

I cicli metagenetici

D = Diploid

H = Haploid

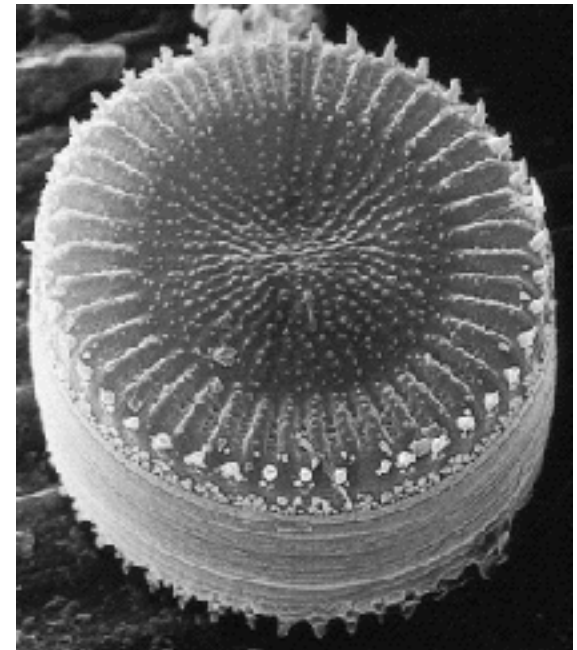


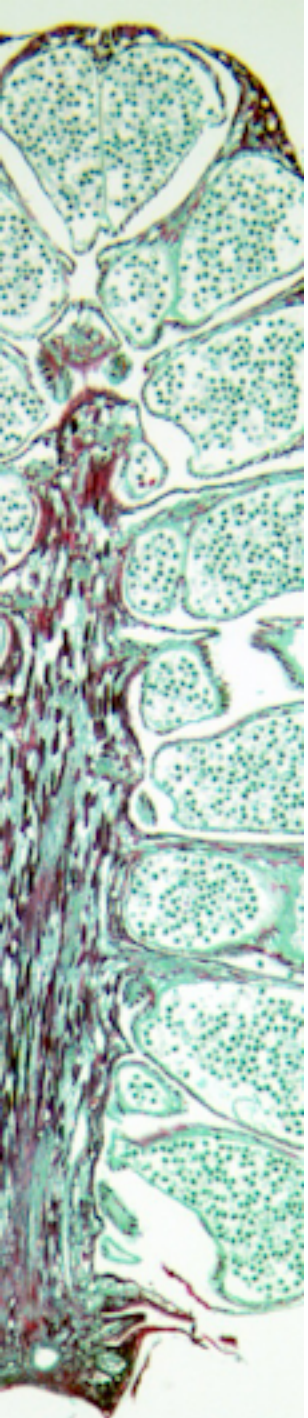
Le diatomee (classe Bacillariophyceae)

Le diatomee sono responsabili della fissazione di circa il 25% del carbonio totale del pianeta. Sono presenti nelle acque salate e dolci, e si stima che siano la componente principale della biodiversità delle acque polari.

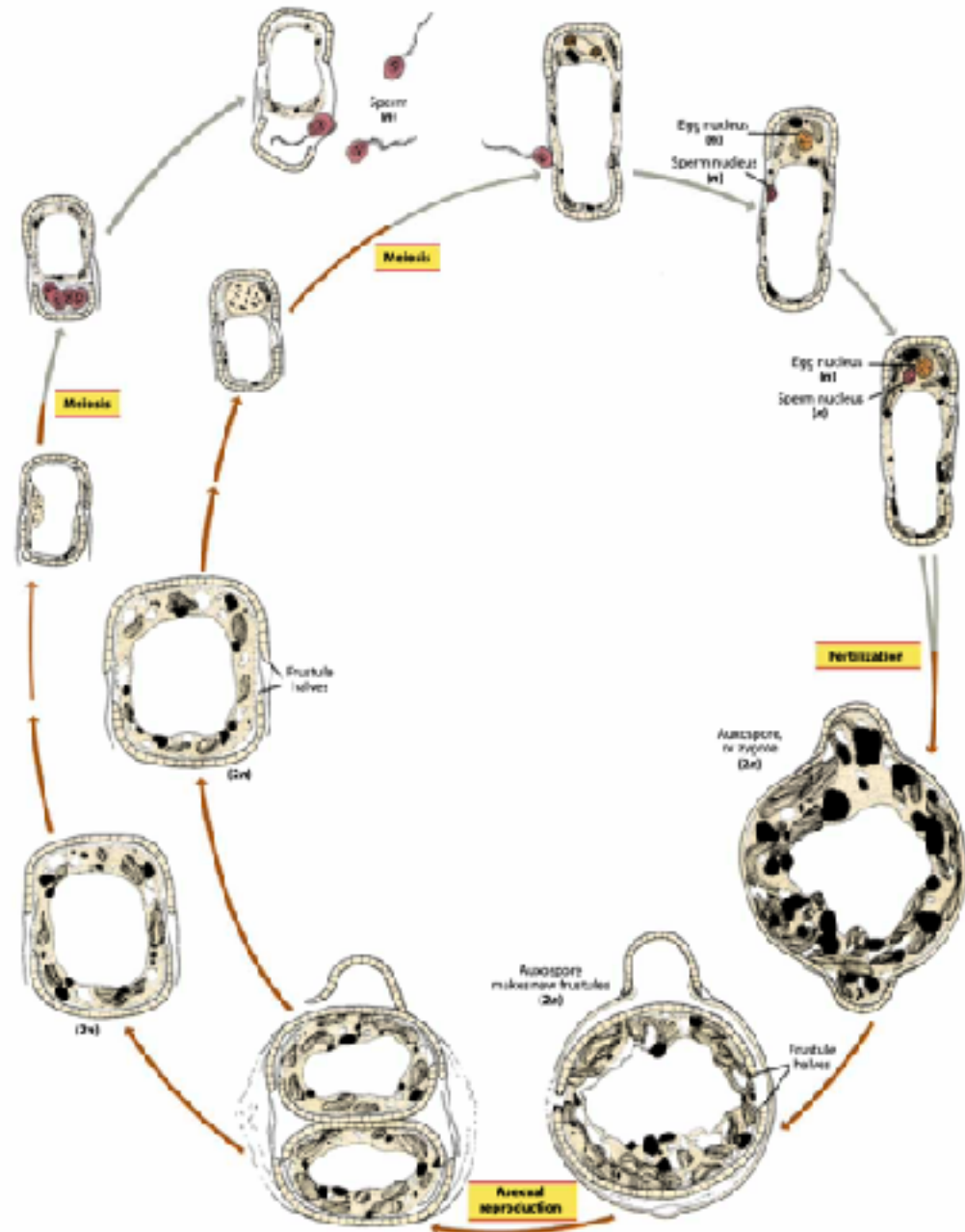
Si distinguono in pennate o centriche, a seconda della simmetria (bilaterale o raggiata) della **teca** o **frustolo**.

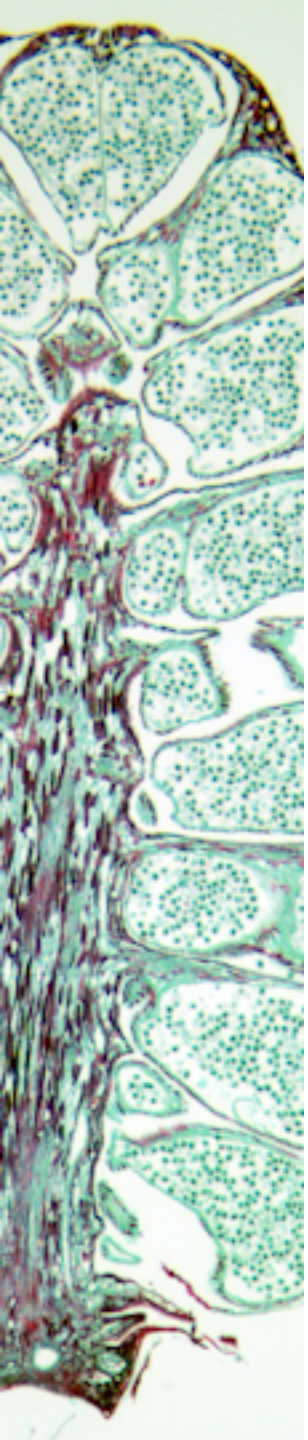
Questa è composta da polimeri di ossido di silicio, ed è divisa in due metà che si sovrappongono come le parti di una capsula petri





Le diatomee si riproducono per lo più asessualmente. Tuttavia, mentre in alcune specie i frustoli sono relativamente elastici, e si espandono, permettendo la crescita delle cellule, in altre questi sono rigidi, e man mano che continuano le divisioni le cellule diventano sempre più piccole, visto che la porzione del frustolo che si rigenera dalla divisione è sempre quella inferiore, che si incastra dentro la superiore. Quando la dimensione arriva al 30% in meno, si innesca la riproduzione sessuale. La meiosi è **gametica**, con un ciclo vitale in cui prevale la fase **diploide**.





Le alghe brune (classe Phaeophyceae)

Le alghe brune sono un gruppo di specie marine, presenti praticamente a tutte le latitudini.

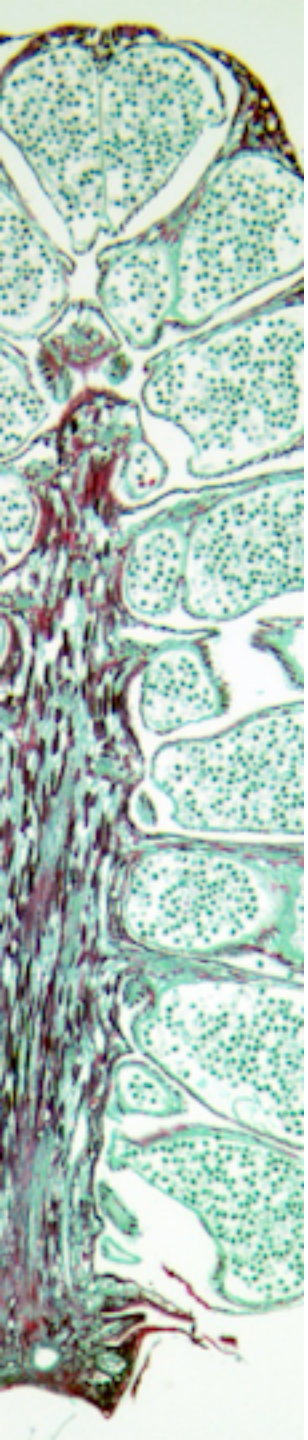
Esistono circa 1500 specie, ma nonostante il numero relativamente limitato, sono dominanti in diversi ecosistemi. Basti ricordare il genere *Sargassum*, nell'omonima area di mare tropicale.

Alcune specie sono capaci di fotosintesi fino a circa 60 metri di profondità, nelle acque più limpide.

Contengono clorofille a e c, e carotenoidi, tra i quali la fucoxantina, una xantofilla che da loro il caratteristico colore bruno. Come materiale di riserva hanno il carboidrato **laminarina**, che viene conservato nei vacuoli.

Nelle specie pluricellulari, il tallo ha una organizzazione che va dai semplici filamenti ramificati, a una vera differenziazione in tessuti. Alcune specie, in particolare nel genere *Laminaria*, hanno un tallo organizzato in un piede che si ancora al substrato, uno stipite, e una lamina.





In questi casi si può anche avere la presenza di tessuti di trasporto, sia in senso verticale, che in senso laterale, qualora le lamine siano particolarmente ampie.

Alcuni generi formano ammassi galleggianti, mentre altri, quelli con un piede, si ancorano ai substrati litici.

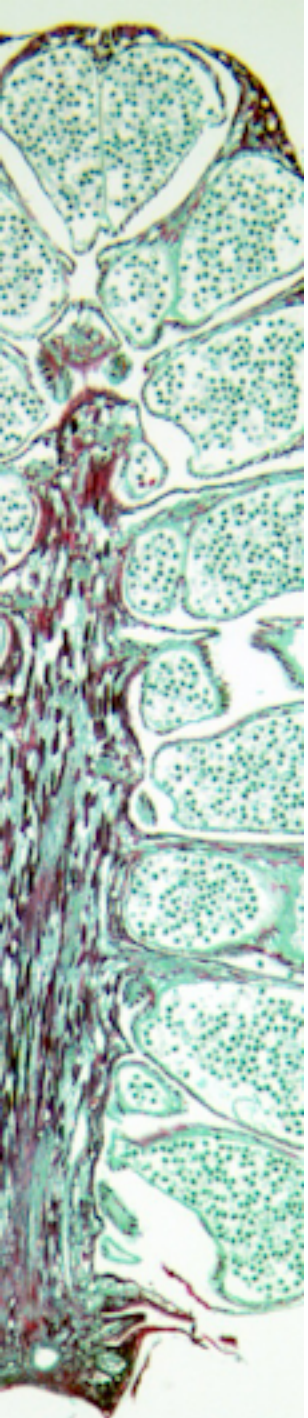
In questo gruppo si trovano sia casi di **meiosi sporica**, con **alternanza di generazione eteromorfa** (*Laminaria*), che casi di **meiosi gametica**, quindi con ciclo vitale diploide (*Fucus*).

Laminaria produce gametofiti maschili e femminili di piccole dimensioni. Vi è oogamia, e lo sporofito cresce sul gametofito femminile prima di diventare indipendente. La meiosi è sporica, e il ciclo è **aplodiplonte**.

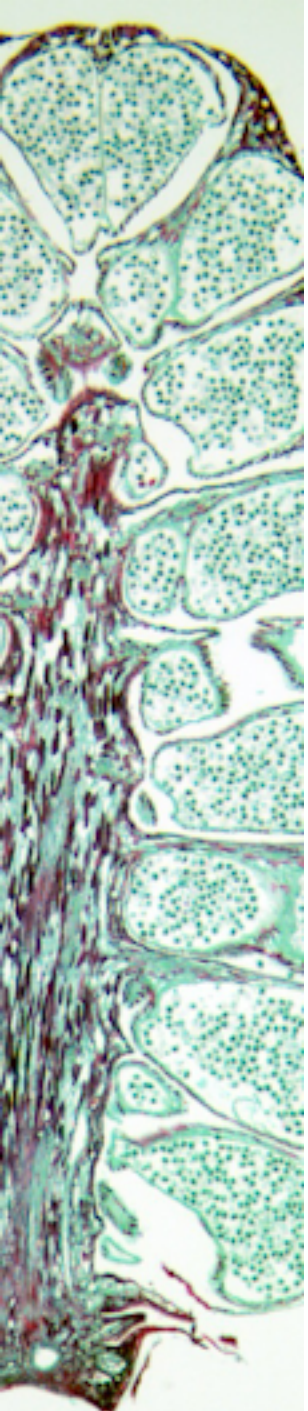
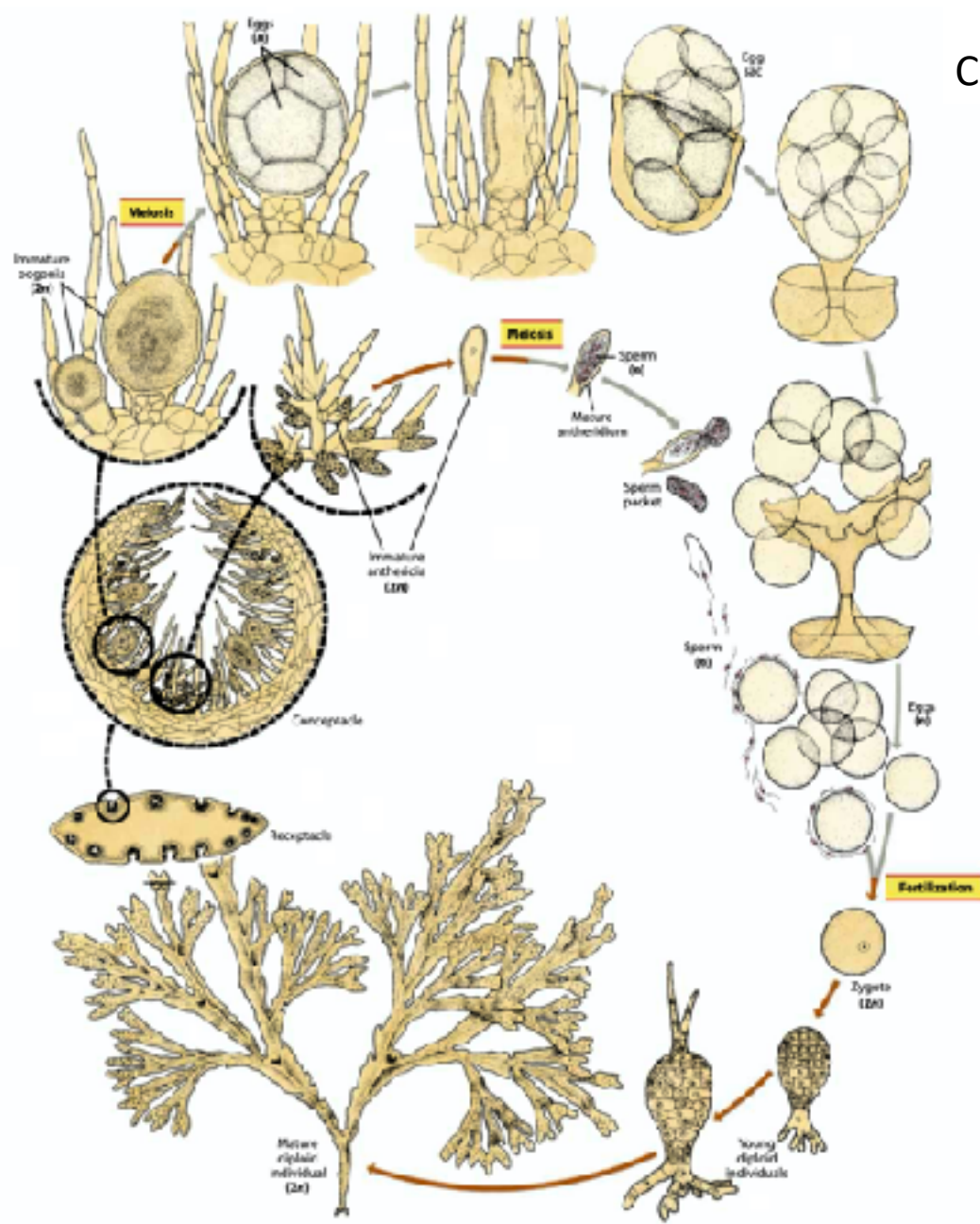
Anche in *Fucus* vi è anche oogamia, ma il ciclo è **diplonte**. Lo zigote viene immediatamente liberato, e dà origine a uno sporofito.

