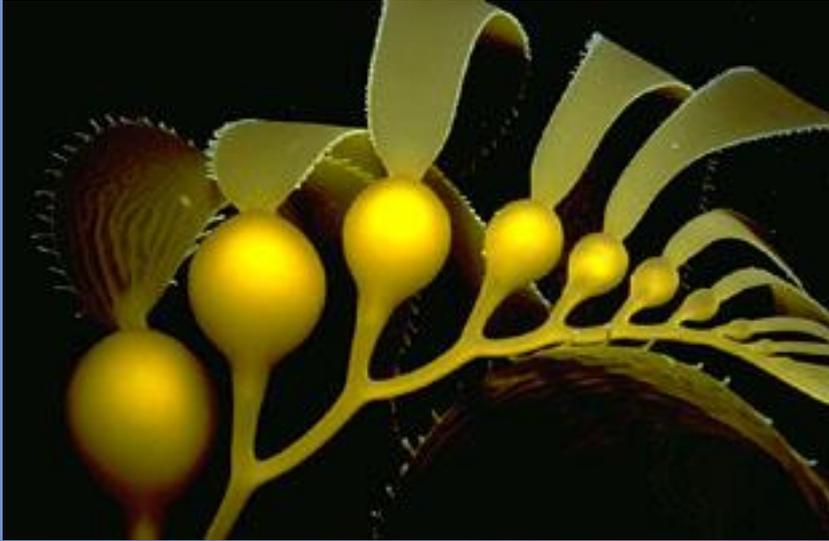


Laminariales (Phaeophyceae)

Alghe brune delle coste temperato-fredde del nord Europa

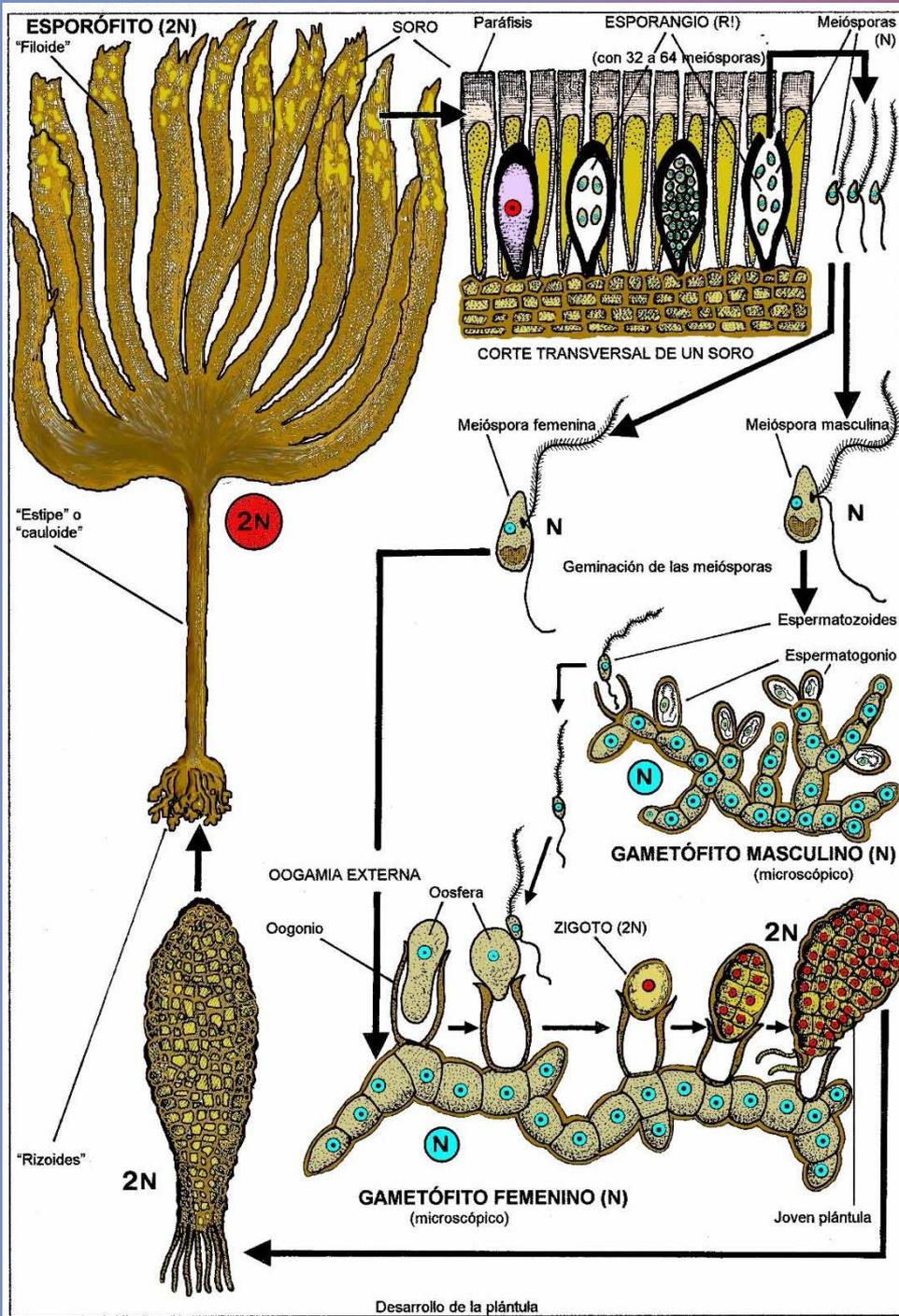


Macrocystis pyrifera (L.) C. Agardh



Conosciuta come kelp gigante, cresce lungo le coste pacifiche del continente americano, in Sud Africa e in Nuova Zelanda. Può raggiungere gli 80-100 m di lunghezza. Viene raccolta per la produzione di iodio e potassio, polisaccaridi (alginati, lucani, pectine, mucillagini), vitamina K





