

BOTANICA MARINA

Le angiosperme marine sono pochissime, dato che in acqua c'è poca CO₂ usano più spesso i carbonati per la fotosintesi. Le alghe possono avere un fotosistema 1 o 2 che si differenziano per la presenza di pigmenti (rosse: clorofilla D e ficobiline che danno il colore e vivono a profondità maggiori).

I fotosistemi riguardano la qualità della luce: pigmenti diversi captano lunghezze d'onda diverse che arrivano a profondità diverse (profondità maggiori, lunghezze d'onda bassa, luce blu-viola). Non fanno tutti subito l'amido e il glucosio, anche su ciò che producono fanno parte di linee evolutive diverse. In passato i gruppi sono stati divisi per la diversità dei pigmenti, nel caso delle alghe è vero ma non è sempre vero. La sostanza di riserva delle piante superiori è l'amido ma non per tutte le alghe.

Alghe unicellulari (fitoplancton): rappresentano lo 0.2% della biomassa vegetale ma rappresentano il 50% della produzione primaria (di sostanza organica) a partire dalla fotosintesi all'anno. La sostanza organica resta nell'acqua ma l'O₂ ci serve a noi.

Ci sono due tipi di cellule, procariotiche (prive di organelli) ed eucariotiche.

Teoria endosimbionte: mitocondrio e cloroplasto fanno simbiosi con un organismo procariote o eucariote e svolgono le funzioni di organelli nella cellula, mitocondri e cloroplasti derivano evolutivamente da procarioti che vivevano in simbiosi all'interno della cellula più grande, più di un miliardo di anni fa colonizzarono le cellule eucariotiche primordiali, prive della capacità di metabolizzare l'ossigeno. I mitocondri dai proteobatteri (batteri aerobi) e i cloroplasti dai cianobatteri (batteri fotosintetici). Dati a favore dell'ipotesi: la dimensione di entrambi è simile a quella di un batterio, contengono un loro DNA (anche se non sono autosufficienti), possono dividersi formando copie simili a sé stessi.

Nelle alghe i cloroplasti sono più grandi delle piante complesse ma sono in numero minore. Le cellule vegetali sono più grandi delle cellule animali perché c'è la parete cellulare che nei vari gruppi di alghe è formata da materiali diversi. La parete cellulare mette in comunicazione tutte le cellule (plasmodesmi che permettono gli scambi tra cellule vicine) in un ambiente esterno che si chiama apoplasto che non c'è negli animali. La parete da resistenza meccanica e possiamo macroscopicamente identificare tessuti diversi perché tessuti simili hanno la stessa parete che li circonda; citoscheletro: presente anche nelle cellule animali, orienta tutte le sostanze per formare fisicamente la parete e sostiene il vacuolo nelle sue attività (se il vacuolo si restringe gli organelli devono mantenere le loro posizioni); apparato del Golgi: anche animali ma ha attività maggiore proprio perché c'è la parete per realizzarla.

Adattamento alla salinità marina (DMSP): la cellula non può semplicemente accumulare sale perché i processi metabolici non funzionerebbero più. La sostanza DMSP viene accumulata per far funzionare le attività metaboliche e compensare il bisogno salino. Il DMSP inoltre si libera quando il fitoplancton muore finisce nell'atmosfera e libera SO₄ che è il responsabile delle piogge acide e quindi provoca precipitazioni. I vegetali marini hanno tessuti, le alghe hanno il parenchima quindi non li hanno ma gli altri sì.

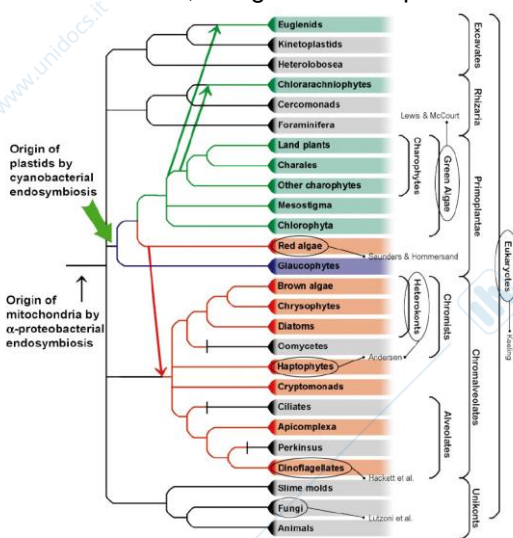


Fig. 1. Cladogram showing phylogenetic relationships among the major groups of extant eukaryotes, with emphasis on plastid-containing groups and their evolutionary connections via primary and secondary endosymbiosis. This estimate of relationships is modified from Kelling (2004) and Baldauf et al. (2004), which should be consulted for more inclusive trees showing additional groups of neophotosynthetic eukaryotes. The names and circumscriptions of the five eukaryotic supergroups (Excavates, etc.) are from Kelling (2004), except that we have used "Pantaplantae" (J. D. Palmer, unpublished manuscript) in place of "Plants." Colors distinguish the three lineages of primary plastid-containing eukaryotes (Pantaplantae) and also mark those eukaryotes with secondary plastids of red or green algal origin. The exact placement of the "symbiotic" arrows is arbitrary; essentially nothing is currently known about the timing of these events or the specific nature of the donor lineages. Two, probably independent, green algal secondary symbioses are shown, whereas the number of red algal symbioses could be as few as one (as shown) or, less likely, as many as five (see text). The three shades indicate loss of plastids under the hypothesis of a single early red algal secondary symbiosis and Chromalveolate monophyly. "Other charophytes" denotes what is most likely a grade of four centers from which the Charales-land plant clade has arisen (Kocot et al., 2001; Lewis and McCourt, 2004). Groups covered by a particular article in this special issue are circled and connected to the names of the article's authors. Branch lengths in this cladogram are entirely arbitrary; no implications with respect to time are intended.

Ci sono due imperi quindi, procariota ed eucariota (dato che sono nomi scientifici si mette la A finale). Le alghe stanno in tutti i regni tranne negli animali o funghi (perché sono legati sono ad un ambiente terrestre e di acqua dolce). Sono principalmente tallofite perché il loro corpo si chiama tallo, che per definizione è privo di tessuti e di cellule sterili che rivestono le cellule riproduttive.

Le frecce verdi e rosse rappresentano i trasferimenti del cloroplasto e le relazioni che intercorrono tra i vari gruppi fotosintetici. Si vede che il cloroplasto (o cromatoforo, è la stessa cosa) ha un'origine unica, mentre abbiamo una distinzione e due linee evolutive diverse, quelle delle alghe verdi (freccia verde) e quelli delle alghe rosse (freccia rossa).

La cellula ha caratteristiche citologiche variabili ma in

generale abbiamo una cellula eucariotica con parete, vacuolo e plastidi (avvolti da due o più membrane) ed in più delle strutture aggiuntive che sono sia strutture come flagelli, stigma, pirenoide, vacuoli contrattili e mucillagini, sia le sostanze di riserva, che stanno nel citoplasma, nel

Phylum	N. Specie	Pigmenti fotosintetici	Carboidrati di riserva	Localizzazione carboidrati	Flagelli	Parete	Habitat
Alghie Rosse	6000	Clorof. A, D, ficobiline	Amido delle floridee	Citoplasma	Nessuno	carragenina, carbonato di calcio	Marino
Diatomee	100000	Clorof. A, C, carotenoidi	Crisolaminarina	Cromatoforo o citoplasma	1 nei gamete maschile	Silicio	Marino, acqua dolce
Alghie Brune	1500	Clorof. A, C, carotenoidi	Laminarina	Cromatoforo o citoplasma	2 nei gameti	Cellulosa	Marino
Alghie Verdi	17000	Clorof. A, B, carotenoidi	Amido	Cloroplasto	Nessuno 2, o più	Cellulosa, glicoproteine o altri polisaccaridi	Per lo più acquatiche

vacuolo o nei plastidi e che sono polisaccaridi o lipidi. A differenza della sostanza di riserva si distinguono gruppi algali diversi. Nelle alghe rosse non ci sono flagelli, per questo hanno il ciclo riproduttivo più complesso. Le microalghe hanno diversi modelli di organizzazione: flagellate (organismi singoli o riuniti in colonie), capsale (cellule senza flagello e senza parete avvolte da mucillagini che tengono insieme diverse cellule), coccale (cellule vegetative senza flagello con parete rigida. Possono essere singole o coloniali). Le macroalghe invece hanno una situazione più complicata perché alcune cellule possono essere plurinucleate anche se restano sempre unicellulari (organizzazione sifonale, i talli sono più o meno ramificati e costituiti da una sola cellula contenente numerosi nuclei), oppure ci sono i talli che danno una forma tipica (in realtà è una colonia, è l'organizzazione tricale con talli filamentosi costituiti di più cellule uninucleate), oppure ancora possono avere un'organizzazione sifonocladale, cioè talli filamentosi costituiti da più cellule ognuna contenente numerosi nuclei, ed infine pseudoparenchimatica (tipo le alghe brune), dove abbiamo talli laminari mono o bistratificati fatti di cellule multinucleate tutte uguali o differenziate che stanno dentro una matrice. In sezione sono somiglianti ad un tessuto parenchimatico.

Riproduzione:

Asessuale: scissione oppure frammentazione (sono due cose diverse, la prima riguarda la cellula, la seconda è del tallo o della colonia ma il numero di cellule è lo stesso)

Sessuale: fusione di gameti di sesso opposto. I gameti sono aploidi n (quindi avviene meiosi però non sempre è vera questa cosa, dipende dal ciclo), cioè con cromosomi in singola copia, e quindi numero cromosomico dimezzato rispetto alle cellule diploidi 2n che invece hanno due copie di ciascun cromosoma.

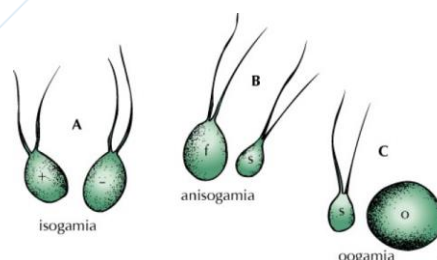
Per i vegetali marini ci sono vari tipi di movimento dei flagelli. I gameti flagellati si muovono autonomamente in acqua, talvolta seguendo stimoli luminosi (fototassi) o chimici (chemiotassi), i movimenti foto- e chemiotattici sono detti positivi quando la cellula si dirige verso la sorgente dello stimolo, negativi quando se ne allontana. I gameti non flagellati sono immobili nella struttura entro la quale originano, oppure hanno moto passivo, se due gameti di sesso opposto vengono in contatto, fondono i propri citoplasmi e nuclei per generare una cellula diploide detta zigote. Le alghe rosse invece non hanno flagelli.

Tipo di gamia (fusione di gameti):

ISOGAMIA: è la condizione più primitiva e avviene per fusione di gameti morfologicamente indistinguibili e con identica motilità, detti isogameti. La fusione avviene tra gameti di opposta polarità, convenzionalmente designati "+" e "-"

ANISOGAMIA: fusione tra un gamete maschile e uno femminile che sono morfologicamente simili ma di taglia diversa. Il più grande è il gamete femminile, il più piccolo quello maschile. I gameti femminili hanno minore motilità. È la condizione evolutivamente intermedia.

OOGAMIA: fusione di gameti distinti per forma e dimensione; il più grande, generalmente sferico, è il gamete femminile o oosfera, il più piccolo quello maschile. I gameti femminili non hanno flagelli e sono immobili. La fusione avviene tra un gamete maschile e uno femminile. È la condizione più evoluta.



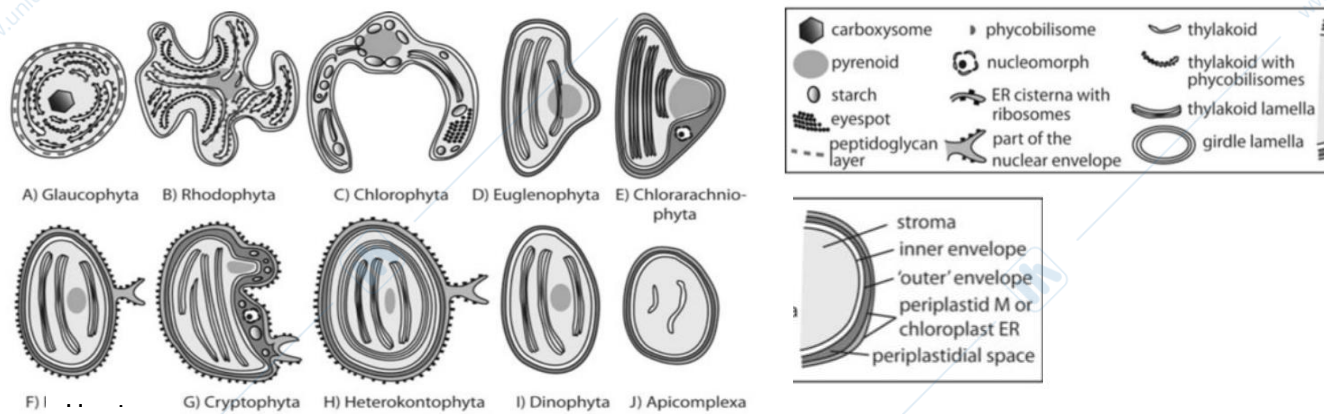
peptidoglicano). Ovviamente c'è una riorganizzazione dei tilacoidi che sono già presenti nei cianobatteri ma che diventano più complessi e lo stesso avviene per i corpi poliedrici che diventano i pirenoidi che sono la zona dove sta la Rubisco (i corpi poli) e si vedono bene nelle cellule. La cosa importante a questo livello sono i pallini neri che stanno sopra e sotto la stanghetta che è il tilacoide che nelle alghe verdi non c'è perché hanno una complessità maggiore che non ci consente di rappresentarli come una singola linea, ci sono, ad esempio, i grana. I pallini che stanno sopra e sotto i tilacoidi sono i ficobilisomi che contengono ficobiline, clorofilla A e che permettono alle alghe rosse (anche ai cianobatteri ma a noi interessano le alghe rosse che fanno più cose) di vivere in profondità grazie ai ficobilisomi che permettono di captare la luce. L'evento porta alla differenziazione ma è tutta una linea evolutiva, infatti l'endosimbiosi primaria è unica, abbiamo quindi una sola linea evolutiva e quindi un solo progenitore comune a tutti i gruppi con cloroplasti. Il cloroplasto ha quindi un solo rivestimento con due membrane lipoproteiche non circondate da reticolo endoplasmatico. Le cellule hanno quasi tutte il flagello, tranne le alghe rosse. I flagelli servono a muoversi nel mezzo acquatico per aumentare la fecondazione quindi le rosse hanno altre strategie, i flagelli ci sono solo in alcuni momenti del ciclo, cioè alla produzione dei gameti

Nella secondaria si hanno due vie, o con un'alga verde o con un'alga rossa.

Nel primo caso si parte da un'alga verde, senza ficobilisomi. In questo caso si tratta di un'endosimbiosi che porta all'Euglene (regno Protozoa). Questi organismi vegetali stanno anche in un regno non esclusivamente vegetale. Sono in parte trofiche e possono vivere in ambienti acquatici ricchi di sostanza organica e fare fotosintesi. Si arriva all'Euglene con un processo simile al precedente ma esiste già il cloroplasto, semplicemente un organismo eucariotico, cioè l'alga verde, viene catturato da un altro organismo eucariotico. In questo caso si arriva a tre membrane perché le due del cloroplasto originale vengono mantenute ma si perde la membrana citoplasmatica dell'alga simbiontica e rimane il vacuolo alimentare dell'organismo eucariotico che ha inglobato l'alga verde. Si inizia a parlare di reticolo endoplasmatico del cloroplasto. Nel momento in cui si instaura la simbiosi secondaria le membrane aggiuntive a quelle originali non sono membrane del cloroplasto ma vengono denominate reticolo, come se fosse un reticolo endoplasmatico aggiuntivo al cloroplasto stesso e al reticolo endoplasmatico vero e proprio. A che cosa serve questa cosa, perché è avvenuta? È stata favorita perché questa struttura successiva di membrana migliora la concentrazione di CO₂ che è un fattore limitante in ambiente acquatico, molto di più rispetto a quanto è nell'ambiente aereo e permette di concentrare la CO₂ ai vari livelli. Già lo fa il cloroplasto in qualche modo con le sue doppie membrane, ma se ne aggiungiamo un'altra è più facile aumentare la concentrazione. Questo per quanto riguarda l'Euglene. Sempre a partire da un'alga verde si può arrivare a un altro gruppo dove si hanno 4 membrane e non c'è fusione del reticolo endoplasmatico del cloroplasto con quello già presente nella cellula eucariotica. La motivazione e la fissazione dell'evento evolutivo è la stessa e con questo gruppo (cioè le chlorachniophytes) come in Euglena la linea evolutiva termina. Questi sono eventi importanti come enti evolutivi ma non diversificano significativamente. Interessante notare la presenza del nucleomorfo quindi dall'endosimbiosi non si perde il nucleo anche se ha funzioni ridotte perché la funzione di nucleo la svolge quello dell'eucariote originale.

Nel caso dell'alga rossa invece si ha un'endosimbiosi con un protozoo fagocitico ed anche una diversificazione maggiore. In questo caso la membrana del vacuolo alimentare si fonde con il reticolo endoplasmatico e si trasforma nella membrana esterna del reticolo endoplasmatico del cloroplasto, il plasmalemma del simbionte diventa la membrana interna del reticolo endoplasmatico del cloroplasto. I mitocondri dell'endosimbionte vengono persi mentre i suoi leucoplasti vengono ridotti e così anche il nucleo che diventa nucleomorfo. Ci sono quattro membrane con l'eccezione dei Dinoflagellati, anche qui c'è il nucleomorfo e il reticolo endoplasmatico si fonde insieme a quello della terza e quarta membrana del cloroplasto stesso, quindi c'è uno scambio di proteine. Sono più di due linee evolutive, la diversificazione è maggiore. C'è anche il caso di una terza endosimbiosi che però non viene trattata perché sono casi particolari.

Riprendiamo lo schema originale: si riescono a contare le membrane e si vede quante sono. Il citoplasma è azzurro, la parte interna dei cloroplasti ha il colore che corrisponde al procariote di origine. Nelle blu perché è il colore dei cianobatteri che sono le alghe azzurre, le alghe rosse si distinguono per essere rosse, nell'evento successivo le due membrane interne rosse e le due esterne di colori diversi. Le clorofille sono la A più i ficobilisomi, le alghe rosse e le Glaucophyta hanno la A e la B mentre le verdi e le terrestri hanno la A e la C. Quindi i vari gruppi si distinguono anche per la presenza di clorofilla, ci sono anche la D e la E. E' come se si parlasse di tre eventi diversi anche se sono filogeneticamente separati ma facciamo finta per semplificarci di dividerli in tre gruppi in base ai tipi di clorofilla.



Dettaglio del cloroplasto: si vede il corpo pirenoide solo nelle Glaucophyta, perchè hanno il cloroplasto più simile al cianobatterio originale. Gli elementi che ricordano i cianobatteri nelle Glaucophyta sono il residuo dei peptidoglicani, e i ficobilisomi che stanno sopra i tilacoidi del cloroplasto. Poi c'è la parte interna del cloroplasto, lo stroma e poi i tilacoidi. Gli altri gruppi che hanno i ficobilisomi sono le alghe rosse e poi più si va verso sinistra nell'immagine il numero delle righe, cioè delle membrane, aumentano i dentelli nei gruppi dell'endosimbiosi secondaria. A partire dell'alga verde sono in posizione diversa rispetto a quelli delle alghe rosse per via della differenza del reticolo endoplasmatico che si è fuso rispetto al reticolo endoplasmatico normale. Negli altri casi non c'è perchè il reticolo endoplasmatico non si fonde. Hanno una massa grigia che sono i pirenoidi dove c'è la Rubisco e dove avviene la fissazione della CO_2 . La struttura dei tilacoidi non è mai tanto complicata non ci sono i grana che ci sono nei cloroplasti delle piante terrestri. Diagnostica è un'altra cosa: nelle Cryptophyta e nelle Chlorophyta si vedono dei pallini chiari, è amido che è un polisaccaride formato da una catena lunghissima del glucosio che è il primo prodotto della fotosintesi. Le altre non hanno l'amido dentro il cloroplasto perchè lo tengono da altre parti mentre Cryptophyta e Chlorophyta hanno amido nel cloroplasto e si parla di amiloplasti, cioè plastidi dedicati a contenere amido. Le Cryptophyta concentrano un po' di amido tra la seconda e la terza membrana, le altre invece accumulano l'amido o le altre forme di carboidrato di riserva nel citoplasma. Non sempre c'è l'amido ma comunque ci sono polisaccaridi a catena lunga. La forma è diversa, le Rhodophyta hanno il plastidio con la forma stellata e anche Chlorophyta hanno una forma del plastidio particolare e sono anche questi elementi diagnostici. Una cosa interessante è la presenza della macchia oculare si vede a destra nelle Chlorophyta, ma le hanno anche altre e si trovano anche nelle cellule flagellate perchè permette di orientarsi rispetto alla luce e fare la fotosintesi. Ci sono varie tipi di regioni con carotenoidi che fanno da schermo e permettono l'orientamento rispetto alla luce. In alcuni casi è associata rispetto al cloroplasto stesso con in Chlorophyta in altri casi anche se ha stesso nome funzione è indipendente dal cloroplasto e sta nella stessa zona dove c'è l'attacco del flagello quindi ci sono meccanismi diversi che la hanno portata a stare in punti diversi. Rhodophyta e Chlorophyta hanno pirenoidi appressati tingeggiati di scuro con ficobilisomi per fare la fotosintesi in profondità. Ci sono polisaccaridi solfonati, quindi non un amido vero e proprio. Questo organismo, il prophyridium ha delle cellule intere con i cloroplasti che sono rossi quindi l'organismo ha organizzazione unicellulare.

Divisione **Glaucophyta** (Sottoregno Glaucobiotina): Poche specie (circa 13) di acqua dolce, unicellulari, flagellate o coccoidi. Di estremo interesse evolutivo per il fatto che i loro cloroplasti (denominati cianelle), presentano ancora un residuo di peptidoglicano tra le due membrane, a testimonianza di un evento di endosimbiosi primaria. Le cianelle contengono clorofilla a e ficobiline (formanti ficobilisomi sulla superficie esterna dei tilacoidi). La sostanza di riserva è l'amido, che si accumula nel citoplasma. Le due specie più note sono *Cyanophora paradoxa* e *Glaucocystis nostochinearum*. N è il nucleo, C sono i cloroplasti. L'endosimbiosi è primordiale infatti c'è il peptidoglicano, il carboxisoma e il pirenoide non è stabilizzata e questi cloroplasti sono quasi indipendenti.