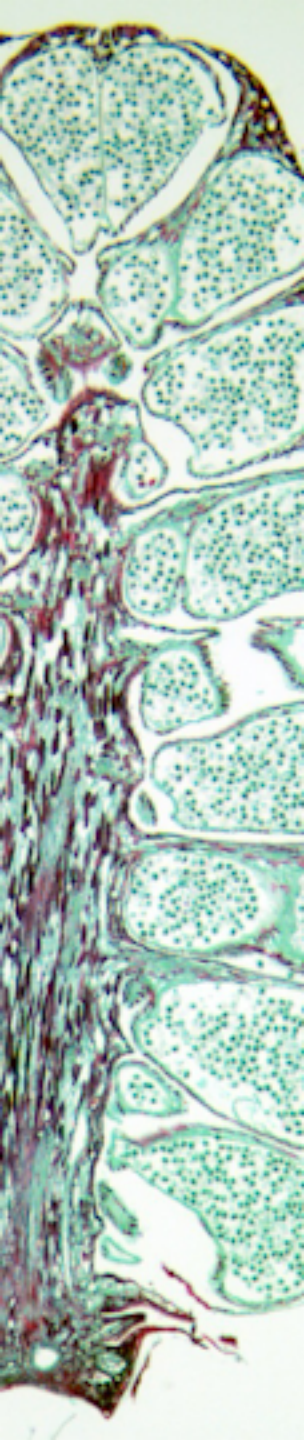


Fucus vesiculosus



Ciclo di *Fucus*





La meiosi porta alla formazione (dopo un certo numero di ulteriori divisioni mitotiche delle cellule aploidi) di gameti che sono morfologicamente e funzionalmente distinti e formati all'interno di organi diversi, i concettacoli.

I **concettacoli maschili** sono caratterizzati al loro interno da brevi filamenti che all'apice portano **anteridi** uniloculari oblunghe.

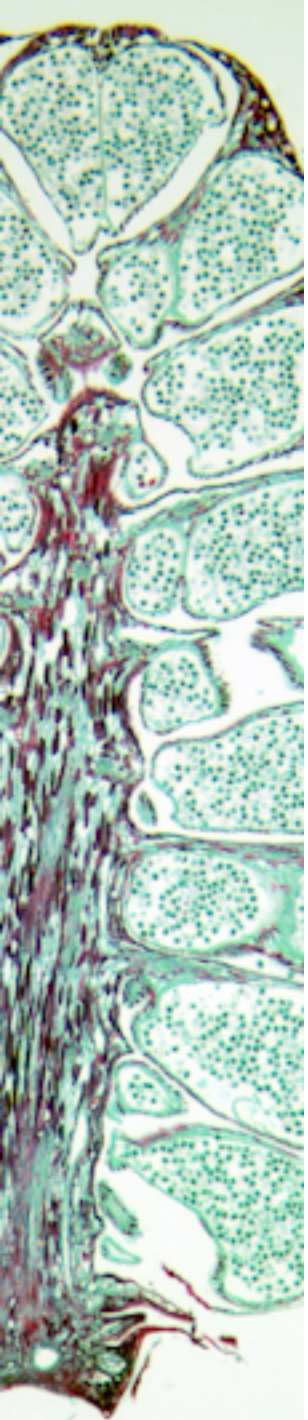
In ogni anteridio si trova una singola cellula madre che subisce meiosi, formando 4 cellule aploidi (tetrade) che subiscono 4 successive mitosi. Si formano così 64 spermatozoidi flagellati.

I **concettacoli femminili** presentano **oogoni** sferici portati da brevi peduncoli.

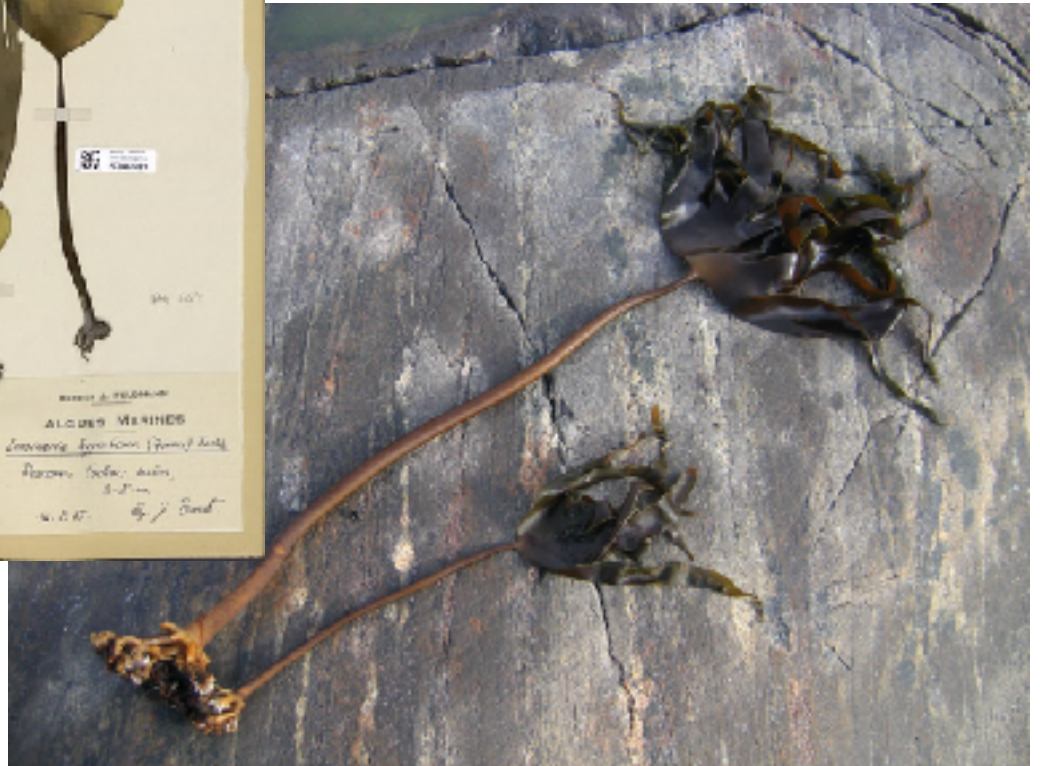
In ogni oogonio si trova una cellula madre, che si divide mitoticamente in una cellula basale sterile e in una fertile; quest'ultima subisce meiosi per dare 4 cellule aploidi che infine subiscono 1 mitosi producendo in tutto 8 oocellule.

L'involucro lacerandosi mette in libertà le cellule uovo. Dalla fecondazione trae origine lo zigote che in seguito allo sviluppo porta alla formazione di un nuovo sporofito subito indipendente.

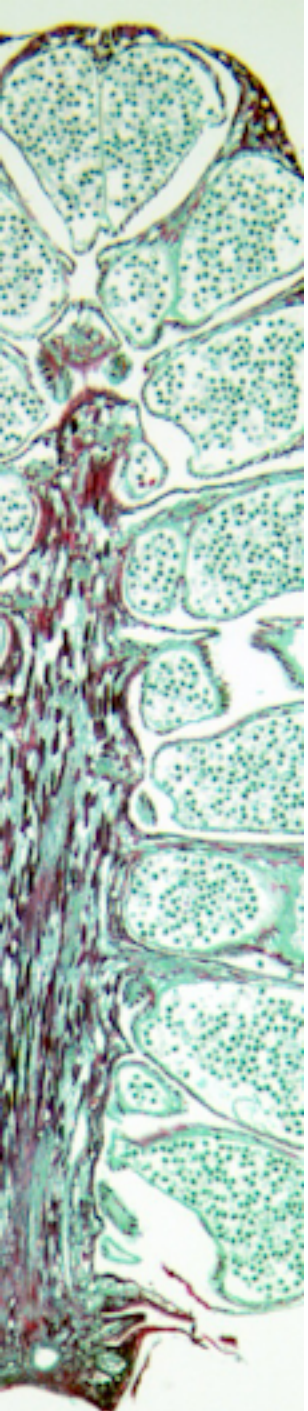
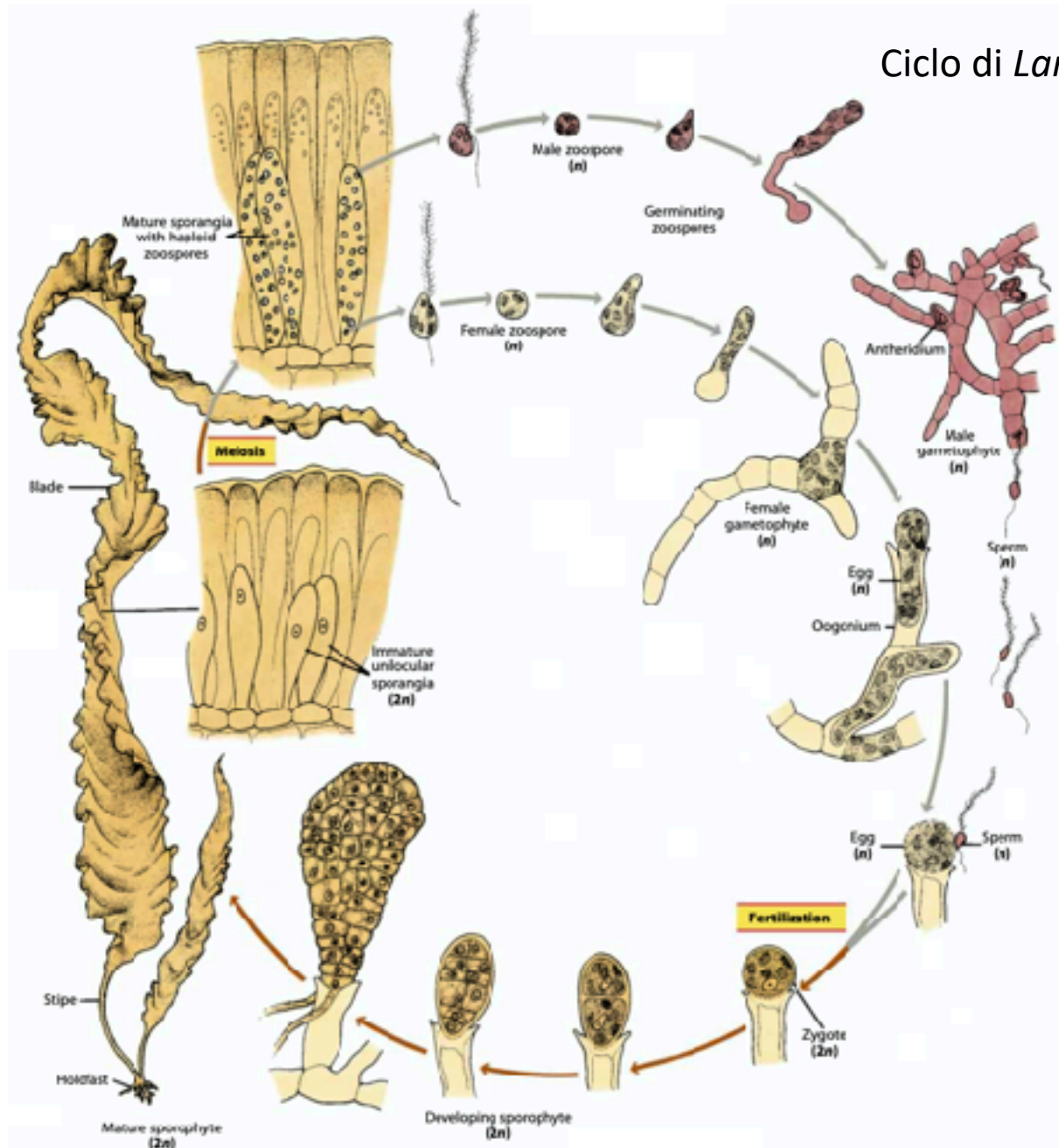


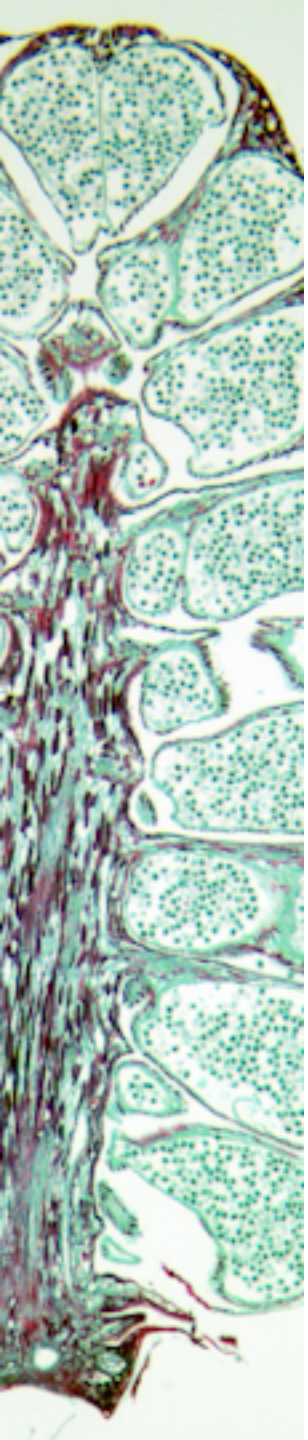


Laminaria hyperborea



Ciclo di *Laminaria*





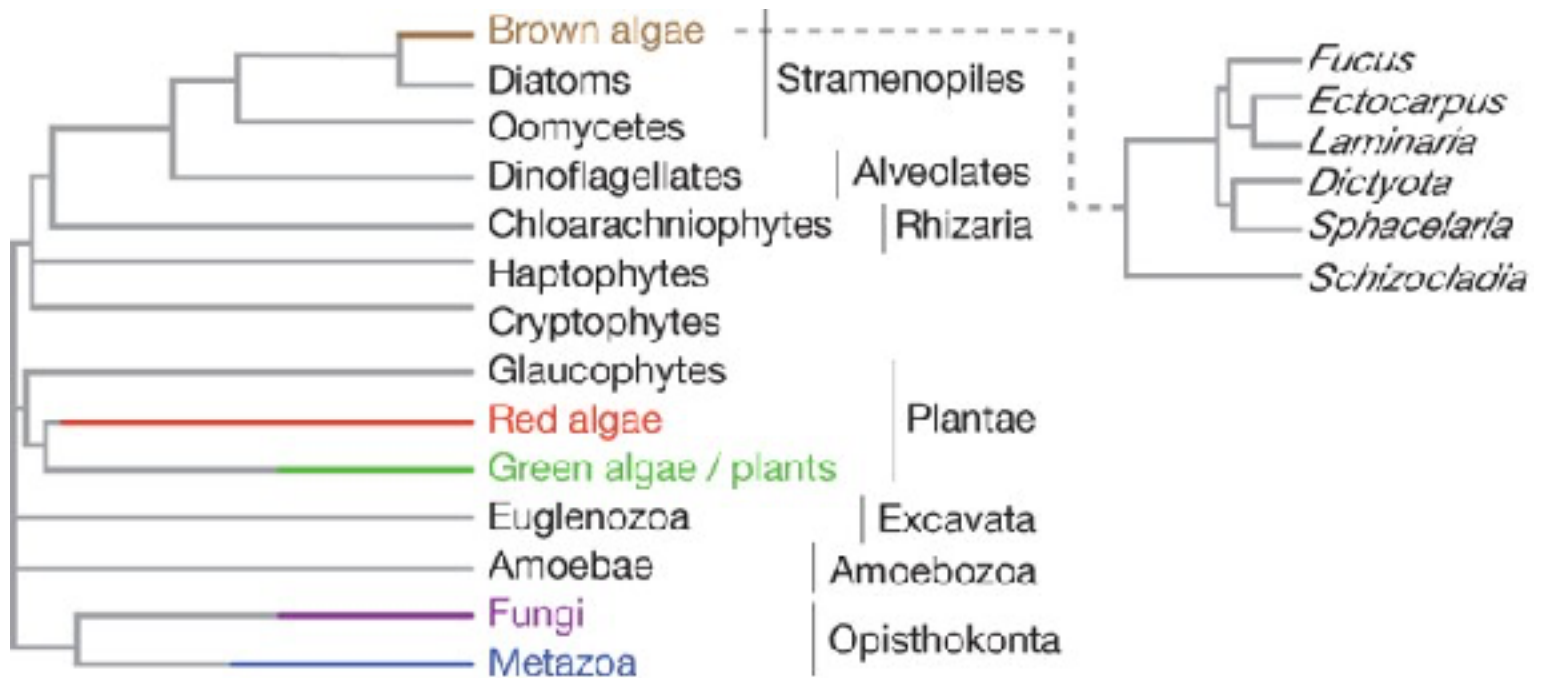
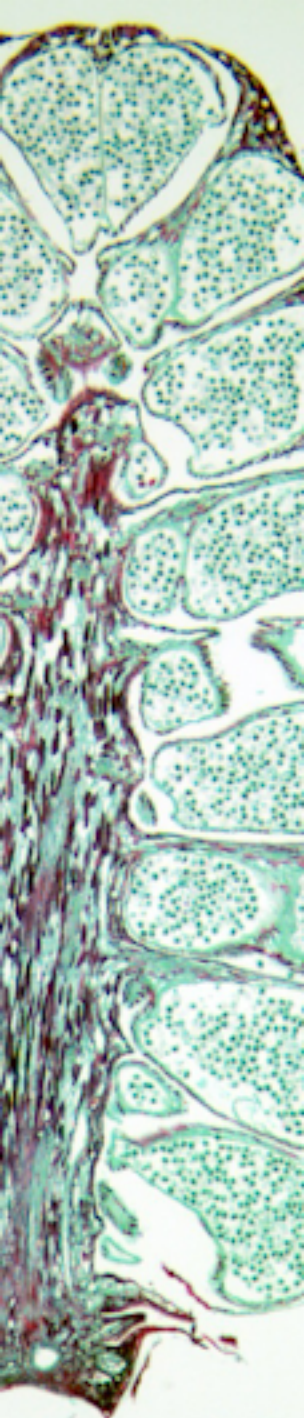
La meiosi avviene in **sporangii uniloculari**, e porta alla formazione di un elevato numero di zoospore aploidi flagellate, ognuna delle quali ha il 50% di possibilità di svilupparsi in un gametofito maschile o femminile. I gametofiti sono ridotti rispetto allo sporofito, e quindi vi è alternanza di generazione eteromorfa.