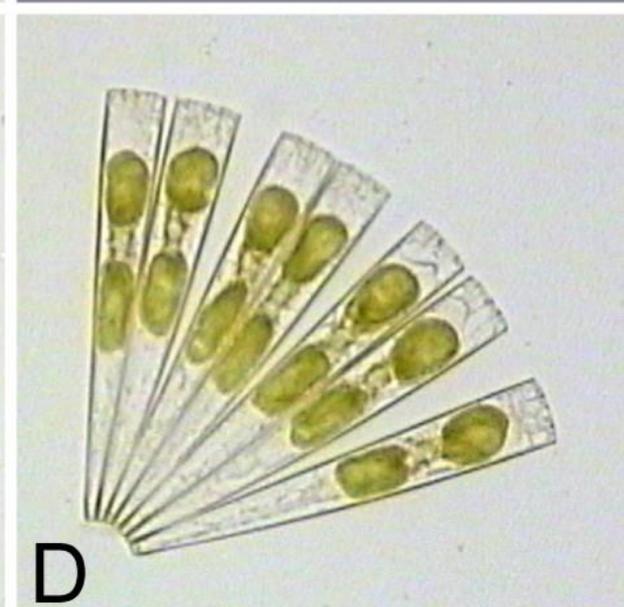
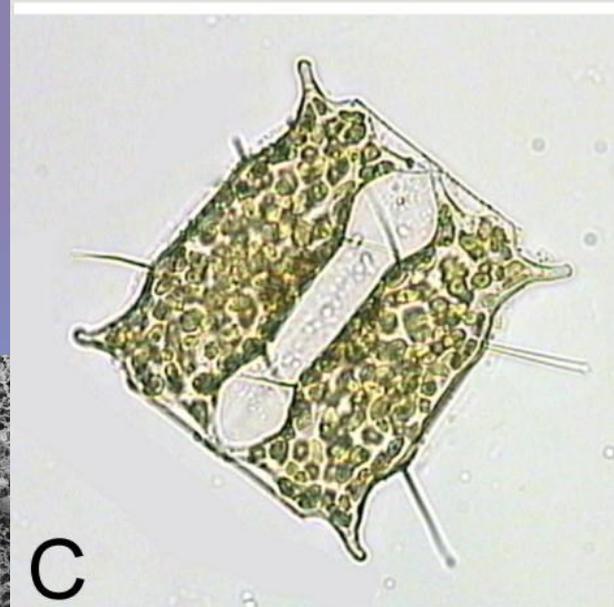
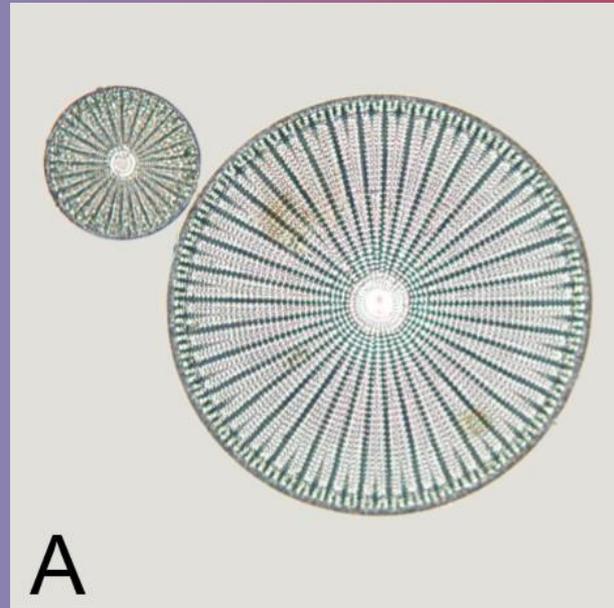
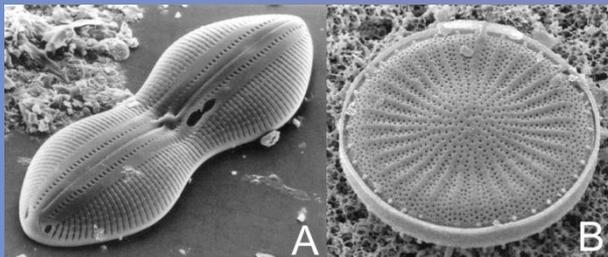
Laminaria sp.
Ciclo digenético eteromorfo

Bacillariophyceae

Diatomee solitarie (A, B) e coloniali (C, D)

Microalghe unicellulari o coloniali, marine o d'acqua dolce fra i principali componenti del plancton. Parete cellulare pectica impregnata di silice. Plastidi con tre membrane, Clorofilla *a* e *c*, b-carotene e diverse xantofille. Cellule riproduttive a volte con un flagello pleuronematico

Frustuli di diatome fotografati al SEM



DIATOMEE

Sedimentazione dei frustoli

I frustoli sedimentati nel corso dell'era Terziaria hanno formato una particolare roccia sedimentaria, la **diatomite** (o **farina fossile**). La diatomite è impiegata come **abrasivo per la pulizia dei metalli**, per la fabbricazione di **dinamite** e come **materiale edile** (in California ne vengono estratte 270000 t/anno). In Italia, un importante deposito di diatomee è il **giacimento di Santa Fiora** (Toscana).

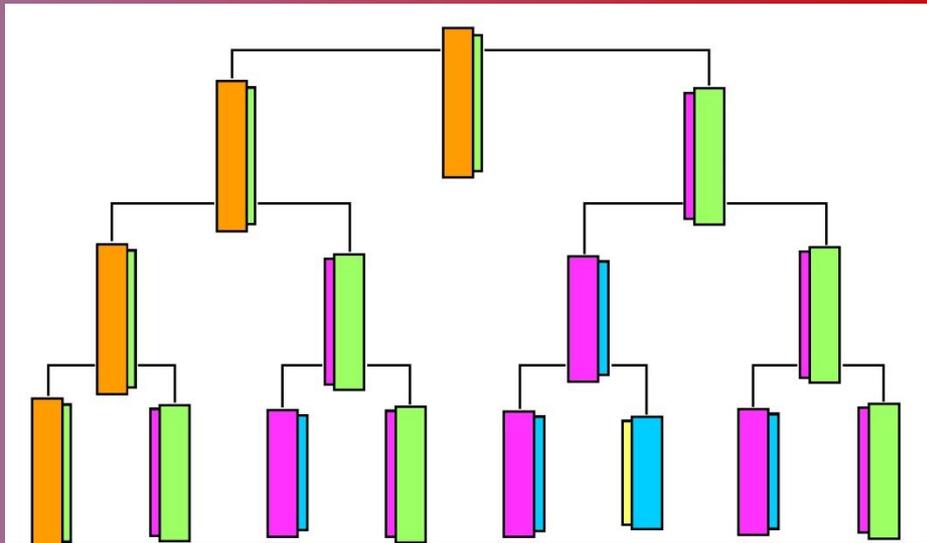
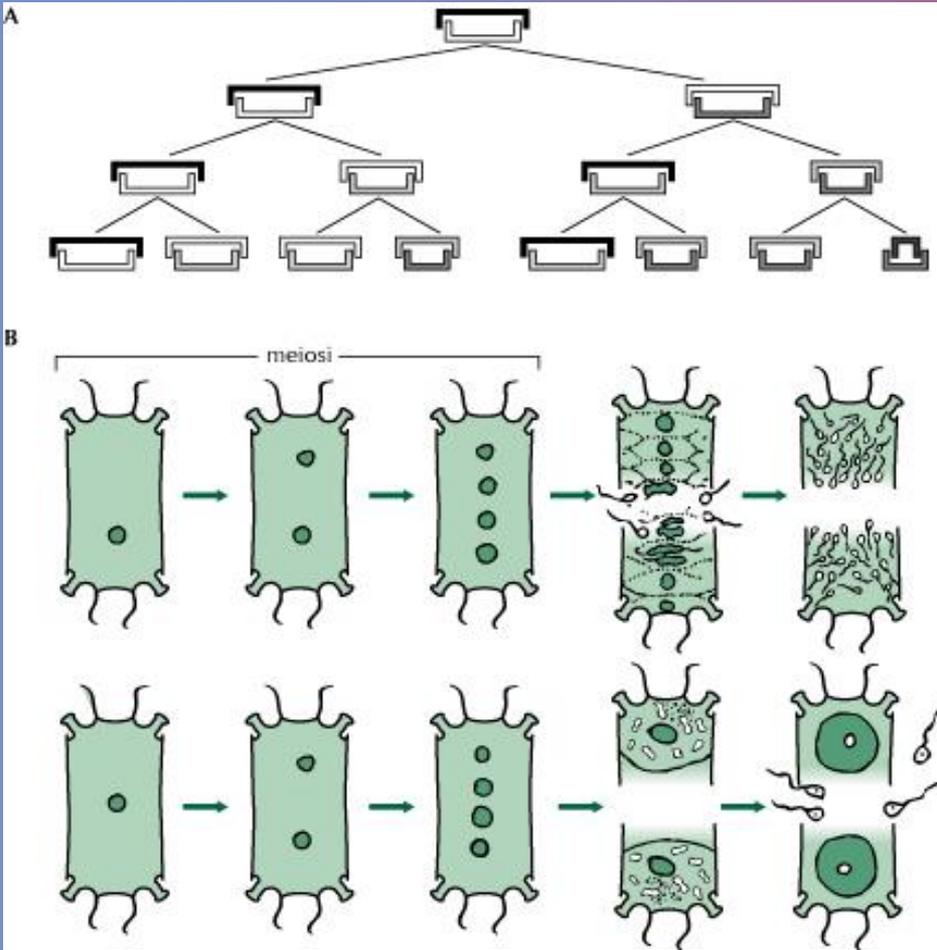