Divisione **Chlorophyta** (Sopraddivisione Chlorophytanae) cellule (o gameti) con due-quattro flagelli posti anteriormente. Radice flagellare doppia (a croce). Formazione di ficoplasto e celluloso-sintasi lineare (a parte in Caulerpaceles, Dasycladales e Siphonocladales). Endosimbiosi primaria, quindi due membrane. Fanno parte della stessa sopraddivisione le Chlorophyta in senso stretto e le **Charophyta** che non consideriamo perchè sono di acqua dolce e da quella divisione si sono originate le piante terrestri. Hanno cellule (o gameti) con 2 flagelli asimmetrici, mitosi aperta con formazione di fragmoplasto, celluloso-sintasi a rosetta. Radice flagellare unica (tutto ciò come nelle piante terrestri). Essenzialmente di acque dolci. E' il gruppo più affine alle briofite e alle piante vascolari, sono unicellulari, coloniali, filamentose o pseudoparenchimatice e il ciclo è aplonte.



Organismo unicellulare. "E" è la macchia oculare, P pirenoide, F inserzione dei flagelli dentro la cellula. Dalle foto si vede che è mossa quindi l'organismo si muove. Il resto appartiene F è giallo verde per via della clorofilla nel cloroplasto, e in questa cellula ci sono tanti cloroplasti (o tanti piccoli o uno grande ma in questo caso tanti piccoli) che in questo caso stanno in periferia sia perchè al centro c'è nucleo e vacuolo sia perchè per loro deve essere facile captare la luce.

Phylum **Euglenozoa** (Regno Protozoa, Sottoregno Excavata): stanno a metà strada con gli organismi vegetali perchè sono capaci di un metabolismo eterotrofico quindi mangiano, infatti stanno in acque dolci ma anche in aree intertidali ed estuarine dove c'è un carico di nutrienti maggiore rispetto al mare aperto, l'ambiente intertidale sono le sorgenti. Hanno cloroplasti con tre membrane e clorofilla A e B (derivanti da endosimbiosi secondaria di un'alga verde) e diversi carotenoidi; nel citoplasma si accumula paramylon. In acque dolci eutrofiche sono privi di parete cellulare ma hanno una serie di fibrille proteiche (pellicola) disposte elicoidalmente sotto la membrana plasmatica. Presenza di vacuolo contrattile per eliminare acqua in eccesso (tende a entrare per osmosi) non è nota la riproduzione sessuale; si riproducono per mitosi chiusa (la membrana nucleare permane). Da un punto di vista strutturale si distinguono per la forma dei cloroplasti e per l'assenza della parete, non hanno parete ma al di sotto della membrana plasmatica hanno strutture tondeggianti e interne che sembrano scaglie ma non c'è la parete forse perchè è a metà strada di un organismo animale e ha bisogno di una maggiore plasticità rispetto alle alghe. Il carboidrato di riserva è il paramylon (un quasi amido...)

Classe **Chlorarachniophyceae** (Regno Protozoa, Sottoregno Rhizaria, Phylum Cercozoa): fanno endosimbiosi secondaria ma di loro si sa pochissimo, sappiamo che sono tutti organismi unicellulari di acque marine, fotosintetici, ameboidi e spesso con flagelli. Hanno cloroplasti con quattro membrane e clorofilla A e B (derivanti da endosimbiosi secondaria di un'alga verde). Come nelle Cryptophyta (Regno Chromista), che vedremo più avanti, anche le Chlorarachniophyceae presentano un nucleomorfo all'interno dei plastidi che contiene una quantità estremamente ridotta di genoma.

Phylum **Cryptophyta** (Regno Chromista, Sottoregno Cryptista): sono un caso di endosimbiosi secondaria a partire dalle alghe rosse. Sono circa 200 specie (unica classe, 3 ordini), abitanti di acque dolci e marine. Unicellulari biflagellati. Conosciute anche come criptomonadi. Gli organismi fotosintetici hanno cloroplasti con quattro membrane e clorofilla A e C (endosimbiosi secondaria da alga rossa), pigmenti carotenoidi, ficocianina e ficoeritrina. Hanno il nucleomorfo e accumulano amido tra la seconda e la terza membrana. C'è il cloroplasto e si vedono anche dei pallini neri che sono la testimonianza del reticolo endoplasmatico. Le criptomonadi sono di piccole dimensioni (3-50 micrometri); componenti importanti del fitoplancton, ricche di acidi grassi polinsaturi, essenziali per la crescita e lo sviluppo dello zooplancton. Alcuni organismi sono eterotrofi e si nutrono per fagocitosi. Sono il primo testimone del grosso gruppo di diversificazione nell'ambito dell'endosimbiosi secondaria a partire dalle alghe rosse; c'è un'estrema diversificazione tipo le dinofite unicellulari, alcuni fanno luminescenza. Si ha una parete che si chiama teca comprendente ipoalva ed epivalva. Le membrane sono tre membrane e non quattro.

Phylum **Myxozoa** (Regno Chromista, Sottoregno Alveolata): circa 4200 specie (unica classe, 6 ordini), abitanti di acque dolci e marine, circa metà delle quali fotosintetiche. Detti comunemente dinoflagellati. Unicellulari biflagellati, un flagello inserito in un solco longitudinale (sulcus), l'altro in un solco trasversale (cingulus), parete rinforzata da placche cellulosiche, detta teca, divisa dal cingolo in ipoalva ed epivalva. Alcune specie non hanno placche cellulosiche. Hanno cloroplasti con tre membrane e clorofilla a e c (derivanti da endosimbiosi secondaria di un'alga rossa), pigmenti carotenoidi. I dinoflagellati eterotrofi hanno probabilmente perso secondariamente i loro plastidi. Esistono anche casi di dinoflagellati che hanno perso i loro plastidi originari e secondariamente riguadagnato dei plastidi da altre "alghe".

Phylum **Myxozoa** (Regno Chromista, Sottoregno Alveolata): circa 4200 specie (unica classe, 6 ordini), abitanti di acque dolci e marine, circa metà delle quali fotosintetiche. Detti comunemente dinoflagellati. Unicellulari biflagellati, un flagello inserito in un solco longitudinale (sulcus), l'altro in un solco trasversale (cingulus), parete rinforzata da placche cellulosiche, detta teca, divisa dal cingolo in ipoalva ed epivalva. Alcune specie non hanno placche cellulosiche. Hanno cloroplasti con tre membrane e clorofilla a e c (derivanti da endosimbiosi secondaria di un'alga rossa), pigmenti carotenoidi. I dinoflagellati eterotrofi hanno probabilmente perso secondariamente i loro plastidi. Esistono anche casi di dinoflagellati che hanno perso i loro plastidi originari e secondariamente riguadagnato dei plastidi da altre "alghe".

Sottoregno **Chromobiota** (Regno Chromista):

Phylum **Heterokontophyta**: sono un gruppo estremamente diversificato di organismi sia autotrofi fotosintetici (ben 14 classi) che eterotrofi. Sono caratterizzati dalla presenza, almeno primitivamente, di due flagelli diversi tra loro, uno orientato anteriormente (sticonematico o pantonematico), con espansioni laterali ornamentate, dette mastigonemi e uno orientato posteriormente, senza espansioni (flagello a frusta, acronematico) e solitamente più corto. I pigmenti degli autotrofi sono clorofille A e C e fucoxantine. La più esterna delle membrane plastidiali è in continuità con il reticolo endoplasmatico del nucleo. In alcuni gruppi la parete cellulare è mineralizzata, sono organismi di acqua dolce, marini e terrestri che comprendono specie unicellulari, coloniali e macroalghe con tallo complesso, lungo fino a 60 m e pesante 300 kg. La riproduzione è sia asessuale che sessuale, spesso con alternanza di generazioni. Alcuni gruppi sono patogeni per l'uomo e gli animali; altri hanno importanza economica. I principali gruppi sono gli oomiceti, le diatomee (Bacillariophyceae), le alghe giallo-brune (Chrysophyceae) e le alghe brune (Phaeophyceae). Nonostante nel disegno generale è rappresentato a una linea evolutiva è composto da numerosi gruppi importanti tipo diatomee e alghe brune: la diversificazione non ha a che fare solo con l'ecologia, è anche più complessa perché le diatomee sono unicellulari, mentre le alghe brune sono grandi e fanno le foreste marine (si trovano tipo le laminarie nello strato di Messina che non galleggiano, stanno ancorate al substrato).

Sottoregno Chromobiota (Regno Chromista):

Phylum **Haptophyta**: fanno parte due classi (Primnesiophyceae e Pavlovophyceae) di organismi unicellulari o coloniali con le caratteristiche del fitoplancton marino. Sono biflagellate e provviste di aptonema, particolare struttura simile a un flagello, fanno la fotosintesi, hanno la clorofilla A e C. i plastidi hanno struttura analoga a quelli delle Heterokontophyta. Alcuni gruppi della classe Primnesiophyceae hanno piccole scaglie sulla superficie esterna della cellula: i coccoliti, costituiti da materia organica calcificata. Fanno riproduzione sia asessuale che sessuale, con alternanza di generazioni (ma non sono molto studiati)

CURIOSITÀ: i coccoliti degli organismi morti, in ambiente marino non troppo profondo, sedimentano velocemente e contribuiscono alla formazione di alcuni tipi di rocce calcaree (sono anche microfossili guida) Sono l'opposto delle diatomee da un punto di vista di formazione di sedimenti nell'oceano perché loro depositano CaCO_3 e le diatomee silicio perché le loro pareti sono formate da carbonati e silicio. e quindi è legata la precipitazione di CO_2 , le zooxantelle sono associate ai coralli per la precipitazione di CO_2

Nell'ambito dei gruppi che verranno considerati il *taxon* di riferimento sarà la divisione, che comprende grandi comunità evolutive monofiletiche cioè derivate da un gruppo ancestrale comune. I nomi dei principali ranghi hanno le seguenti desinenze: "phyta" per la divisione, "phyceae" per la classe e "ales" per l'ordine. La classificazione si basa principalmente sul livello di organizzazione e sui pigmenti, carboidrati di riserva, flagelli, componenti della parete e cloroplasti. Dobbiamo sapere quanto i gruppi nell'albero si assomigliano. Le alghe sono molto diverse tra loro perché hanno storie evolutive diverse a partire dalla storia evolutiva del cloroplasto. La storia del cloroplasto è utile per distinguere i gruppi algali perché ci sono gruppi originati per endosimbiosi primaria e altri per endosimbiosi secondaria. Se guardo il cloroplasto dentro la cellula posso vedere il tipo di endosimbiosi che è avvenuta grazie al numero di membrane che vedo e che mi permettono di avere indicazioni del gruppo di appartenenza delle alghe, delle piante terrestri o delle fanerogame marine. Il numero di membrane massimo è quattro: ne hanno quattro le Chlorarachniophyceae che sono un gruppo algale piccolo e poco diversificato e che fa parte del fitoplancton. Hanno quattro membrane anche gli organismi di un gruppo che deriva dalle alghe rosse, cioè le Heterokontophyta al cui interno sono presenti le alghe brune e le diatomee. Le alghe verdi invece hanno due membrane, il cloroplasto con due membrane è il primo evento di endosimbiosi primaria, dalle alghe verdi si sono originate le piante terrestri.

Tralasciando la terza endosimbiosi, ogni linea rappresenta una linea evolutiva distinta come lo sono le piante terrestri. Le Heterokontophyta sono ulteriormente diversificate perché a loro volta comprendono diatomee e alghe brune, che fanno parte del fitobentos e sono ancorate al fondale marino e che creano dei talli complessi con la parte basale del tallo che non fa fotosintesi; mentre le diatomee sono alghe unicellulari fitoplanctoniche fanno fitoplancton e che non sono ancorate. Questo per dire che c'è una diversità evolutiva e funzionale. Questi sono i cloroplasti e intorno a loro ci sono le cellule

Fino a che rimaniamo ad un livello citologico noi abbiamo affrontato la questione del cloroplasto, ma oltre al cloroplasto come livelli di organizzazione ci sono anche flagelli carboidrati di riserva e pigmenti. I pigmenti sono diversi a seconda del gruppo algale, la desinenza "phyta" sarebbe da utilizzare per le piante, mentre i cianobatteri sono batteri non sarebbe corretto usare "phyta" ma in questo caso si dice Cyanophyta. I cianobatteri hanno clorofilla A e B e ficobiline che stanno nei ficobilisomi e che captano la luce. Il secondo gruppo è Glaucophyta, sono prevalentemente d'acqua dolce e sono importanti perché sono una delle prove principali dell'endosimbiosi primaria dato che hanno lo strato residuo di peptidoglicano e ancora i ficobilisomi.

Hanno la clorofilla A e le ficobiline. Le Rhodophyta sono le alghe rosse. Si trovano dopo le Glaucophyta perché si segue l'ordine di endosimbiosi, hanno le ficobiline e la clorofilla D anche se non viene sempre citata quindi lasciamola perdere, fermiamoci alle clorofille A, B, C. Poi ci sono le Cryptophyta che stanno a sinistra nel modello evolutivo e hanno un residuo di ficobiline (e quindi hanno ficobilisomi) e hanno il nucleomorfo, infatti sono le ultime che hanno ficobiline. I carotenoidi invece sono presenti da tutte le parti perché sono importanti per la fotossidazione e per captare la luce.

Scendendo nella colonna ci sono le Dinophyta cioè Myzozoa che stanno nel regno dei cromisti. Hanno clorofilla A, B, C. Poi ci sono le Haptophyta, le Heterokontophyta che hanno all'interno alghe brune e diatomee e hanno tre tipi diversi di clorofilla C ma a noi non interessa.

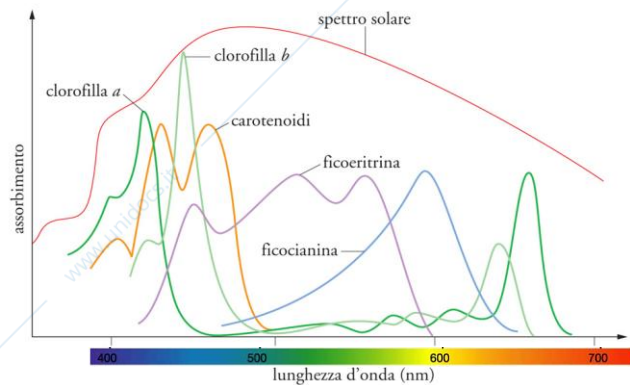
Euglenophyta, Chlorarachniophyta, Chlorophyta: queste tre sono caratterizzate dalla presenza di clorofilla A e B perché provengono dall'endosimbiosi secondaria con alghe verdi.

La clorofilla A ha due picchi molto distanti uno verso il blu e uno verso il rosso mentre la B ha due picchi distanti ma più stretti. Il gruppo delle ficobiline va a prendere il buco che sta nel mezzo le piante terrestri non hanno questo tipo di pigmenti quindi il buco lo tralasciano mentre le alghe questo buco lo riempiono. Questo permette di non tagliare certe lunghezze d'onda. Quelle che arrivano a maggior profondità sono quelle a banda corta, cioè il blu, e sulla base del tipo di lunghezza d'onda si distinguono i vari gruppi algali.

A seconda del tipo di luce che possono captare, chi ha solo clorofilla A e B sta solo alla superficie o vicino alla costa, chi invece ha le xantofille va più in profondità ma soprattutto le alghe rosse con le ficobiline vanno a profondità ancora maggiori.

Per quanto riguarda la localizzazione delle sostanze di riserva nel caso delle alghe verdi non c'è un amiloplasto perché svolge la funzione di cloroplasto vero e proprio (accumulare sostanze di riserva). Si parla di amiloplasto nelle piante terrestri perché hanno differenziato il plastidio in tante direzioni diverse incluso l'amiloplasto per immagazzinare amido e sostanza di riserva, mentre gli altri accumulano nel citoplasma. C'è un'eccezione, c'è un gruppo algale che non immagazzina l'amido dentro lo stroma del cloroplasto ma lo fa tra le membrane, cioè le Cryptophyta che hanno il nucleomorfo e immagazzinano l'amido tra la seconda e la terza membrana. In realtà noi parliamo genericamente di amido ma in realtà l'amido vero e proprio è riportato nei gruppi con il "+". Lo hanno le piante terrestri, le alghe verdi, le Cryptophyceae e le Dynophyceae (cioè Myzozoa). Poi ci sono altre tipologie di amido cioè sempre un polisaccaride ma con forme diverse tipo le Rhodophyta che sono le uniche ad avere l'amido delle Floridee, quindi anche il tipo di sostanza di riserva è diagnostico. Il Paramylon lo hanno solo le Euglene (Paramylon vuol dire "quasi amido"). Il nome scientifico delle Diatomee è Bacillariophyceae; "phyta" è la classe quindi sono una classe nella divisione delle Heterokontophyta, hanno la crisolaminarina. Le alghe brune sono le Phaeophyceae con laminarina, mannitolo (che non è un polisaccaride)

Organizzazione della cellula eucariotica vegetale: C'è la parete, che è presente quasi sempre e che riveste la cellula all'esterno, e i vari organelli che stanno dentro, come plastidi e vacuoli. La parete ha delle funzioni principalmente strutturale o anche funzionale tipo trasporto acqua o altre sostanze. Le funzioni della parete sono molteplici: protegge il protoplasma, conferisce alla cellula una determinata forma, controbilancia la pressione osmotica del succo cellulare, contribuisce al trasporto dell'acqua e di piccole molecole, conferisce e mantiene la forza meccanica, controlla l'espansione cellulare, protegge dai patogeni, produce molecole segnale specialmente come risposta agli attacchi dei patogeni e accumula sostanze di riserva (che prendono il nome di emicellulose). La selettività della parete non è così forte quanto quella della membrana (o plasmalemma, che delimita la massa protoplasmatica) che è più selettiva a livello funzionale, perché fa penetrare molecole di una certa dimensione tipo proteine ma soprattutto ha funzione di regolazione osmotica; quindi si sta parlando di ioni e questo vale per la membrana citoplasmatica ma anche per la membrana del cloroplasto. La parete invece non è così selettiva anche se contribuisce al trasporto ed è comunque attiva. Il citoplasma è una matrice nella quale sono immersi il nucleo e diversi organuli cellulari delimitati da un proprio involucro formato da una duplice membrana (tipo il reticolo endoplasmatico, l'apparato del Golgi, i mitocondri, ribosomi, i lisosomi, i perossisomi, i plastidi e i vacuoli). Si ha una componente fibrillare, cioè fibrille di cellulosa, e una matrice che può essere fatta di sostanza mucillaginosa, di altri polisaccaridi o di parti mineralizzate. Ci sono alcune forme unicellulari ameboidi che non hanno parete perché si devono muovere in un certo modo



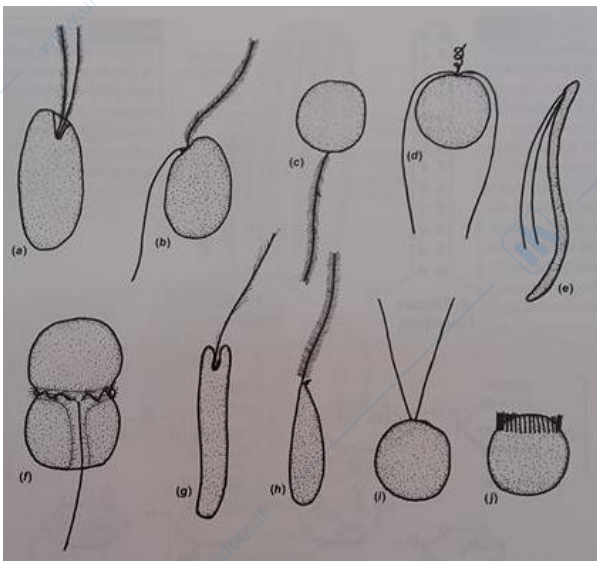
perchè non fanno solo fotosintesi ma sono anche eterotrofi e quindi devono avere una certa agilità per predare e la parete sarebbe un impedimento. Nelle alghe verdi ci sono strati regolari di cellulosa come nelle piante terrestri ma è meglio lasciar perdere questa cosa.

Composizione della parete: come per i pigmenti e le sostanze di riserva, anche la composizione della parete è diagnostica, ha anche una macroforma diversa. È di notevole spessore rispetto alla circonferenza della cellula. I cianobatteri hanno parete con peptidoglicano ma in realtà c'è da approfondire la cosa perchè la parete dei cianobatteri non è formata solo da peptidoglicano, c'è anche la membrana plasmatica. C'è quindi il peptidoglicano e anche un'altra membrana a strato fosfolipidico che si genera quando fanno l'endosimbiosi primaria e si formano le prime due membrane del cloroplasto. Quindi quando si parla di parete non si parla solo quella fisica ma si include nel concetto di parete anche la membrana fosfolipidica esterna. Cellulosa e clorofilla la hanno più abbondanti le Rhodophyta, Myzozoa, Chlorophyta e Phaeophyceae. Le emicellulose sono anche nelle piante terrestri e collegano le fibrille di cellulosa alle pectine, che sono nelle Chlorophyta e nelle piante terrestri. Nei vari gruppi algali al loro posto ci sono altre sostanze: nelle Chrysophyceae c'è la silice (sono le alghe dorate) mentre Euglene non ha la parete perchè sono ameboidi.

Myzozoa sono i dinoflagellati, sono praticamente le diatomee con ipoteca ed epitoca, fanno la simbiosi con i coralli (nella foto sono i pallini che si vedono nel polipo). Sono organismo unicellulari fotosintetici che non hanno una parete vera e propria, il polipo fornisce sostanze polisaccaridiche, in più favorisce la deposizione del CaCO_3 per formare lo scheletro dei coralli e favorisce la formazione dello scheletro carbonatico. La zooxantella prende la CO_2 e questo fa alzare il pH che porta alla precipitazione del carbonato, se invece viene aggiunta CO_2 succede l'inverso e i carbonati precipitano. Non è una simbiosi cellulare come quella del cloroplasto, si tratta di simbiosi a livello tissutale. E' importante ricordare che l'aspetto di regolazione di rapporti di acidità di CO_2 da parte di organismi fotosintetici in ambiente acquatico è fondamentale perchè tutto l'immagazzinamento della CO_2 a livello oceanico ha questo effetto; quindi è un sink (deposito) di CO_2 per quanto riguarda la CO_2 stessa soprattutto se gli organismi muoiono e si deposita la parete. È tutto legato all'acidità delle acque, la forza di questi organismi è anche in questo, cioè la loro capacità di controllare la quantità di mantenere sotto controllo i livelli di CO_2 e quindi l'ambiente. I coralli sono in difficoltà per i problemi di acidificazione delle acque. Le Haptophyta sono i coccoliti in sezione i geologi le distinguono nelle rocce calcaree, sono fossili unicellulari.