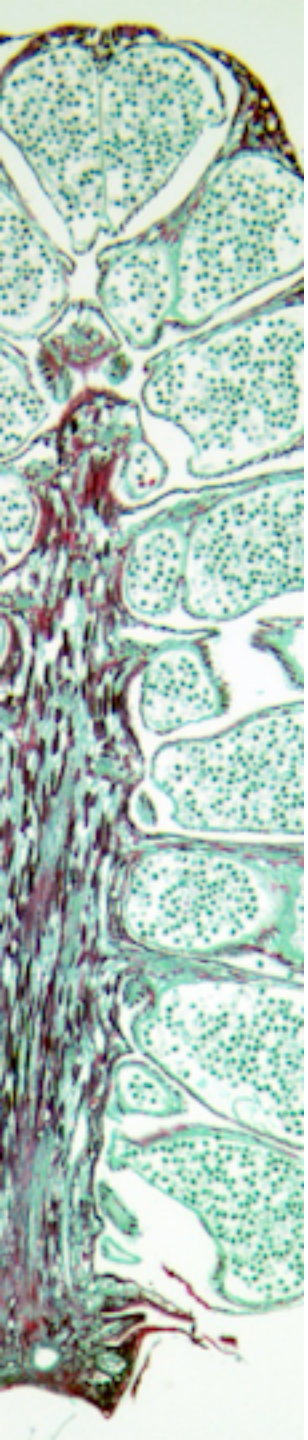
I **gametofiti maschili** portano degli **anteridi unicellulari**, ognuno dei quali da origine a un solo spermio.

I **gametofiti femminili** presentano **oogoni unicellulari**, ognuno dei quali da origine a una sola cellula uovo.

Dopo la fecondazione, la cellula uovo resta ancorata al gametofito femminile, fino a svilupparsi in un nuovo sporofito.







Le alghe rosse (Phylum Rodophyta)

Le alghe rosse sono abbondanti in acque tropicali e temperate, anche se alcune specie possono essere presenti nelle regioni più fredde.

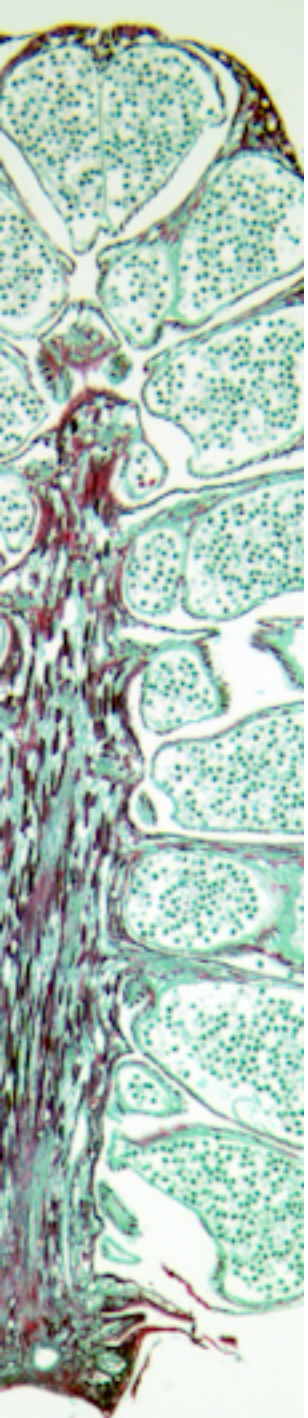
Esistono circa 6000 specie, in più di 500 generi.

Tra le alghe, le rodofite hanno caratteristiche molto particolari, prima fra tutte l'assenza di centrioli, che sono sostituiti nell'organizzazione dei microtubuli da degli anelli polari. Inoltre, come sostanza di riserva hanno il cosiddetto “**amido delle floridee**”, sostanza che in realtà è più simile al glicogeno che all'amido vero e proprio.

A questo gruppo appartengono le alghe coralline (ordine Corallinales), ovvero quelle che possono accumulare carbonato di calcio nel loro tallo, formando delle concrezioni resistenti. La loro presenza aiuta a stabilizzare la struttura delle barriere coralline.

Come pigmenti fotosintetici contengono clorofilla a e ficobilina, che con suo colore rosso maschera il verde della clorofilla.

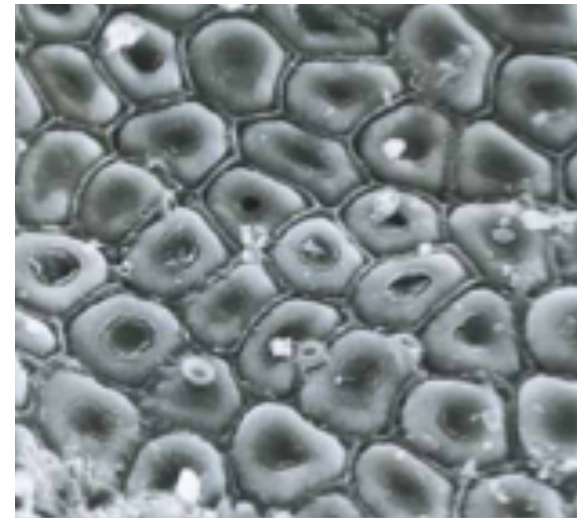
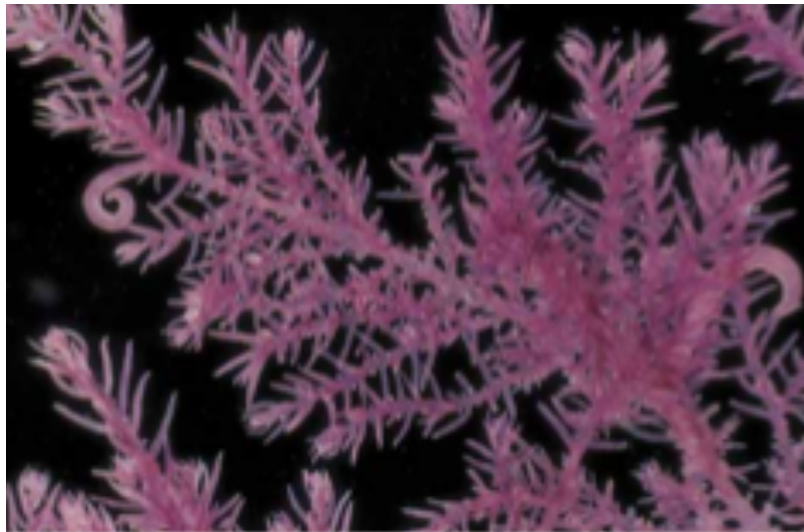


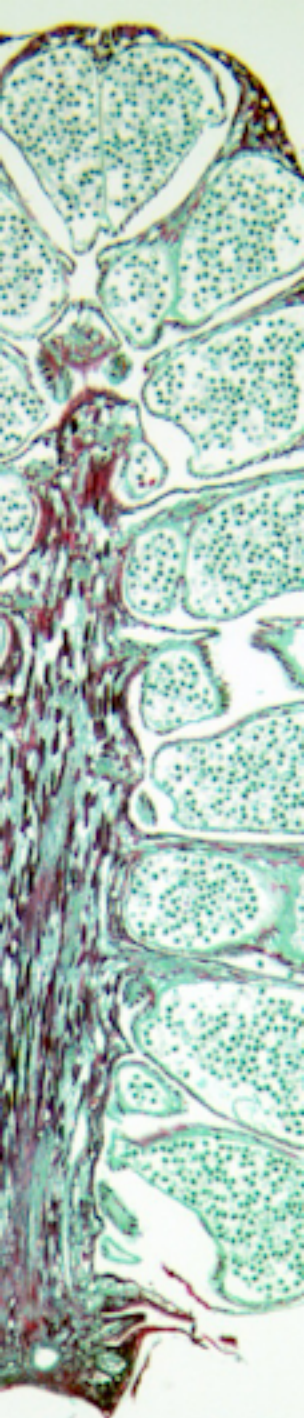


Le ficobiline sono molto efficienti nella cattura delle lunghezze d'onda del verde e del blu-verde, che sono quelle che possono arrivare alle profondità più elevate in mare aperto. Alcune specie di alghe rosse sono in grado di fare fotosintesi anche a oltre 250 metri di profondità, ove la quantità di luce disponibile è lo 0,0005% di quella disponibile in superficie.

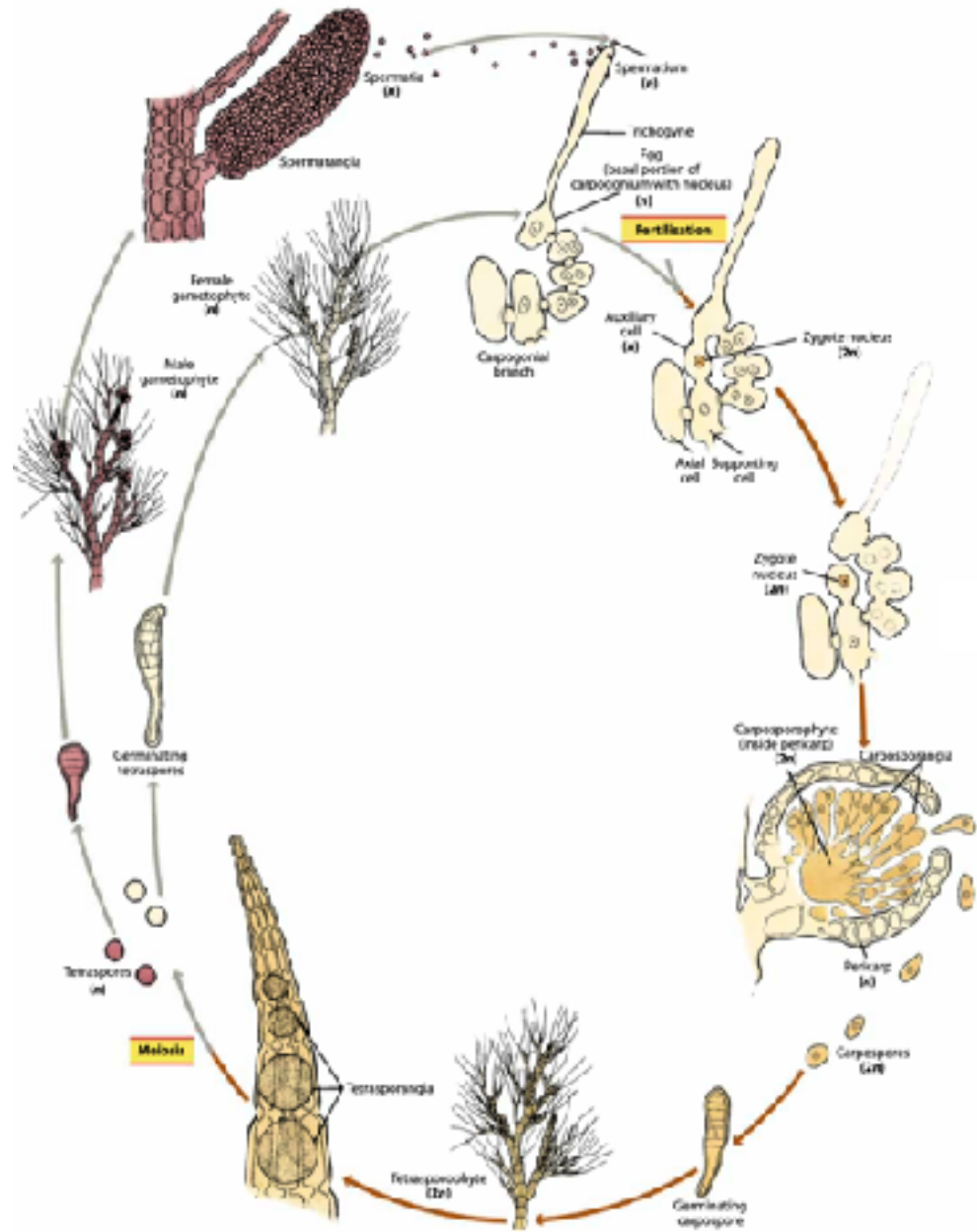
I loro cloroplasti sono molto simili, biochimicamente e strutturalmente, ai cianobatteri dai quali quasi certamente sono derivati per endosimbiosi.

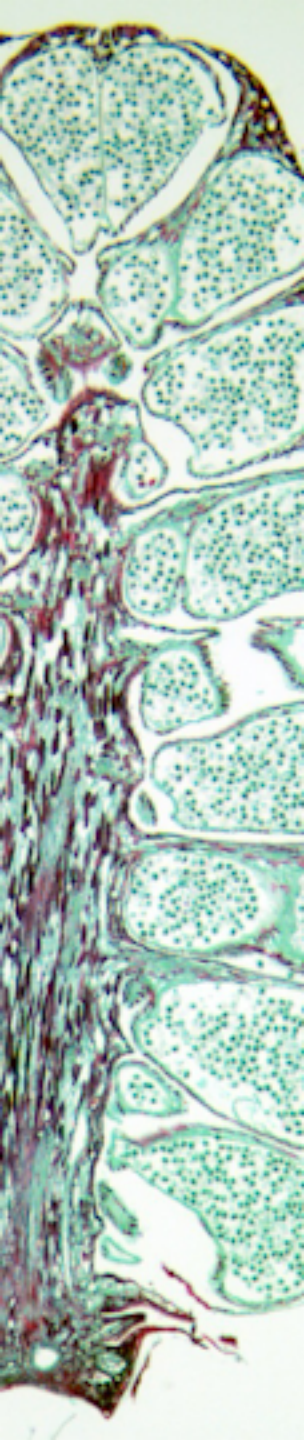
Alcune specie hanno anche perso i pigmenti durante l'evoluzione, e vivono da parassite su altre alghe rosse.





Polysiphonia fornisce un esempio di ciclo riproduttivo nelle alghe rosse pluricellulari. Vi è una **alternanza di generazione isomorfa** tra sporofito ($2n$) e gametofito (n), quindi abbiamo meiosi sporica. I gameti maschili (**spermazi**) non sono flagellati, caratteristica questa pressoché unica tra le alghe. Questo da loro una limitata mobilità, affidandoli alle correnti per il raggiungimento della cellula uovo. In questo senso, il vantaggio della meiosi sporica è la formazione di molti gametofiti, e quindi moltissimi gameti, cosa che aumenta la probabilità di fecondazione delle cellule uovo.





Altra caratteristica interessante del ciclo di *Polysiphonia* è la presenza di una ulteriore generazione diploide, ovvero il **carposporofito**.

Questo è una struttura che si origina sul gametofito femminile, a partire dallo zigote diploide. È circondato da tessuto aploide (pericarpo) originato dal gametofito. Il carposporofito produce **carposporangi**, dai quali si liberano le **carpospore** ($2n$), ognuna delle quali dà origine a un **tetrasporofito**.

Ogni carposporofito può dare origine anche a 5000 carpospore. Anche questo è un adattamento per massimizzare il successo di ogni evento riproduttivo sessuale. Siccome la ridotta motilità degli spermazi non flagellati riduce il numero di eventi riproduttivi sessuali, ognuno di questi deve essere massimizzato tramite efficace disseminazione dei suoi risultati.