Moschea di S. Sofia (Istambul, Turchia)



Farina fossile

Le diatomee sono organismi diplonti (ciclo monogenetico diplofasico)



A - riproduzione vegetativa si compie per divisione binaria, durante la quale avviene la costruzione di nuove teche. Quella che viene ricostruita è sempre una ipoteca, la più piccola. Le cellule figlie risulteranno di taglia inferiore, e dopo un certo numero di generazioni, la dimensione media delle cellule sarà diminuita

B - riproduzione sessuata per oogamia La cellula femminile subisce la meiosi e, in seguito alla degenerazione di due o tre nuclei aploidi, diventa un gametangio con una o due oosfere. La cellula maschile, dopo la meiosi, va incontro a divisioni mitotiche che danno origine ad un numero variabile di spermatozoidi con un singolo flagello che vengono liberati nell'acqua con l'apertura del frustulo. Alla formazione dello zigote segue un processo di crescita, auxosporulazione per ripristinare le dimensioni originarie

DIATOMEES

- Pigmenti fotosintetici: **clorofilla a e c**
FUCOXANTINA, che conferisce il colore giallo-bruno
- Sostanza di riserva: **crisolaminarina**, accumulata in speciali vacuoli e **lipidi**

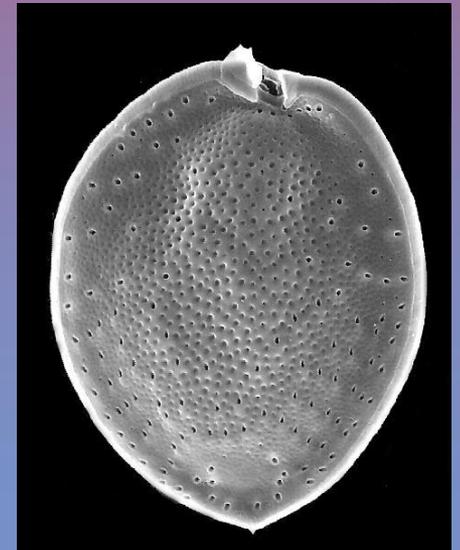
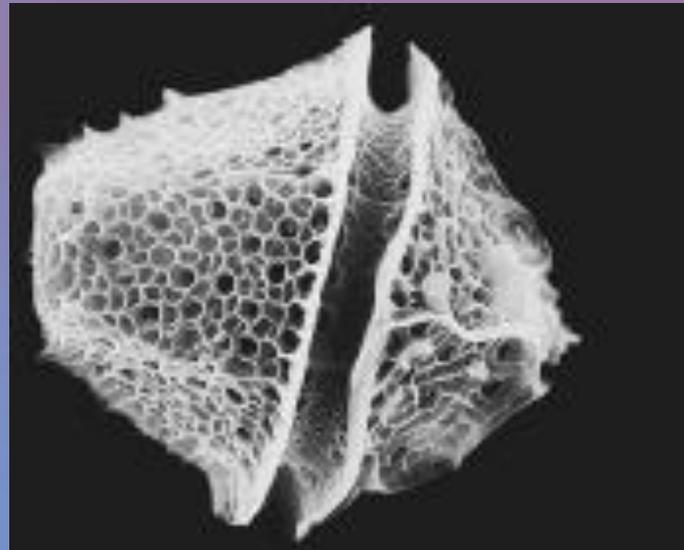
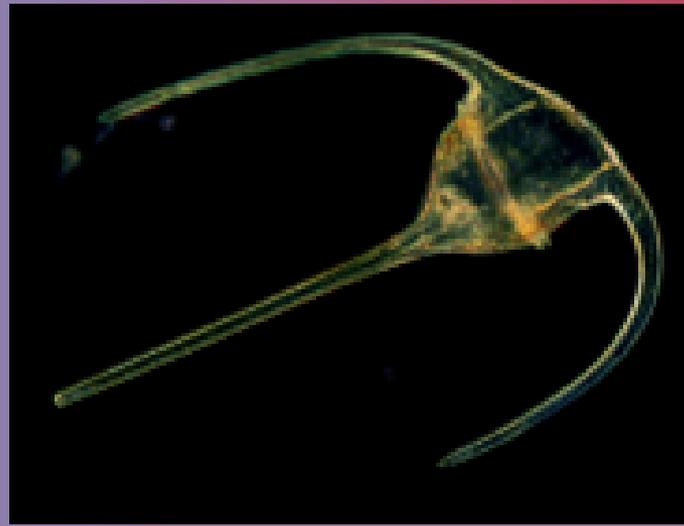


Indicatori biologici: indice diatamico

Sono presenti nel plancton marino e d'acqua dolce prevalentemente in **primavera**, dopo il **rimescolamento** delle **acque** che porta **silice** in **sospensione** che permette alle diatomee di riformare i frustuli