I flagelli (struttura 9+2) sono presenti nelle alghe a livello dei gameti, tranne le alghe rosse che non hanno flagelli nemmeno a livello dei gameti quindi per farli incontrare visto che non possono farlo volontariamente ne producono di più e hanno inventato una terza generazione nel loro ciclo. Il flagello di tutti gli organismi eucarioti ha (generalmente) la stessa struttura, è formato dall'assonema, struttura cilindrica costituita da 9 coppie periferiche di microtubuli circondanti 2 microtubuli centrali. L'assonema fuoriesce dalla cellula e viene avvolto dalla membrana plasmatica che si sviluppa intorno. Internamente alla cellula l'assonema si prolunga con il corpo basale, costituito da 9 triplette periferiche di microtubuli (le coppie periferiche dell'assonema a ciascuna delle quali si aggiunge un microtubulo). I due microtubuli centrali, invece, si interrompono a livello della regione di transizione, breve regione tra assonema e corpo basale ed unico elemento di diversificazione nei diversi organismi.

nelle alghe i flagelli si presentano in un gran numero di forme: flagelli a sferza o acronematici (lisci e appuntiti), mastigonemi pettinati o sticonematici (con sottili estroflessioni laterali inserite da un solo lato), mastigonemi pantonematici (con sottili estroflessioni laterali su due lati). Il prevalente numero di flagelli è 2 ed è interessante notare la posizione in cui sono orientati. Ci sono cellule con flagelli diversi (b) poi si deve notare come si attaccano, tipo (g) ne ha due anche se uno non esce ma sta in un invaginazione. (f) hanno i flagelli inseriti in un solco alla parte centrale della cellula dove si trova il secondo flagello ondulato che lo fa muovere come se si avvittasse dentro l'acqua, questo perchè questi organismi devono stare a galla senza sprofondare. (c) stanno a galla grazie a degli oli che riducono la densità (d) hanno un terzo flagello in mezzo che si chiama aptonema ed è una struttura che non serve per il movimento, è lunga fino a 80nm e serve per avvittarsi o ancorarsi al substrato. Si tratta di un'estroflessione filiforme, lunga fino ad 80 mm, che possiede alla sua estremità distale la capacità di avvolgersi spirale e di fissare l'alga in modo elastico ai fondali.



Diversità a livello organizzativo: siamo parlando di alghe nel campo delle tallofite (vegetali privi di radici, fusti e foglie e di cellule sterili di rivestimento delle cellule riproduttive). I corpi vegetativi sono dunque semplificati, con tessuti poco differenziati. Comunemente si denominano “funghi” le tallofite principalmente terrestri, “alghe” quelle acquatiche. Le tallofite trattate nel corso sono quindi alghe marine. Il corso presenterà anche le fanerogame marine, che sono però cormofite, cioè piante provviste di radice, fusto e foglie) quindi abbiamo un tallo e non abbiamo diversificazione in tessuti tranne le fanerogame ed alcune eccezioni.

Organizzazione: (a) le Haptophyceae hanno un movimento proprio perché si tratta di un organismo unicellulare, (b) poi coccoidi, sono unicellulari ma senza flagelli tipo diatomee, (c) è una colonia coccoidale, sono cellule appiccicate tra loro da una sostanza mucillaginosa. E' una colonia senza un'organizzazione vera e propria, sono così perché gli conviene, magari per sopportare sbalzi di temperatura o di contenuto idrico, (d) si tratta di colonie mobile ma c'è differenza con la (e) da un punto di vista organizzativo perché nella (e) c'è un numero fisso di cellule. Il livello superiore è che ci sono cellule che fanno riproduzione sessuale ma non in modo casuale come nella (d); non si sa come

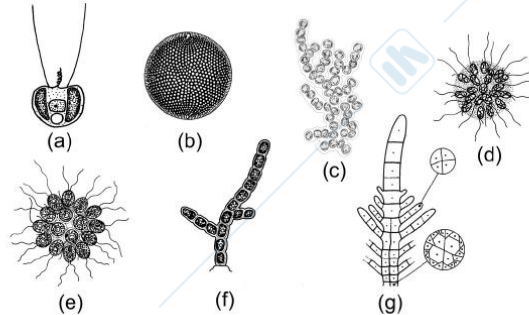


Figure 3. Diversity of algal body type. (a) Motile unicellular (*Chrysochromulina* sp., Haptophyceae). (b) Coccoide unicellular (*Cerataulus smithii*, Bacillariophyceae). (c) Colony of coccoide cells (*Sphaeridlothrix compressa*, Chrysophyceae). (d) Motile colony (*Uroglema volvox*, Chrysophyceae). (e) Coenobium (*Gonium pectorale*, Chlorophyceae). (f) Branched filament (*Asterocystis smaragdigna*, Bangiophyceae). (g) Parenchymatous thallus (*Sphacelaria plumula*, Phaeophyceae).

tutto questo viene regolato, saranno fenomeni chimico fisici regolati da segnali ormonali, non lo sappiamo, sappiamo che è così. Per quanto riguarda (f) è un caso di filamento ramificato, di organizzazione tricale che deriva dalla coccale perché non ci sono flagelli, il filamento è unico e sta da solo. Lo strato esterno grigiastro è la parete e si nota che le dimensioni sono importanti. E' un tipo di organizzazione che riguarda ad esempio alcune alghe rosse. (g) qui il tallo è parenchimatico, non pseudoparenchimatico, quindi vuol dire che si può parlare di tessuto vero e proprio perché ci sono quattro cellule che si dividono in tutte e tre le direzioni, ad un altro livello ci sono le quattro centrali e le esterne. Questa è l'organizzazione tipica delle alghe brune.

Livello monadale: la forma più primitiva è probabilmente la forma unicellulare flagellata. nelle *volvocales* gli individui biflagellati si associano a formare colonie globose dette cenobi costituite da un numero abbastanza definito di cellule. il grado di organizzazione dei cenobi è notevole dato che nelle fasi iniziali della formazione della colonia una sottile briglia citoplasmatica collega i vari individui (il cui numero è generalmente fissato). inoltre alcune cellule del cenobio, dette gonidi, sono più grandi, prive di flagelli ed hanno la capacità di dare origine a nuove colonie.

Livello ameboide o rizopodiale: questo livello di organizzazione, anch'esso molto semplice, comprende alghe unicellulari prive di parete che formano pseudopodi per catturare particelle solide di cibo. se queste appendici sono sottili e filiformi prendono il nome di rizopodi. le appendici hanno, inoltre, una funzione motoria. anche le alghe rizopodiali possono riunirsi in colonie.

Livello capsale: un'organizzazione che viene considerata di transizione verso forme più evolute è quella capsale o tetrasporale (dall'ordine di alghe verdi dove è diffusa), caratterizzata dal fatto che nelle fasi di vita vegetativa le cellule sono immobili ed aggregate in piccole colonie gelatinose frequenti sui sassi nelle acque dolci correnti. le alghe con organizzazione capsale presentano numerose caratteristiche dell'organizzazione monadale, ma in forma attenuata. ad esempio, se sono presenti i flagelli, questi sono rigidi o ridotti e la capacità di movimento attivo resta limitata alle cellule germinali. E' quindi una cosa diversa dalla prima organizzazione, che si distingue perché alcune cellule nella parte vegetativa non hanno i flagelli.

Livello coccale: grande importanza deve essere attribuita all'organizzazione coccale in quanto da essa sarebbero derivate le forme di organizzazione che risultano diffuse tra le alghe macroscopiche. questo tipo di organizzazione è esclusivo delle forme unicellulari e uninucleate prive di flagelli e delimitate da una parete rigida. nelle cellule vegetative aflagellate circondate da parete cellulare non è più presente alcun residuo dell'organizzazione monadale. a questo tipo di organizzazione appartengono forme unicellulari, cenobi o colonie di aggregazione.

Livello sifonale: questo tipo di organizzazione deriva dall'organizzazione coccale in seguito alla ripetuta divisione dei nuclei, senza tuttavia la formazione di pareti cellulari, cosicché l'organismo risulta unicellulare, ma plurinucleato. Un esempio è *Acetabularia*, un'alga verde attaccata alle rocce che quando non ha gli sporangi (cioè il cappello) è unicellulare e ha una cellula multinucleata. Il ciclo è molto lento per generare gli ombrellotti.

Livello sifonocladale: le alghe che appartengono a questo livello di organizzazione sono pluricellulari ed ogni cellula presenta numerosi nuclei. Livello di complicazione successivo multicellulare e multinucleare

Livello tricale: è ancora più importante perché ci sono filamenti differenziati tipo in Fritschella che permettono di ancorarsi. Non fanno fotosintesi o comunque la fanno molto male perché nel primo cm un po' di luce passa ma poi la luce non arriva più. Il livello tricale è così importante perché genera strutture chiamate pseudoparenchimatiche. L'organizzazione tricale deriva da quella coccale per divisione del nucleo accompagnata dalla divisione della cellula cosicché si forma un filamento di cellule uninucleate che rimangono unite e con connessioni plasmatiche tra di loro. Si conoscono numerosi sviluppi dei filamenti che, dapprima semplici e costituiti da cellule tutte uguali, divengono poi ramificati oppure con cellule basali con funzioni particolari, per lo più di fissazione dell'alga al substrato

Livello pseudoparenchimatico: i rami laterali e i filamenti sono intrecciati fra di loro e le cellule sono spesso agglutinate o saldate. La grande maggioranza delle alghe rosse ha un tallo notevolmente elaborato che si costituisce attraverso l'aggregazione di numerosi filamenti cellulari nei quali le singole cellule sono collegate attraverso una complessa sinapsi. Sono perforazioni circolari del setto intercellulare, visibili subito dopo la mitosi, quando tra le due cellule figlie si forma una parete incompleta (sinapsi primarie). A livello della perforazione si depositano strati di membrane tubulari del reticolo endoplasmatico, che depositano materiali glicoproteici attorno all'apertura, formando così un'occlusione (pit plug), probabilmente con funzione meccanica. Nei gruppi primitivi l'occlusione è nuda, mentre in quelli più evoluti è rivestita di membrane. Le sinapsi possono formarsi anche quando due cellule si fondono: in tal caso si tratta di sinapsi secondarie. Queste strutture sono tipo quelle delle alghe rosse. Ci sono strutture monoassiali o diassiali; sono filamenti che si ramificano, si associano e si organizzano e che hanno uno strato di cellule esterne che le riveste. Si dice "pseudo" perché ogni filamento ha le sue divisioni indipendenti, mentre si dice parenchimatico perché i filamenti si uniscono a formare un tallo organizzato ma ognuno ha la sua indipendenza per quanto riguarda le divisioni. Le cellule che si originano si dividono ognuna per conto suo e questo è possibile perché le cellule adiacenti al momento di dividersi formano oltre alla membrana citoplasmatica anche un tappo proteico che le tiene unite in maniera strutturale e che garantisce la resistenza dei singoli filamenti e le connessioni. Tra filamenti adiacenti le cellule possono mantenere il contatto attraverso la divisione di una cellula derivante da un filamento che si avvicina all'altra. Poi si uniscono attraverso le pit-connection e questo rafforza la struttura che però viene nominata ancora pseudo parenchimatica

Tallo tissutale: le alghe che presentano questo livello di organizzazione hanno cellule che si dividono in modo multiseriale e che rimangono riunite fra loro in una formazione tissutale. Nelle alghe brune si conoscono due tipi di tallo fondamentalmente diversi: aplostici (le divisioni delle cellule avvengono in un'unica direzione nello spazio cosicché si originano dei filamenti), polistici (le divisioni cellulari avvengono nelle tre direzioni dello spazio dando origine a talli molto complessi come quelli delle *Laminariales* (tallo parenchimatico) che raggiunge la massima complicazione conosciuta tra le piante non vascolari). È il livello di complicazione successiva e si chiama a volte parenchimatico. Le cellule derivano da una madre, il tallo non è l'unione di strati distinti di origine separate ma sono cellule che vengono dalla stessa e si dividono o in un'unica direzione e fanno strutture laminari, oppure nelle tre direzioni tipo le alghe brune che hanno un piede che gli permette di stare attaccati ad un'asse e hanno una lamina che fa fotosintesi e dove ci sono strutture che permettono il trasporto delle sostanze originate dalla fotosintesi come se fossero vasi vascolari. Nelle alghe brune ci sono anche le aerocisti perché sono pesanti e non riuscirebbero a rimanere a galla.

Laminariales: c'è un appressorio o aptero che ancora la pianta al fondo roccioso e da cui si differenzia un caulode assile che, a sua volta, porta un filloide frondoso espanso

Livelli di organizzazione: indica come le singole cellule si organizzano a formare un corpo che si chiama tallo. Per quanto riguarda il livello di organizzazione si vedono organismi unicellulare ma anche con filamenti ramificati.

Accrescimento uniseriato: Ulothrix (Chlorophyta) è costituito da un filamento unico non ramificato che si chiama uniseriato. Evolutivamente parlando si ipotizza che dalla divisione longitudinale si siano generati filamenti biseriatati, si è accresciuto un tessuto in un'unica direzione e se lo dividiamo lungo l'asse longitudinale si generano filamenti multiseriatati, cioè delle lamine. Sono i casi di Monostroma (Chlorophyta) e Ulva (Chlorophyta) cioè la lattuga di mare. L'elemento chiave per distinguerli appartiene agli aspetti legati all'ambiente e all'ecologia dove cresce l'organismo. Nel caso di Ulva la lamina è bistratificata, quindi il filamento non si è solo diviso in senso longitudinale, ma si sono accoppiate altre lamine mentre Monostroma è semplicemente monostratificato. Ci sono filamenti uniseriatati associati per divisione accoppiati a un'altra lamina.

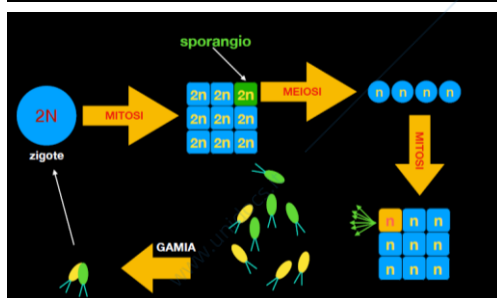
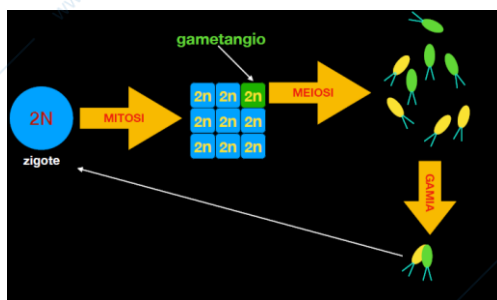
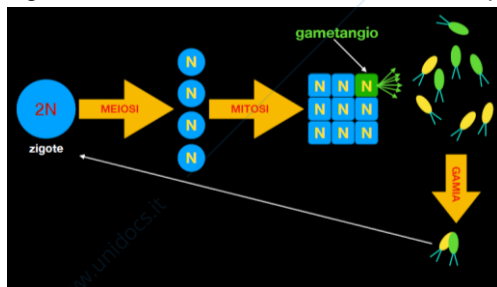
Le Rhodophyta hanno soprattutto organizzazione tricale dove ci sono gli pseudotessuti che si differenziano dai tessuti sia per le giunzioni (plasmodesmi che mettono in comunicazione il citoplasma tra cellule adiacenti

ma questi li hanno i veri tessuti nelle piante terrestri) ma soprattutto perchè avere delle connessioni citoplasmatiche o di parete vuol dire che le cellule si sono originate da un'unica cellula madre e si sono originate insieme non hanno deciso in un secondo momento di accorparsi come accade nelle Rhodophyta, quindi la lamina monostratificata può essere definita un tessuto perché le cellule derivano dalle divisioni longitudinali.

Accrescimento apicale: questi esempi riguardano soprattutto le Phaeophyceae che hanno talli ben organizzati mentre nelle alghe con pseudotessuti l'accrescimento è meno organizzato. Ho una singola cellula che si divide nelle tre dimensioni dello spazio. Se facciamo una sezione più in basso rispetto alla stratificazione si vede che c'è una differenziazione e ci sono cellule più grandi interne e più piccole esterne. La Padina ha uno strato di cellule che sta sul bordo e che genera degli strati concentrici di accrescimento e che tende verso l'esterno perché c'è sempre uno strato di cellule attivo (strato di meristema, cioè di cellule attive che si possono dividere) che da origine al nuovo materiale (in questo caso dà origine a nuove cellule e a nuovo tessuto) che si accresce verso l'esterno. Le cellule all'interno se non hanno rimpiazzo non si sa cosa gli succede, i nostri tessuti vengono rigenerati ma qui ci sono cellule che non vengono rigenerate, quindi che succede? Nessuno lo sa. Un altro esempio di accrescimento apicale è un'altra alga bruna dove l'accrescimento va nelle tre direzioni ma non genera un unico filamento, ne genera invece due. Si parla di ramificazione dicotomica: la cellula si divide longitudinalmente e poi non si divide in un'unica direzione ma le due cellule continueranno a dividersi nelle due direzioni. Chi dice a una di andare in una direzione e all'altra di andare nell'altra? Non lo sappiamo, ci sarà un qualche meccanismo ormonale che dice la direzione che devono prendere. Ad un certo punto questa cosa si interrompe forse per fattori chimico fisici o condizioni di luce.

Accrescimento intercalare: Nel caso di Laminaria (che è molto famosa perché ha una costituzione in tre organi) esiste una zona di transizione tra la lamina e il caule o asse, che è un meristema e permette di far accrescere la lamina da un lato e il caule che non è fotosintetico o lo è poco dall'altro, quindi il tallo si accresce. È un meristema intercalare perché sta tra lamina e caule. Cosa fanno i tessuti lontani dalla parte meristemica? Ad un certo punto morirebbero. C'è il meristoderma che è uno strato di cellule periferico sulla lamina che la rigenera, non la fa crescere di dimensioni ma rimpiazza le cellule che diventano vecchie. qui una risposta c'è, nel caso di padina non si sa. C'è anche un appressorio, o aptero, che ancora la pianta al fondo roccioso e da cui si differenzia un caulotide assile che, a sua volta, porta un filloide frondoso espanso.

Cicli biologici: riguardano la capacità degli organismi di fare la riproduzione sessuale. Dove vengono originati i gameti? Dove avviene la meiosi? In quale punto del ciclo? Si deve iniziare da un punto ben definito e



riconoscibile. Dove vedo i gameti? Dove si incontrano i gameti? Cosa avviene allo zigote? I cicli sono aplonti (meiosi zigotica), diplonte (meiosi gametica), aplodiplonte (meiosi intermedia). Il ciclo aplonte e diplonte sono monogenetici, l'aplodiplonte digenetico. Nel ciclo aplonte (foto in alto) si dice che la meiosi è zigotica perché lo zigote va subito in meiosi, praticamente l'individuo si genera dopo la meiosi. Noi siamo nel caso diplonte (figura centrale) cioè lo zigote fa prima la mitosi e poi va in meiosi, nel ciclo diplonte si fa subito meiosi, infatti si dice meiosi gametica. In pratica quando avviene la meiosi si generano i gameti. Nell'aplodiplonte (foto in basso) ci sono due organismi diversi per questo si dice ciclo digenetico perché c'è un'alternanza di generazioni. S! è la fusione R! è la meiosi. Partiamo dall'organismo 2n sporofitico: da un lato fa meiospore attraverso meiosi ma può anche generare mitospore 2n e generare un nuovo tallo quindi una sorta di clonazione a partire da una nuova cellula e generano un nuovo sporofito. Questo avviene quando avviene nelle condizioni favorevoli ad un organismo in modo che generi individui identici e perfettamente adattati. Le meiospore originate (meiospore sono n) generano gametofito n che genera gameti quindi a partire dal gametofito avviene mitosi e si accresce un tallo di una certa forma che può essere uguale o diverso dallo sporofito stesso quindi isomorfo o eteromorfo. Il gametofito n può fare due cose diverse: se sta bene può fare spore n che si chiamano mitospore che lo rigenerano ma in realtà il gametofito può essere generato anche per partenogenesi.

Se non vanno in partenogenesi i gameti devono fare la fusione, cioè devono incontrare un altro gamete per andare incontro a singamia S! e generare lo zigote, e il ciclo riparte. Il ciclo aplodiplonte non è necessariamente il ciclo più complesso ma è sicuramente il ciclo più completo. Ci sono delle strutture specializzate in cui avviene la meiosi o che servono per la formazione dei gameti, in questo caso si chiamano tetrasporangi e qui si originano le meiospore. Questo per ricordarci che le strutture riproduttive delle alghe sono un'unica cellula che si divide ed è isolata da uno strato di cellule sterili. Sono singole cellule che non sono protette, ma vedremo che ci sono strutture che anche se non sono un vero e proprio frutto o fiore raggruppano le cellule e ne migliorano la funzione: un esempio è una Rhodophyta che ha un'organizzazione tricale si vedono bene le singole cellule di dimensioni abbastanza grandi.

Myxozoa: i Myxozoa sono i dinoflagellati, appartengono al regno protista e sono caratterizzati dalla presenza

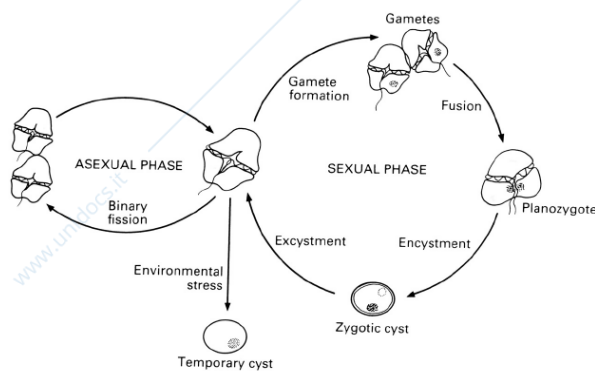


Figure 14. Life cycle of a dinoflagellate (After Walker 1984).

Bacillariophyceae: il ciclo è diplonte e monoico, cioè nello stesso individuo ci sono gameti maschili e femminili su strutture riproduttive diverse. Essendo un ciclo diplonte la popolazione è formata da individui $2n$, l'organismo sulla lamina ha concettacoli che sono invaginazioni dove si trovano anteridi (parte maschile) e oogoni (parte femminile). Questi organismi si dividono e vanno incontro a meiosi liberando gameti che danno origine allo zigote. I gameti maschili sono mobili mentre i femminili no. Questo in realtà è un caso di oogamia perché le oosfere che vengono liberate non stanno proprio ferme ma si originano da un'unica cellula. Gli spermazi invece sono capaci di movimento proprio e vanno loro incontro.