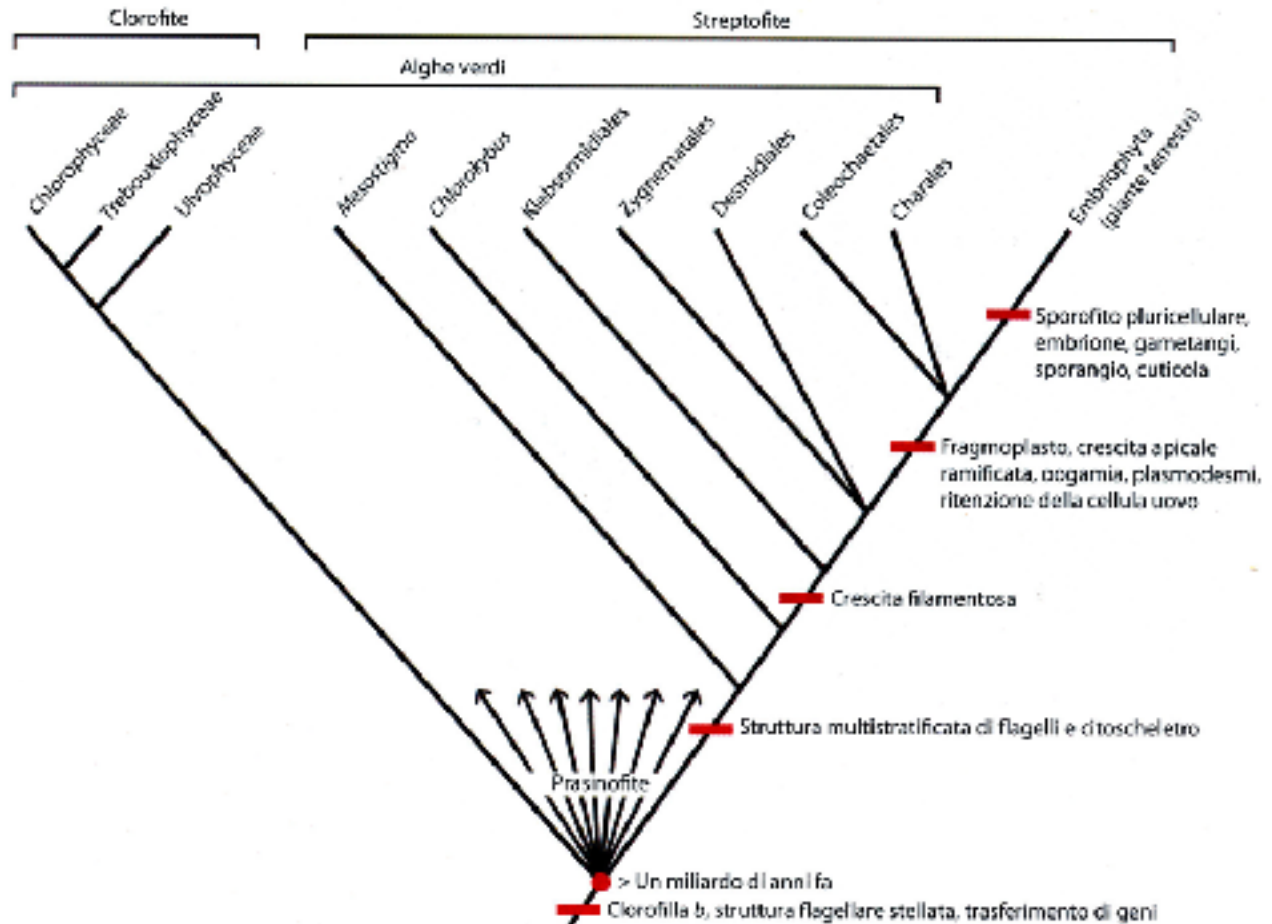
Il caso di *Polysiphonia* è un caso di alternanza di generazione isomorfa, ma esistono tra le alghe rosse anche casi di alternanza eteromorfa.





Le alghe verdi

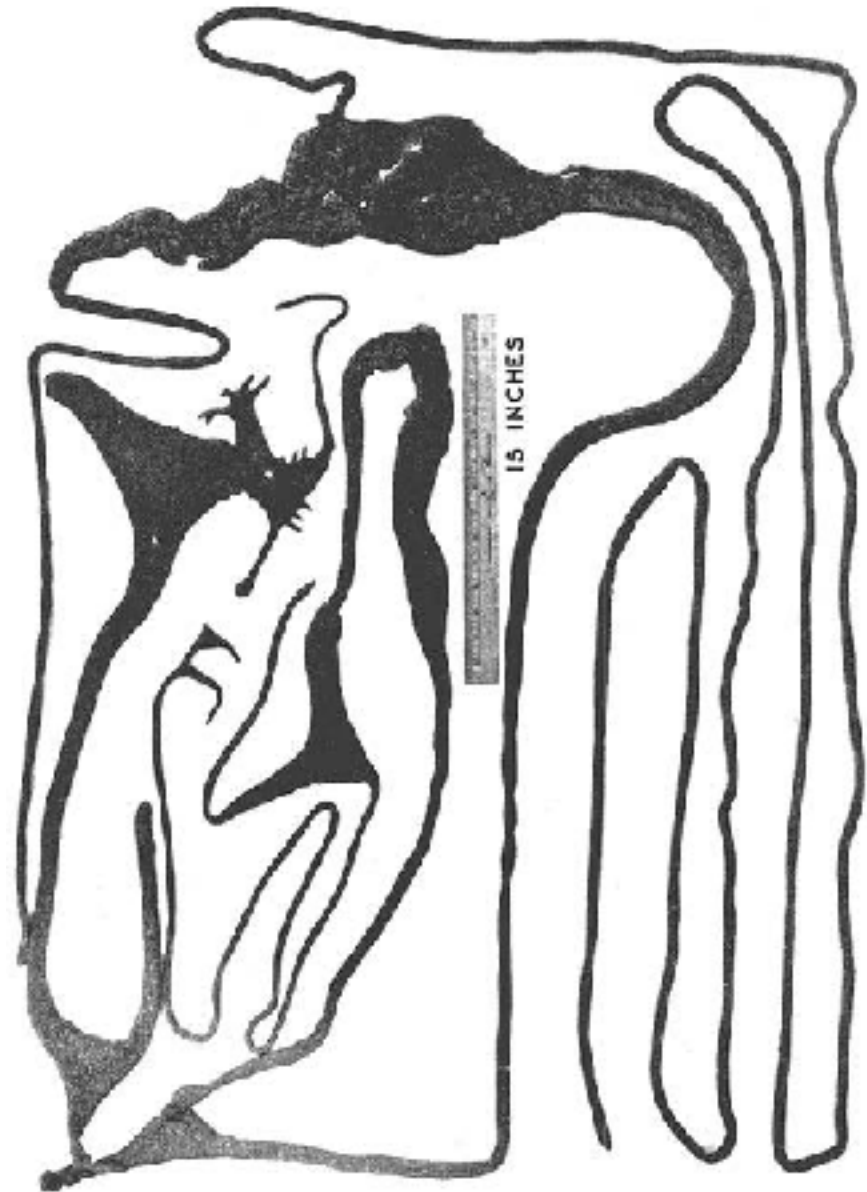
Le alghe verdi, come detto, sono un gruppo parafiletico. Derivano da un comune antenato flagellato fotosintetizzante, che ha dato origine a due gruppi principali, Chlorofite e Streptofite.

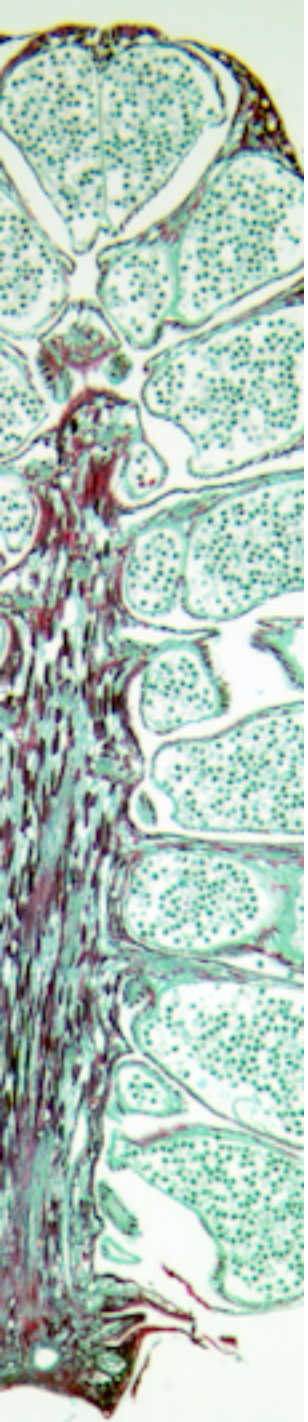




Tutte le alghe verdi hanno clorofille a e b, e carotenoidi. In alcuni casi questi sono così abbondanti da conferire alle alghe colori che vanno dall'arancione al marrone. La maggior parte delle specie è dulciacquicola, ma vi sono anche diversi gruppi marini. Possono essere unicellulari, o multicellulari e, nel caso di alcune specie marine, anche molto grandi, come nel caso di *Codium magnum*, che può raggiungere gli 8 metri.

1 inch = 2.54 cm

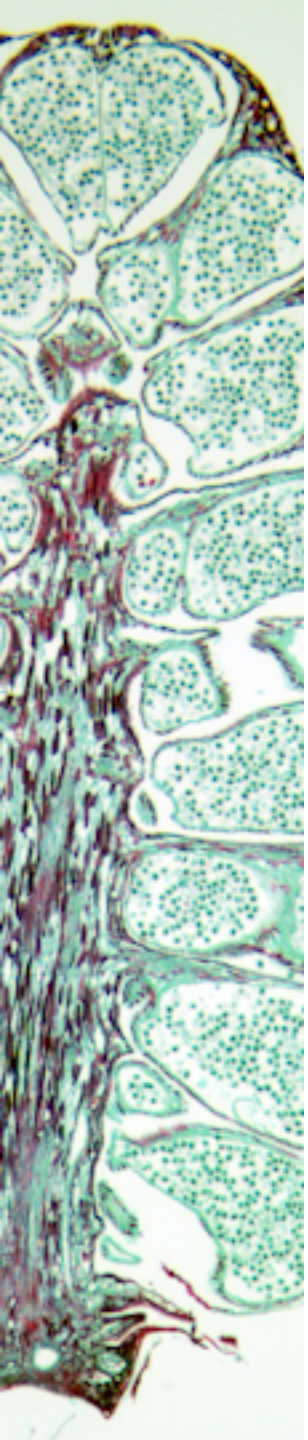




Tra le alghe verdi distinguiamo tre gruppi: **Chlorophyceae** e **Charophyceae**, con meiosi zigotica, e ciclo vitale aplonte, e le **Ulvophyceae**, con meiosi zigotica o sporica, e quindi con ciclo vitale aplonte o aplodiplonte. Le Charophyceae sono il gruppo evolutivamente più affine alle piante terrestri.

Group	Flagellar Apparatus	Photorespiratory Enzymes	Mitosis	Cytokinesis	Habitat (primary)	Life History
Chlorophyceae	Symmetrical root system; flagellar roots associated with basal bodies (centrioles)	Glycolate dehydrogenase	Closed, nonpersistent spindle	Furrowing phycoplast, some with cell plate and plasmodesmata	Freshwater or terrestrial	Zygotic meiosis
Ulvophyceae	Symmetrical root system; flagellar roots associated with basal bodies (centrioles)	Glycolate dehydrogenase	Closed, persistent spindle	Furrowing	Marine or terrestrial	Zygotic meiosis or alternation of generations with sporic meiosis or gametic meiosis
Charophyceae	Asymmetrical flagellar root system; often associated with multilayered structure	Glycolate oxidase and catalase in peroxisome	Open, persistent spindle	Furrowing, some with cell plate, phragmoplasts and plasmodesmata	Freshwater or terrestrial	Zygotic meiosis





Tutte le alghe verdi, come le piante, accumulano **amido** nei plastidi.

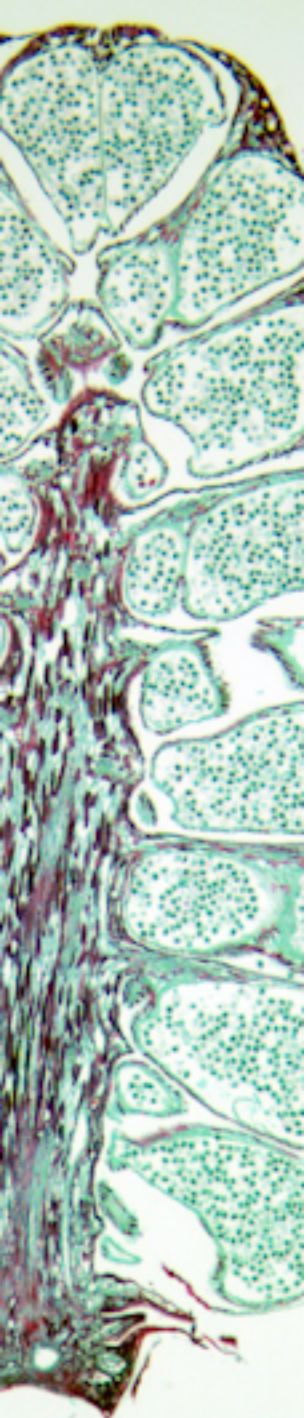
Certi generi hanno pareti cellulari costituite da polisaccaridi cellulosici, emicellulose e sostanze pectiche, come le piante.

Inoltre, i dettagli ultrastrutturali delle cellule riproduttive flagellate di alcune alghe sono simili a quelli degli anterozoidi delle piante.

Questi, e molti dettagli biochimici, stanno a indicare che vi sia evolutivamente parlando una relazione molto stretta tra alghe verdi e piante.

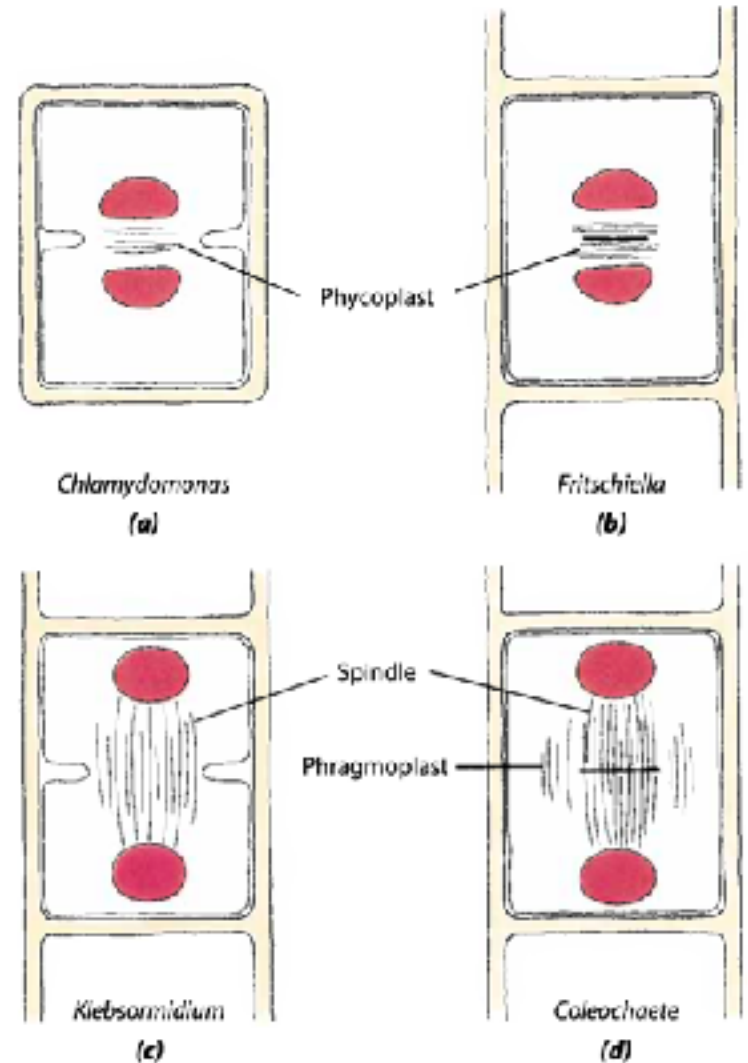
Abbiamo già visto come, tra le alghe verdi, siano le Charophyceae quelle più vicine alle embriofite. Questi due gruppi hanno sicuramente un “recente” antenato in comune.