DIVISIONE DINOPHYTA

Organismi unicellulari 2000-4000 specie, marine e dolci

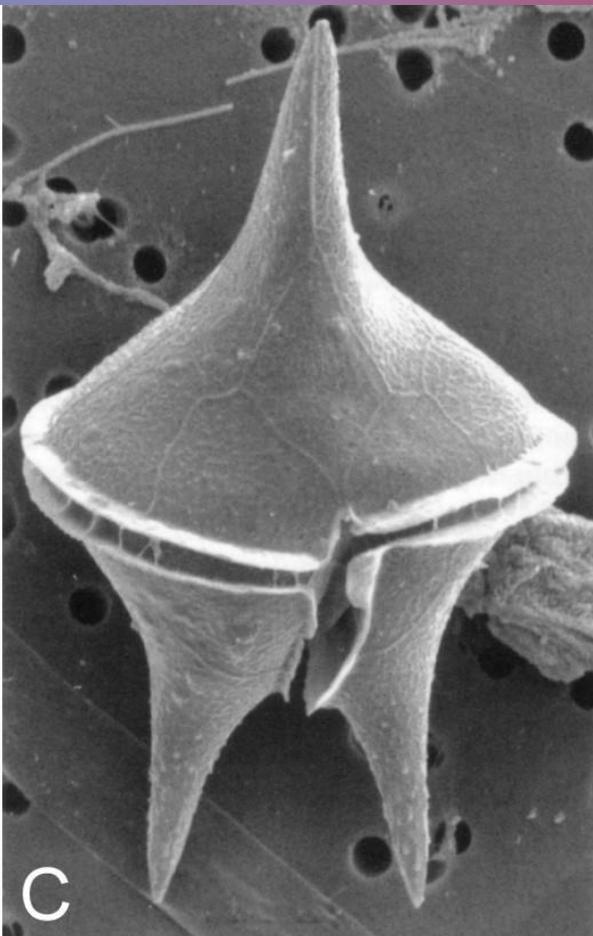
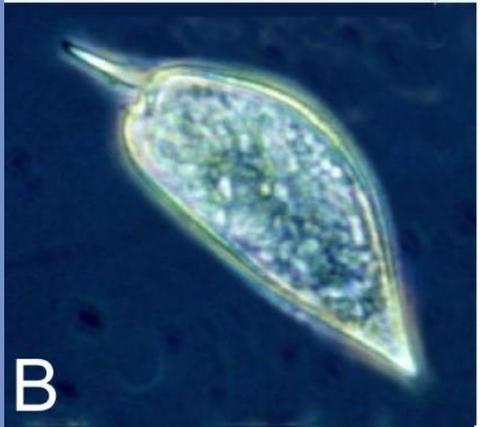
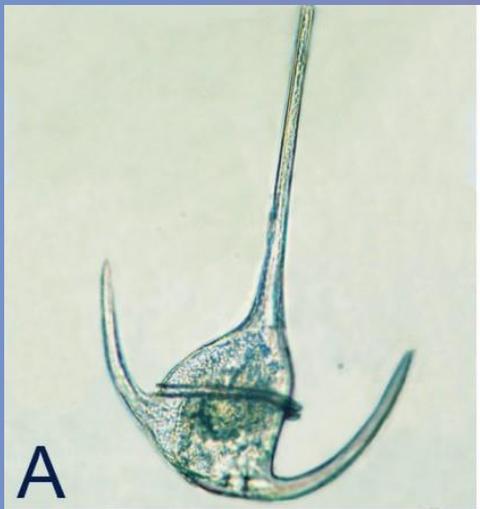


Alveolata *Dinophyceae*

Protisti unicellulari con cavità sottosuperficiali (alveoli), sono riuniti filogeneticamente a protozoi parassiti e ai ciliati. I dinoflagellati presentano una parete cellulosica divisa in placche. Le forme flagellate presentano due flagelli disposti in solchi perpendicolari della teca. Sono aplonti con ciclo monogenetico.

A) e C) *Ceratium* sp.

B) *Procentrum* sp.



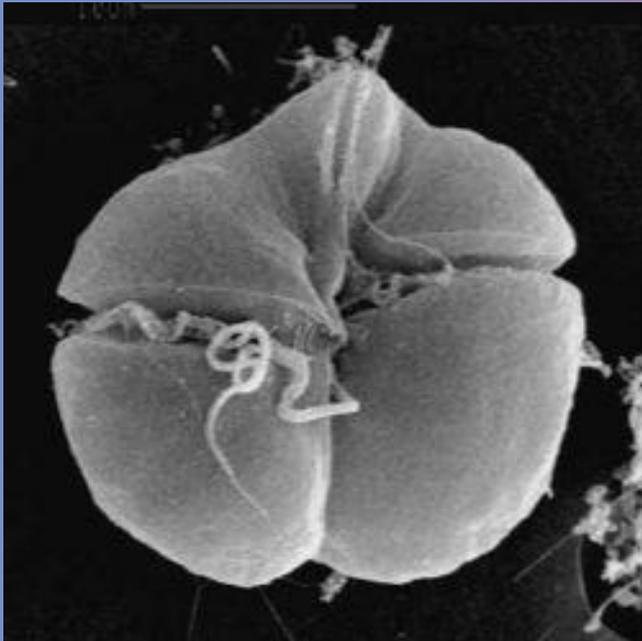
Circa la metà hanno plastidi con tre o quattro membrane, presentano clorofilla *a* e *c*, carotenoidi e xantofille. Sono stati riconosciuti diversi plastidi in queste alghe che derivano da endosimbiosi di crisofite, clorofite, rodofite, diatomee o criptomonadi.

Possono essere simbionti di foraminiferi, radiolari, coralli e molluschi.

Molti dinoflagellati producono tossine che divengono pericolose durante le fioriture (maree rosse) conseguenti a fenomeni di eutrofizzazione ed aumento della temperatura.

DIVISIONE DINOPHYTA

- Sempre unicellulari
- In poche specie colonie filamentose



Karenia brevis



Alexandrium catenella

DIVISIONE DINOPHYTA

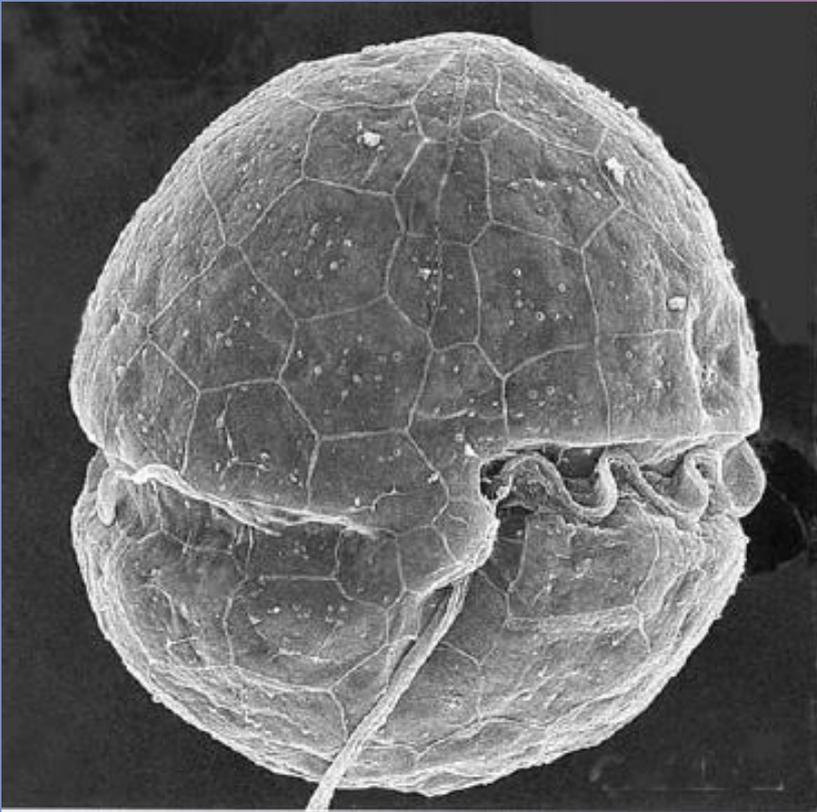
Periplasto: formato da **placche cellulose**