Lo zigote (si parla di germinazione) fa mitosi ed origina il tallo. Rispetto alle diatomee, appartiene la formazione dei concettacoli (abbiamo detto che il tallo per definizione non presenta strutture di protezione delle strutture riproduttive ma il concettacolo va incontro a queste modificazioni di protezione perché c'è un tentativo di andare nella direzione di proteggere le cellule riproduttive) non è comunque una protezione che separa da tutto il resto perché su un lato rimane aperto, non è come il fiore che è chiuso. Nei concettacoli avviene la meiosi che comprende il crossing over. Questo è un momento delicato e quindi è meglio proteggere. Si vede anche che la cellula uovo è protetta da altre cellule sterili che non la inglobano completamente. Per quanto riguarda la parte diplonte del ciclo (nelle diatomee la maggior parte della popolazione è formata da organismi $2n$ che si dividono) alla mitosi si dividono la teca superiore e una cellula eredita l'ipovalva e l'altra l'epivalva avviene un rimpicciolimento delle cellule che quando sono troppo piccole per funzionare scatta la riproduzione sessuale (la riproduzione sessuale scatta anche quando le condizioni ambientali sono sfavorevoli). La teca che viene ereditata diventa sempre l'epivalva ecco perché via via rimpicciolisce. La cosa importante è ricordarsi che la popolazione è formata da organismi $2n$ al contrario dei dinoflagellati dove in entrambi i casi ci sono organismi unicellulari che formano il fitoplancton. Diatomee (Bacillariophyceae) e alghe brune (Phaeophyceae) sono simili tra loro. Da un punto di vista tassonomico sono classi, mentre le alghe rosse sono Rhodophyta quindi è un phylum a se. Le alghe brune e le diatomee stanno in un phylum che è quello delle Heterokontophyta quindi anche se le alghe brune sono a livello organizzativo diverse dalle diatomee che sono unicellulari, tra loro sono simili perché sono imparentate.

La popolazione è composta principalmente da organismi n che fanno mitosi, ogni organismo eredita una teca e per aumentare la variabilità genetica c'è la fase sessuale che coinvolge l'incontro dei gameti e la formazione dello zigote.

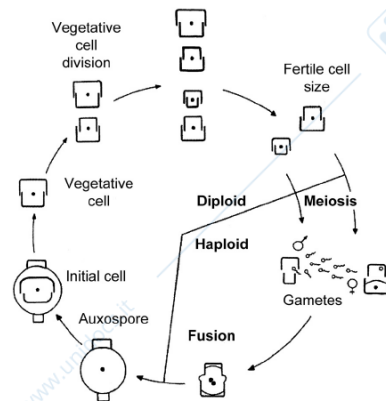


Figure 18. Life cycle of a central diatom (After Hasle and Syvertsen 1997).

Haptophyta: ciclo aplodiplonte eteromorfo. Di queste si trova sicuramente più spesso la fase $2n$ che è quella

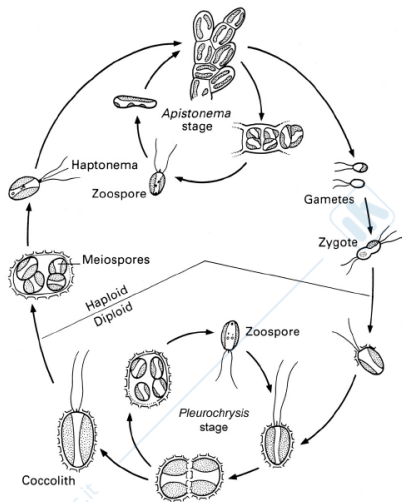


Figure 15. Life cycle of *Pleurochrysis carterae* (After South and Whittick 1987).

che galleggia e fa fitoplancton (coccolitoforidi) ma il loro ciclo prevede anche la fase n con il gametofito che si chiama apistonema che è uno stadio rudimentale con poche cellule. Spesso una delle due generazioni nel ciclo aplodiplonte è ridotta al minimo infatti anche il polline nelle piante superiori che è un gametofito è ridotto a due o tre cellule, quindi è frequente che un gametofito sia ridotto al minimo.

Le mitospore si chiamano zoospore e sono flagellate, la divisione ha una sua autonomia di vita, cosa che ha anche la fase $2n$ ma nel caso di riproduzione asessuata devono essere prodotte meiospore che generano un nuovo gametofito che si accresce e fa un po' della sua vita (è capace di vita propria e va incontro a divisioni) e per mitosi libera i gameti che si incontreranno. Posso dire di avere isogamia perché i gameti maschili e femminili sono uguali. si genera uno zigote che, come nel caso delle diatomee, non si divide subito (se lo fa, lo fa per aumentare il numero di individui perché sono organismi unicellulari).

Phaeophyceae: ciclo aplodiplonte eteromorfo. Il gametofito maschile e femminile sono ridotti a pochissime cellule. *Fucus* appartiene alle Phaeophyceae ma il suo ciclo è diploide. La cosa che accomuna tutte le alghe brune è che ci sono delle strutture protettive che si chiamano in modi diversi (in questo caso sori) e che consistono in delle invaginazioni dove sono alloggiati gli sporangi. Abbiamo gli sporangi maturi con le zoospore aploidi che sono sprofondati rispetto alla lamina sporangi separati che originano zoospore maschili e femminili che originano gametofiti separati. La meiosi avviene a livello della lamina

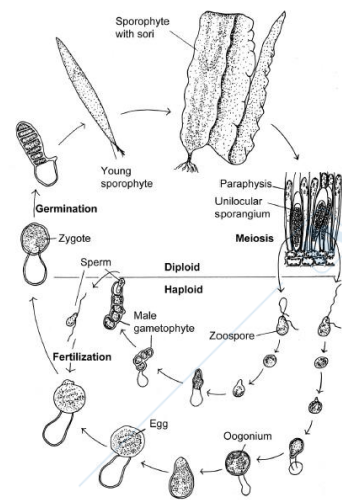


Figure 24. Life cycle of *Saccharina japonica* (After Cheng 1969).

Chlorophyceae: sono le alghe verdi. Il ciclo è aplodiplonte e isomorfo (questo è un esempio di ciclo aplodiplonte con gametofito e sporofito uguali). Qui c'è *Ulva*, genere della lattuga di mare. Isomorfo perché sporofito e gametofito sono uguali. Gli sporangi stanno a livello della lamina e per meiosi originano zoospore che, germinando, originano il gametofito; se si fa una sezione a livello della lamina si vede una lamina biseriale. Alcune di queste cellule hanno la possibilità di diventare gametangi e generare gameti. A livello della lamina ci sono dei buchi sia per i gametangi che per gli sporangi ma si vede che i due talli sono uguali.

Acetabularia mediterranea: ciclo aplodiplonte. Sono attaccate agli scogli, l'organizzazione è sifonale quindi ho

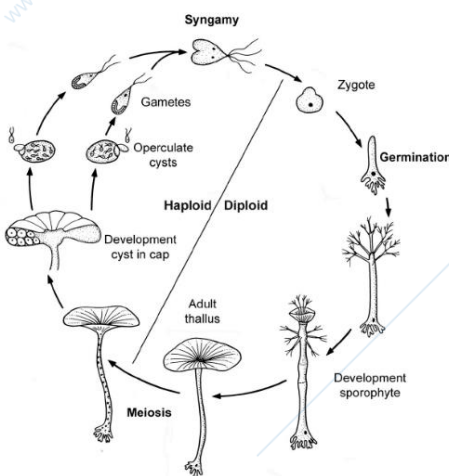


Figure 33. Life cycle in *Acetabularia mediterranea* (After South and Whittick 197).

una cellula (che è tutti il rametto che porta l'ombrellino e che quindi è macroscopica) multinucleata (lo si vede perché i nuclei sono rappresentati dai pallini neri) dopo la meiosi, quindi nella fase riproduttiva, infatti vedo che i nuclei stanno nelle singole teche del cappello e in quella fase non è più un'unica cellula ma sono più cellule perché ce n'è una per quanto riguarda l'asse e poi ce n'è un'altra in ogni setto. È quindi un'organizzazione sifonocladale non più sifonale perché ci sono più cellule con più nuclei e da uno zigote con un nucleo si origina l'asse. Per arrivare a questa organizzazione ci vogliono addirittura anni. Alla meiosi si generano numerosi nuclei n che fanno divisione e che vengono alloggiati in queste teche sul cappello, queste teche poi si aprono e liberano i gameti.

Rhodophyta: sono le alghe rosse. Il ciclo è aplodiplonte trigenetico e più complicato rispetto alle alghe brune, perché ho alternanza tra una generazione gametofitica aploide e due generazioni sporofitiche diploidi che sono il carposporofito e il tetrasporofito. La meiosi avviene nel tetrasporofito mentre il carposporofito è una strategia riproduttiva che serve per moltiplicare (amplificare) lo zigote prodotto da un singolo evento di fecondazione. Si aggiunge quindi una terza generazione con questo microtallo (carposporofito) che resta connesso al gametofito, non è quindi un organismo separato dalle altre due generazioni (non è un vero e proprio tallo distinto).

Ci sono gli spermatangi, cellule numerose organizzate in ramificazioni che in pratica consistono nei gameti che vengono liberati dal gametofito maschile o femminile. Le Rhodophyta non hanno i flagelli quindi i gameti maschili che vengono liberati nell'acqua vengono catturati da un allungamento del gametofito femminile che è il tricogino. A questo livello si origina lo zigote che fa poche divisioni (non più di cinque) e origina il carposporofito che si trova protetto dalle cellule del gametofito che sono accresciute. Il carposporofito libera le carpospore che sono $2n$ e che germinano originando il tetrasporofito che è quello del ciclo aplodiplonte classico, che in questo caso è identico al gametofito e che genera per meiosi le tetraspore che germinano e originano il gametofito. Nell'immagine (e se facessi una sezione vedrei esattamente tutte queste cose qui) ho un'alga rossa con organizzazione tricale. Si vedono bene i carposporofiti avvolti dallo strato di cellule del gametofito. Nel diagramma si vedono le tre generazioni, in questo caso il ciclo è isomorfo. In alto si vedono gli spermatangi e si vede un cerchio con cellule attaccate ad una cellula che è la cellula dell'asse tricale intorno alla quale per ramificazione si generano le cellule degli spermatangi che origineranno i gameti maschili. A ripetizione si vede la liberazione dei gameti maschili che incontrano il carpogonio. Sembra che lo zigote vada verso la cellula ausiliaria, si accresce e fa mitosi originando il carposporofito. Si parla di un poro perché le cellule gametofitiche proteggono la terza generazione. Da un punto di vista di adattamento e di ecologia a cosa serve il possedere la terza generazione (che è ridotta da un punto di vista temporale non solo dimensionale)? Perché i gameti non hanno i flagelli e si punta sulla quantità. Il guadagno ce l'ho con il carposporofito da cui posso generare le carpospore. È come se moltiplicassi lo zigote quindi aumento la ricombinazione e poi cerco di compensare l'assenza di flagelli sui gameti maschili che devono cercare quello femminile. È vero che c'è il tricogino che capta i gameti ma ne perdo comunque tanti perché non sono flagellati. L'organismo compensa la perdita di gameti con la terza generazione. Le divisioni che originano il carposporofito sono pochissime la carpospora fa meiosi e origina il gametofito.

I fondali marini sono costituiti da sedimenti formati da animali morti, sostanza organica in decomposizione (perché c'è poco O_2) e da minerali tipo $CaCO_3$ e sedimenti silicei. Il fitoplancton immobilizza la CO_2 come carboidrati attraverso la fotosintesi e come $CaCO_3$. I sedimenti silicei derivano dalla morte del fitoplancton formato dalle diatomee che sprofondano e i coccoliti che formano i sedimenti di $CaCO_3$. Questi minerali quindi derivano dal fitoplancton che non solo determina l'accumulo di sedimenti del fondale ma è anche quello che sequestra la CO_2 (assorbe circa il 50% della CO_2 prodotta dall'uomo) che sta aumentando e provoca lo scioglimento del carbonato di calcio che sta nel fondale marino e che va in soluzione. Da un lato c'è un aspetto negativo (Il fitoplancton può crescere a dismisura, si formano i fenomeni delle maree rosse o brune negli oceani associate a rilascio di tossine in gran quantità) e dall'altro positivo perché è un sequestro della CO_2 e quindi c'è una regolazione a nostro favore ed è un modo per gli oceani di acquisire CO_2 in una forma non più libera. Il fitoplancton è importantissimo per regolare questi equilibri biogeochimici che sono a scala globale.

Cianobatteri: sono organismi unicellulari. Sono procarioti (quindi nell'albero filogenetico rappresentato non ci sono perché è degli eucarioti) quindi nella loro cellula manca il nucleo. Sono importanti perché hanno dato origine al plastidio attraverso l'endosimbiosi primaria. Nonostante non abbiano organelli c'è qualcosa di circoscritto cioè i ficobilisomi, i tilacoidi e delle vescicole di gas che possono essere come dei precursori dei

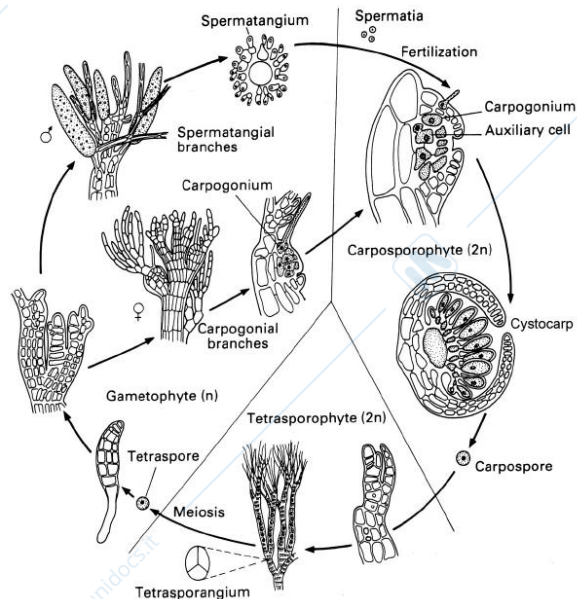
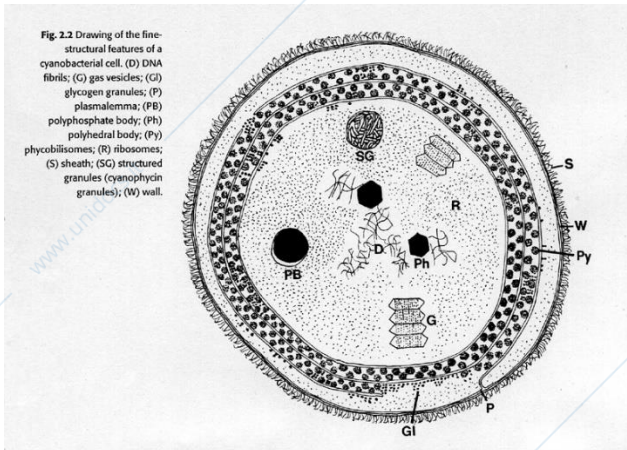


Figure 11. Life cycle in *Polysiphonia* sp. (After West and Hommersand 1981).

vacuolo. Ci sono anche delle vescicole che sono precursori dei carbossisomi, cioè i corpi pirenoidi (polyedral body) dove c'è una concentrazione di Rubisco per la fissazione della CO_2 . All'esterno c'è un involucro formato da mucillagine che non fa parte della parete vera e propria che invece è lo strato subito sotto.

Quindi c'è la membrana citoplasmatica procariotica, lo strato di peptidoglicano, un'altra membrana citoplasmatica che è quella che costituisce la parete del batterio, e poi fuori c'è uno strato di mucillagine che svolge un ruolo molto importante. La parete è una membrana addizionale esterna rispetto alla membrana citoplasmatica vera e propria di peptidoglicano, è come se ci fossero due membrane e questo è importante saperlo perché nell'endosimbiosi primaria quando il protozoo non fotosintetico ingloba il cianobatterio che è fotosintetico il cianobatterio diventa cloroplasto e il cloroplasto mantiene le due membrane fino alle piante terrestri, a meno che non venga a sua volta rimangiato per generare i cloroplasti con tre o quattro membrane (endosimbiosi secondaria).



I ficobilisomi stanno sopra i tilacoidi (le strisce nere) che nel cianobatterio sono all'interno rispetto alla membrana citoplasmatica, mentre i ficobilisomi sono i pallini neri messi tipo delle antenne e sono formati da due molecole che fanno parte della famiglia delle ficobiline.

Il rapporto tra queste due molecole dipende dalla luce che c'è quindi questi ficobilisomi si adattano a seconda di dove vive il cianobatterio perché hanno una capacità di assorbire la luce diversa. La ficocitrina è più spostata verso la luce verde-blu come picco di assorbimento quindi permette al cianobatterio di vivere in profondità nella colonna d'acqua mentre la ficocianina è più spostata verso il giallo come picco di

assorbimento e questo permette al cianobatterio di ottimizzare la fotosintesi. Un'altra cosa interessante è che il ficobilisoma (quindi tutto il complesso) quando c'è poco N viene degradato dalla cellula stessa perché queste molecole sono formate da atomi di N e quindi sono una riserva di N per la cellula. L'N è importante per il DNA quindi il cianobatterio può privarsi della fotosintesi perché può anche mangiare. I cianobatteri sono i primi azotofissatori. L'azoto principalmente sta nell'aria sotto forma di gas N_2 che ha triplo legame e per spaccarlo serve molta energia, nonostante siano così semplici i cianobatteri riescono a fare questa operazione. A livello tassonomico sono un'unica classe che si chiama Cyanophyceae, sono però divisi in tre sottoclassi (Oscillatoriothycidae, Synechococcophycidae, Nostocophycidae), le prime due divise in due ordini (Chroococcales e Oscillatoriales la prima sottoclasse, Pseudanabaenales e Synechococcales la seconda) la terza ha invece un ordine solo (Nostocales). Gli ordini si distinguono per la struttura del tallo.

Chroococcales: cellule sferiche o ovoidali isolate o riunite in colonie amorfe o con forme ben precise. sono le cellule coccoidi tenute insieme dal glicocalice

Pleurocapsales: cellule isolate o riunite in colonie, moltiplicazione per fissione multipla con formazione di cellule chiamate beociti

Nostocales: colonie filamentose non ramificate, le cellule si dividono per fissione binaria e formano cellule differenziate.

Stigonemataceae: cianobatteri filamentosi con tricomi uniseriati o pluriseriati, non ramificato o con vere ramificazioni causate dalla divisione secondo piani diversi. Formano cellule differenziate

Oscillatoriales: tricomi uniseriati non ramificati, non differenziano eterocisti ed acineti. La lunghezza dei tricomi varia ampiamente anche nella stessa specie, ma il diametro e la forma delle cellule sono abbastanza costanti. La propagazione vegetativa avviene per frammentazione casuale dei tricomi o con la formazione di ormogoni. Filamenti che stanno per conto loro o possono essere tenuti insieme e inglobati dal glicocalice.

Nonostante siano procarioti unicellulari posso fare organizzazioni diverse e specifiche, possono anche avere talli ramificati. Esternamente alla parete (che è peptidoglicano e membrana esterna) c'è uno strato di mucillagine che si chiama glicocalice che mantiene le cellule in filamenti più o meno complessi con formazione di un tallo. Questi filamenti se non hanno una guaina si chiamano tricomi. Non solo c'è un'organizzazione nel tallo ramificandosi o generando più strati ma nell'ambito dei filamenti si ha differenziazione cellulare con formazione oltre alle cellule vegetative di eterocisti, ormogoni ed acineti (e sono semplici procarioti): le cellule nuove continuano a dividersi, l'estremità appuntita non fa fotosintesi, mentre dall'altra parte ci sono le cellule mature. Ci sono poi gli eterocisti che sono cellule del filamento che servono per la fissazione dell'N e che non hanno cloroplasti perché l' O_2 si mangerebbe tutti gli elettroni perché è più elettronegativo. Sono cellule più grandi delle cellule vegetative che non fanno fotosintesi; la loro parete cellulare è spessa e limita l'ingresso

dei gas, questo favorisce una formazione di un ambiente interno anossico che a sua volta permette che si verifichi la fissazione del N₂ e quindi che si fissi N₂, per esportare l'N fissato e importare C organico ci sono connessioni con le cellule adiacenti che prendono il nome di microplasmodesmi. Sono presenti altre cellule che si chiamano acineti, che sono delle spore di resistenza e durante il loro sviluppo diventano più grandi, perdono i vacuoli gassosi e aumenta così la densità del citoplasma ed il numero dei ribosomi; c'è una forte riduzione della fotosintesi e della respirazione ed aumento dei granuli di cianoficina e dei corpi poliedrici; inoltre c'è uno sviluppo dovuto alla carenza di P e C, bassa T e luminosità. Ci sono riserve e corpi poliedrici per la fissazione del C. Il P è importante perché serve per ATP. I cianobatteri sono procarioti ma hanno comunque dei plasmodesmi quindi si potrebbe quasi parlare dei tessuti

La spora di resistenza si forma da un filamento eteropolare, è in maturazione e cresce diventando molto più grande delle cellule normali e quando deve germinare si stacca. Hanno una divisione binaria e l'accrescimento è intercalare, nelle alghe brune abbiamo un unico filamento mentre qui abbiamo quasi dei tessuti quindi gruppi di cellule che si dividono tutte insieme a livello intercalare. Per quanto riguarda il movimento non si è proprio convinti che siano in grado di muoversi. Sicuramente la vescicola di gas permette il movimento ma più che un movimento vero e proprio è un rimanere in equilibrio nella colonna d'acqua così come per i vacuoli contrattili delle alghe eucariotiche e questo funziona per fototassi positiva o negativa. In assenza di flagelli i cianobatteri acquatici possono nuotare probabilmente in risposta a stimoli chemiotattici, mentre altri mostrano fototassi positiva mentre altri sia positiva che negativa in funzione dell'intensità luminosa.

La simbiosi è molto importante e sono i principali simbionti del lichene insieme alle alghe verdi mentre in ambiente marino con le spugne marine. La simbiosi sta all'interno della spugna ma non all'interno delle cellule (solo dentro il corpo). Si riproducono per scissione binaria e c'è una riproduzione attraverso ormogoni, cioè piccoli segmenti di filamento che si staccano dal resto della colonia e danno origine a nuovi filamenti. Alcuni cianobatteri invece producono endospore tramite divisioni interne del proprio protoplasto. Le forme filamentose hanno un accrescimento intercalare per divisione delle cellule del filamento, con la formazione di pareti trasversali a crescita centripeta. Quindi è una riproduzione per frammentazione e per quanto riguarda i cianobatteri i frammenti si chiamano ormogoni.