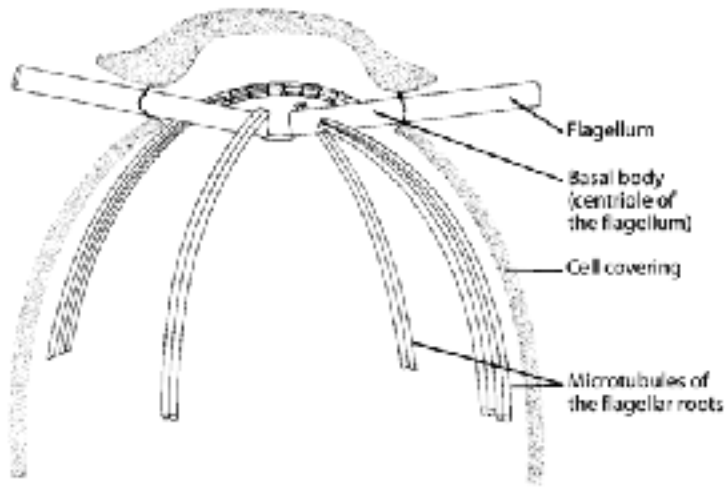
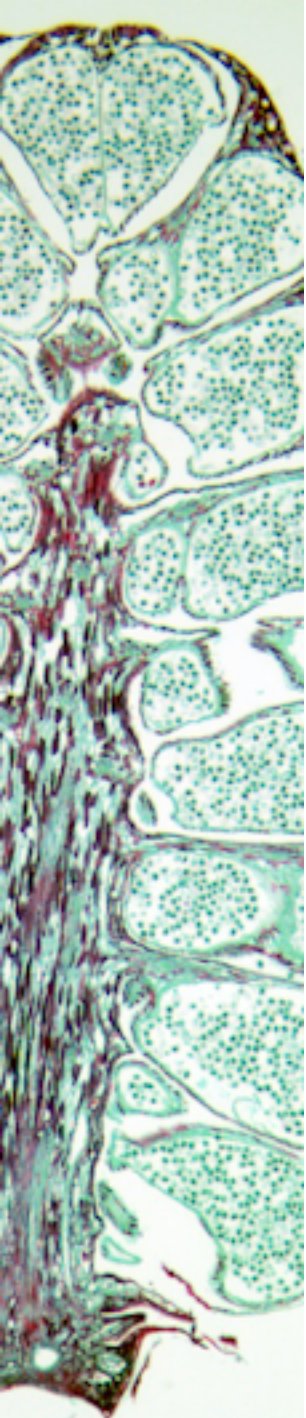




Nella classe Chlorophyceae vi è un fuso mitotico non permanente, che si dissolve alla divisione cellulare. I nuclei figli vengono tenuti separati da un nuovo apparato di microtubuli, il ficoplasto. Questo guida la formazione del solco di divisione formato dal ripiegamento della membrana plasmatica.

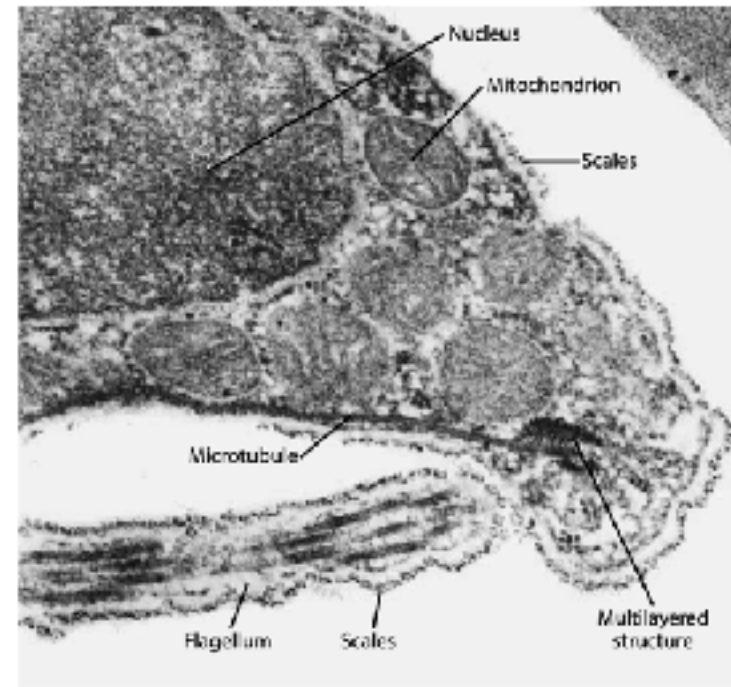
Nelle altre classi il fuso non si dissolve. In alcune Charophyceae si può anche formare un fragmoplasto del tutto analogo a quello delle piante.





15-32 Flagellar roots Diagram of the cross-shaped arrangement of four narrow bands of microtubules known as flagellar roots. These flagellar roots are associated with the flagellar basal bodies (centrioles) and are characteristic of green algae of the class Chlorophyceae.

A differenza del sistema di ancoraggio dei corpi basali dei flagelli a croce delle Chlorophyceae, nelle Charophyceae vi è un sistema di radici flagellali molto simile a quello presente nelle cellule spermatiche delle briofite e di alcune piante vascolari. Questo sta a indicare ulteriormente una affinità evolutiva tra queste e le embriofite.

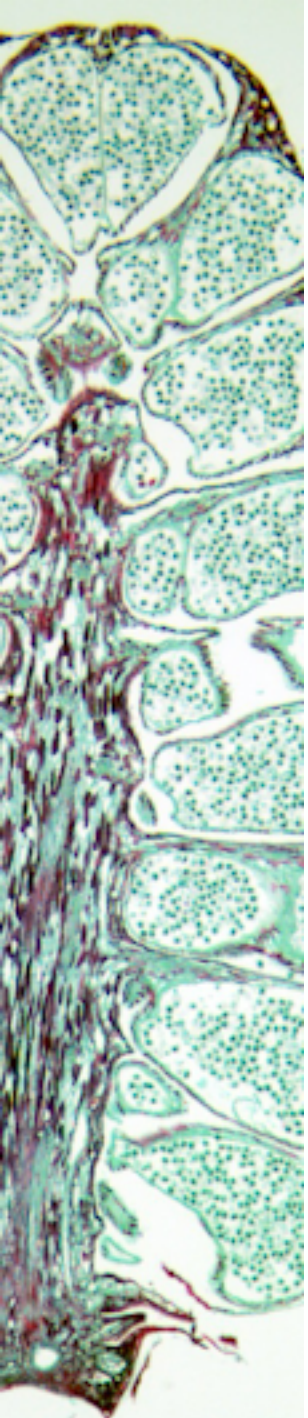


15-33 Charophyte asymmetrical flagellar root system Electron micrograph of the anterior portion of a motile sperm of the green alga *Coleochaete* (class Charophyceae). Shown here is the multilayered structure, which is associated with the flagellar root system at the base of the flagellum. The multilayered structure is also characteristic of the sperm of bryophytes and some vascular plants, and it is one of the features linking these plants with the Charophyceae, their ancestors. As seen here, a layer of microtubules extends from the multilayered structure down into the posterior end of the cell and serves as a cytoskeleton for these wall-less cells. The flagellar and plasma membranes are covered by a layer of small scales.

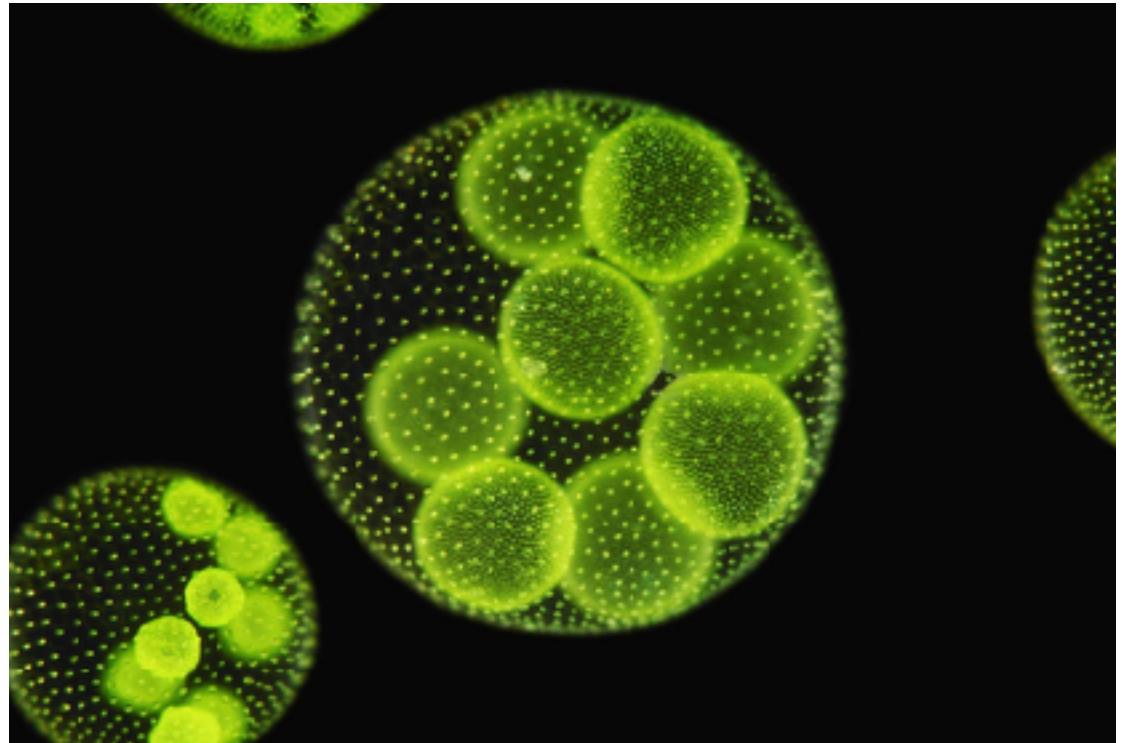


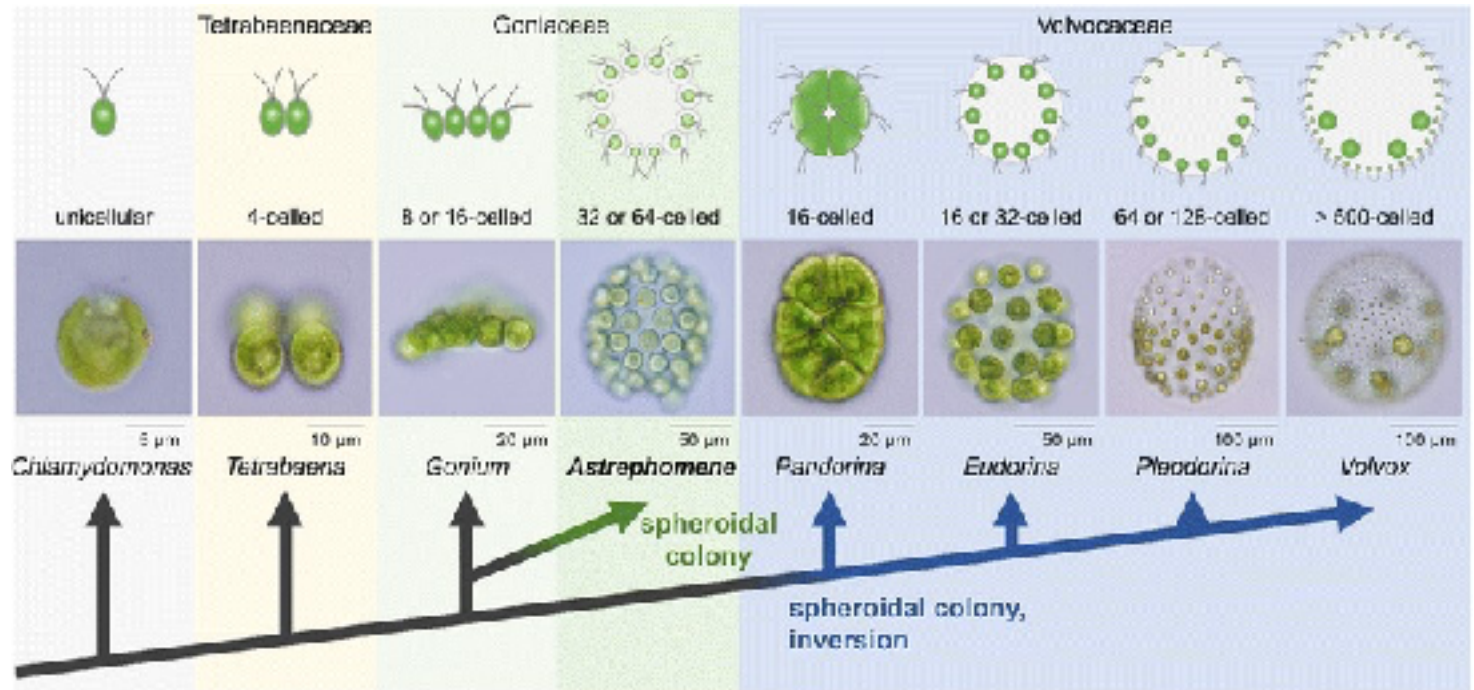
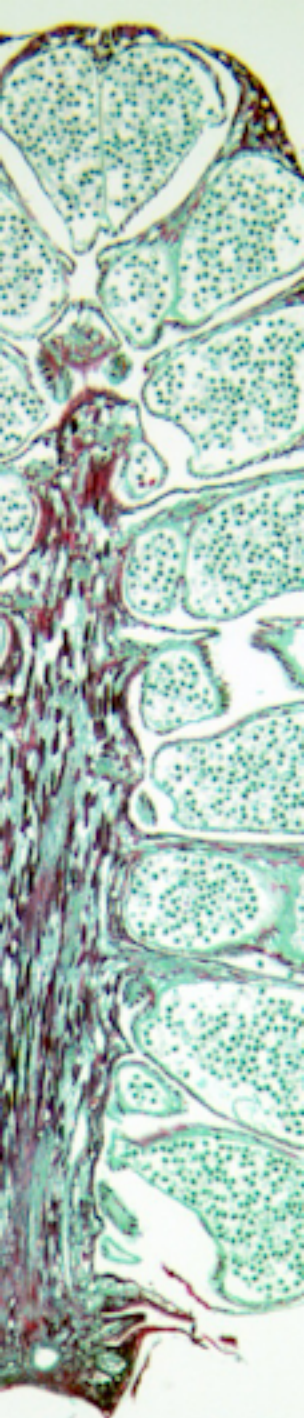
Classe Chlorophyceae

Si tratta principalmente di organismi di acqua dolce, per lo più unicellulari, mobili o no. Esistono anche forma coloniali, come **Volvox**, e forme filamentose parenchimatose.



Colonie di Volvox
con colonie figlie al
loro interno



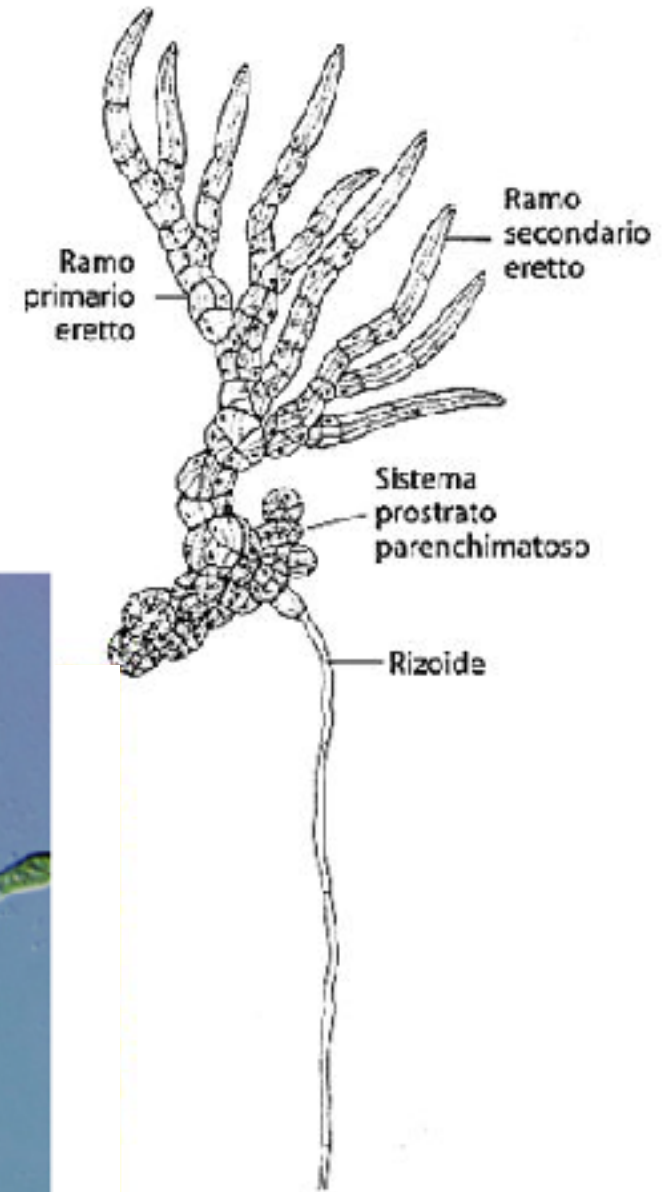


L'evoluzione all'interno della classe Chlorophyceae che ha portato alle forme coloniali, a partire da organismi unicellulari flagellati come *Chlamydomonas*. In particolare, la forma coloniale sferica si è probabilmente evoluta due volte indipendentemente. Una delle due ha portato alla famiglia delle Volvocaceae, l'altra al genere *Asterphomene* all'interno della famiglia delle Goniaceae.





Il genere ***Fritschiella*** contiene specie terrestri, che hanno sviluppato strutture simili a semplici piante per sopravvivere al di fuori dell'acqua.