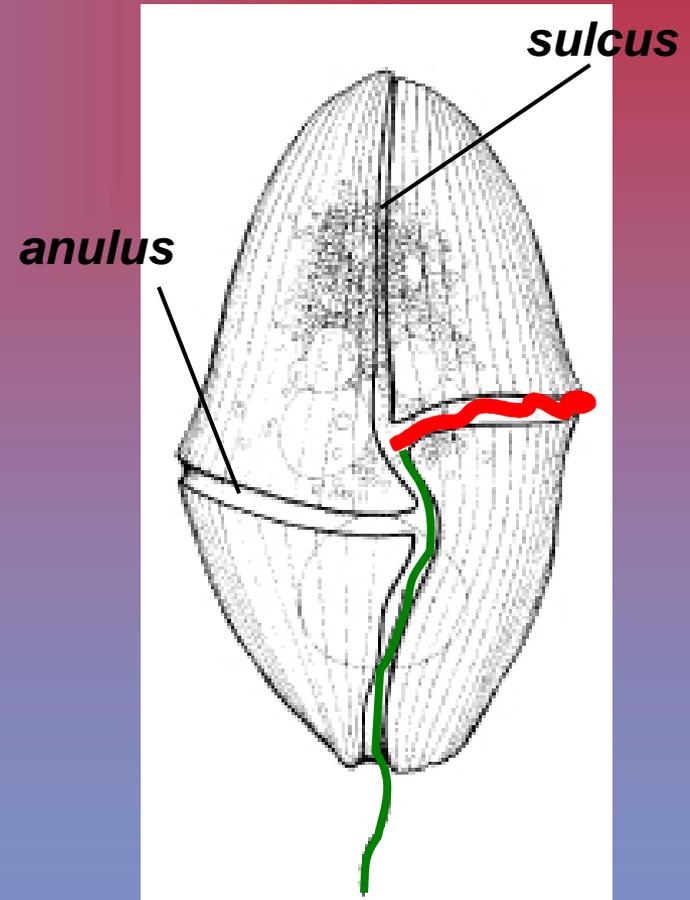
Forma e dimensione delle placche rappresentano importanti **caratteri diagnostici**

DIVISIONE DINOPHYTA

Due flagelli



Tovellia coronata



Gymnodinium costatum

DIVISIONE DINOPHYTA

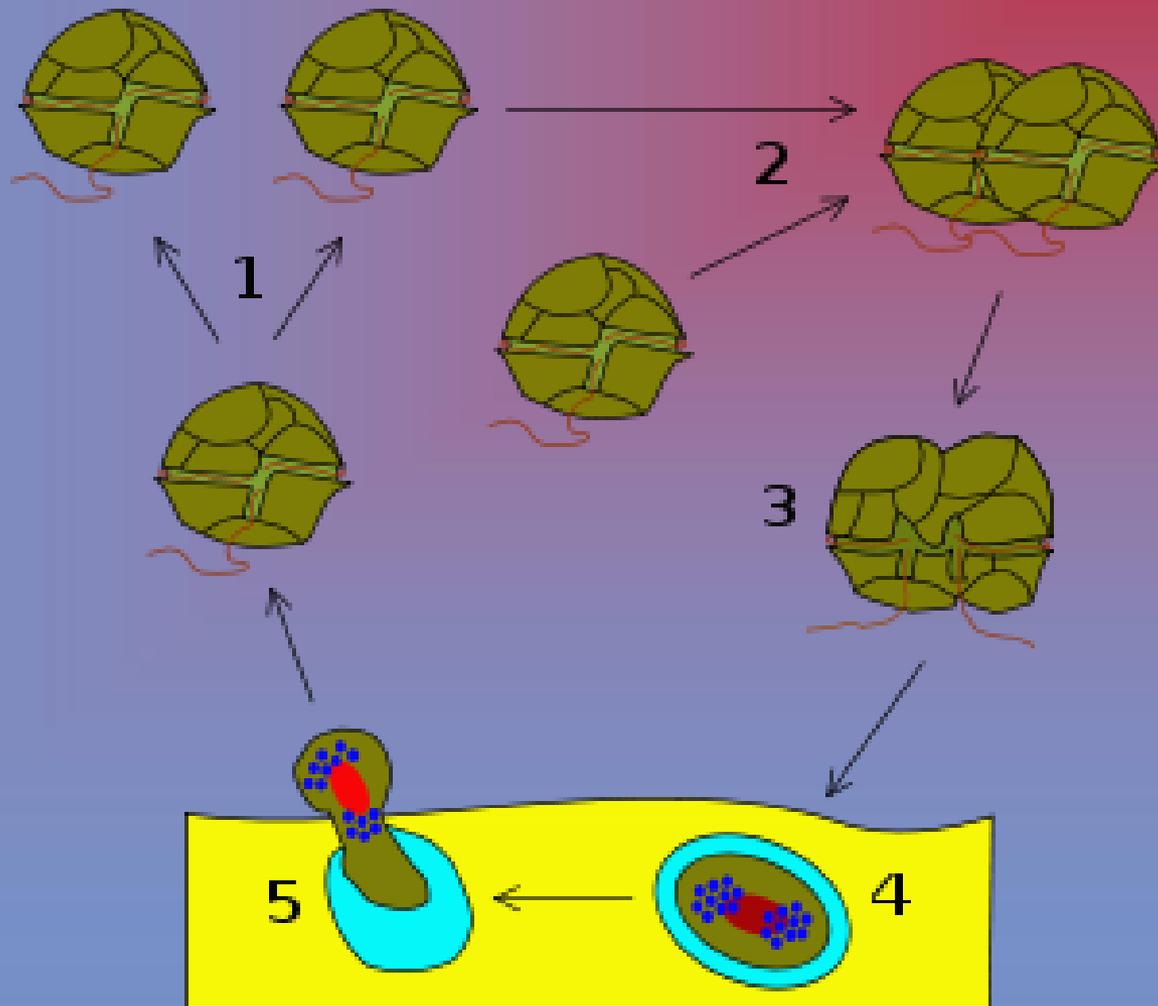
- Clorofille a e c e carotenoidi
 - Amido