Per quanto riguarda l'ecologia stanno dentro le microfessure della roccia dove comunque passa la luce, ma possono stare in mare aperto (le forme coccoidi, soprattutto le forme filamentose, costituiscono la maggior parte del fitoplancton responsabile della maggior parte della fotosintesi e quindi della produzione di ossigeno e sequestro di anidride carbonica) Esempi: si vede la roccia, le palle verdi sono cianobatteri costituiti o da una massa gelatinosa con cellule coccoidi ammassate, o filamenti messi a caso oppure ordinati come nel caso di *Calothrix* (filamenti eteropolari) dove si vedono filamenti ordinati e orientati con l'eterocisti verso il basso quasi a permettere l'ancoraggio anche perché a loro la luce non serve e l'ossigeno da noia.

Forma coccoide dentro il granulo di sabbia quindi non nello spazio tra i granuli dove ci sono comunque tante forme di vita tipo microcrostacei, ma proprio dentro

Ci sono forme di erosione diffuse tipo a Pianosa o in Sardegna, questo fenomeno non è solo causato dal moto ondoso ma avviene per colpa di questi cianobatteri endolitici che demoliscono la roccia. Le rocce stesse vengono mangiate perché al loro interno ci sono cianobatteri con tanto N e tanta sostanza carboniosa. Le rocce vengono quindi indebolite e anche danneggiate dal moto ondoso.

Ci sono cianobatteri che stanno anche sott'acqua con dei filamenti che sono delle cellule appiattite, attaccate tra loro e avvolte da uno strato di glicocalice, che determina lo spessore del filamento. Il glicocalice è largo e anche le cellule sono larghe e piatte

Stromatoliti: sono strutture sedimentarie finemente laminate appartenenti al gruppo dei calcari dovute all'attività di microrganismi bentonici. Da queste si è potuto avere testimonianze di organismi procarioti fotosintetici. C'è uno strato dove questi organismi vivono e sequestrando la CO₂ fanno anche precipitare CaCO₃ e favoriscono da un lato l'incrostazione e dall'altro l'inglobamento di sedimento che si è depositato. Considerato che loro stanno anche sopra si può formare questo strato perché continuano a crescere verso l'alto andando verso la luce. Le stromatoliti più antiche risalgono a 3500 milioni di anni fa e sono diffuse in tutto il precambriano, attualmente si formano in ambienti marini della zona intertidale a salinità normale o elevata ma anche in ambienti subtidali di alcune aree dell'Australia, della Florida, delle Bahamas e del Golfo Persico. Hanno un importante significato paleoambientale e sono dei buoni indicatori di ambienti di acque basse ad elevata stabilità ambientale. Ci sono forme determinate da questo accrescimento che dipende dalle stagioni e dalla posizione della terra rispetto al sole: in inverno abbiamo un angolazione della luce che è più inclinata e quindi lo stromatolite cresce con lo strato di cellule che tende ad orientarsi verso una determinata direzione, in estate invece i raggi solari sono più perpendicolari e sono orientati in un altro modo. Il tutto poi è anche probabilmente diretto dalle maree che determinano il tipo di forma dello stromatolite.

Riepilogo:

- Sono bentonici ma soprattutto unicellulari e planctonici
- Le alghe verdi-azzurre o Cyanobacteria sono una delle principali linee evolutive dei Negibacteria.
- La fotosintesi è sempre presente, attuata mediante clorofilla a e pigmenti accessori detti ficobiline (pigmenti blu e rossi)
- Clorofilla a e ficobiline formano ficobillisomi sui tilacoidi
- Il prodotto di riserva principale è il glicogeno
- Vivono in un'ampia varietà di ambienti (sorgenti termali, laghi ghiacciati, simbionti di animali, funghi e piante superiori)
- Alcune specie coloniali marine formano depositi stratificati di carbonato di calcio, denominati stromatoliti, i cui reperti geologici coprono un periodo continuo di circa 3 miliardi di anni
- Grandi accumuli di questi organismi, in condizioni favorevoli, determinano l'arrossamento del Mar Rosso (Trichodesmium).
- Alcune specie sono anche azotofissatrici
- Dal genere Spirulina si ricavano farine alimentari e zootecniche
- Usate nella depurazione di acque reflue: demoliscono le sostanze organiche per chemiosintesi e si riproducono velocemente formando fitoplancton usato come mangime per pesci

Euglenozoa: uno dei gruppi algali unicellulari e fitoplanctonico. tra i gruppi fitoplanctonici oltre i cianobatteri abbiamo euglene, dinoflagellati, diatomee e aptofite. Euglene ha delle scaglie proteiche che stanno sotto la membrana, prive di parete ed elastiche perché sono anche eterotrofi (nelle acque dolci o salmastre eutrofiche) e quindi devono avere la capacità di inglobare le prede per mangiare. Anche se sono privi di parete cellulare ma hanno una serie di fibrille proteiche (pellicola) disposte elicoidalmente sotto la membrana plasmatica. L'altra particolarità è che il cloroplasto ha origine secondaria a partire dall'alga verde, infatti i cloroplasti hanno tre membrane e clorofilla A e B e diversi carotenoidi, un'altra particolarità è che non è nota la riproduzione sessuale, sappiamo solo che si riproducono per mitosi chiusa (la membrana nucleare permane). Le riconosco bene perché sono verdi. Sono unicellulari e prevalentemente di acque dolci, ma si trovano anche in aree intertidali ed eustarine (c'è un'unica classe a cui appartengono tre ordini). Hanno due flagelli di cui uno estremamente ridotto; nel citoplasma si accumula paramylon. Presenza di vacuolo contrattile per eliminare acqua in eccesso (tende a entrare per osmosi)

Chlorarachniophyceae: sono rari organismi unicellulari di acque marine, ameboidi e fotosintetici, che derivano da endosimbiosi secondaria con un'alga verde. Spesso hanno i flagelli ma in realtà su di loro si sa veramente poco. Hanno il nucleomorfo che sta tra la seconda e la terza membrana. Il cloroplasto deriva dall'endosimbiosi secondaria con un'alga verde, ha quattro membrane (le più interne sono quelle del cianobatterio) e clorofilla A e B. nel loro citoplasma si accumulano oli insaturi. Come nelle Cryptophyta (Regno Chromista), anche le Chlorarachniophyceae presentano un nucleomorfo all'interno dei plastidi che contiene una quantità estremamente ridotta di genoma

Myzozoa (dinoflagellati): prima tutti questi organismi stavano dentro i protozoi, solo recentemente si sono separate e sono state inserite nel Regno Chromista. Sono circa 4200 specie (sono un'unica classe che racchiude sei ordini), stanno nelle acque dolci e marine e la metà di queste specie fa fotosintesi mentre altre perdono i plastidi e quindi la capacità fotosintetica, questi ultimi sono eterotrofi e hanno perso secondariamente i loro plastidi ma esistono anche casi di dinoflagellati che hanno perso i loro plastidi originari e secondariamente riguadagnato dei plastidi da altre "alghe". Sono unicellulari e biflagellati, il flagello trasversale sta in un solco che si chiama cingulus mentre quello longitudinale in un solco che si chiama sulcus e permette alla cellula di muoversi nella colonna d'acqua. Fanno l'endosimbiosi con l'alga rossa e la simbiosi con i polipi (zooxantelle), in questo ultimo caso sono importanti per la formazione del corallo perché favoriscono la deposizione del carbonato che serve per lo scheletro, interessante è anche la luminescenza di questi organismi. Il cloroplasto ha tre membrane ma è un caso particolare perché gli altri con clorofilla A e C ne hanno quattro, hanno la clorofilla A e C perché l'endosimbiosi è con l'alga rossa non con la verde, hanno anche pigmenti e carotenoidi mentre nel citoplasma si accumula amido. La parete in alcuni è rinforzata da placche cellulosiche e prende il nome di teca; è divisa in ipovalva ed epivalva dal cingolo. Il corredo cromosomico è singolo e il ciclo vegetativo può prendere due vie: riproduzione asessuata o sessuata, all'occorrenza può fare la ciste. Si parla di isogamia perché i gameti sembrano uguali lo zigote si chiama planozigote e c'è la cisti zigotica quindi anche nella riproduzione sessuata si forma la cisti. Un'immagine conclusiva per quanto riguarda i dinoflagellati è quella

delle maree rosse o fioriture algali che avvengono quando c'è eutrofizzazione non per forza di origine antropica ma può essere anche naturale, un esempio è quando siamo all'inizio dell'estate perché c'è rimescolamento e upwelling cioè il rimescolamento dalle acque profonde e soprattutto di fosfati. Sono rosse per via dei carotenoidi

Haptophyta (coccoliti): possono essere unicellulari o coloniali e vanno a formare il fitoplancton marino. Sono responsabili della precipitazione del CaCO_3 perché prima di arrivare sul fondo il guscio si scioglie, se invece siamo in ambiente marino non troppo profondo, i coccoliti degli organismi morti sedimentano velocemente e contribuiscono alla formazione di alcuni tipi di rocce calcaree, infatti si dice che sono microfossili guida. Non hanno flagelli, sono flagellate solo a livello dei gameti; è presente una struttura simile ad un terzo flagello che si chiama aptonema, che è arrotolato ma può allungarsi e permettere alla cellula di ancorarsi al substrato. Il ciclo eteromorfo e aplodiplonte perché c'è l'alternanza tra gametofito e sporofito quindi si contrastano le due generazioni una che si chiama gametofito che genera gameti e una sporofito che genera le spore che sarebbe più corretto chiamare meiospore ma per definizione in botanica quando si dice spore di solito sono per meiosi (fino ad arrivare alle piante terrestri), non sono organismi esclusivamente unicellulari perché "l'apistonema stage" è il gametofito che è pluricellulare, se io pesco dinoflagellati li riconosco perché al 90% sono cellule aploidi mentre questi organismi al 90% sono diploidi, ad eccezione del gametofito sono unicellulari anche se il gametofito è comunque piccolo e formato da poche cellule. Sono fotosintetici ed hanno la clorofilla A e C, la struttura dei plastidi è uguale a quella delle Heterokontophyta e nel citoplasma si accumula una sostanza che si chiama crisolaminarina. Alcuni gruppi della classe Primnesiophyceae hanno piccole scaglie sulla superficie esterna della cellula: i coccoliti, costituiti da materia organica calcificata, riproduzione asessuale e sessuale con alternanza di generazioni, non ben studiati.

Esempio di fioritura: si vedono come delle schiume perché i coccoliti sono responsabili del deposito di carbonati, ma non è CaCO_3 puro ma sostanza organica con impregnazione di CaCO_3 e questo fa formare queste schiume

Heterokontophyta (diatomee): c'è da fare subito una distinzione: Euglene è un phylum a se, i dinoflagellati un altro, le aptofite un altro ancora mentre le diatomee non sono un phylum ma un sottoregno appartenente al phylum delle Heterokontophyta. È un gruppo estremamente diversificato che comprende sia specie unicellulari che coloniali ma anche macroalghe con un tallo complesso lungo fino a 60m e pesante 300kg. Sono organismi di acqua dolce o marina ma anche terrestri e possono essere sia autotrofi e fotosintetici (di cui fanno parte 14 classi) che eterotrofi. Negli autotrofi è presente clorofilla A e C e anche fucoxantine mentre nel citoplasma si accumula crisolaminarina. La membrana plastidiale più esterna è in continuità con il reticolo endoplasmatico del nucleo. In alcuni gruppi la parete cellulare è mineralizzata. I flagelli sono quelli che danno il nome al gruppo, sono due e ben distinti, orientati uno anteriormente (che si chiama sticonemato o pantonemato ed ha delle espansioni laterali ornamentate dette mastigonemi) ed uno posteriormente (flagello a frusta o acronemato, solitamente più corto e privo di espansioni). La riproduzione è sia sessuata che sessuata e c'è un'alternanza di generazioni. Alcuni gruppi sono patogeni per l'uomo e gli animali; altri hanno importanza economica. I principali gruppi sono gli oomiceti, le diatomee (Bacillariophyceae), le alghe giallobruno (Chrysophyceae) e le alghe bruno (Phaeophyceae)

Bacillariophyceae: sono unicellulari o coloniali di acque dolci o marine, in massima parte autotrofi. La massima diversità interspecifica si trova nel fitoplancton delle acque polari, ci sono anche specie epifite e bentoniche. Si calcola che siano responsabili del 25% della produzione primaria globale del pianeta, infatti sono fonte di carboidrati, acidi grassi, steroli e vitamine per animali acquatici, anche nelle maricoltura di ostriche. È presente un solo flagello, visibile soltanto in alcuni gameti maschili, la parete cellulare detta frustulo, è impregnata di silice e divisa in due metà sovrapposte, le teche (epiteca ed ipoteca). In molti frustuli si osserva un solco longitudinale, il rafe, che prende origine dai noduli polari, posti alle estremità dei frustuli, e può talora interrompersi al centro in corrispondenza di un nodulo centrale. I pigmenti degli autotrofi sono clorofille A e C e fucoxantina. Il materiale di riserva è dato da lipidi e dal polisaccaride idrosolubile crisolaminarina. La riproduzione prevalente è l'asessuale, il ciclo è diplonte. Dalla riproduzione sessuale derivano frustoli vuoti che sedimentano velocemente e si accumulano nei mari profondi (ad esempio diaspri). Il loro numero aumenta in primavera ed autunno, quando i venti rimescolano i mari e i laghi facendo arrivare la silice in sospensione. In condizioni sfavorevoli producono le auxospore, cioè le cisti di resistenza. C'è una diversità di forme unicellulari e ci sono due gruppi che si distinguono per il tipo di simmetria della cellula: gruppo a simmetria centrica e pennata. Le teche a simmetria radiale sono proprie del gruppo centriche (generalmente di acque marine e con cloroplasti numerosi) mentre quelle a simmetria bilaterale sono proprie del gruppo pennate (generalmente di acque dolci e con pochi cloroplasti). Centriche e pennate non si distinguono solo per la

simmetria ma anche nella riproduzione perché nelle centriche è di tipo oogamo e nelle pennate isogamo. La divisione mitotica continua fino a che le dimensioni non diventano troppo piccole, poi scatta la meiosi. In ambiente marino i gameti che vengono liberati sono i maschili mentre il gamete femminile sta dentro la teca (oogamia). La parete è divisa in due teche fatte di silice, una fa da scatola e una da coperchio. Nonostante siano prive di flagelli li hanno uno a livello gametico: quando c'è la riproduzione vegetativa epiteca ed ipoteca si dividono ma quella che si rigenera è solo l'ipoteca quindi l'epiteca è sempre più piccola, quando è troppo piccola fa la riproduzione sessuata. Tradizionalmente inquadrate in due ordini (Centrales e Pennales), in realtà all'interno della classe sono presenti almeno quattro gruppi, ancora in fase di studio: due di centriche (tra l'altro filogeneticamente abbastanza distanti tra loro) e due di pennate (quelle con rafe distinte da quelle senza). C'è addirittura chi propone di formare per ogni gruppo una classe a sé stante

15/11/2018 (NO SLIDE, E' UNA LEZIONE DI RIPASSO)

Se considero da un punto di vista di diversità filogenetica trovo differenze maggiori tra due specie che raccontano due storie evolutive molto diverse, inoltre ci sono cinque regni, animali piante funghi ecc.... in questo caso invece ho un regno solo dove ho piante terrestri, c'è qualche muschio che aumenta la diversità rispetto alle angiosperme ma il regno è uno ed è quello delle piante. Le alghe quindi sono molto importanti, non sono un gruppo monofiletico. C'è una sola endosimbiosi primaria e due secondarie ma di tipo diverso. nel diagramma si vede dove è collocata l'endosimbiosi primaria ed è importante rimarcare che il cloroplasto ha un'origine unica, non si è sviluppato indipendentemente tante volte. Invece per quanto riguarda l'evoluzione successiva attraverso l'endosimbiosi secondaria successiva ma sono due origini separate perché una è a partire dall'alga rossa e l'altra da quella verde. Quindi il cloroplasto ha origine unica mentre la secondaria è proprio di due tipi diversi, è quindi un evento evolutivamente parlando che è avvenuto indipendentemente due volte usando materiali di partenza diverso cioè due alghe diverse, una verde ed una rossa. Il cloroplasto è formato perlomeno da due membrane e questo è collegato alla parete che hanno i cianobatteri che è costituita da peptidoglicano con una membrana esterna quindi da un punto di vista funzionale è come se avesse due membrane che sono poi quelle del cloroplasto. Il polisaccaride di riserva in generale è l'amido ma è leggermente diverso a seconda del gruppo algale addirittura nei cianobatteri si parla di glicogeno, anche la posizione in cui viene immagazzinato è diversa, in generale le sostanze di riserva non stanno nel plastidio ma vengono immagazzinate nel cloroplasto, ad eccezione delle clorofite da cui si sono evolute le piante terrestri che hanno sviluppato l'amiloplasto e anche tra la terza e la quarta membrana, cioè tra le due più esterne, dove c'è anche il nucleomorfo. Nei pirenoidi c'è la rubisco per fissare la CO₂ che nelle clorofite e nei cianobatteri è nella forma di carbossisoma, cioè una forma poliedrica, infatti si parla a volte di corpi poliedrici. Un'altra cosa che differenzia i vari gruppi algali è la forma, ci sono forme diverse anche tra gruppi algali dello stesso phylum. La parete è molto spessa in alcune alghe e generalmente è composta da polisaccaridi che sono gelificati (quindi alla fine gelatina) e questo dà plasticità ma mantiene anche la forma, in molti casi queste pareti gelificate. Si parla di tessuto quando le cellule sono strettamente connesse l'una con l'altra e hanno la stessa origine e questa è la cosa principale perché ci permette di distinguere le clorofite che hanno filamenti che formano un tallo complesso ma non è un tessuto perché ogni filamento ha un proprio accrescimento, nel caso dei tessuti l'origine è la stessa. Non c'è una differenziazione spinta come nelle piante terrestri ma c'è. Ci sono anche vari tipi di ciclo riproduttivo. Ciclo diplonte: gamete maschile e femminile vengono prodotte dallo stesso individuo ma in due strutture diverse; l'individuo porta anteridi e oogoni e queste strutture alloggiano in concettacoli e ricettacoli c'è un tentativo di proteggere le strutture riproduttive ma è solo un tentativo perché le strutture protettive non sono completamente chiuse. Una volta liberati i gameti avviene la gamia e si forma lo zigote. Le spore in botanica quasi sempre per definizione sono le cellule che di solito vengono originate dalla meiosi proprio perché nelle piante il ciclo più diffuso è aplodiplonte quindi quando si parla di spore in botanica si parla di spore che si originano dalla meiosi mentre ci sono casi in cui si originano per mitosi. Le rodofite hanno un ciclo trigenetico, con tre generazioni e questo ha un vantaggio sia ecologico che evolutivo: ho poco incontro tra gamete maschile e gamete femminile perché non sono flagellati quindi ho pochi zigoti perché perdo tanti gameti perché non sono flagellati e per aumentare gli zigoti ho inventato il carposporofito.

Alge brune: sono pluricellulari a tallo complesso, quasi tutte dei mari temperati, boreali e polari. Alcune dominano le coste rocciose delle regioni più fredde (Fucales) e formano praterie al largo delle coste, altre possono spingersi anche fino alla profondità di 20-30 m in acque limpide (Laminariales). Il genere *Sargassum* invece forma enormi masse galleggianti nell'Oceano Atlantico. Il tallo è a filamenti ramificati o pseudoparenchimatoso, le Laminariales possono raggiungere 60 m di lunghezza e 300 kg di peso ci sono plasmodesmi ma non desmotubuli in alcuni generi, come *Laminaria*, *Macrocystis* e *Nereocystis*. Il tallo si differenzia in regioni dette lamina, stipite e ventosa, la crescita è sostenuta dall'attività di una regione meristemica posta tra stipite e lamina. Le alghe brune tipo *Laminaria* hanno anatomia complessa, le cellule hanno "placche cribrose" al centro dello stipite a volte anche traslocazione laterale dei fotosintati (mannitolo) in alghe brune dallo spessore consistente. In alghe brune tipo *Fucus* e *Sargassum* il tallo è ramificato dicotomicamente e sulle ramificazioni si formano aerocisti e alcune mancano di ventosa. L'accrescimento avviene per ripetute divisioni di una singola cellula apicale (non esiste un meristema). I pigmenti sono clorofille A e C, ci sono anche molti carotenoidi, tra cui abbondante fucoxantina numerosi plastidi discoidali simili a quelli delle alghe giallo-brune e delle diatomee. Spesso i plastidi contengono un pirenoide, attorno a cui si accumula amido (es. *Ectocarpus*). Il materiale di riserva è dato dalla laminarina. Molte sono coltivate per alimentazione in Estremo Oriente, alcune forniscono algina, una sostanza usata come stabilizzante in molti settori industriali

La riproduzione asessuale avviene per mezzo di zoospore mentre la sessuale con alternanza di generazioni; il ciclo è aplodiplonte. Ci sono strutture cellulari simili a quelle delle Bacillariophyceae, ci sono notevoli quantitativi di polisaccaridi intorno al cloroplasto. La parete è fatta di cellulosa e da una componente amorfa composta da acido alginico e fucoina, in rapporto variabile in funzione della specie, della parte del tallo e delle condizioni ambientali (fucoina comprende unità solforate).

La calcificazione avviene solo in poche specie del genere *Padina*, si osservano cristalli di aragonite disposti in bande concentriche, mentre nei talli parenchimatici ci sono i plasmodesmi, raggruppati nei gruppi più evoluti e separati nei più primitivi. Citoplasma continuo tra una cellula e l'altra.

Flagelli e stigm: ci sono sia cellule mobili (zoospore o gameti) mentre non ci sono mai cellule vegetative (talli pluricellulari). Sono anche presenti un lungo flagello pantonematico, con peli tripartiti e rivolto anteriormente ed un corto flagello a sferza rivolto posteriormente (è più lungo nelle Fucales). Un rigonfiamento sistemato in una depressione del corpo cellulare dove si trova lo stigma (40-80 globuli lipidici collocati nel cloroplasto tra i tilacoidi esterni e il rivestimento), alla base del flagello posteriore, ospita il fotorecettore, forse una sostanza simile a flavina. Il più intenso stimolo fototattico è fornito da luce a 420 e 460 nm.