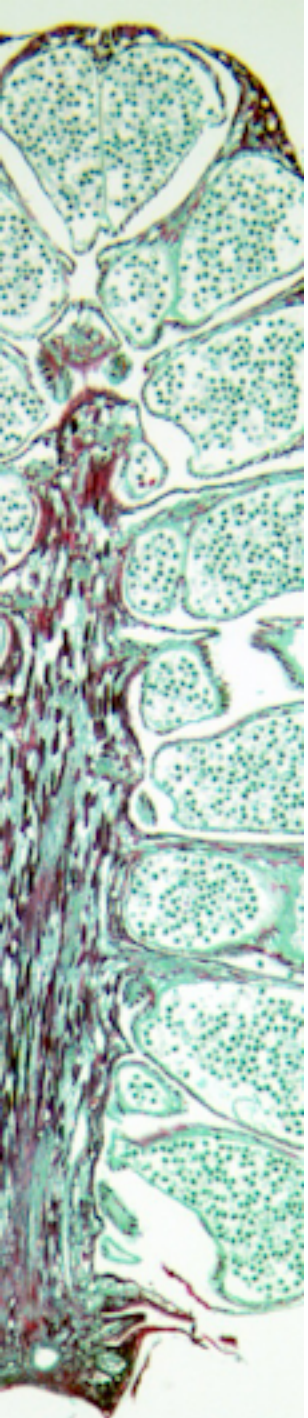




Il genere più famoso tra le Chlorophyceae è certamente ***Chlamydomonas***. Le specie di questo genere sono usate quali organismo modello per la ricerca su molte questioni fondamentali della Biologia: come si muovono le cellule? Come rispondono agli stimoli ambientali, ad esempio la luce? Come funziona la fotosintesi? Come avviene il riconoscimento tra cellule?

Sono specie unicellulari, flagellate, con ciclo vitale aplonte e meiosi zigotica. Lo **zigote** si dota di una spessa parete, divenendo una **ziogospora**, che affronta un periodo di dormienza prima di germinare dando individui aploidi.





Le alghe verdi d'acqua dolce unicellulari del genere *Chlamydomonas* hanno due flagelli uguali.

La delimitazione originale del genere su base morfologica è stata dimostrata errata su base molecolare, rivelando un gruppo polifiletico.

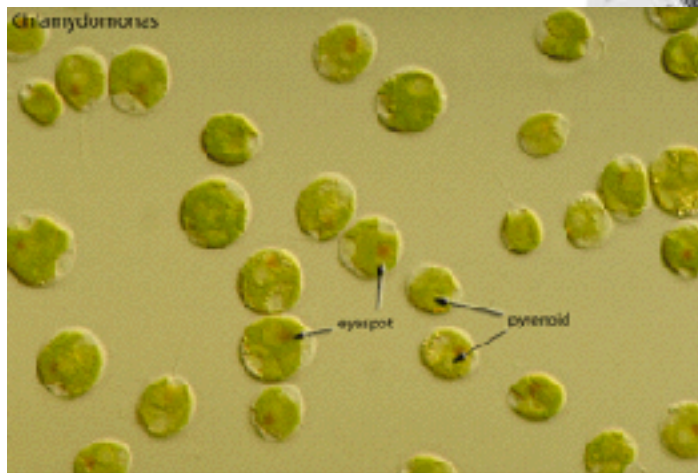
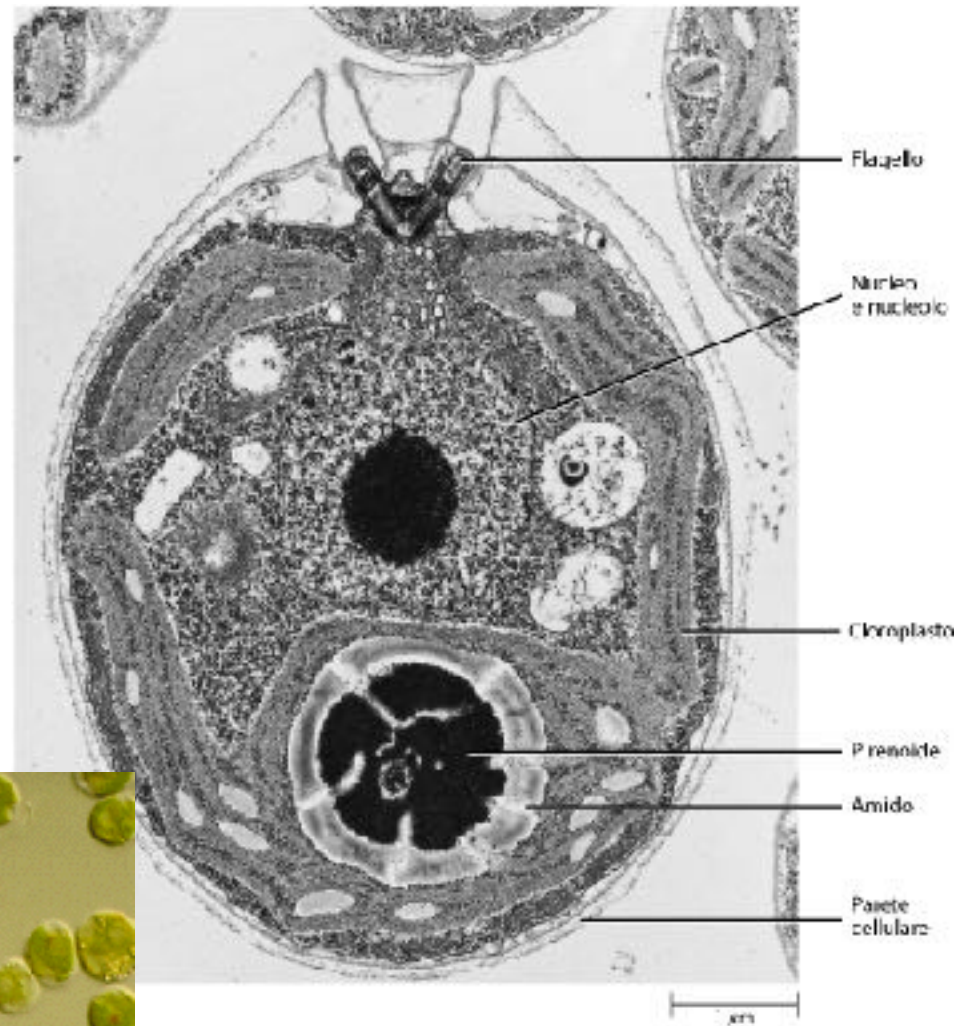
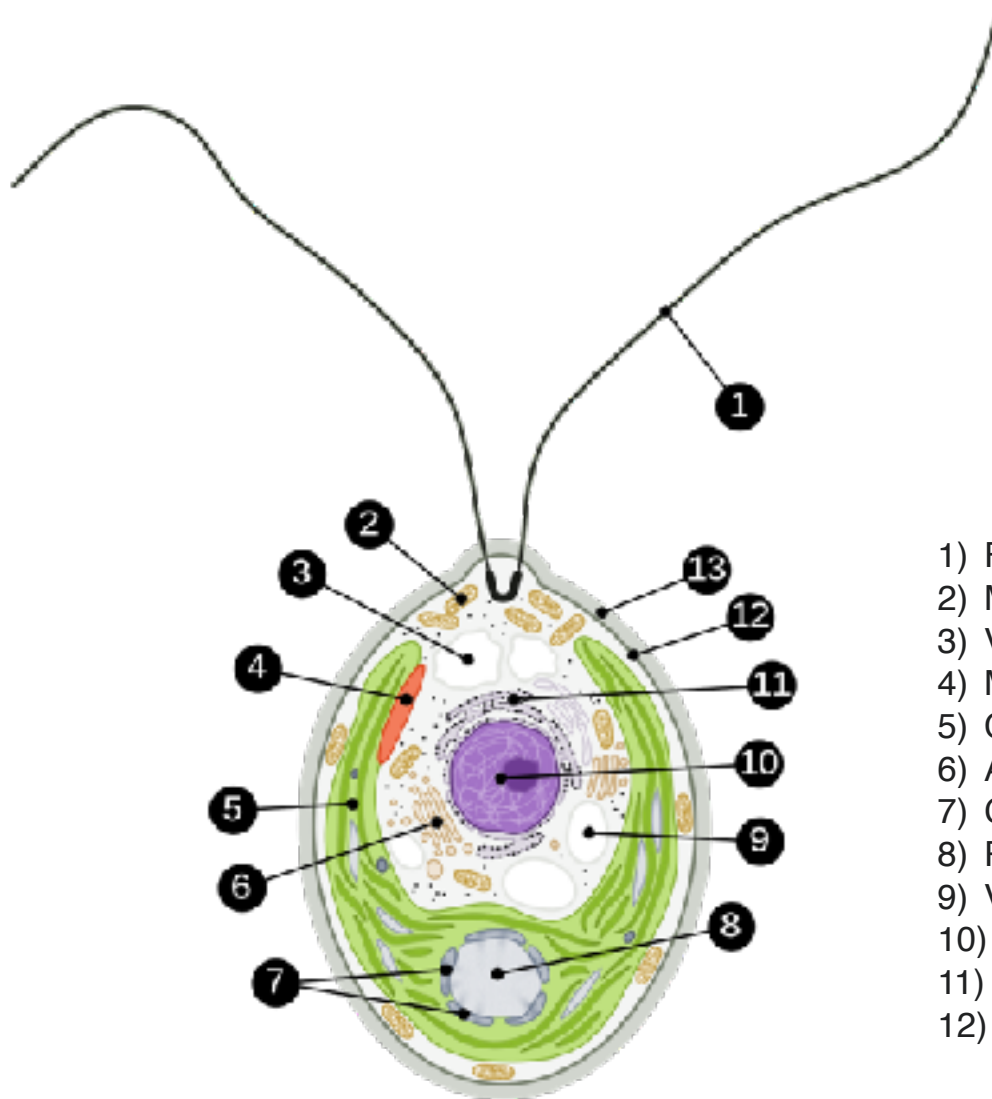
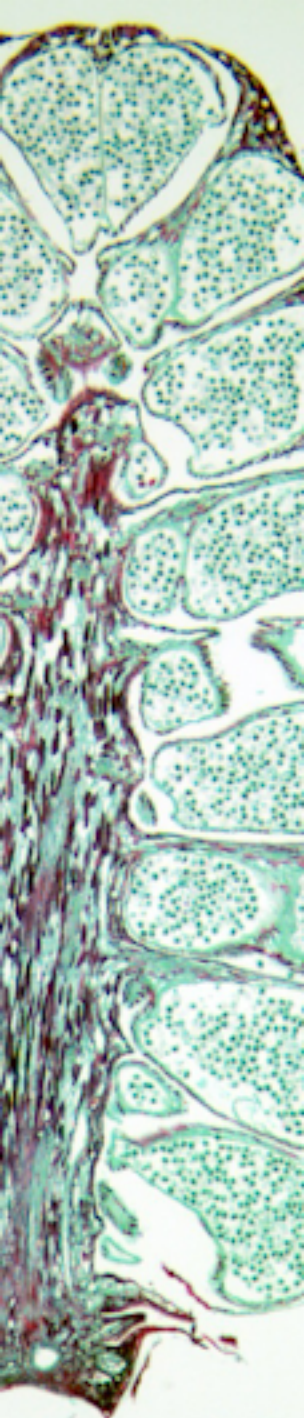


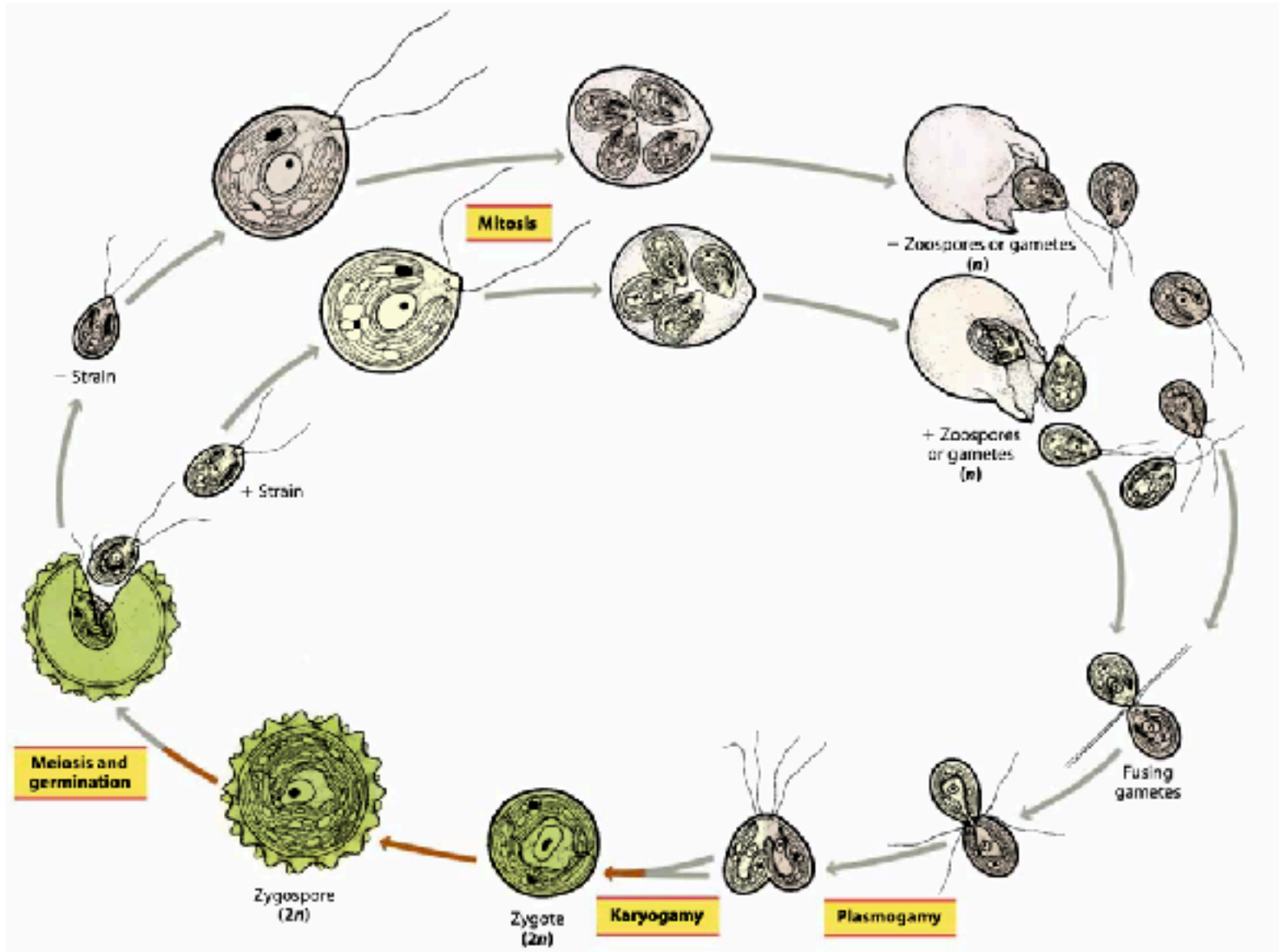
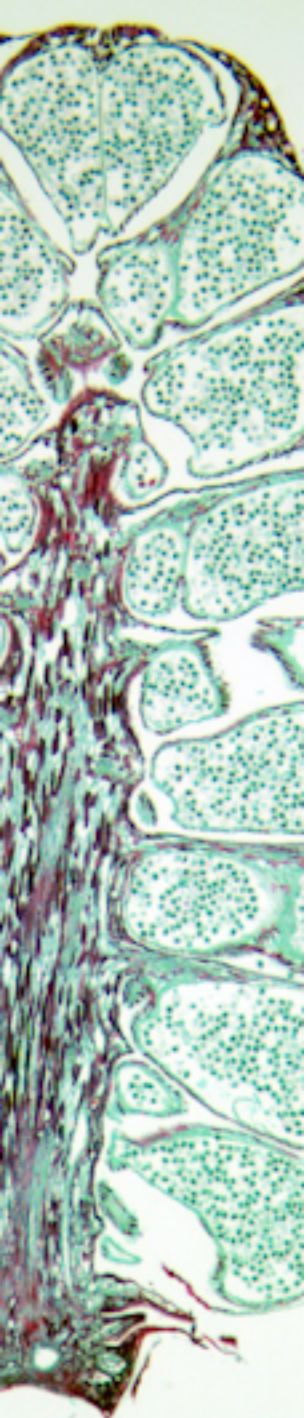
Photo: Erowid.com (1997)

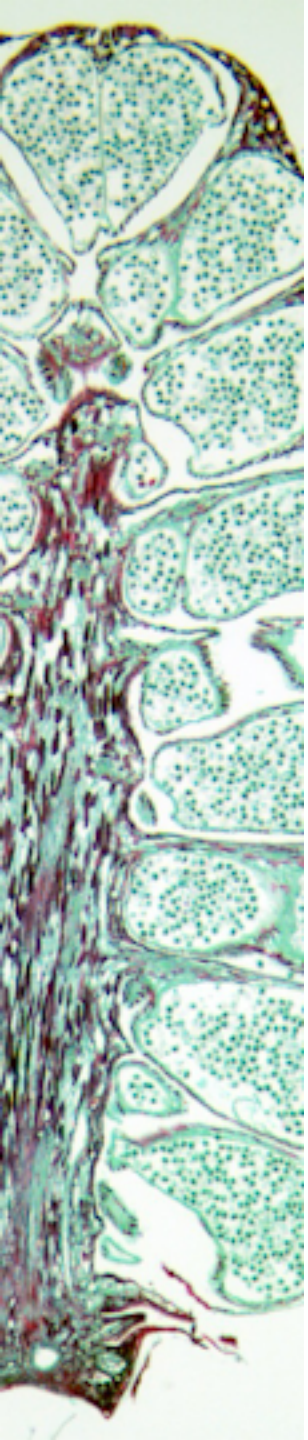




- 1) Flagello
- 2) Mitocondrio
- 3) Vacuolo contrattile
- 4) Macchia oculare (stigma)
- 5) Cloroplasto
- 6) Apparato di Golgi
- 7) Granuli di amido
- 8) Pirenoide
- 9) Vacuolo
- 10) Nucleo
- 11) Reticolo endoplasmatico
- 12) Membrana cellulare







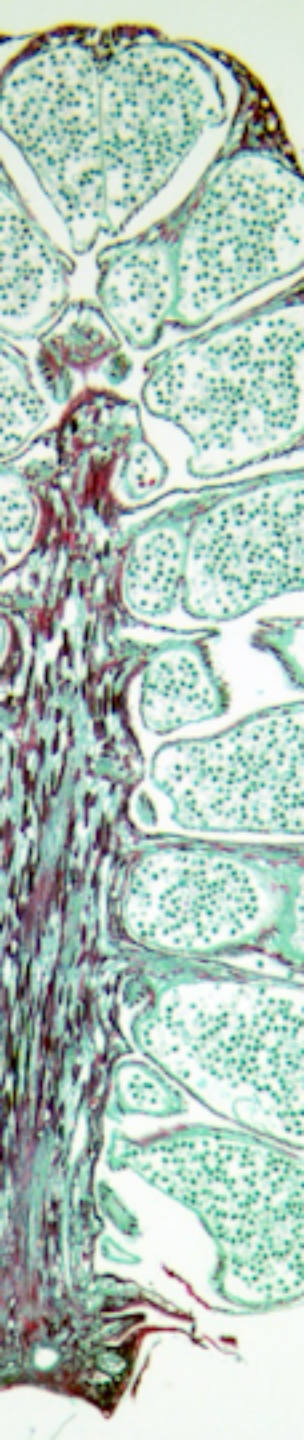
La riproduzione sessuale in *Chlamydomonas* è meno frequente di quella vegetativa, che avviene per semplice divisione cellulare.