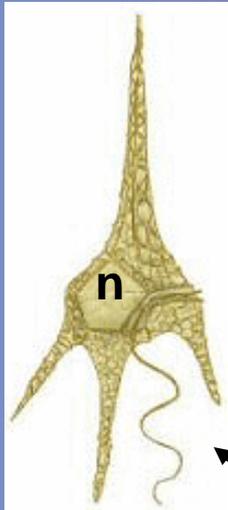


Prorocentrum

DIVISIONE DINOPHYTA

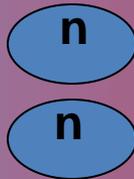
Ciclo aplonte, si riproducono principalmente tramite scissione, ma si verifica anche la riproduzione sessuale



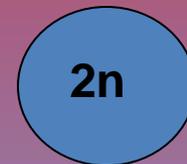


mitosi

gameti

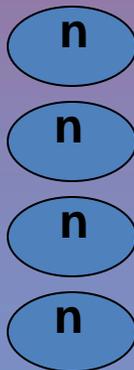


gamia



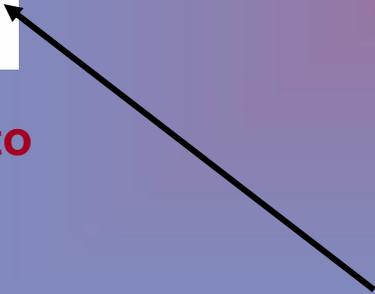
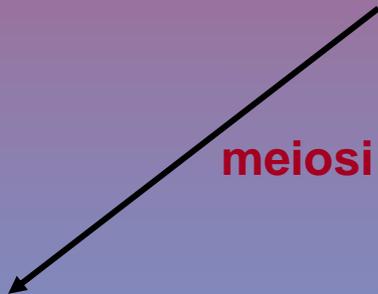
zigote

meiosi



prodotti meiotici

differenziamento



DIVISIONE DINOPHYTA

Maree rosse

Fioriture algali di dinoflagellate dovute ad aumento di temperatura ed aumento di azoto e fosforo dovuto ad attività umane come scarichi ecc

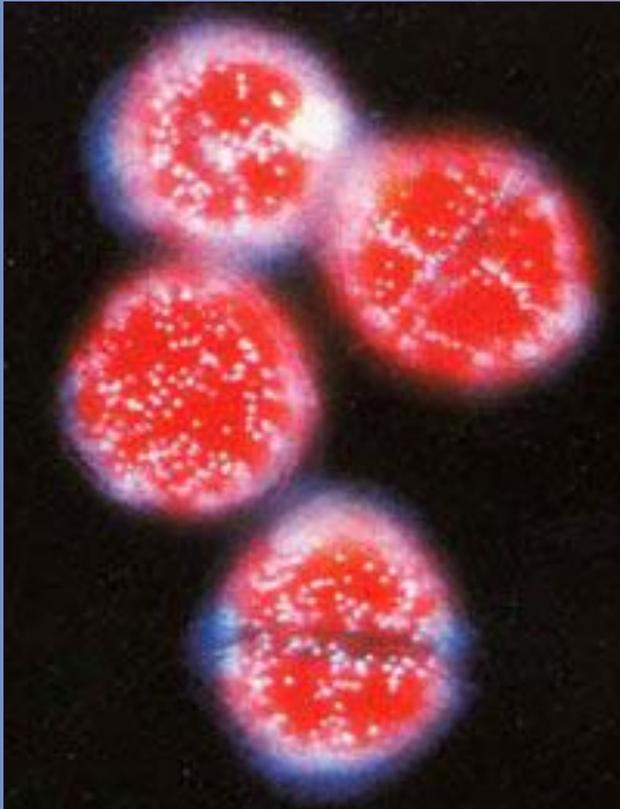


Ptychodiscus brevis

Possono provocare la moria di organismi acquatici come i pesci, possono causare l'accumulo delle tossine algali nei molluschi bivalvi (ostriche, vongole, mitili, ecc.), e provocare intossicazioni anche mortali nell'uomo.

DIVISIONE DINOPHYTA

Bioluminescenza



Gonyaulax polyedra



Fioritura algale bioluminescente

TABELLA 18.1.1**Le principali tossine delle microalghe**

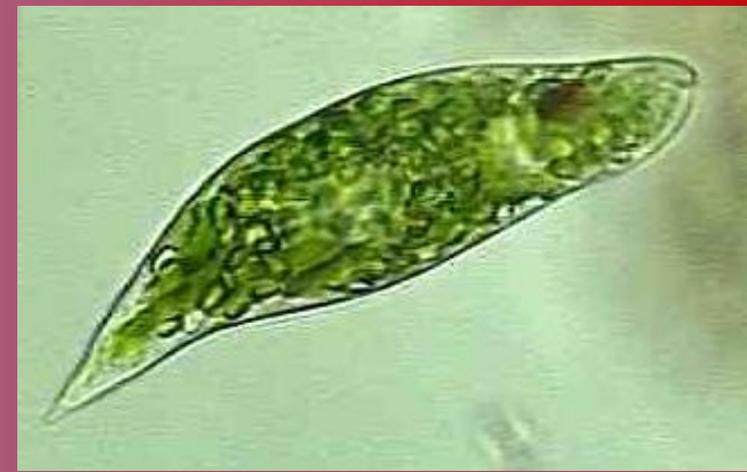
Classe	Generi/specie coinvolti	Tossine prodotte
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i>	Saxitossine
	<i>Karenia brevis</i>	Brevetossine
	<i>Gambierdiscus, Fukuyoa</i>	Ciguatossine, maitotossine
	<i>Ostreopsis ovata</i>	Ovatossine
	<i>Dinophysis, Prorocentrum</i>	Acido okadaico, dinofisitossine
	<i>Azadinium, Amphidoma</i>	Azaspiracidi
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i>	Acido domoico
Coccolithophyceae	<i>Prymnesium, Chrysochromulina</i>	Primnesine

A tutt'oggi, non sono disponibili né test clinici per la diagnosi degli avvelenamenti né antidoti efficaci. L'unico mezzo per contrastare queste gravi patologie resta la prevenzione che si attua mediante un costante ed accurato monitoraggio. Purtroppo, il verificarsi sempre più frequente di fioriture abnormi, con conseguenze negative sulla pesca, l'acquacoltura e il turismo, ha creato pregiudizi nei confronti dell'intera categoria delle alghe, mettendo in evidenza gli effetti nocivi e trascurando i benefici.