Cloroplasti: sono circondati da rivestimento e doppia membrana di R.E. In alcuni gruppi la membrana esterna del R.E non è collegata a quella del rivestimento nucleare (Dictyotales, Laminariales, Fucales). È presente la A, C1 e C2, la fucoxantina e i pirenoidi solo in alcune specie anche se non sono presenti in tutte le fasi del ciclo vitale (es. solo nell'oosfera o nelle spore ma non negli spermatozoidi o nelle cellule vegetative). Esternamente al cloroplasto, ma vicino al pirenoide, c'è una vescicola di laminarina (glucano con legami beta-1,3). Il prodotto primario della fotosintesi è D-mannitolo, usato anche per garantire equilibrio osmotico. Anche al buio l'assorbimento di carbonio inorganico è stimolato dalla luce blu

Fisodi: I fisodi o vescicole di fucosano contengono composti fenolici sotto forma di un fluido acido trasparente e rifrangente, astringente in soluzione acquosa. Si formano nei cloroplasti e ne sono poi espulsi circondati da membrana, si ossidano facilmente in aria e producendo il pigmento ficofeina (marrone o nero). In condizioni di laboratorio inibiscono la crescita di alghe unicellulari, forse per la capacità di denaturare le proteine. È probabile che regolino la presenza di endo ed epifiti.

Cicli biologici: il ciclo è aplodiplonte, con meiosi in sporangi uniloculari e gameti formati su gametangi pluriloculari. Alcune specie producono, oltre a sporofito e gametofito, un tallo filamentoso microscopico detto pletismotallo, che può produrre spore di vario tipo dalle quali derivano altri pletismotalli, sporofiti o gametofiti. I talli sono complessi, con modelli di accrescimento di diverso tipo: diffuso (tutte le cellule capaci di dividersi), apicale (tallo derivante dalla attività mitotica di una singola cellula apicale), tricotallico (divisione dipleurica di una cellula, che forma un tallo compatto da un lato e filamentoso dall'altro), promeristemico (divisione di cellule subapicali), intercalare (cellule meristematiche che danno origine a tessuto sopra e sotto), meristodermico (con strato di cellule periferiche che si dividono in senso opposto, nell'ordine si formano cortex e meristoderma). Le attività cellulari in fase riproduttiva sono controllate da ormoni sessuali, che in particolare mediano l'emissione esplosiva di spermatozoidi dagli anteridi e l'attrazione degli spermatozoidi verso i gameti femminili. Si tratta di olefine a 8-11 atomi di C, idrofobici e molto volatili (evitano l'accumulo cronico). Sono composti diversi nei diversi gruppi: ectocarpene da *Ectocarpus*, desmarestene da *Desmarestia*, lamoxirene da *Laminaria*, multifidene da *Cutleria multifida*, dictiopterene da *Dictyota dichotoma*, fucoserratene da *Fucus serratus*.

Sono presenti sette ordini:

Ectocarpales: C'è un'alternanza di generazioni isomorfe. Riproduzione isogama, anisogama o oogama. Talli filamentososi più o meno ramificati, con uno o più plastidi nastriformi, pseudoparenchimatici e parenchimatici generalmente eterotrichi: disco basale e parte eretta filamentosa, bulbosa o fogliosa; le due parti possono essere equivalenti o una prevalente sull'altra. Fanno parte le Ectocarpaceae (talli a filamenti liberi) in cui si trova Ectocarpus, che ha talli ramificati uniseriati, con sistema strisciante ed eretto. Il ciclo è aplodiplonte con alternanza di fasi isomorfe; lo sporofito produce sporangi uni o pluriloculari, che rilasciano tra le sei e le dodici spore. Gli sporangi pluriloculari sono ramificazioni laterali modificate che possono contenere, a seguito di ripetute divisioni mitotiche, fino a 660 cellule che germinano alcune ore dopo il rilascio e riproducono un tallo sporofitico. La cellula madre degli sporangi uniloculari è sferica e ha un grande nucleo. Dopo la meiosi, un nucleo e un cloroplasto si associano e si rivestono di citoplasma e parete, formando una zoospora aploide. In uno sporangio si formano fino a 32 zoospore, che germinano entro due o tre ore per produrre talli gametofitici. I gametofiti producono solo sporangi pluriloculari che differenziano isogameti o zoospore. I gameti femminili emettono l'ormone sessuale ectocarpene, che attrae i gameti maschili, lo zigote germina entro due o tre giorni

Desmarestiales: l'accrescimento è di tipo tricotallico, ci numerosi cloroplasti discoidali. C'è un'alternanza di generazioni eteromorfe, i gametofiti sono piccoli e filamentososi, mentre gli sporofiti sono grandi e parenchimatici. Abbiamo un'alternanza di generazioni eteromorfe: grande sporofito con tallo complesso e gametofito piccolo e filamentoso. La riproduzione è oogama, lo sporofito ha un accrescimento tricotallico, con asse maggiore corticato (gli sporofiti possono crescere fino a 2-3m, nel sublitorale di acque fredde di entrambi gli emisferi). Sporangi uniloculari prodotti in inverno sugli sporofiti, zoospore aploidi che germinano poco dopo il rilascio gametofiti eterotallici, si accrescono in luce rossa e differenziano i gameti in luce blu o bianca. Le oosfere stanno all'apice di oogoni ed emettono desmarestene, ectocarpene e viridene che inducono l'apertura degli anteridi e attraggono gli spermatozoidi.

Cutleriales: accrescimento tricotallico e tallo flabelliforme in almeno una generazione. Riproduzione anisogama con alternanza di generazioni iso (Zanardinia) o eteromorfe (Cutleria), gli sporofiti hanno sporangi uniloculari, gametofiti eterotallici e anisogami. I talli sono appiattiti, l'accrescimento è tricotallico. Cutleria: in acque calde dell'emisfero boreale, con gametofito eretto, laminare, a ramificazione dicotomica e produzione di peli uniseriati all'apice della lamina (per accrescimento tricotallico). I gameti maschili e femminili stanno su talli diversi, la riproduzione anisogama e i gameti femminili emettono multifidene, che è un composto molto volatile a basso peso molecolare che attrae i gameti maschili poco dopo la gamia. Lo zigote inizia a dividersi per formare lo sporofito. I gameti femminili non fecondati danno origine a nuovi gametofiti, lo sporofito consiste di una struttura colonnare circondata da un'espansione laminare, aderente al substrato, sulla quale sono portati gli sporangi uniloculari.

Laminariales: meristemi intercalari, numerosi cloroplasti discoidali privi di pirenoide. Gametofiti piccoli, filamentososi ad accrescimento apicale. Talli diploidi di grandi dimensioni, parenchimatici suddivisi in rizoide, cauloide e filloide laminare. Alternanza di generazioni eteromorfe (sporofito grande, gametofiti eterotallici microscopici, forse con il coinvolgimento di cromosomi sessuali), la riproduzione è oogama, lo stigma generalmente assente. Stanno nei mari freddi di tutto il mondo, anche perché la gametogenesi è impedita a temperature maggiori di 10° C. Hanno meristemi intercalari tra cauloide e filloide e meristoderma.

Alcuni generi sono importanti da un punto di vista economico: algina (Macrocystis) per gelati, pasticceria, vernici e prodotti farmaceutici, medicina tradizionale (Laminaria, Nereocystis), fertilizzanti, foraggio e anche per l'alimentazione umana ("Kombu" in Giappone; "Haidai" in Cina).

Hanno tre tipi di tessuto: medulla, cortex, epidermide. Nel cauloide si sviluppano cellule cribrose con placche cribrose di dimensione variabile in funzione della specie e della presenza o meno di callosio. Mancano cellule compagne e collaborano al trasporto attivo di fotosintati (principalmente mannitolo); i pori delle placche cribrose si sono evoluti dai plasmodesmi sporangi uniloculari indotti da giorno corto i gametofiti maschili producono anteridi trasparenti; i gameti femminili producono lamoxirene, ormone sessuale che causa l'emissione dei gameti maschili. Classificazione: Chordaceae sporofito cavo, a frusta, senza cauloide e filloide; gametofiti monoici, di queste fa parte Chorda. Laminariaceae cauloide semplice, sporangi raggruppati non su organi specializzati, comprende Laminaria e Sacchorhiza. Lessoniaceae meristemi intercalari divisi = cauloide ramificato, fanno parte Lessonia, Postelsia, Pelagophycus, Nereocystis e Macrocystis. Alariaceae sporangi su sporofilli, fa parte Alaria.

Sphacelariales: la divisione delle cellule figlie avviene su piani longitudinali (talli polisifonati); numerosi cloroplasti discoidali senza pirenoidi; alternanza di generazioni isomorfe; riproduzione isogama, anisogama o oogama. Talli ad accrescimento apicale e struttura polisifonata (cellule figlie si dividono longitudinalmente) a ramificazione regolare riproduzione asessuale per mezzo di propaguli riproduzione sessuale iso o anisogama (generi Sphacelaria e Stypocaulon)

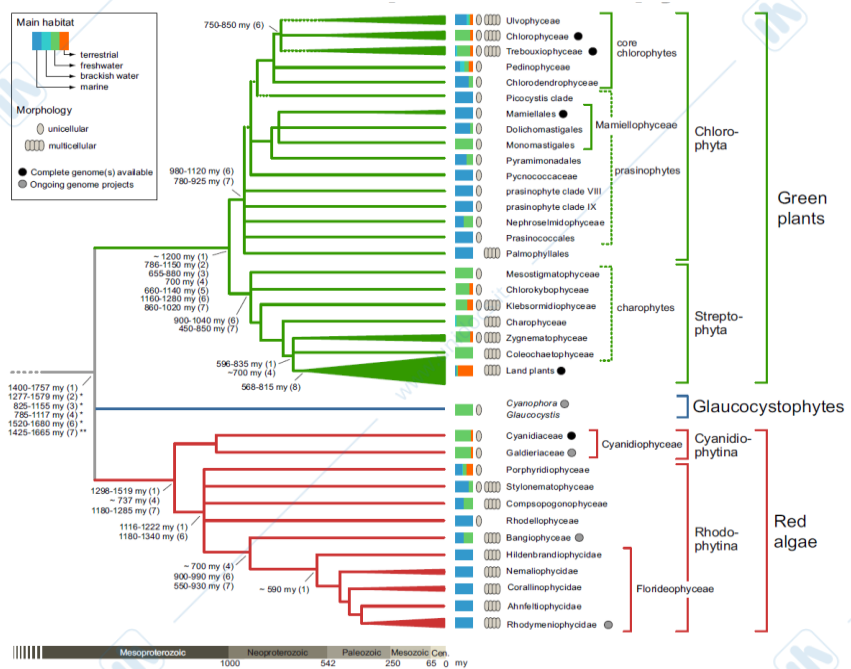
Dictyotales: numerosi cloroplasti discoidali senza pirenoidi; alternanza di generazioni isomorfiche; riproduzione oogama. Talli eretti, gametofiti e sporofiti parenchimosi, caratterizzati da accrescimento con singola cellula apicale (può esserci anche accrescimento marginale), laminari e parenchimatici. Si trovano nei mari caldi di tutto il mondo alternanza di generazioni isomorfiche sporangi uniloculari contenenti 4-8 aplanospore riproduzione sessuale oogama (un' oosfera per oogonio; 650-1500 spermatozoidi per anteridio spermatozoidi con un solo flagello pantonemato, ma due corpi basali)

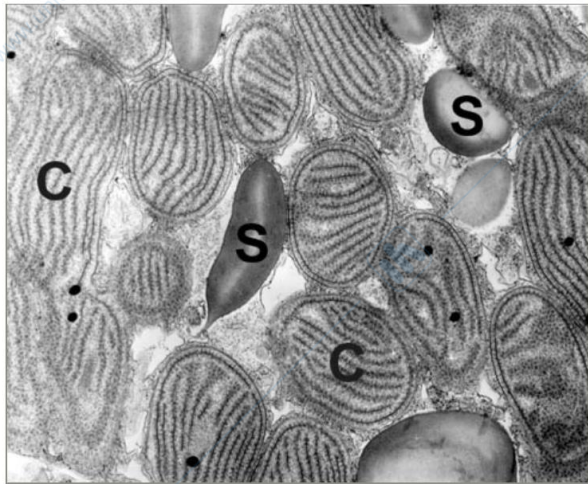
Fucales: numerosi cloroplasti discoidali; ciclo diplonte; riproduzione oogama. Talli parenchimatici accrescimento con singola cellula apicale, promeristemato e meristodermico. Ciclo diplonte, riproduzione oogama gameti prodotti in speciali strutture (conzettacoli); talli monoici o dioici conzettacoli dispersi sulla superficie del tallo o raggruppati in ricettacoli all'apice delle ramificazioni mari di tutto il mondo, ma generi delle acque temperate e polari dell'emisfero boreale diversi da quelli delle acque temperate e polari dell'emisfero australe. Fucus: tallo ramificato dicotomicamente ramificazioni appiattite con venatura centrale sporgente e ali laterali con criptoblasti (depressioni con peli sterili che facilitano l'assorbimento di nutrienti). Si suddivide in epidermide, cortex e medulla cisti aerifere all'apice delle ramificazioni gameti maschili attratti verso quello femminile dal feromone fucoserratene, emesso dall'oosfera zigote con modello di sviluppo complesso; giovane sporofito ad accrescimento tricotallico, poi apicale.

Classificazione: Sargassaceae: cellula apicale del tallo piramidale; ramificazioni specializzate con strutture laminari, cisti aerifere e ricettacoli. Sargassum: in mari caldi, generalmente galleggiante (comprende Cystoseria). Himanthaliaceae: talli differenziati in una porzione basale conica sterile e una fertile apicale nastriforme (Himanthalia). Fucaeeae: cellula apicale piramidale nei talli maturi (Fucus, Ascophyllum, Pelvetia)

Alge rosse: Nel 2004 sono state elevate in sottoregno e sono state divise in due Phyla: Cyanidophyta e Rhodophyta. Nel grafico si vede molto bene la dimensione della ramificazione, la dimensione del rametto è collegato al numero di specie e infatti si vede che le piante terrestri hanno il maggior numero di specie perché il rametto è più grande. Nelle alge rosse ci sono varie linee evolutive, le Rhodophyta in senso stretto hanno accanto il quadratino blu,

perché sono marine. Ci sono due nomi molto importanti, Cyanidophyta e Rhodophyta che a livello tassonomico sono divisioni. Invece i livelli tassonomici successivi sono classi, poi sottoclassi e poi gli ordini (che finisco in ales). La cosa fondamentale da sapere delle alge rosse è che sono unicellulari e che stanno in ambienti estremi. Per quanto riguarda le alge rosse in senso stretto è importante sapere che sono un ampio gruppo di alge coralline che si trova principalmente in mari profondi. Ci sono sostanze di riserva (granuli di amido delle floridee, simile al glicogeno), parete cellulosa e agar. È tipica la calcificazione algale e le pit connections (o sinapsi). La riproduzione può essere asessuata oppure abbiamo un ciclo trigenetico, sono riserva di carboidrati. Sono un ampio gruppo formato da 680 generi e circa 4000-6000 specie, particolarmente comune in acque marine calde generalmente pluricellulari con tallo complesso. Solitamente sono attaccate a un substrato anche a oltre 200 metri di profondità. Sono fotosintetiche, con clorofilla A e ficobiline, in più hanno pigmenti adatti ad assorbire la luce blu-verde e verde del mare profondo. I cloroplasti sono simili a quelli delle Glaucophyta, ma senza peptidoglicano tra le due membrane, sono prive di flagelli in qualsiasi stadio del ciclo vitale. La riproduzione è asessuale e avviene per mitospore, i cicli sessuali sono complessi e spesso con gametofito, carposporofito e tetrasporofito (è presente la terza generazione). Sono una fonte di carboidrati (agar e carragenine).





Nell'immagine si vede un insieme di cloroplasti (l'altra immagine è un cloroplasto) e da un punto di vista citologico è un pezzo di cellula, è una foto dentro il citoplasma. La lettera C rappresenta il cloroplasto mentre la lettera S rappresenta l'amido. Le Rhodophyta si dividono in tre sottodivisioni:

Rhodellophytina: è formata da due sole specie ed è un ramo piccolo, poco diversificato rispetto agli altri, unicellulari a riproduzione asessuata.

Metarhodophytina: ha un numero di specie maggiori e si differenzia di più, unicellulari a riproduzione asessuata e se c'è la sessuata il ciclo è digenetico.

Eurhodophytina: genera tutto il resto ed è la più importante. È la sottodivisione che ci interessa di più. Eurhodophytina vuol dire "vero" cioè sono le vere alghe rosse. Nel grafico si vede che sono rappresentate da

disegni che rappresentano il ciclo trigenetico, altri disegni hanno a che vedere con le cellule ausiliarie a partire dai carpogoni. Una panoramica generale si può fare per vedere come sono fatte sia da un punto di vista tassonomico che esterno per quanto riguarda la struttura del tallo. Nella figura A si vedono cellule singole dentro una massa gelatinosa, quindi è una colonia. La figura B esternamente non si sa come è fatta dentro l'alga, il tallo è articolato, ramificato e multiassiale, cioè ci sono assi e filamenti che si intrecciano. Le figure C e D sono più complesse perché hanno un tallo che è formato da una porzione che si chiama ipotallo e una epitallo e anche se sono due forme completamente diverse a prima vista entrambe fanno parte della stessa sottoclasse. Poi abbiamo forme laminari come E, e uniassiali come F e questo è l'esempio opposto di B: la struttura all'esterno sembrerebbe come B, ma in B sono tanti filamenti che si intrecciano mentre in F è un singolo filamento centrale che ramifica. G è un classico esempio di filamento uniseriato. H è una struttura particolare. Associato ai vari nomi ci sono esempi della struttura morfologica esterna e di come è costituito il tallo (vedere slide numero 9 lezione 7).

Appartenente alla sottodivisione Eurhodophytina ci sono due classi: le Bangiophyceae con ciclo digenetico e crescita diffusa, e le Florideophyceae con ciclo trigenetico sono e accrescimento apicale. Sono tutte e due pluricellulari

Bangiophyceae: ci sono circa 182 specie con cellule uninucleate, quindi sono più semplici. Si tratta di strutture laminari monostromatiche o bistromatiche. La lamina può essere una singola lamina di cellule o due. Si parla di prototricogini, cioè degli allungamenti che servono per captare gli spermazi perché i gameti maschili non sono flagellati. Il gametofito è macroscopico, lo sporofito è filamentoso con pit-connections, c'è una differenza tra gametofito e sporofito, si vede che la lamina vegetativa e quella dove sono raggruppati i gametangi sono diverse e la differenza non sta nella struttura perché è uguale, le cellule sono sparse in una struttura laminare e la differenza sta nella densità del colore che corrisponde a un numero di cellule maggiore (che potrebbe essere in divisione). Lo stesso per i femminili che si riconoscono ad un livello successivo quando si formano i carpogoni con il prototricogino che esce fuori dalla lamina. Ci sono pochi cloroplasti (da uno a tre) in posizione assiale, il tallo è unicellulare o pluricellulare e si accresce per divisioni cellulari intercalari. Non ci sono plasmodesmi e tutte le cellule conservano la capacità di dividersi (crescita diffusa). Il ciclo si dice digenetico, con le concospore che sono simili alle tetraspore. In condizioni di giorno lungo lo sporofito emette delle monospore, in giorno corto forma concosporangii dove per meiosi si formano le concospore n. La risposta al fotoperiodo è mediata da un fitocromo sensibile alla luce rossa (possibile solo in acque basse). Le specie del genere *Bangia* hanno filamenti eretti inizialmente uniseriati, poi multiseriati a seguito di divisioni longitudinali e radiali delle cellule, si trovano in acque dolci o marine. Il ciclo vitale è simile a *Porphyra* che è usata come alimento (per la produzione di nori in Giappone e di laver in Canada) perché è altamente nutriente. Nel ciclo all'inizio ho una situazione in cui la spora n germina e all'inizio consiste in un filamento che è uniseriato e poi si divide longitudinalmente e forma la lamina. L'organizzazione è semplice e questa struttura a forma di lamina l'abbiamo vista nelle alghe verdi, nello specifico nella lattuga di mare. La germinazione della concospora (che è sempre una meiospore) germina e genera un filamento che si divide longitudinalmente e diventa una lamina che ha la possibilità di formare gametangi maschili o femminili che si chiamano carpogoni ma anche queste parti che hanno queste tendenze ad uscire che sono i prototricogini, che sono dei prolungamenti della cellula uovo che servono per captare gli spermazi. Dopo la fecondazione vengono rilasciate le carpospore che sono 2n e formano lo sporofita e che hanno delle connessioni. Si possono formare anche le monospore quindi si può fare la riproduzione asessuata e si possono formare le meiospore che si chiamano concospore. Il ciclo

per definizione coinvolge due generazioni. È un genere famoso per la produzione del nori e del laver. La riproduzione vegetativa prosegue nella stagione estiva quando le T dell'acqua sono più adeguate per una riproduzione rapida. *Porphyra gardneri* vive nelle zone intertidali in acque fredde. Il tallo è gametofitico laminare formato da uno strato o due di cellule (nel primo caso si chiama monostromatico, nel secondo distromatico) ed è ancorato al substrato per mezzo di un rizoido. La riproduzione è asessuata e avviene per monospore, mentre la sessuata avviene mediante carpogoni modificati che producono i prototricogini sottoforma di rigonfiamenti della parete cellulare. Gli spermatangi producono ognuno 64 spermazi e quando entrano in contatto con il tricogino stimolano la formazione di un canale di fertilizzazione attraverso cui migra il nucleo dello spermazio. I carpogoni fertilizzati producono ciascuno dalle due alle quattro carpospore $2n$ che vengono rilasciate dal tallo gametofitico, germinano e producono uno sporofito filamentoso (siamo nello stadio a conchocelis) che di solito sta sulle conchiglie.

Florideophyceae:

Pit-connection: La grande maggioranza delle alghe rosse ha un tallo notevolmente elaborato che si costituisce attraverso l'aggregazione di numerosi filamenti cellulari nei quali le singole cellule sono collegate attraverso una complessa sinapsi. Sono perforazioni circolari del setto intercellulare, visibili subito dopo la mitosi, quando tra le due cellule figlie si forma una parete incompleta (sinapsi primarie). A livello della perforazione si depositano strati di membrane tubulari del reticolo endoplasmatico, che depositano materiali glicoproteici attorno all'apertura, formando così un'occlusione (pit plug), probabilmente con funzione meccanica. Nei gruppi primitivi l'occlusione è nuda, mentre in quelli più evoluti è rivestita di membrane (cap membranes). Le sinapsi possono formarsi anche quando due cellule si fondono: in tal caso si tratta di sinapsi secondarie.