La riproduzione sessuale si verifica quando **gameti** di opposti tipi sessuali si incontrano. All'inizio vi è adesione con le membrane flagellari, poi mediante un sottile filamento protoplasmatico (**tubo di coniugazione**). A questo punto vi è **plasmogamia**, cui segue **cariogamia**. Lo **zigote** diploide poi viene circondato da una spessa parete cellulare, dando origine alla **zigospora**.

Dopo un periodo di dormienza, questa va incontro a meiosi, in seguito alla quale vengono liberate quattro cellule aploidi, che poi continuano la vita vegetativa fino a un nuovo ciclo sessuale.

Tuttavia, trattandosi di un gruppo polifiletico, sono presenti anche altre modalità riproduttive.





Classe Ulvophyceae

Si tratta di specie prevalentemente marine, con alcuni rappresentanti dulciacquicoli.

Possono essere filamentose o laminari, composte da molte cellule, o multinucleate.

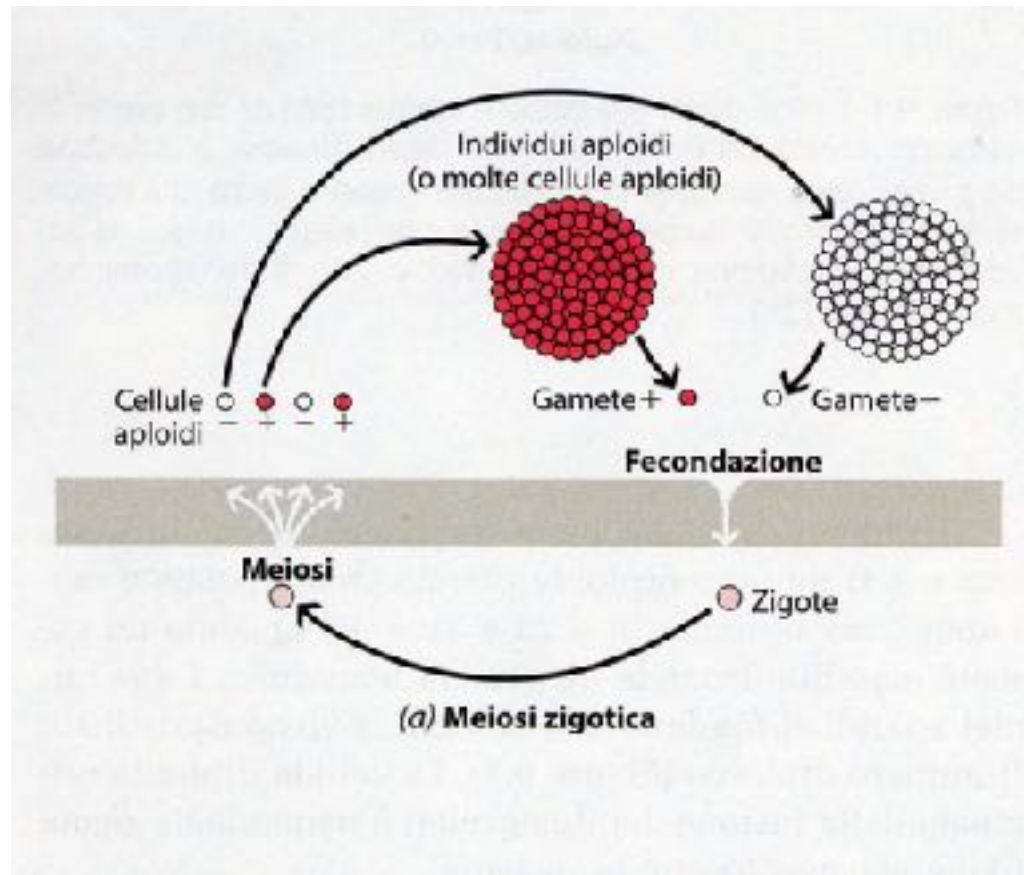
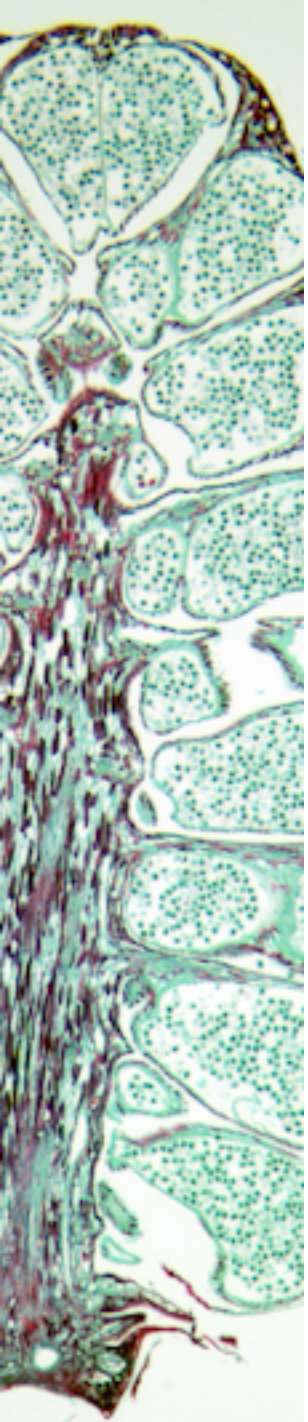
Come nelle Chlorophyceae, i flagelli possono essere due o quattro.

Sono il solo gruppo di alghe verdi in cui sono presenti specie con alternanza di generazione con meiosi sporica, o anche meiosi gametica, con prevalenza della fase diploide.

Vi sono diverse linee evolutive nelle Ulvophyceae. Una ha portato a specie con grandi cellule multinucleate, che formano talli filamentosi. Le specie del genere *Cladophora* sono tipici rappresentanti di questo gruppo. Si tratta di alghe sia marine (e allora con ciclo aplodiplonte con alternanza di generazione isomorfa) che dulciacquicole (la maggior parte senza alternanza di generazione, con ciclo principalmente diploide). Possono vivere ancorate al substrato, o essere flottanti.



Organismi aplonti, con meiosi zigotica

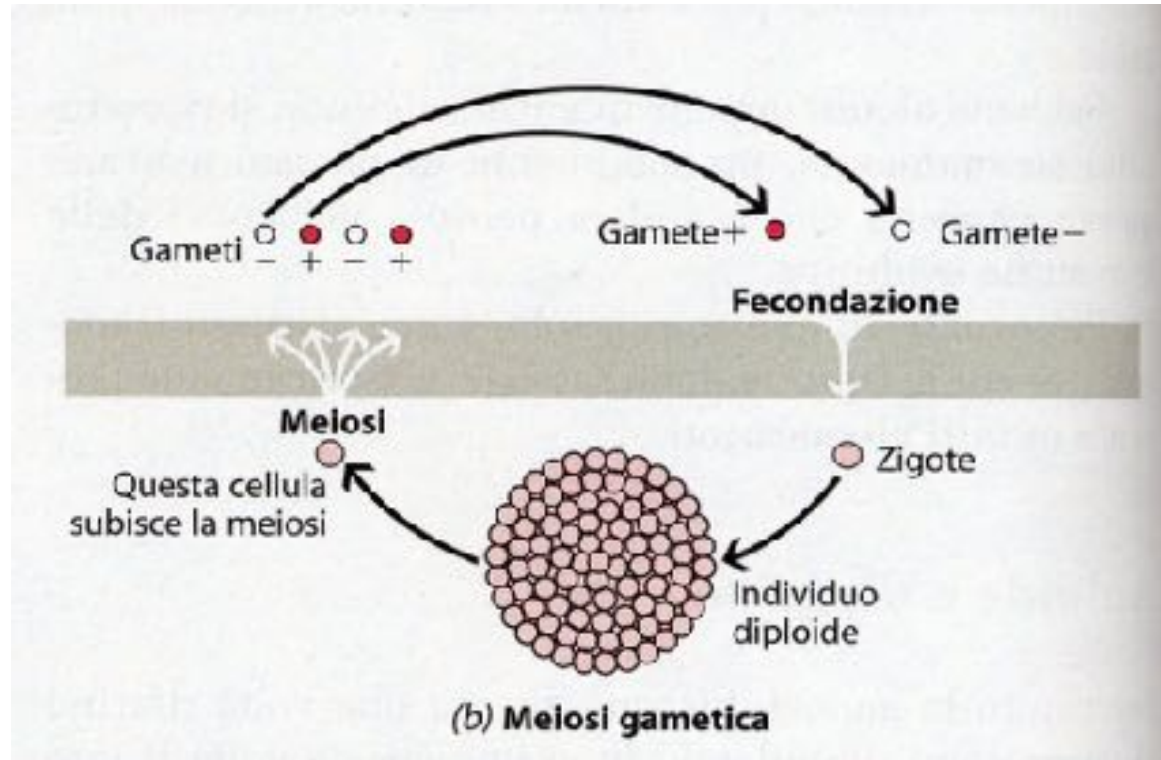
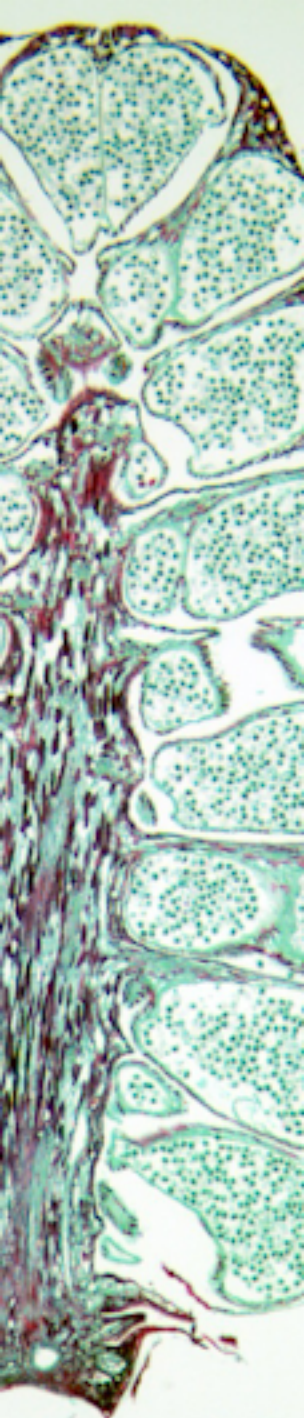


n,
aploidia

2 n,
diploidia



Organismi diplonti, con meiosi gametica

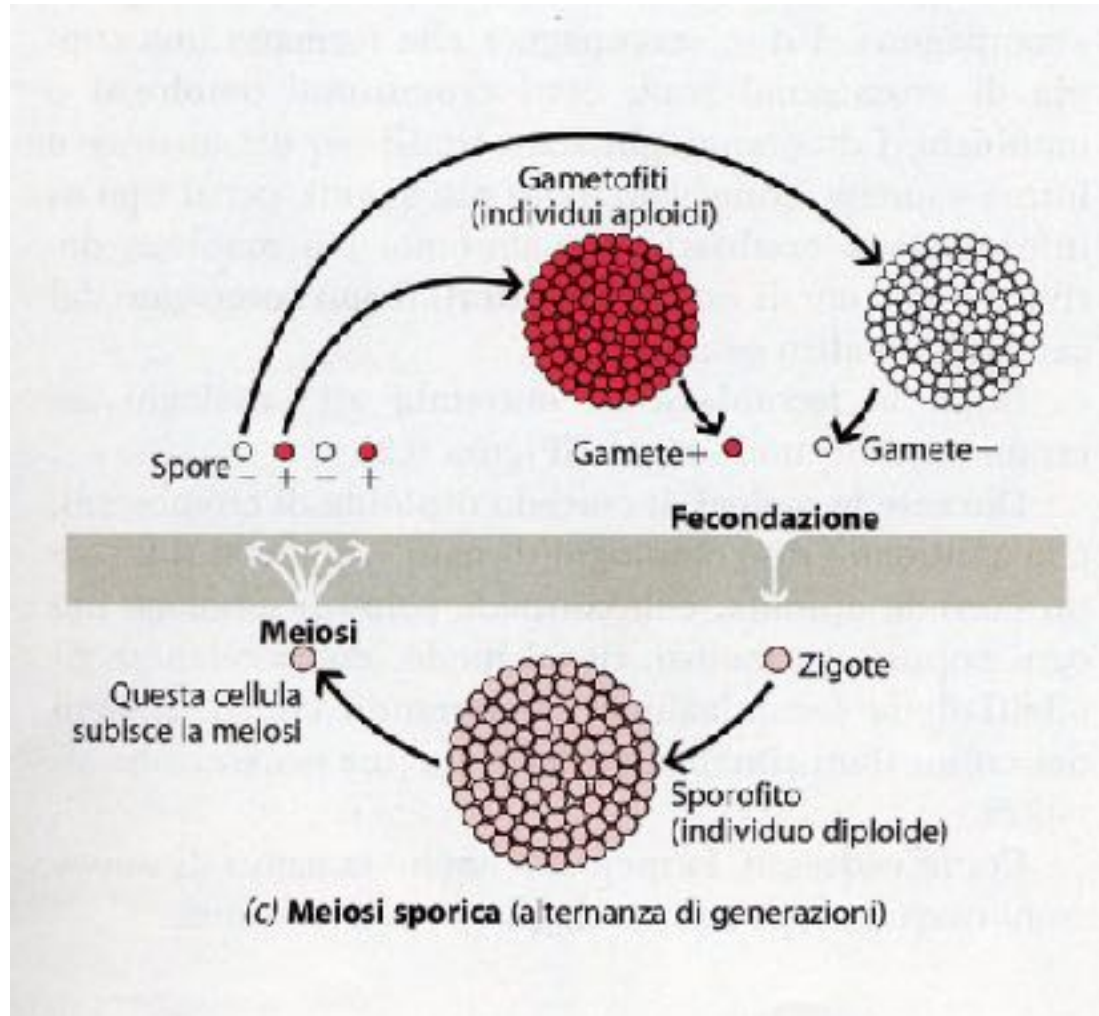
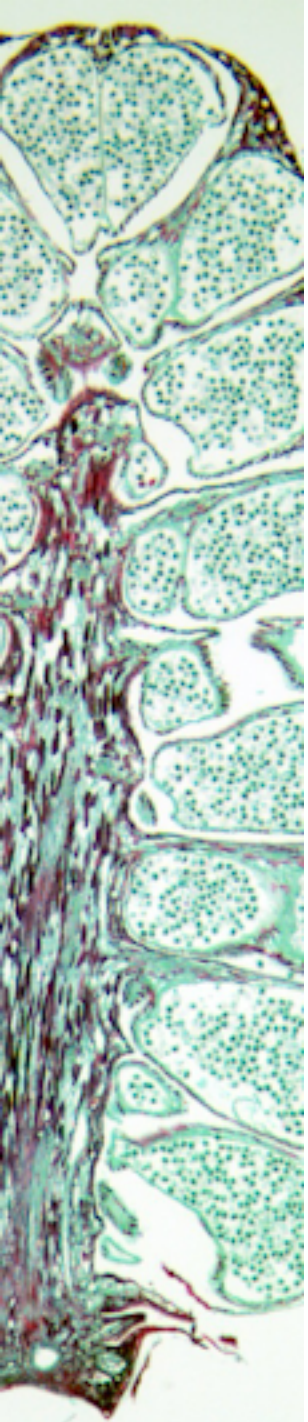