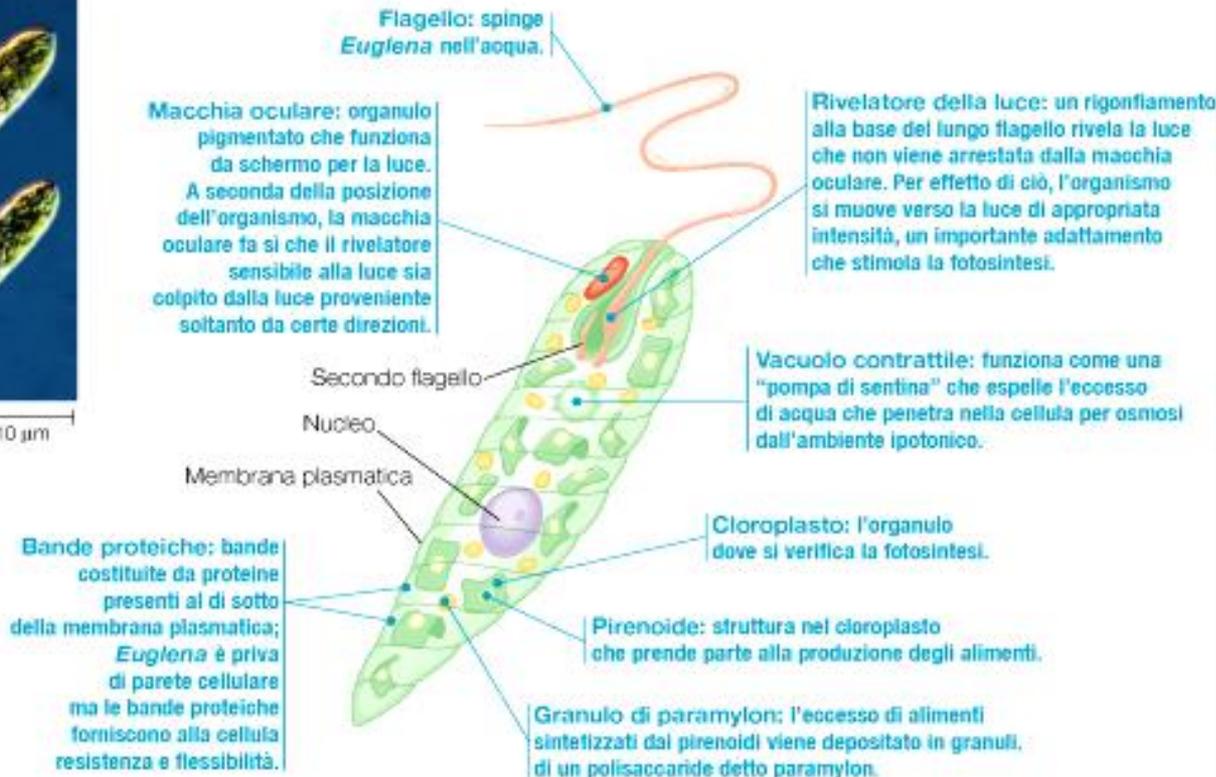
REGNUM PROTOZOA

Divisione Euglenophyta

Organismi unicellulari flagellati d'acqua dolce, possono essere eterotrofi. Parete proteica. Cloroplasti con tre membrane a volte con pirenoide, pigmenti Clorofilla *a* e *b*, β -carotene, xantofille (endosimbiosi di alghe verdi).



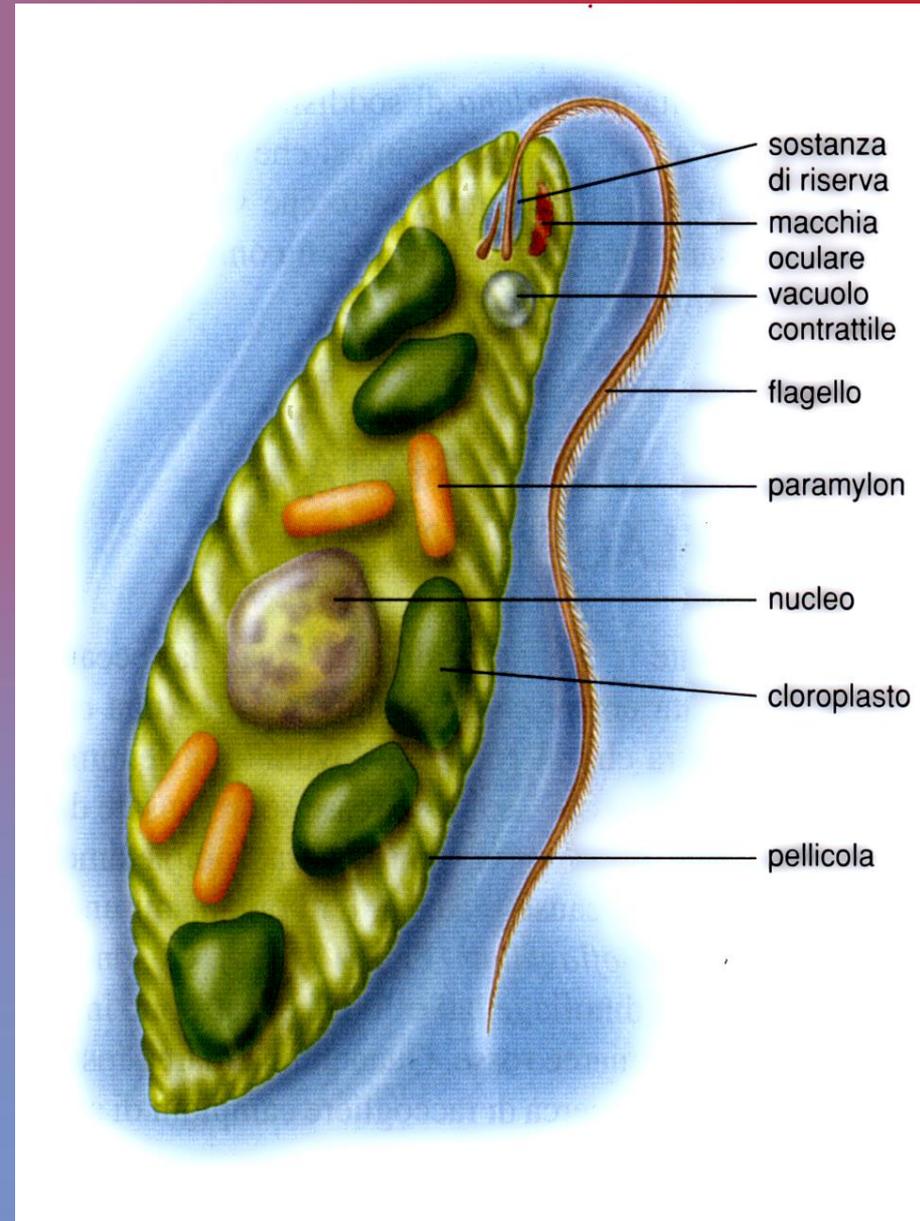
Euglena (LM) 10 μ m



Mitosi primitiva:
cromosomi
sempre contratti
e fuso
endonucleare.