Le alghe brune e rosse hanno inventato due cose particolari proprio a contatto con le cellule, solo che sono due cose diverse perché per quanto riguarda le alghe brune servono per favorire e aumentare gli scambi citoplasmatici, per le rosse servono per evitarli ed incrementare la resistenza meccanica. Il volume lo fanno le ramificazioni o attraverso un asse singolo o molti assi, il tutto è immerso nella gelatina di agar e alla fine la funzione fotosintetica avviene solo negli strati periferici.

L'altra particolarità di questa classe è il ciclo trigenetico: le modificazioni avvengono solo a livello del carposporofito. Lo sporofito che fa meiosi è il tetrasporofito mentre il gametofito è come quello delle alghe brune. Nello sporofita le cellule riproduttive sono i tetrasporangi che fanno tetraspore n perché si formano per meiosi. Queste cellule n fanno mitosi e formano il gametofito e si parla di eterotallia perché sono a sessi separati (se stanno sullo stesso tallo si parla di omotallia). Gli apparati maschili e femminili producono gameti e quindi sono i gametangi e nel caso specifico delle alghe rosse si chiamano spermatangi e carpogoni quelli maschili e femminili rispettivamente. Nelle alghe si formano molti gameti, di più sulla linea maschile, ma nel caso specifico delle alghe rosse di spermazi ne vengono prodotti tanti ma la cellula femminile è una sola ed è il carpogonio che ha il tricogino che capta gli spermazi e li cattura e che spesso è lungo ed esce dal tallo. Lo spermazio viene captato grazie al tricogino e trasferisce il nucleo che una volta catturato fa la fecondazione. Interviene anche la cellula ausiliaria che non tutti hanno, il carpogonio va incontro a una serie di modifiche per formare il carposporofito che è $2n$. La terza generazione c'è ed è piccolina, spesso è alloggiata in strutture che prendono il nome di cistocarpo e serve per aumentare gli zigoti. Questo perché gli spermazi non hanno flagelli quindi ne vengono prodotti tanti perché tanti ne vengono persi. La terza generazione serve quindi per aumentare l'efficacia della fecondazione aumentando gli zigoti. Il carposporofito è piccolo, sono poche cellule e poi gli zigoti verranno liberati come carpospore che germinano e originano il carposporofito che è $2n$.

Ahnfeltiophycidae: è una sottoclasse di cui non si sa molto, anche perché è piccolina e poco significativa. Il tallo è gametofitico e multiassiale, con sinapsi secondarie in corrispondenza della fusione laterale tra le cellule degli assi (sinapsi secondarie: quando i filamenti si trovano vicini e quindi le cellule adiacenti si fondono tra loro attraverso le pit-connection. Sono cellule appartenenti allo stesso filamento ma possono avvenire quando cellule di filamenti diversi sono vicini e questo aumenta la resistenza del tallo). I gametofiti maschili possono formare monosporangi per la riproduzione asessuale, il tallo del tetrasporofito è crostoso, con fusione laterale tra cellule ma senza sinapsi secondarie. I tetrasporangi sono riuniti in gruppi detti sori.

Nemaliophycidae: sono una sottoclasse, hanno talli uniseriati e si vedono bene le tetraspore. Comprende due ordini:

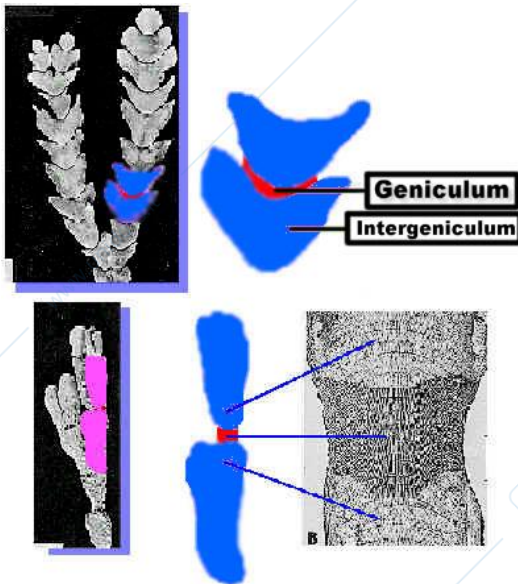
Acrochaetiales: i cloroplasti hanno forma, dimensioni e numero variabili nei diversi generi. Il ciclo è trigenetico ma non ci sono le cellule ausiliari, infatti è un gruppo antico. Dopo l'arrivo dello spermazio e dopo la fecondazione ci sono una seconda e una terza divisione che forma i gonimoblasti che non sono altro che i filamenti del carposporofito e alle cui estremità si formano carposporangi e quindi carpospore. È un tallo filamentoso e uniseriato, il ciclo non ha niente di diverso da quelli già visto. Fa parte di questo ordine *Rhodochorton purpureum* che fa riproduzione asessuale per monospore. Ha gametofiti monoici, con

spermatangi di gruppi di quattro-sei, carpogoni sessili che si dividono in quattro cellule dopo la fecondazione. La cellula apicale a sua volta si divide in tre cellule e ciascuna cellula figlia origina i gonimoblasti che portano le carpospore. Ha distribuzione circumpolare in entrambi gli emisferi ed è assente nelle aree tropicali e subtropicali. È una specie comune che occupa una vastissima gamma di habitat.

Nemaliales: è molto comune nei mari temperate boreali, è l'ordine che da il nome al genere. Ha talli multiassiali cilindrici, soffici e gelatinosi, che possono raggiungere i 25cm e con poche ramificazioni dicotomiche. In sezione trasversale si osservano molti filamenti al centro, riccamente ramificati alla periferia. La parte periferica è quella che fa fotosintesi e le ramificazioni periferiche si estendono perpendicolarmente ai filamenti centrali e sono tutte della stessa lunghezza. Rispetto alla periferia del gametofito (costituito da talli eretti multiassiali) circolare si vedono come dei pelucchi che escono, sono i tricogini che escono fuori. È presente un ramo carpogonale laterale formato dalle quattro alle sette cellule, provvisto di tricogino che appunto sporge dalla superficie. La superficie esterna del tallo è data dalla giustapposizione degli apici dei rami laterali, mentre nella parte esterna si trovano i cloroplasti.

Il ciclo è caratterizzato da omotallia, non ci sono cellule ausiliarie ma sono presenti cellule basali da cui deriva il carpogonio stesso e che sono importanti perché dopo la gamia il carpogonio si divide in due cellule, la superiore che forma i gonimoblasti, che consistono sostanzialmente nel carposporofito, e l'inferiore che si fonde con le cellule ipogine e diventa una cellula più grande che continua a nutrire il carposporofito che si sta formando sopra. Questa è la funzione che vedremo nelle cellule ausiliari, qui la cellula ausiliare non c'è ma le cellule basali hanno più o meno la stessa funzione. Le generazioni sono diverse, il gametofito è diverso dallo sporofito, le tetraspore germinano in condizioni di giorno corto, quindi in condizioni sfavorevoli.

Corallinales: fanno parte della stessa sottoclasse, sono costituite da forme articolate e non articolate. Sono caratterizzate da forti incrostazioni di calcare, ci sono le pit-connection che sono più grandi di quelle delle altre sottoclassi. Sono alghe con forti incrostazioni di calcare, gli organi riproduttori stanno in strutture specializzate dette concettacoli (che sono cavità che si aprono sulla superficie del tallo tramite uno o più pori), i gametofiti sono dioici, il carposporofito si sviluppa nei concettacoli a partire da una cellula placentale che deriva dalla fusione delle cellule ausiliarie conseguente alla fusione del carpogonio con una cellula ausiliaria. Il tallo è diviso in ipotallo (basale o interno) con cellule grandi, e peritallio (in alto o esterno) con cellule piccole a seconda che siamo in forme articolate o non geniculate, cioè crostose, dove i talli sono a forma di disco o di noduli con cellule copritrici nello strato superiore. Ci sono concettacoli, siamo in eterotallia, non ci sono filamenti, sembra quasi un parenchima e la situazione è la stessa sia che si parli di forme articolate che crostose.



Le articolate però hanno delle porzioni geniculate (quelle riportate in rosso), cioè senza calcare e questo permette al tallo di essere un po' più mobile. Sono dioiche, cioè a sessi separati e i concettacoli prendono il nome di nemateci. il concettacolo in qualche modo già preannuncia la formazione della cistospora.

Per definizione il tallo non ha veri tessuti e non ha un'organizzazione in organi veri e propri come ha il corno, in aggiunta a questo le parti riproduttive non devono essere protette da cellule vegetative, cioè non ci devono essere frutti o semi ma abbiamo già trovato strutture con tentativo di proteggere le cellule riproduttive e qui ce ne sono altri che si chiamano cistocarpi. È comunque un tallo perché non sono proprio chiusi questi cistocarpi, rimangono comunque aperti attraverso un poro. Il ciclo delle Corallinales è trigenetico e non cambia niente rispetto agli altri

Gelidiales: sono ricche di mucillagini, hanno rami carpogoniali con singola cellula, cioè con solo il carpogonio e senza cellule ausiliarie. Si trovano anche sulle nostre scogliere, ci sono cellule ausiliarie ricche di mucillagini ramificate. C'è un asse principale che si ramifica e che continua a ramificarsi a sua volta. Nella foto si vedono anche i tricogini che escono. Come avviene la riproduzione: le parti riproduttive stanno nel gametofito, il carpogonio fuoriesce ed ha le cellule ausiliarie, dopo la fertilizzazione il carpogonio si ingrossa per espandere i tessuti esterni che sono quelli del gametofito e il tutto si trova ad essere dentro il cistocarpo, le singole cellule non si distinguono e il ciclo è trigenetico, il gametofito e lo sporofito sono uguali, le tetraspore possono essere cruciate o possono esserci divisioni tetraedriche. Il tallo è uniassiale e molto ramificato. La terza generazione

non aggiunge niente di più rispetto al ciclo aplodiplonte classico, è solo una generazione molto ridotta che a volte è quasi completamente protetta dal cistocarpo e per mitosi fa le spore.

Gracilariales: è un ordine più "moderno" composto da organismi con talli laminari o fogliosi. Sta nell'emisfero boreale (quindi sta nei mari caldi principalmente) e comprende circa un centinaio di specie. La cellula ausiliaria viene prodotta dopo la fecondazione, sono ricchi di mucillagine mentre le Corallinales hanno tanto carbonato di calcio. I talli sono laminari o fogliosi e si accrescono tramite una cellula apicale che si divide su due lati. I gametofiti sono uguali ma a sessi separati, l'organo femminile produce i carpogoni. Il carpogonio dopo la fusione quindi è $2n$ si divide in due, la parte superiore forma il carposporofito e quella inferiore si fonde con le cellule di supporto a formare la cellula nutritiva. Qui invece forma una cellula di supporto, queste fusioni possono avvenire anche a partire dal carposporofito. Gametofito e sporofito sono identici, ci sono dischi parenchimatosi che si accrescono verso l'alto.

Ceramiales: particolari soprattutto per la struttura del tallo che è formato da cellule grosse che stanno una sopra all'altra, dove si attaccano le cellule (nodi). Ci sono divisioni che formano le cellule periassiali che sono più piccole ma non così piccole rispetto a quelle formate dalle cellule corticali. Le cellule periassiali e corticali crescono nelle due direzioni e a loro volta ricoprono il singolo asse uniseriato che è l'asse maestro. Non è un accrescimento apicale, né intercalare, né diffuso ma è un accrescimento particolare, è un tallo multistratificato e macroscopico. La cosa che fanno le cellule periassiali e corticali lo fanno anche i gametangi che fanno gli anteridi, quindi delle aree ricoperte da numerosi gametangi. La particolarità nell'ambito di questo ciclo è che ci sono ramificazioni laterali che si chiamano tricoblasti, lì non avvengono più divisioni come nelle cellule periassiali perché lì devono esserci i gametangi. Sono alghe dalla forma filamentosa o laminare, delicate. Le cellule ausiliarie si trovano sulla cellula di supporto del rametto carpogoniale tetracellulato. I carpogoni sono prodotti alla base dei tricoblasti, presso la base si originano cellule sterili ed il ramo carpogoniale. I gametofiti maschili portano sori anteridiali su brevi tricoblasti. Dopo la fecondazione una cellula ausiliaria viene prodotta dalla cellula di supporto e si fonde col carpogonio. Dopo la fusione si formano dei filamenti gonimoblastici che formano il carposporofito, intorno ad esso dalle cellule pericentrali vicine si forma un pericarpo.

Alge verdi: insieme alle fanerogame marine appartengono entrambe al regno delle piante, le alghe verdi sono filogeneticamente più simili alle piante terrestri rispetto alle alghe rosse. Circa 17.000 specie per lo più acquatiche, ma anche in habitat terrestri come superficie delle nevi, tronchi d'albero, suolo. Presenti in simbiosi (licheni, protozoi d'acqua dolce, spugne e celenterati). Unicellulari, coloniali e pluricellulari anche di grandi dimensioni, *Codium magnum* (Messico) può raggiungere 8 m di lunghezza. I pigmenti sono clorofilla A e B e carotenoidi, il materiale di riserva è amido, accumulato nei plastidi. In alcuni gruppi la parete cellulare è costituita da cellulosa, emicellulose e sostanze pectiche. In alcuni gruppi le cellule riproduttive hanno dettagli ultrastrutturali simili a quelli degli anterozoidi delle piante e in due generi si ha produzione di fitocromo. Sono considerate il ceppo dal quale si sono evolute le piante superiori e per questo incluse assieme ad esse nel Sottoregno Phytobiotina. I principali gruppi sono le Chlorophyta e le Charophyta.

Ci sono le squame sulla parete delle cellule mobili. La teca che forma le squame (attraverso fusione progressiva) ha struttura cristallina ed è composta da glicoproteine ricche di idrossiprolina e vari polisaccaridi. La parete delle forme immobili è cellulosa. Non tutte le pareti infatti sono di cellulosa (avviene molto spesso soprattutto negli organismi unicellulari) perché non garantirebbe ai flagellati di muoversi con facilità, come per esempio nell'*Euglene* che ha scaglie proteiche sotto la membrana. Hanno anche fototassi e stigmi che servono per movimenti fototattici tramite flagelli o tramite secrezione di mucillagine. È molto importante lo stigma, alcuni sono associati alla membrana plasmatica e altri al cloroplasto che ha funzione fotosintetica e di ricezione della luce per regolare il movimento. Sotto le Charophyta ci stanno le piante terrestri che quindi sono molto affini alle alghe verdi.

Chlorophyta: si hanno fino a quattro flagelli, possono essere flagellate le forme cellulari oppure i gameti o ancora le zoospore che sono di origine meiotica. Si parla di ficoplasto a livello delle Chlorophyta mentre la **Charophyta** (sono essenzialmente di acque dolci, è il gruppo più affine alle briofite e alle piante vascolari) hanno due flagelli e il fragmoplasto. Le piante terrestri hanno il triangolo spesso perché ci sono molte specie. I quadratini verdi vogliono dire che sono terrestri oppure di acqua dolce. L'altro grande gruppo la maggior parte delle Chlorophyta è unicellulare, sono coloniali e filamentose o pseudoparenchimatice.

Celluloso sintasi: negli organismi primitivi aveva una funzione rallentata perché era formata da una sola subunità, cioè un enzima che produceva cellulosa. Per migliorare la funzione della parete da un lato queste subunità si sono organizzate a formare macrounità di cellulosa (marine), per quanto riguarda le Charophyta si parla delle rosette che producono la cellulosa.

Struttura dei flagelli: nelle Charophyta c'è una struttura di ancoraggio. Nelle Chlorophyta c'è un sistema a croce con 4 subunità che permettono alle radici dei flagelli di inserirsi nella cellula. Si parla di un rizoplasto contrattile di cui non si sa l'origine.

Presenza del ficoplasto e del fragmoplasto: ha a che vedere con la divisione cellulare, nella parte destra dell'immagine si vede la divisione nelle Charophyta non solo nella classe Charophyceae ma anche nelle piante terrestri. Il fuso mitotico persiste anche quando i nuclei si allontanano e il Golgi deposita il materiale nella parete a metà tra le due cellule che si separano quando il materiale che è stato depositato si unisce con la membrana cellulare periferica.

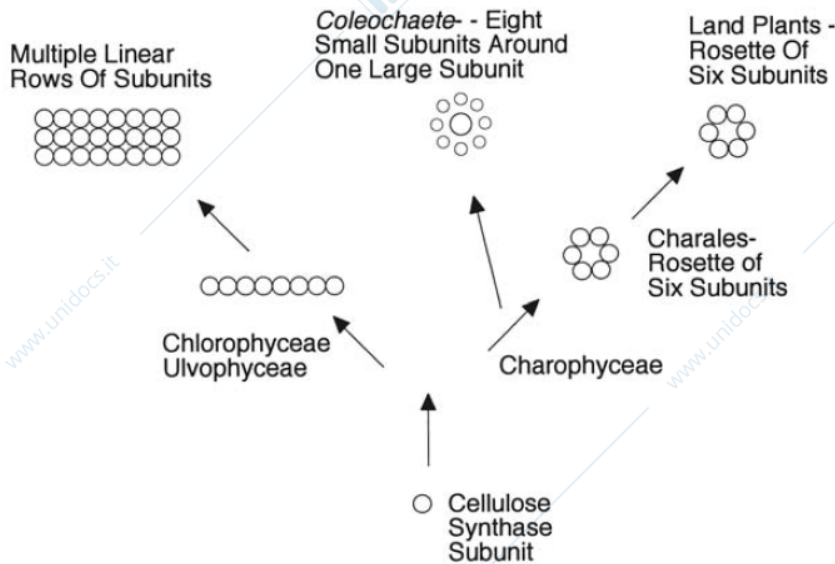
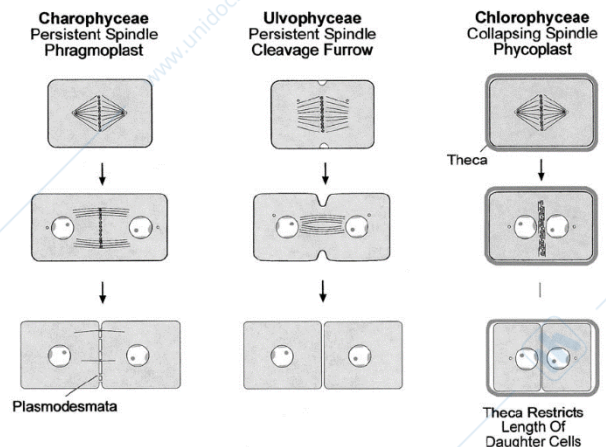


Fig. 5.7 Proteins of cellulose synthetase in the plasma membrane have aggregated into terminal complexes along two phylogenetic lines in the Chlorophyta. Rosettes of cellulose synthetase proteins have evolved in the Charophyceae, while aggregations of linear rows have evolved in the Chlorophyceae and Ulvophyceae. (Adapted from Okuda and Brown, 1992.)

Strutture cellulari: pareti cellulari di cellulosa (xilani / mannani in Caulerpales) e squame extracellulari (Prasinophyceae). I carotenoidi presenti sono luteina (specializzati: sifonoxantina, sifoneina) e β -carotene extraplantidiale. I tilacoidi si trovano in bande di tre massimo cinque, non in grana. L'amido è simile a quello delle piante superiori, con molte amilopectine. Vacuoli contrattili in Volvocales e alla base dei flagelli di generi biflagellati. I flagelli sono privi di peli microtubulari, ma con peli microfibrillari o squame. I corpi basali sono ancorati per mezzo di radici microtubulari o microfibrillari (rizoplasto), le radici microtubulari sono organizzate in MLS o in quattro gruppi cruciati, con numero di microtubuli variabile e una delle radici con due microtubuli è connessa alla membrana esterna del rivestimento del cloroplasto (fototassi?). i rizoplasti, se esistenti, vanno dal corpo basale verso il nucleo e sono contrattili, è probabile che si contraggono grazie ad un meccanismo simile a quello actina-miosina dei muscoli.

1- Con fuso persistente dopo separazione dei nuclei (telofase), produzione di vescicole dai dittiosomi che depositano parete. 2- Con fuso persistente e solco di clivaggio: si forma un'invaginatura nel plasmalemma. 3- Con fuso non persistente e solco di clivaggio: alla telofase i nuclei figli si avvicinano ma si depositano i microtubuli del ficoplasto, perpendicolari al fuso, che si fondono con dittiosomi e formano la nuova parete cellulare. Riproduzione asessuale: per frammentazione (organismi coloniali), per zoospore (da cellule vegetative o da zoosporangi) stimulate da cambiamenti ambientali, per aplanospore (considerate zoospore abortive), autospore se identiche alle cellule madri.

Riproduzione sessuale: isogama, anisogama, oogama. Specie isogame e anisogame: gameti anche da cellule vegetative, specie oogame: gameti da gametangi. Gameti generalmente mobili, eccetto Zygnematales (Charophyta), la gametogenesi risponde a complessi stimoli chimici. In alcune specie eterotalliche, le cellule vegetative di un sesso producono sostanze che stimolano il differenziamento sessuale in cellule dei talli di sesso opposto. In alcune specie oogame i gameti maschili seguono stimoli chemiotattici. Nelle specie isogame, i gameti complementari (+ e -) si uniscono tramite l'estremità dei flagelli (reazione di



agglutinazione). La sostanza responsabile dell'agglutinazione si trova all'estremità dei flagelli e può essere isolata e somministrata ai gameti di segno opposto, causando isoagglutinazione.

Classe Prasinophyceae: sono unicellulari. Possono essere flagellati, nudi o ricoperti di squame con fusi persistenti alla telofase. includono le forme primitive di alghe verdi. Fanno parte *Pyramimonas obovata* che ha quattro flagelli e squame disposte in tre strati sul corpo e due sul flagello, sta nelle pozze di marea, ritmo endogeno circadiano e *Pterosperma* che produce cisti chiamate ficomi, simili a forme fossili del precambriano. Non è un gruppo monofiletico ma comprende tutti gli organismi unicellulari nell'ambito della divisione delle Chlorophyta. Su questi organismi non si sa molto, solo che sono unicellulari e molto attivi al movimento perché hanno i flagelli, il ciclo è di tipo aplonte perché la meiosi avviene dopo la fusione. Non c'è nessuna divisione dopo lo zigote e non c'è nessuna divisione mitotica dopo la divisione dei gameti, per dire che il ciclo è aplonte non mi basta il disegno, devo accostarlo ad un'altra informazione: devo vedere i flagelli, le cellule vegetative devono essere per forza flagellate, e le riconosco proprio perché hanno i flagelli.