n,
aploidia

2 n,
diploidia



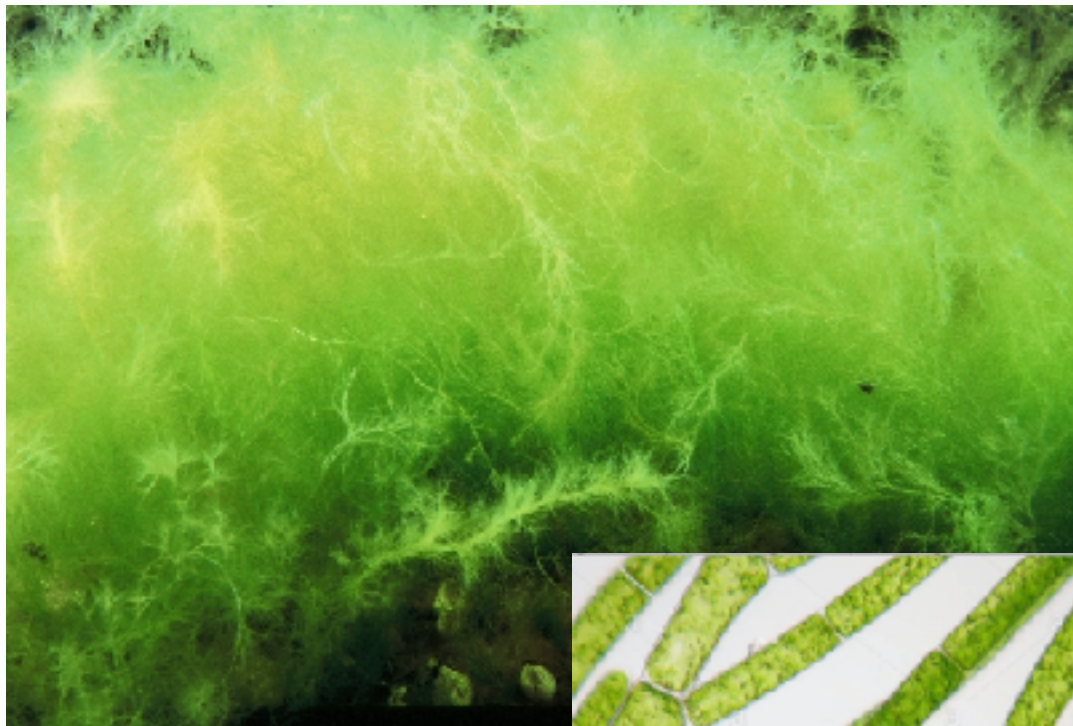
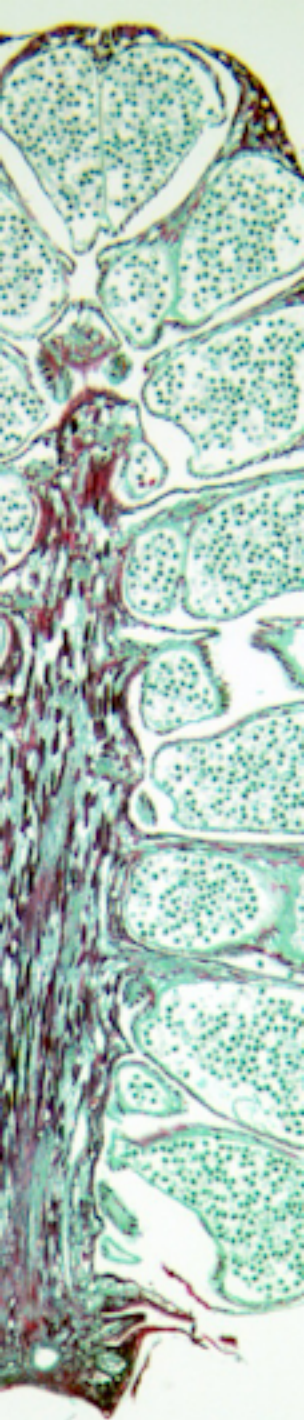
Organismi aplodiplonti, con meiosi sporica



n,
aploidia

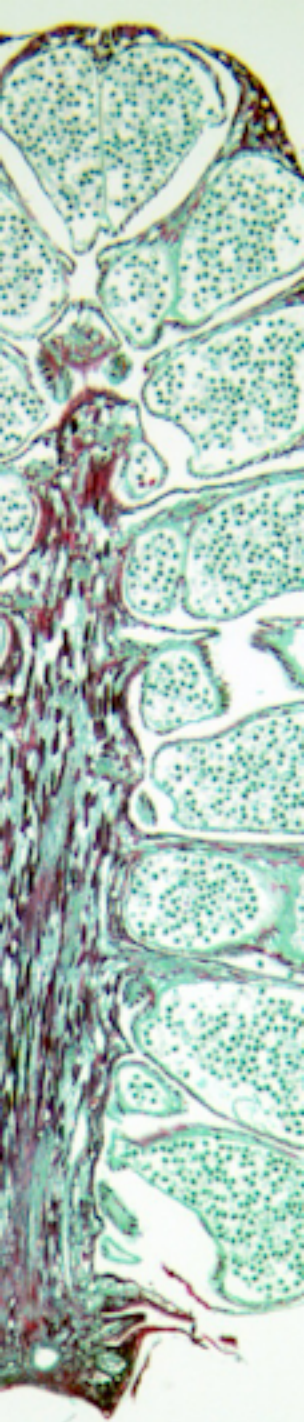
2 n,
diploidia





Cladophora glomerata
(Linnaeus) Kuetzing 1843

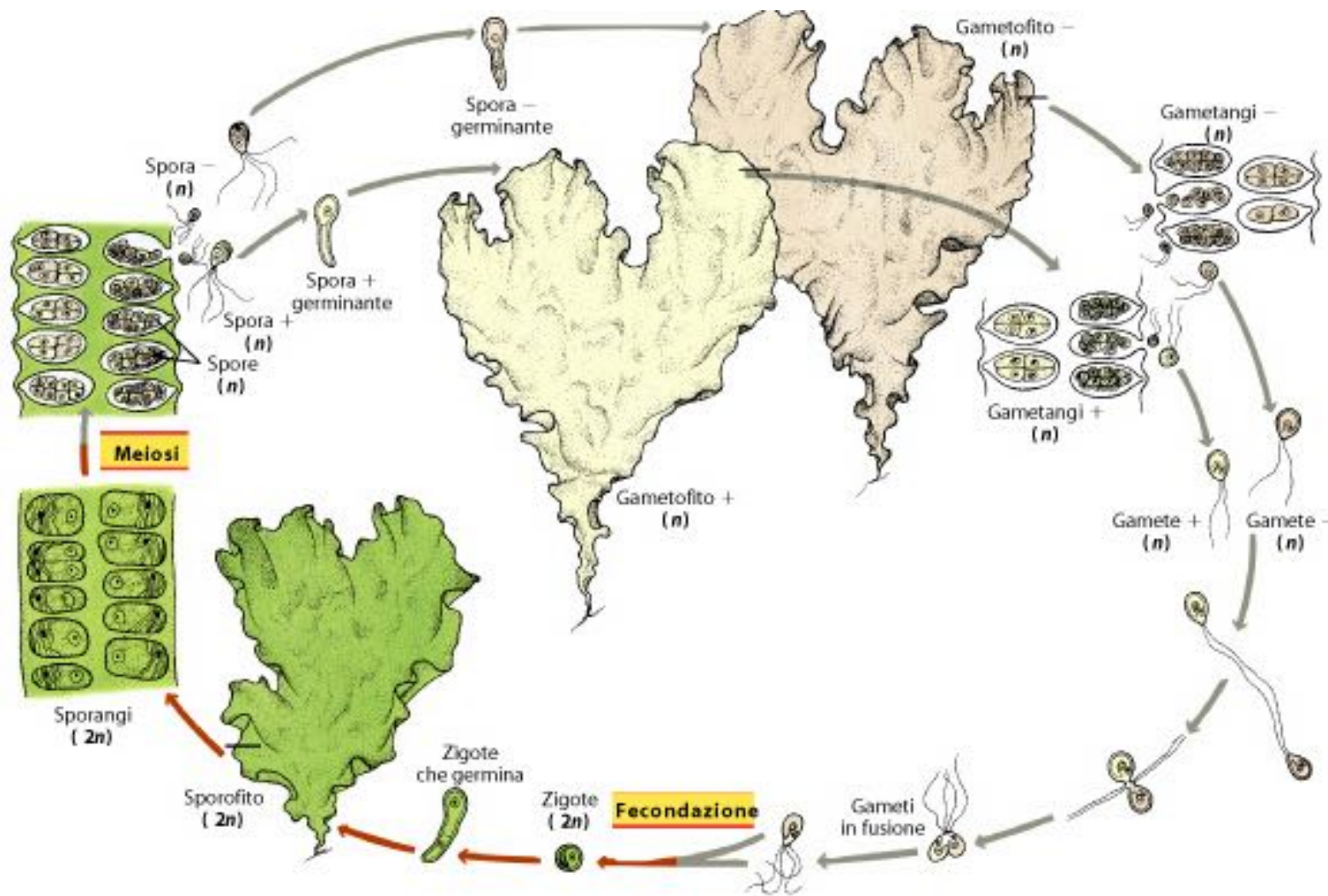
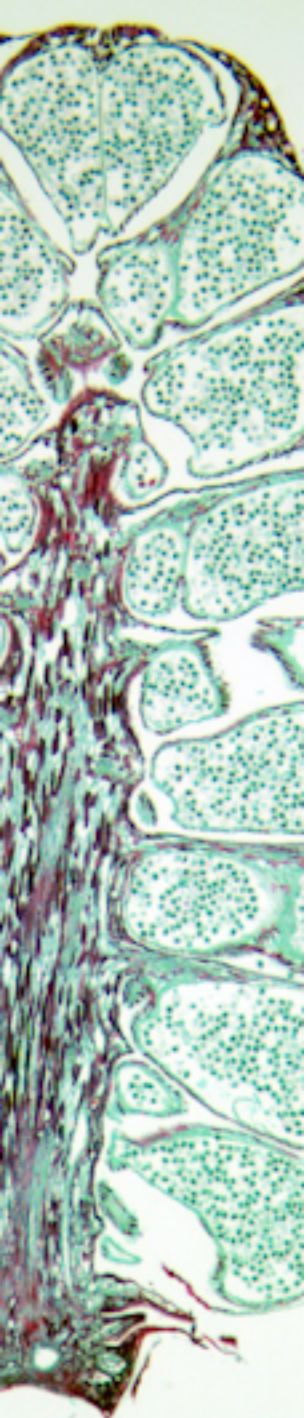




La seconda linea evolutiva è ben rappresentata dal genere **Ulva**. Il tallo è laminare, dello spessore di due cellule, e può raggiungere anche dimensioni notevoli, fino e a volte anche oltre il metro. Il tallo è ancorato al substrato da un piede. Le cellule sono tutte uninucleate, e contengono un solo cloroplasto. L'alternanza di generazione è isomorfa.

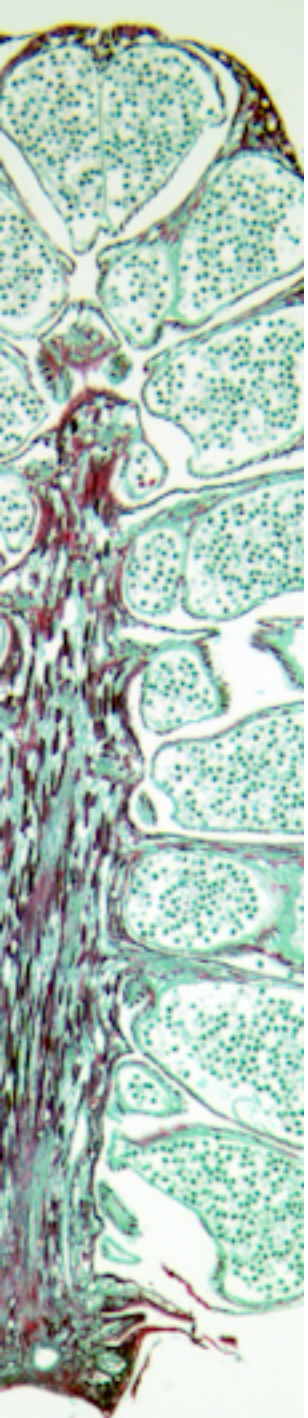
Ulva lactuca L., 1753





Alternanza di generazione in *Ulva*. A eccezione delle strutture riproduttive, gametofito e sporofito sono morfologicamente identici.





Un'altra linea evolutiva è quella che porta a forma sifonacee, con cellule **cenocitiche** di grandi dimensioni, ramificate, a volte settate. Il tallo si forma per ripetute divisioni nucleari, di solito senza la comparsa di setti. Le pareti cellulari compaiono solo durante la fase riproduttiva. Un esempio di questo gruppo sono le specie dei generi *Codium* o *Ventricaria*. In questo gruppo il ciclo è solitamente diplonte, con meiosi gametica.

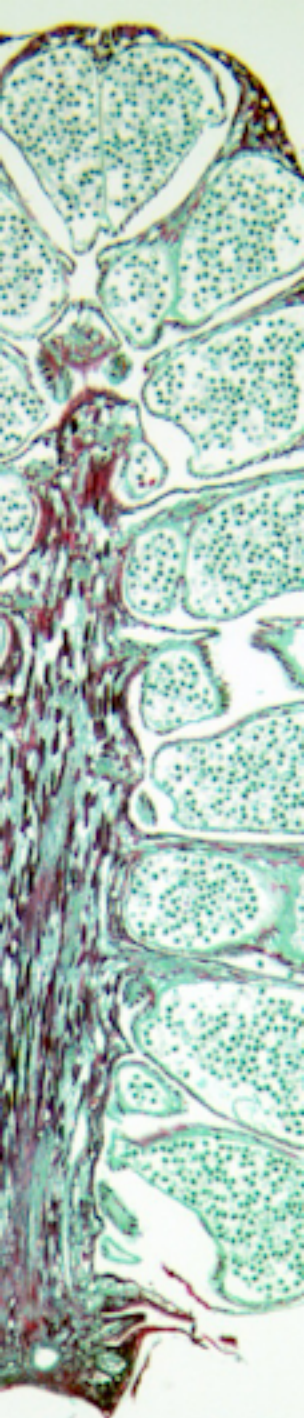


Codium fragile (Suringar) Hariot



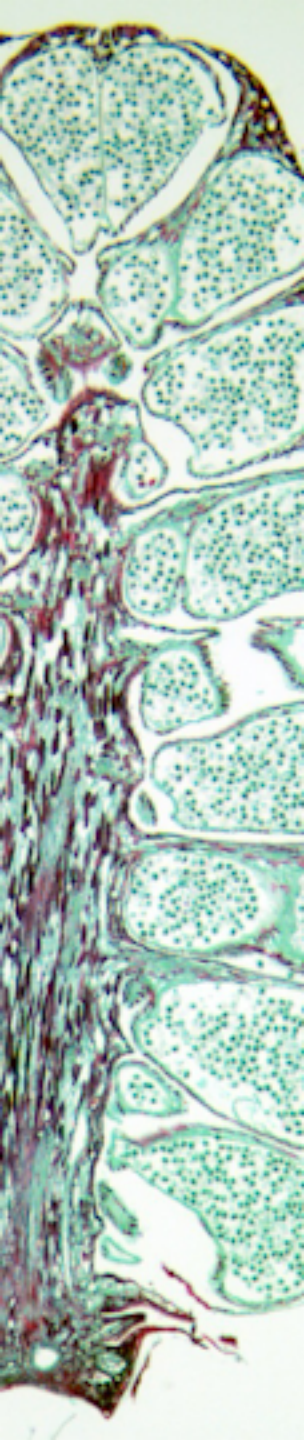
Ventricaria ventricosa J.Agardh, 1887





Interessante in questo gruppo è lo strano rapporto con alcuni molluschi nudibranchi, come *Plakobranthus ocellatus* (van Hasselt, 1824). Questi molluschi si nutrono di specie sifonacee delle Ulvophyceae, ma non ne digeriscono i cloroplasti. Questi invece vengono inglobati nelle cellule che delimitano la camera respiratoria dell'animale. In presenza di luce questi fotosintetizzano così efficacemente che spesso l'ossigeno prodotto è superiore a quello consumato dall'animale.





Classe Charophyceae

Si tratta del gruppo di alghe verdi che per ultimo si è differenziato da un progenitore comune alle piante. Possono essere unicellulari, coloniali, filamentose, o parenchimatose.

Mitosi aperta, persistenza del fuso mitotico, presenza del fragmoplasto nella divisione cellulare, presenza di citocromo, flavonoidi, e i precursori chimici delle cuticole, oltre a altre caratteristiche biochimiche, e la presenza di flagelli asimmetrici, le rendono molto vicine alle briofite e alle piante vascolari.

Sono tutte specie di acqua dolce.

Due ordini in particolare sembrano essere i più vicini alle briofite e alle piante vascolari, e sono gli ordini Coleochaetales e Charales. Le alghe di questi ordini sono tutte oogame, e gli spermatozoi sono simili a quelli delle briofite.