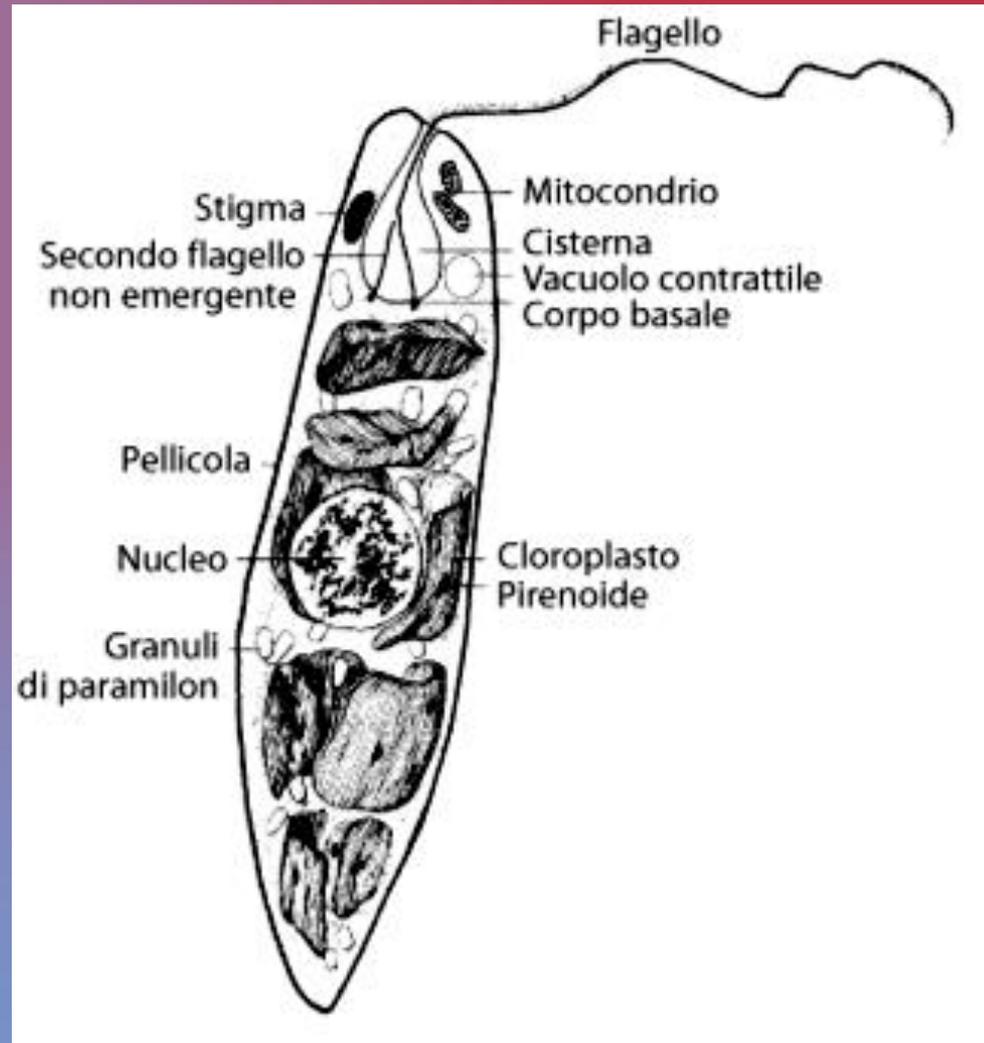
DIVISIONE EUGLLENOPHYTA

- 1000 specie
- Acque dolci ricche in sostanze organiche
- Prediligono ambienti acidi fino a pH2,5
- Unicellulari
- Specie fotosintetiche e non fotosintetiche. Eterotrofe facoltative in acque ricche di sostanze organiche
- Clorofille a e b e carotenoidi
- Pellicola: periplasto che avvolge la cellula. Sotto i numerosi microtubuli conferiscono un movimento a contrazione, come un'onda



DIVISIONE EUGLENOPHYTA

- Paramylon (polimero del glucosio)
- 2 flagelli inseriti nella cisterna, uno emergente, l'altro non emergente
- Nuoto affidato ai flagelli
- Vacuolo contrattile
- Macchia oculare e fotorecettore



DIVISIONE EUGLENOPHYTA

- **RIPRODUZIONE
ASESSUALE:**

Scissione longitudinale

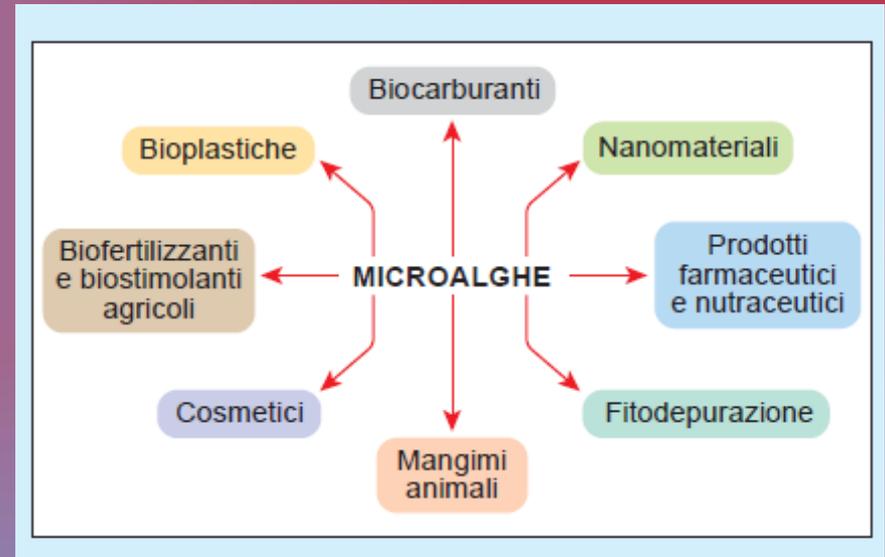
- **NO RIPRODUZIONE
SESSUALE:**

Non è stata mai osservata
né meiosi, né gamia



Le alghe sono eccellenti bioindicatori della qualità dell'acqua poiché riflettono le proprietà chimiche dell'ambiente in cui vivono (per es. pH e livello di nutrienti) e pertanto sono una componente significativa dei programmi di monitoraggio biologico.

Le alghe hanno maggiore efficienza di conversione dell'energia luminosa e alti tassi di crescita rispetto alle piante, proprietà biochimiche esclusive e modulabili in condizioni controllate



Le biomasse algali hanno un alto valore nutritivo, per cui sono ampiamente utilizzate nell'alimentazione umana e degli animali, sono oggi fonte di estrazione di numerosi composti bioattivi e oggetto di sperimentazione per la produzione di biocarburanti (diesel, etanolo, idrogeno e gas) e carbone vegetale, e per la fitodepurazione delle acque reflue di varia provenienza.