Classe Chlorophyceae: Principalmente di acqua dolce, alcune terrestri (su neve, suolo, tronchi d'albero). Unicellulari flagellate e non, coloniali mobili e immobili, filamentose e pseudoparenchimatose. Il ciclo è aplonte. Fuso non persistente, quando i nuclei sono separati restano comunque vicini ed è il fuso stesso a collassare, è quello che permette la divisione delle due cellule nella stessa teca. Come si divide la teca? Boh, non si sa. Riproduzione: la asessuale per frammentazione o per zoospore che non sono di origine meiotica ma mitotica o ancora per aplanospore cioè zoospore appiattite (sviluppate male) che possono originare un nuovo tallo. La sessuale può avvenire per stimoli chimici anche se questi organismi sono unicellulari e semplici hanno una vita molto attiva anche da un punto di vista cellulare. Sono o terrestri o di acqua dolce, l'esempio tipico è *Volvox*. Ci sono forme coloniali che rispetto alle alghe rosse sono molto meno complesse. *Volvox* è coloniale mobile, è un aggregato di cellule biflagellate (sferoide) non flagellate per la riproduzione asessuale, ma fa anche riproduzione sessuale.

Classe Ulvophyceae: sono essenzialmente marine, filamentose o laminari ma anche plurinucleate. Il ciclo può essere sia aplonte che diplonte che aplodiplonte, a seconda delle specie. Mantengono il fuso persistente ma il Golgi non deposita al centro, è la membrana che si porta dietro anche la parete e tende attraverso il solco a fendersi e a separare le due cellule. Avrò una serie di ordini di interesse. In questo ambito ci sono le alghe sifonacee (cioè con cellule cenocitiche molto grandi e ramificate), con organizzazione sifonale: cellule molto grandi cenocitiche, cioè multinucleate, come *Acetabularia*. È un gruppo polifiletico costituito da singole o più cellule che sono multinucleate. Il tallo sifonale può svilupparsi a partire da un'unica cellula flagellata oppure avere un'espansione tubulare. Da un lato abbiamo talli pluricellulari o uniseriati oppure laminari, tra l'altro abbiamo le sifonacee con singole cellule grandi e multinucleate che formano pareti solo per produrre gameti e sono tutte diplonti (*Codium*, *Ventricaria*, *Acetabularia* e *Halimeda*). Fa parte anche *Ulva*, comune lungo le coste temperate. Ha un tallo appiattito dello spessore di due cellule, lungo fino a un metro, a cellule uninucleate con cloroplasto unico riproduzione anisogama con generazioni isomorfe. Sono specie di acqua dolce generalmente diplonti. Cellule mobili a simmetria radiale, generalmente rivestite da squame e flagelli apicali; radici dei flagelli microtubulari cruciati, talvolta con rizoplasto, non con MLS. Il fuso persiste alla telofase, la parete intercellulare prodotta tramite solco di clivaggio. Zigote senza dormienza;

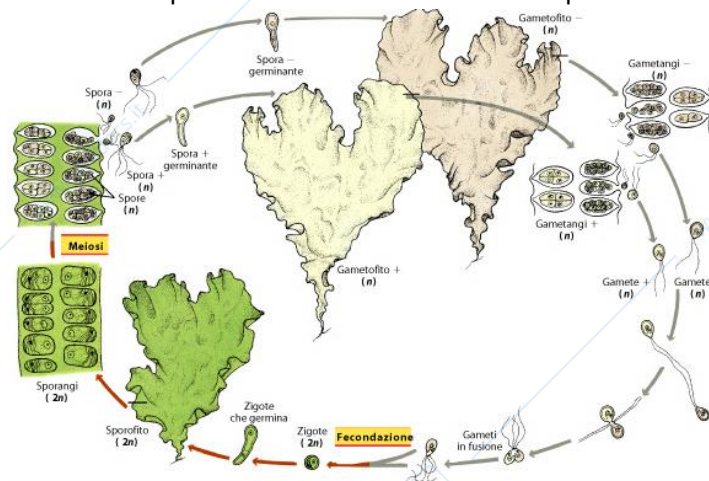
Ordine Ulotricales: hanno filamenti uniseriati e un'organizzazione semplice (uninucleati). Ci sono cloroplasti addossati alla parete per ricevere meglio la luce. Il ciclo è aplonte e lo vedo dal tallo con tutta una serie di cellule quindi ci deve essere stata per forza mitosi. I gametofiti sono eterotallici, uguali come forma ma producono gameti di sesso opposto. Il ciclo vegetativo consiste in una zoospora flagellata.

Ordine Ulvales: si tratta di lamine bistratificate (si dice che è una lamina distromatica). Immaginandosi di dividere in senso longitudinale il nostro filamento uniseriato posso ottenere una lamina monostromatica. Presumibilmente le lamine si sono formate a partire dalla forma uniseriata che si è divisa in senso longitudinale più volte e questa modalità di costituzione del tallo l'abbiamo già vista per alcune alghe rosse. Ammettendo che questa forma sia così vantaggiosa ma che alghe verdi e alghe rosse sono due gruppi distinti si parla di convergenza evolutiva. Hanno cellule uninucleate con cloroplasto addossato alla parete, il tallo è laminare o cilindrico (questa morfologia viene meno se allevate in laboratorio su mezzo sterile). L'accrescimento è regolato da ormoni e genera un certo livello di maturazione, quindi ad un certo punto la lamina collassa perché le strutture che la reggono non ce la fanno più, si può dire che c'è una sorta di invecchiamento. I cicli sono regolati dai cicli lunari, mentre per le alghe brune dal fotoperiodo e dalle temperature, quindi sono regolazioni molto diverse perché i cicli lunari durano quattro settimane mentre il fotoperiodo (giorno lungo o giorno corto) avviene due volte all'anno quando si passa dall'estate all'inverno e dall'inverno all'estate. Il ciclo delle alghe

verdi si può dire che è regolato dalle maree perché il ciclo lunare influenzano le maree mentre per le alghe brune si può dire che il ciclo è regolato dalle stagioni infatti le alghe brune rispetto al profilo di una costa rocciosa stanno più in basso delle alghe verdi che stanno più in alto (ma sempre sopra le alghe rosse) e questo torna perché andando verso l'alto l'ambiente è più stabile e quindi le alghe brune devono stare più in basso ed essere regolate dai cicli stagionali. Comunque negli ambienti dove vivono le alghe brune (tipo mare del nord) le maree sono fortissime.

Le zone riproduttive si formano ai margini del tallo, che cambia colore in corrispondenza di una forte riduzione della fotosintesi. I gameti hanno lo stigma che li fa nuotare verso la luce, però quando si incontrano la fototassi è negativa e quindi devono andare verso il basso per far germinare lo zigote. Il ciclo è aplodiplonte isomorfo perché gametofito e sporofito sono apparentemente uguali. sui gametangi sono prodotte quattro cellule mentre quando lo sporofito va in meiosi sono prodotte più di quattro cellule (come succede per le alghe brune) perché dopo la meiosi avvengono altre mitosi successive. Gli sporangi sono definiti uniloculari.

Acetabularia: parte terminale dell'unica cellula quando va in divisione, assomiglia a un fiore ma non lo è.



Ulva (ciclo biologico in figura): genere marino su rocce della zona intertidale, con tallo laminare distromatico, il rizoido è formato da filamenti emessi da cellule del tallo e coalescenti. Rappresenta la parte perennante. La fase vegetativa è sostenuta dalla secrezione di uno o più ormoni prodotti dalle cellule del tallo. La produzione diminuisce con la maturazione, fino a che non può più sostenere la crescita vegetativa e inizia la gametogenesi. Viene mangiata in Scozia, ha effetti lassativi.

Ordine Dasycladales: alghe verdi unicellulari in mari tropicali e sub tropicali, spesso sono calcificate. La loro presenza nel Mediterraneo evidenzia che questo è un mare abbastanza caldo. I talli hanno simmetria radiata, con asse eretto e ramificazioni. Si parte dallo zigote che germina e si vede il tubo che si allunga. Si nota un pallino nero, una singola cellula macroscopica grande qualche cm è il nucleo che si ramifica in alto. Quando l'ombrello raggiunge le dimensioni adeguate il nucleo si divide e la cellula diventa multinucleata (sennò è uninucleata con gameti che formano i gametangi specializzati, è multinucleata solo prima della riproduzione). Questa cellula multinucleata va in meiosi e a maturità il tallo unicellulare produce raggi gametangiali dove migrano i nuclei secondari prodotti per meiosi dal nucleo primario. Attorno ai nuclei secondari si formano i setti che isolano le cisti di resistenza che si accrescono mentre i nuclei vanno incontro a divisioni. I raggi gametangiali infine si staccano e alcune settimane dopo le cisti (che sono calcificate) germinano ed emettono isogameti biflagellati. Subito dopo la gamia lo zigote germina. Si possono formare delle cisti che vengono disperse e che liberano i gameti. C'è un'unica cellula grande uninucleata che diventa multinucleata a maturità. Di questo ordine fanno parte molte forme estinte, ma comprende anche Acetabularia che sta in acque calde.

Ordine Caulerpales: ricorda la Caulerpa, sono specie che hanno colonizzato il Mediterraneo a scapito della Posidonia, quindi si dice che sono specie aliene o alloctone o esotiche e in questo caso anche invasive. Ci sono talli cenocitici con multi nuclei non isolati da parete (eccetto alla riproduzione). Ci sono numerosi cloroplasti discoidali e due carotenoidi specifici: sifonoxantina e sifoneina. Alcuni esempi:

- Derbesia, alga filamentosa, cresce su rocce o altre alghe vicino alla linea di bassa marea. Ha gametofito vescicoso e sporofito filamentoso che produce sporangi ellissoidi su corti rami laterali; per meiosi si formano zoospore multflagellate (stefanoconti), che producono gametofiti eterotallici. All'apice si differenzia un gametangio, dove i nuclei si dividono in modo sincrono e si isolano. La gametogenesi è controllata da un ritmo endogeno sincronizzato sulle maree. I gameti sono rilasciati in funzione della quantità di luce, che causa incremento della pressione di turgore e apertura di un poro nella parete del gametangio. Lo zigote porta i nuclei maschili e femminili non fusi (eterocariosi), condizione che persiste durante lo sviluppo dello sporofito. La cariogamia avviene solo negli sporangi.
- Codium, in acque marine temperate e tropicali, dal limite di bassa marea fino a 70 m di profondità, ha ciclo diplonte, tallo con porzione prostrata aderente al substrato e un sistema eretto di assi ramificati

dicotomicamente. Gli assi hanno una medulla centrale composta da filamenti intersecantisi, che alla periferia producono porzioni espanse dette utricoli. Da queste strutture si originano i gametangi, che rilasciano una massa gelatinosa con i gameti (anisogamia). Lo zigote germina rapidamente dopo la gamia e riproduce un nuovo tallo diploide. Ospita batteri azotofissatori sulla superficie, e trae beneficio dalla fissazione di azoto, attiva in condizioni di deficienza di questo elemento (acque oligotrofiche). Alcuni molluschi (*Elysia*, *Tridachia*, *Placobranchus*) che si nutrono di *Codium* non digeriscono i cloroplasti, che rimangono funzionali all'interno dell'animale. *Codium* ospita batteri azotofissatori sulla superficie, questi batteri appartengono al phylum dei cianobatteri che spaccano il triplo legame di N₂

- *Halimeda*, con segmenti calcificati separati da nodi non calcificati, ha un tallo composto da filamenti cenocitici. Sulla superficie si formano utricoli che rilasciano zoospore biflagellate, il cui ruolo non è chiaro. La deposizione di calcare è inferiore a quella osservata nelle Corallinales (*Rhodophyta*). *Halimeda* si trova in ambienti poco illuminati, e può contribuire in modo determinante alla calcificazione nelle lagune. *Halimeda*: il tallo ha una struttura molto simile a quella di un'alga rossa, la differenza sta nel fatto che può essere tutto questo un'unica cellula oppure ogni parte è una cellula tenute tutte insieme. Nelle alghe rosse ogni filamento è una cellula. Sulla superficie si formano utricoli che rilasciano zoospore il cui ruolo non è chiaro, quindi non si sa il ciclo di quest'alga
- *Caulerpa*, in acque marine tropicali e subtropicali, ha un caratteristico tallo con una porzione strisciante ("rizoma") e un sistema di assi eretti frondosi che talora ricordano le lamine fogliari di alcune piante superiori. Le pareti cellulari contengono xilano anziché cellulosa. Riproduzione asessuale per frammentazione o abscissione. Riproduzione sessuale attraverso formazione di gametangi che rilasciano anisogameti, che si appaiano dopo agglutinazione e formano lo zigote. Non sono noti i successivi stadi di sviluppo. Di *Caulerpa* non è chiara la riproduzione, non c'è il ciclo. Si sa che c'è una riproduzione sessuale ma non si sa di preciso cosa succede. La lamina può essere unicellulare e unica, in un altro potrebbe essere "pennata". Per quanto riguarda la riproduzione asessuale avviene per frammentazione. Hanno inventato gli amiloplasti, in realtà da un punto di vista evolutivo hanno una divisione diversa da quella delle piante terrestri quindi gli amiloplasti gli hanno inventati per conto proprio mentre gli amiloplasti tipici della piante terrestri sono stati inventati su un'altra linea evolutiva che si era già separata, anche questa è una convergenza.

Il ciclo è aplodiplonte e ci sono due generazioni; rispetto a *Ulva* è eteromorfo: il gametofito è una palla, lo sporofito è un filamento. Negli sporangi avviene la meiosi. In sezione si vede la parete del gametofito, c'è la membrana, si notano i nuclei e i cloroplasti che stanno in posizione centrale e non più periferica. È poi riportato il tonoclasto. Il gametofito è costituito da una sola cellula grande e il volume è dato dal vacuolo che schiaccia tutta la parte funzionale composta da citoplasma ed organelli e la addossa alla membrana e alla parete. Questo meccanismo attraverso un ritmo endogeno sincronizzato con le maree e poi anche grazie alla pressione di turgore fatta dal vacuolo stesso permette nel momento in cui si formano i gameti di spiarli fuori. La cariogamia avviene solo negli sporangi, lo zigote ha tanti nuclei dentro che non si sono fusi. Il maschio e la femmina non si sono fusi e vanno in mitosi per conto loro in continuazione dentro la singola cellula del filamento e la cariogamia, cioè la fusione dei nuclei maschio e femmina, avviene solo negli sporangi. Questi filamenti intrecciati tra loro ricordano la struttura del tallo di alcune alghe rosse dove emergono i tricogini. Qui non siamo nello stesso ambiente ma i filamenti intrecciati ad originare un tallo di notevoli dimensioni ricordano queste alghe, anche perché il principio è lo stesso.

Il ciclo è diplonte, i gameti si formano all'interno dei gametangi e fanno meiosi. Si formano all'estremità dei filamenti che all'estremità sono ingrossati e prendono il nome di utricoli, cioè delle porzioni espanse che portano i gametangi dove avviene la meiosi. Questi gameti vengono rilasciati insieme in una massa mucillaginosa quindi all'inizio non hanno una grande capacità di movimento ma la acquistano solo quando si separano dalla mucillagine. Dato che stanno nell'ambiente di marea tenerli uniti in questa massa potrebbe portarli in un ambiente distante dalla pianta madre per incontrare il partner. La gamia è un'anisogamia cioè il gamete maschile e femminile sono diversi.

Altri due ordini che appartengono a questa classe sono *Cladophorales* e *Siphonocladales*

Divisione Charophyta: cellule (o gameti) con 2 flagelli asimmetrici, mitosi aperta con formazione di fragmoplasto, celluloso-sintasi a rosetta. Radice flagellare unica (tutto ciò come nelle piante terrestri). Essenzialmente di acque dolci. È il gruppo più affine alle briofite e alle piante vascolari. Unicellulari, coloniali, filamentose o pseudoparenchimatice. Ciclo aplonte. Classe *Mesostigmatophyceae*: unica specie: *M. viride*, precedentemente considerato appartenente alle *Prasinophyceae*, Classe *Chlorokybophyceae*: monotipica: 1

sola famiglia. Talli con gruppi di cellule che crescono in habitat sub-aereo, Classe Zygnemophyceae, Classe Coleochaetophyceae, Classe Charophyceae, **Classe Embryopsida**

Fanerogame marine (insieme alle piante terrestri): la classe che le contiene è Embryopsida, perché hanno un embrione. Stanno nella divisione delle Carophyta. Le presentiamo insieme alle alghe verdi perché sono filogeneticamente vicine, le differenze sono che hanno tessuti specializzati, sono sempre pluricellulari e il ciclo è sempre aplodiplonte. Il gametofito maschile è il polline, formato da circa tre cellule. Sono capaci di crescere completamente sommerse: in realtà anche le alghe però qui si specifica perché non sono adattate all'ambiente marino. Lo si specifica perché la maggior parte delle piante sono terrestri e loro si sono adattati alla vita acquatica (un po' come dire dei mammiferi che principalmente stanno sulla terra e poi ci sono le balene), impollinazione idrofila. Sono 12 generi di quattro famiglie strettamente marini adattate a vivere in un mezzo salino, capaci di fare fotosintesi e crescere completamente sommerse. Si ancorano solidamente al substrato e hanno impollinazione idrofila. Stanno anche in acque a salinità variabile come ad esempio estuari, acque interne esposte a variazione di anioni come cloruri solfati o bicarbonati; queste specie si chiamano eurialine ed appartengono a gruppi mono e dicotiledoni, non considerate "seagrasses" (fanerogame marine)

Posidonia non si trova solo nel mediterraneo, molte specie sono nel Pacifico o nell'Oceano indiano.

Quindi prima le alghe verdi hanno colonizzato l'ambiente terrestre e hanno formato le piante terrestri, e poi queste piante terrestri sono tornate all'ambiente marino. Gli eventi di colonizzazione evolutivamente parlando sono stati due, entrambi appartenenti alla stessa linea evolutiva e allo stesso ordine che contiene tutte le famiglie viste prima. Per adattarsi all'ambiente marino ci devono essere adattamenti fisiologici principalmente a livello dell'apparato fotosintetico. Ci può essere il problema dell'assenza di O_2 quindi un suolo asfittico a scapito delle radici mentre in ambiente terrestre l'ossigeno è a disposizione. In assenza di O_2 o questo viene fornito nelle piante "aeree" (non è proprio corretto dire aeree perché stanno sott'acqua) cioè quelle che non stanno nel sedimento oppure se non riescono a trasportare sufficiente O_2 intraprendono la via fermentativa. Altri aspetti dell'adattamento riguardano la CO_2 che nell'acqua è molto poca rispetto all'aria. Dato che c'è poca CO_2 disciolta, spesso usano acidi carbonatici. Vengono quindi inventati adattamenti comuni agli organismi che vivono nell'ambiente acquatico. L'ancoraggio è garantito grazie ai rizomi orizzontali mentre le parti che fanno fotosintesi sono quelle aeree. L'apparato fiorale (quindi stami e corolla) sono ridotti e questo perché il fiore serve a attrarre gli insetti impollinatori e in acqua non ci sono. L'impollinazione non avviene sulla superficie ma è l'acqua stessa il mezzo di diffusione. Tutto questo funziona nonostante l'elevata salinità perché ci sono sostanze che regolano l'equilibrio osmotico. Non è ancora completamente chiaro come le fanerogame marine riescano a sopravvivere negli ambienti ad elevata salinità come l'acqua di mare, ma si sa che c'è una parziale risposta. Dimostrazioni di adattamento anche a livello molecolare: enzimi per la glicolisi, sono tre i geni codificanti gli enzimi per la glicolisi che porta alla fermentazione importante soprattutto a livello delle radici per via della carenza di ossigeno nel fondale marino. Per quanto riguarda l'evoluzione molecolare ci sono stati adattamenti anche riguardanti la fissazione della CO_2 tipo la Rubisco regolata dal complesso antenna, quindi non si fa riferimento solo alla quantità della luce ma anche allo spettro della luce e quindi anche la sua qualità. Adattamenti anatomici: foglie senza stomi, perché gli stomi servono per evitare di perdere vapore acqueo, ma se siamo già in acqua non importa avere gli stomi. Il meccanismo che le piante usano per non perdere acqua è l'essere cosparse di cera ma questo implica una riduzione dello scambio gassoso quindi in realtà lo stomo serve per far entrare la CO_2 . Non hanno gli stomi ma hanno la cuticola sottile per gli scambi gassosi, un'altra cosa è lo sviluppo dei parenchimi che sono i tessuti con pareti larghe che permettono di facilitare gli scambi gassosi dalle foglie verso le radici. Le radici si chiamano rizomi

Riproduzione: molte piante sono sia monoiche (come Posidonia) che dioiche, l'impollinazione è idrofila. Il gametofito è composto a da grani pollinici singoli, cioè tre cellule unite tra loro come nel caso di Ruppia che è un genere presente anche in acqua dolce. I grani singoli non sono una specializzazione verso l'ambiente acquatico mentre le catenelle sono una specializzazione migliore

Semi: per definizione sono le strutture che contengono l'embrione. In ambiente terrestre germinano quando ci sono meccanismi che permettono ai semi di regolare la germinazione in relazione ai fattori ambientali. Nell'ambiente marino potrebbe non esserci dormienza o se c'è è blanda per cui i semi possono germinare subito questo perché l'ambiente marino è molto più costante di quello terrestre. Però alcune hanno un pericarpo o un tegumento del seme robusto. Altri come Posidonia hanno un tegumento morbido, altri ancora hanno perso tegumento e dormienza e possono direttamente germinare sulla pianta.

Sono tre le possibili strutture che si possono incontrare in ambiente marino: foglie picciolate che possono essere attaccate ai nodi del rizoma o all'apice di fusti eretti (Halophila), piante con foglie nastriformi non picciolate attaccate all'apice di fusti eretti (Cymodoceaceae, Thalassia), piante on foglie nastriformi collegate ai nodi del rizoma (Zosteraceae, Posidoniaceae, Enhalus).

Slide 42 primo esempio, 43-44 secondo esempio (44 vive nel Messico), 45 tipo posidonia, 46 rizoma di due tipi o plagiotropo che è quello orizzontale e ortotopo verticale che riporta a galla le strutture vegetative e riporta sui sedimenti. Se arriva del sedimento che ricopre (per via del moto ondoso) e per riportarsi a galla rispetto a livello del sedimento si forma un rizoma ortotopo quindi accrescimento verso l'alto. Questo è un fenomeno che avviene a seconda dei sedimenti, 47 seme e frutto. A destra vediamo il seme germinato e si vede il getto fogliare, la radice che viene prodotta non è primaria ma secondaria. La primaria è quella dell'embrione (che qui non c'è, il seme quando germina produce prima la foglia e subito dopo la radice che non è di origine primaria ma è già pronta a fare il rizoma). La parte esterna è il frutto che ha origine dall'ovario

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari