

Diverzita autotrofních protist

Po stopách evoluce primárních producentů

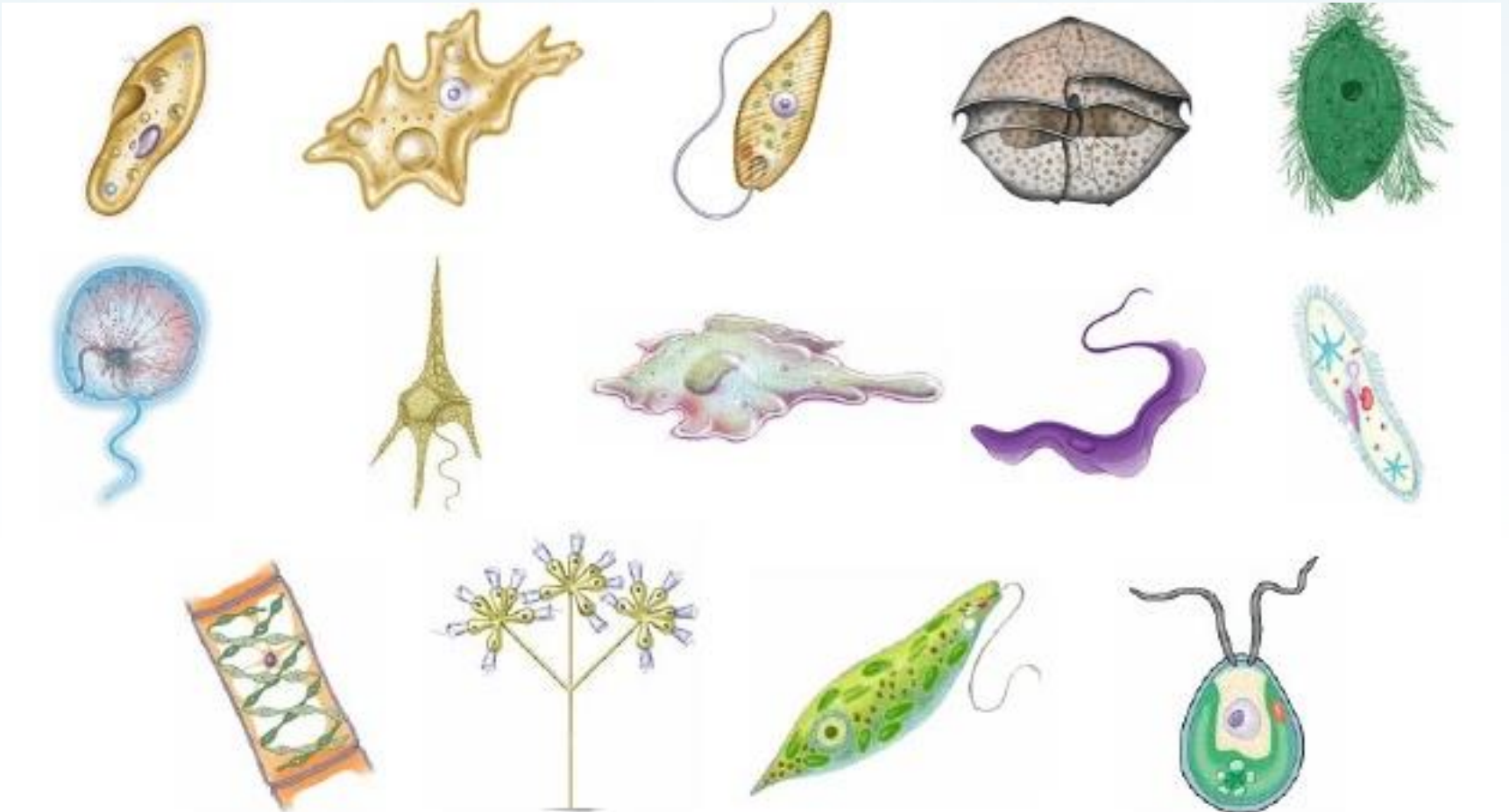


Pavel Škaloud
katedra botaniky PŘF UK



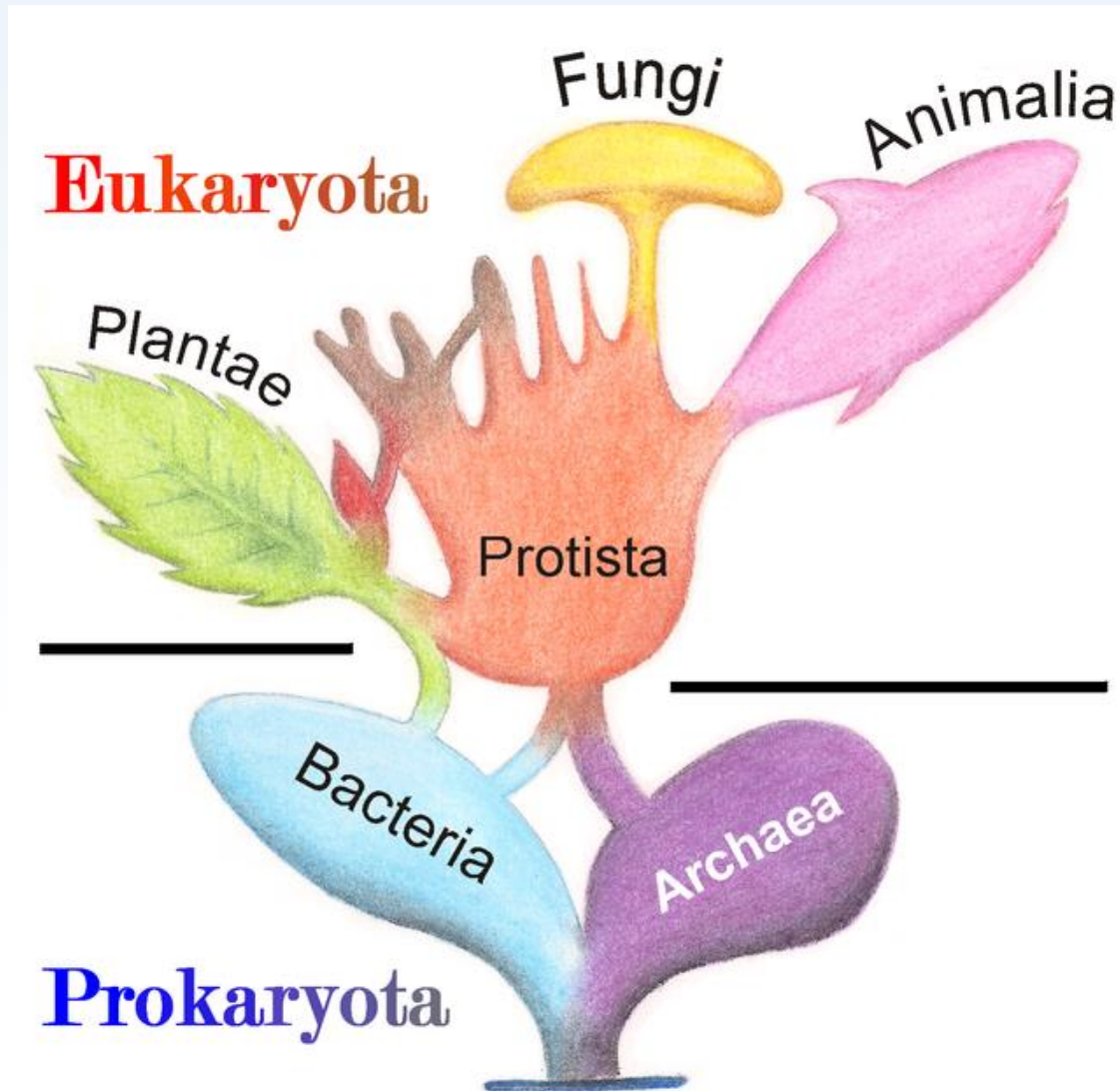
Protista

- Eukaryotické organismy s jednoduchou organizací stélky
- Dlouhá evoluční historie



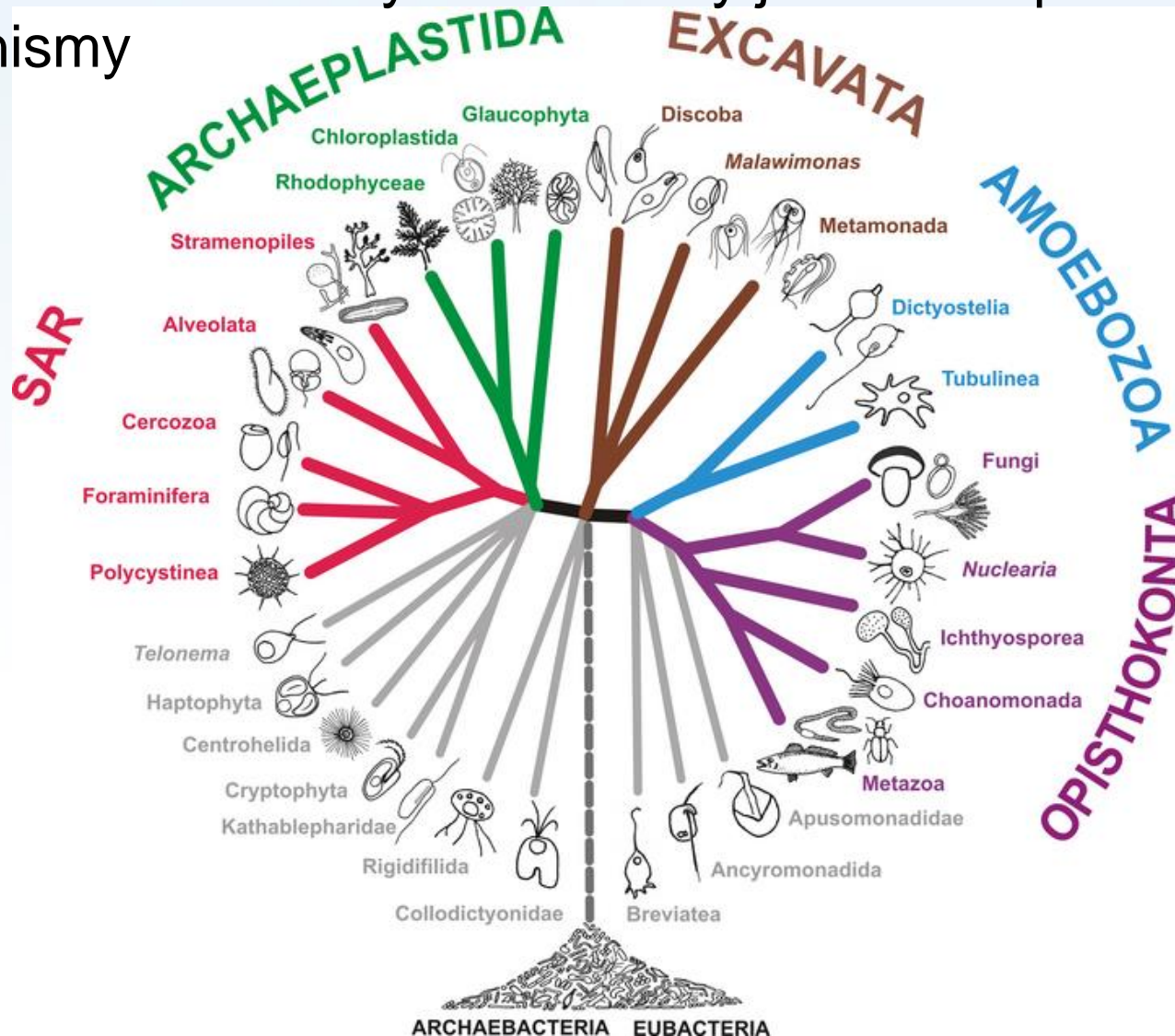
Protista

- Historicky byly tyto organismy řazeny do říše Protista (systém 6 říší)



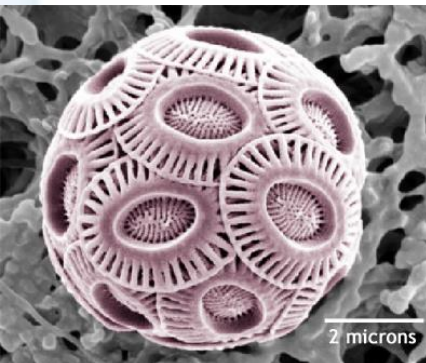
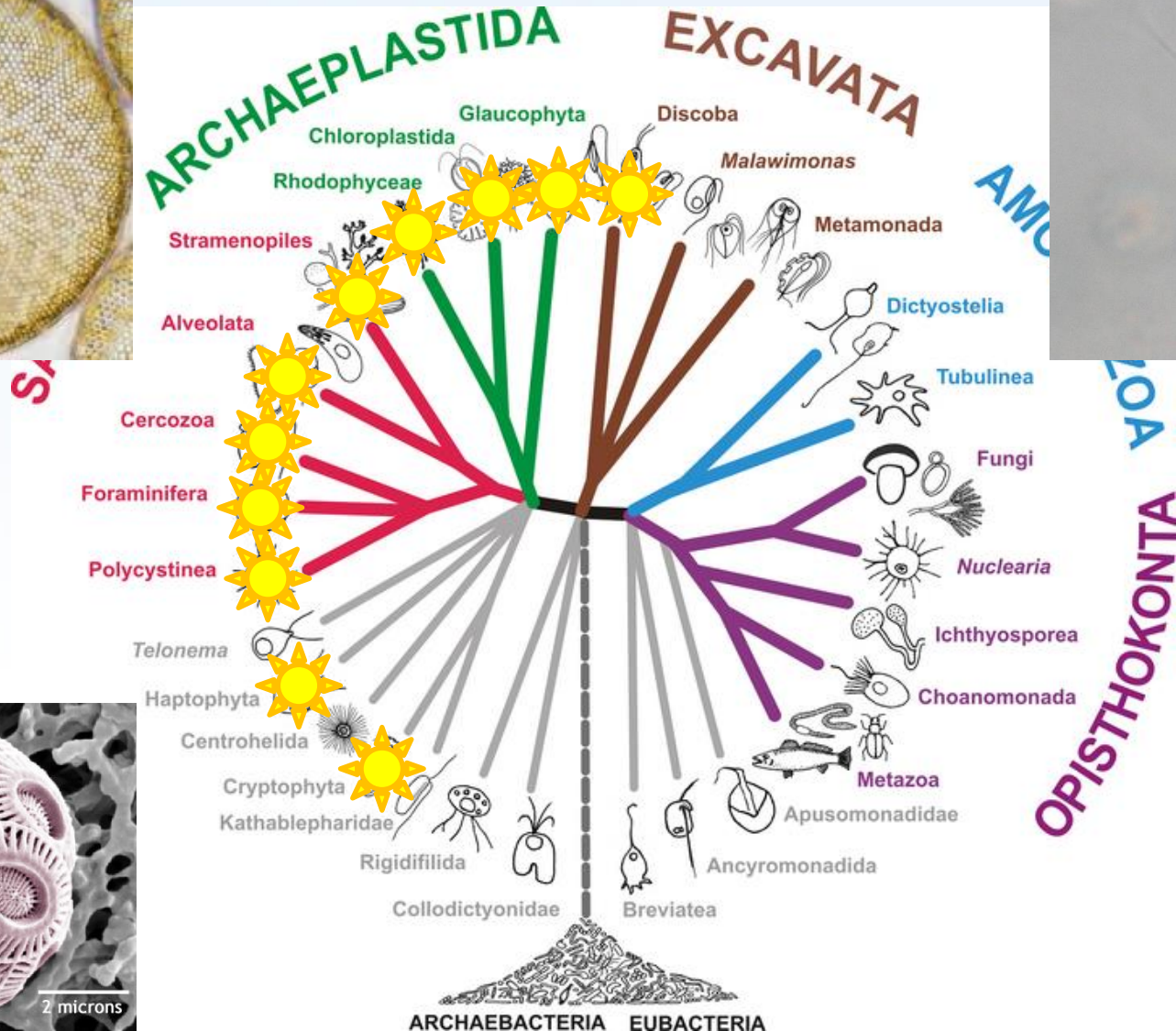
Protista

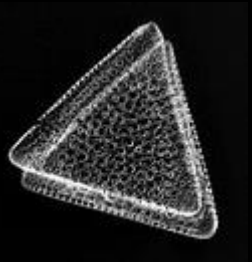
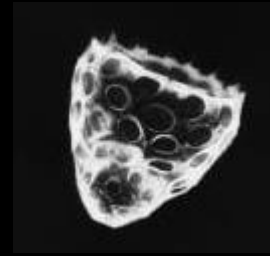
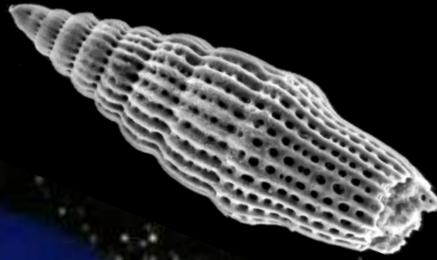
- Současný systém 5 říší
- Drtivá většina eukaryotní diverzity je tvořena protistními organismy



Protista

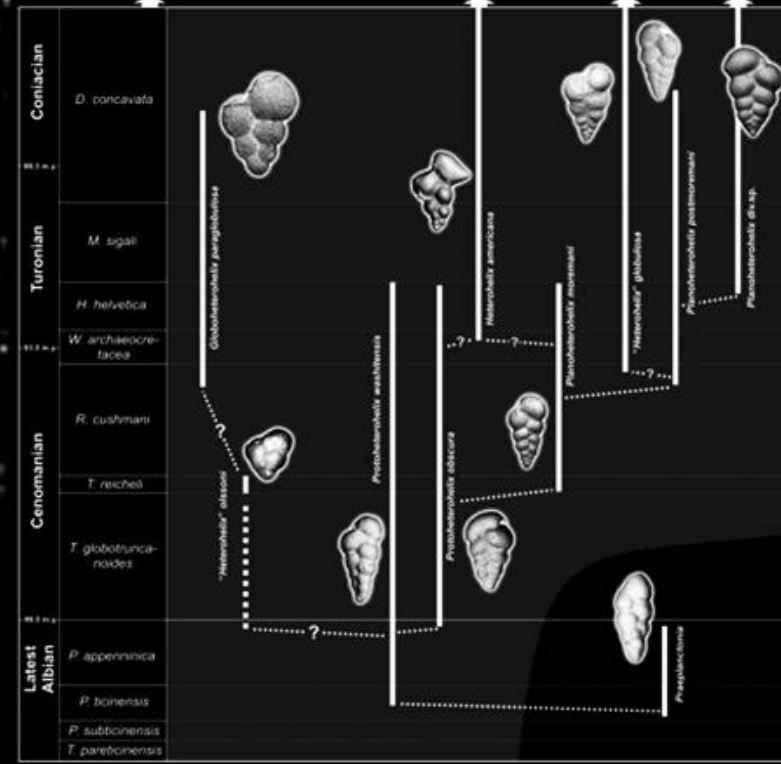
- Protista jako nejdůležitější primární producenti





Stages Biozonation

Phylogenetic relationships

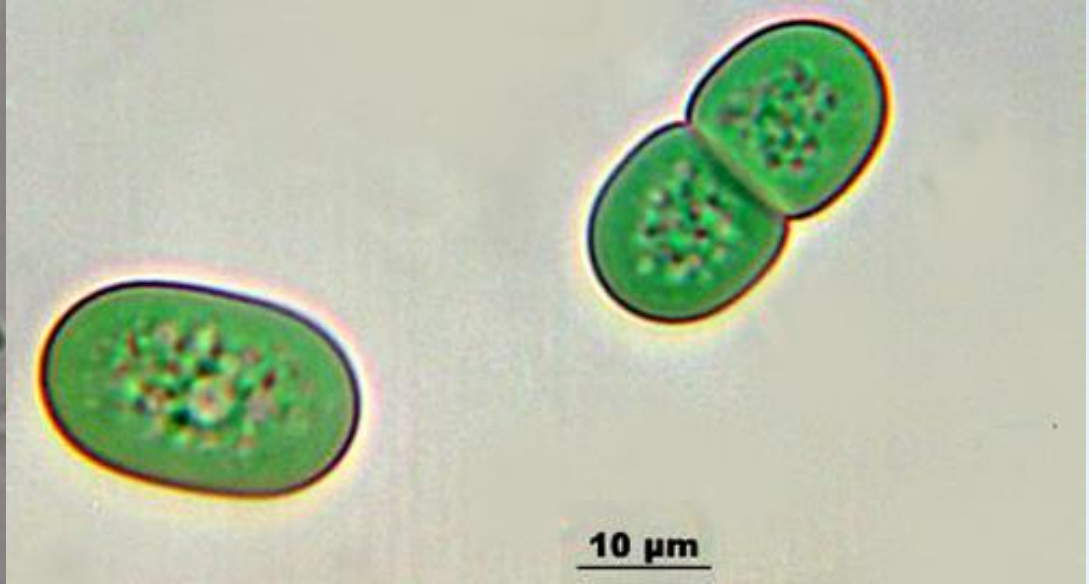
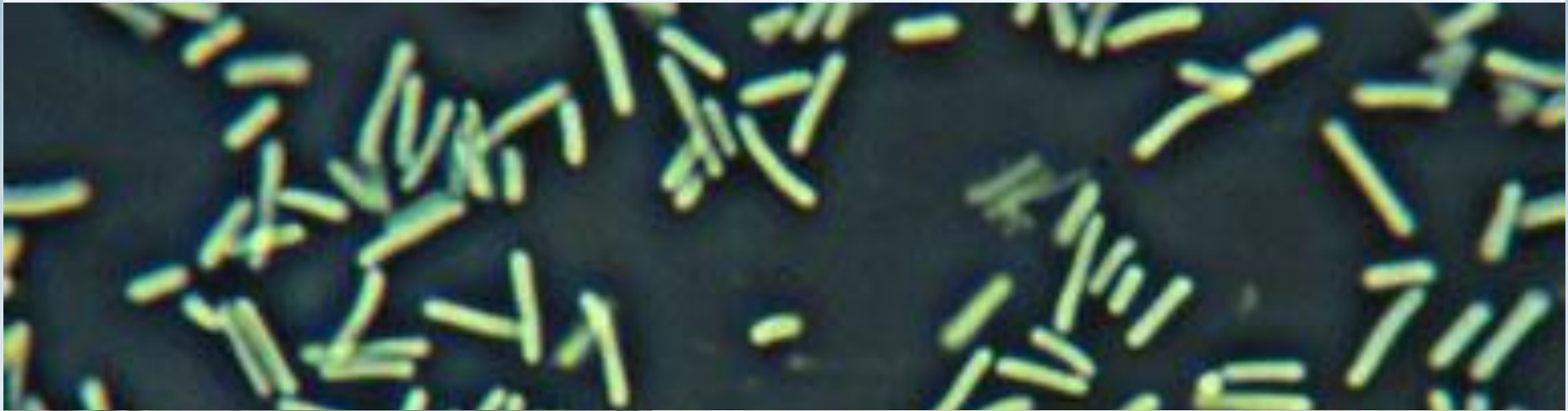


oxidované horniny = archean (3,8 mld)



Fotosyntéza

- sinice *Synechococcus*
 - produkce kyslíku



stromatolity

Subtidal stromatolites in the southern Exumas, Bahamas Islands. This bioherm is made up of "club-shaped" stromatolites in 6 m of water. Maximum measured height was 2 m.



SEPM



Shark Bay, Australie

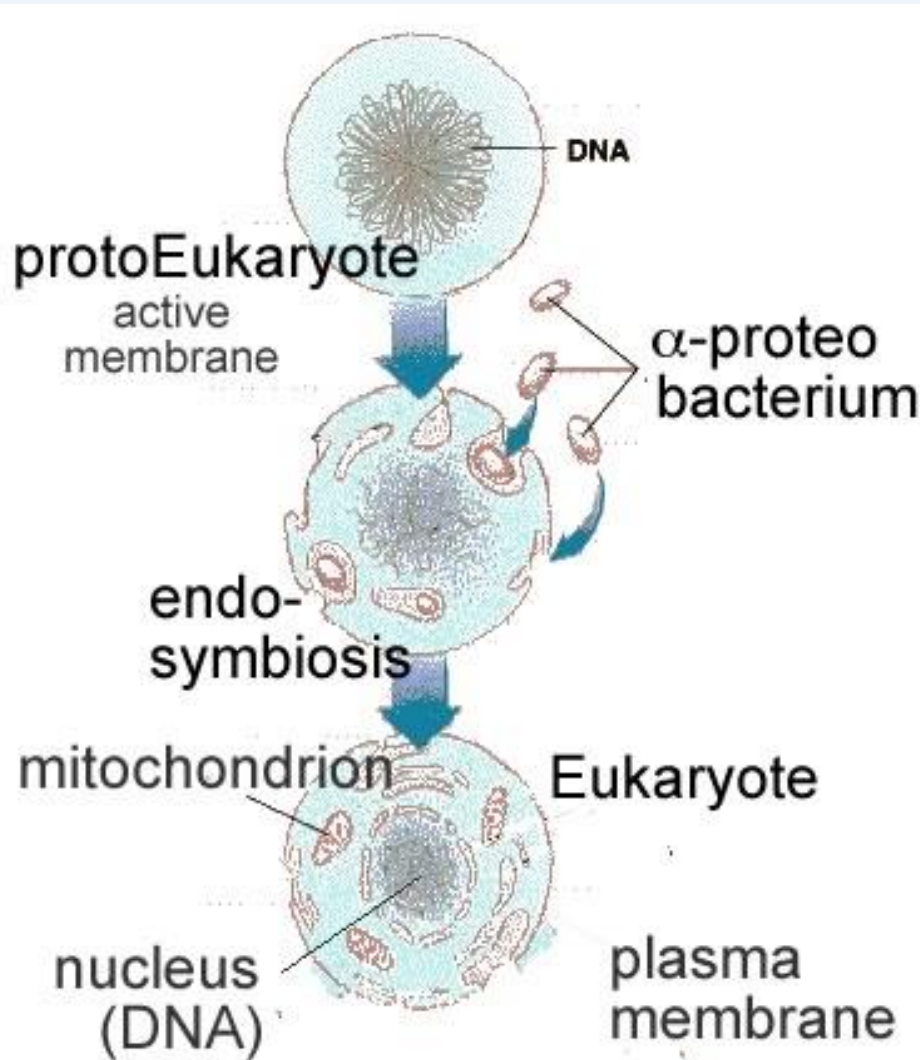
Sinice

- kyslíková katastrofa (great oxidation event) – 2,3 mld
 - náhlé zvýšení kyslíku v atmosféře
 - nutnost organismů přizpůsobit se toxickému kyslíku: velká diverzifikace heterotrofních prokaryot (schovat se či mutovat)
 - mitochondriální endosymbióza
 - oxidace veškerého Fe(II) na Fe(III)?



Vznik mitochondrie

- jediná endosymbiotická událost
- nejbližší žijící příbuzní mitochondrií: α -proteobakterie

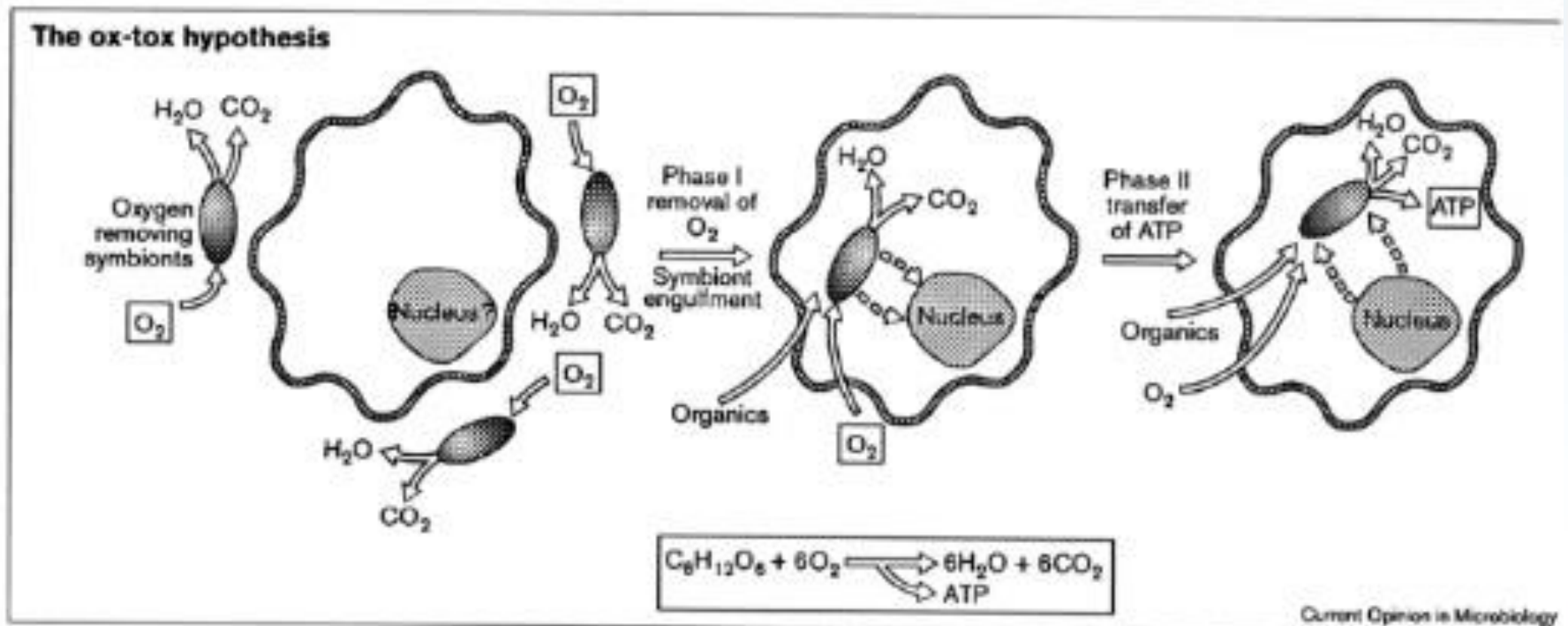


Rhodospirillum

Rickettsie – v současnosti značně redukováni vnitrobuněční paraziti.

Vznik mitochondrie

- ox-tox model: aerobní bakterie vychytává kyslík toxický pro anaerobního primitivního eukaryota
- nejbližší žijící příbuzní mitochondrií: α -proteobakterie



A schematic view of the ox-tox hypothesis for the origin of aerobic respiration in eukaryotes. Here, the acquisition of mitochondria is based on the symbiosis established by a bacterium in two phases. In phase I, the symbiont detoxifies the host cytoplasm by consuming oxygen. During phase II, the transport of ATP from the mitochondrion to the host cell is implemented by the acquisition of appropriate proteins

encoded by the host nuclear genome. The dashed arrows represent the transfer of bioenergetic and information genes from the proto-mitochondrion to the nuclear genome (phase I) and the evolution of novel genes in the nuclear genome for mitochondrial functions (phase II). See the text for further details.

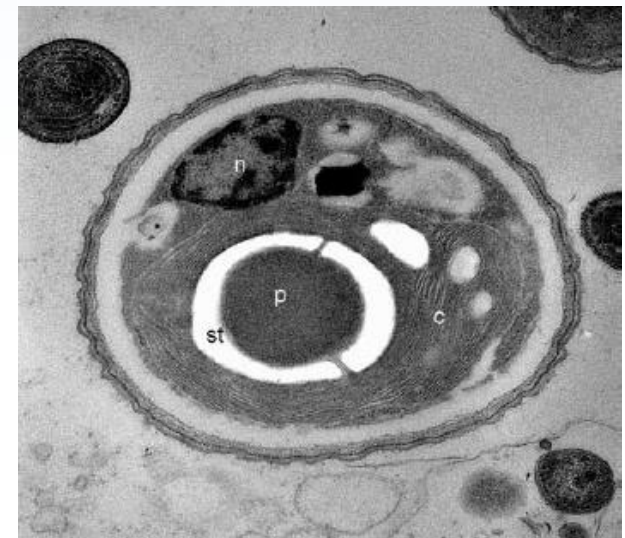
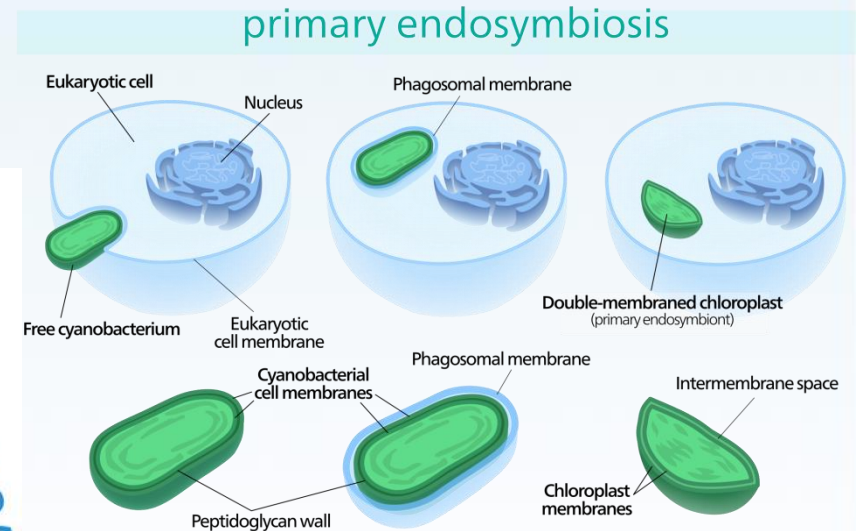
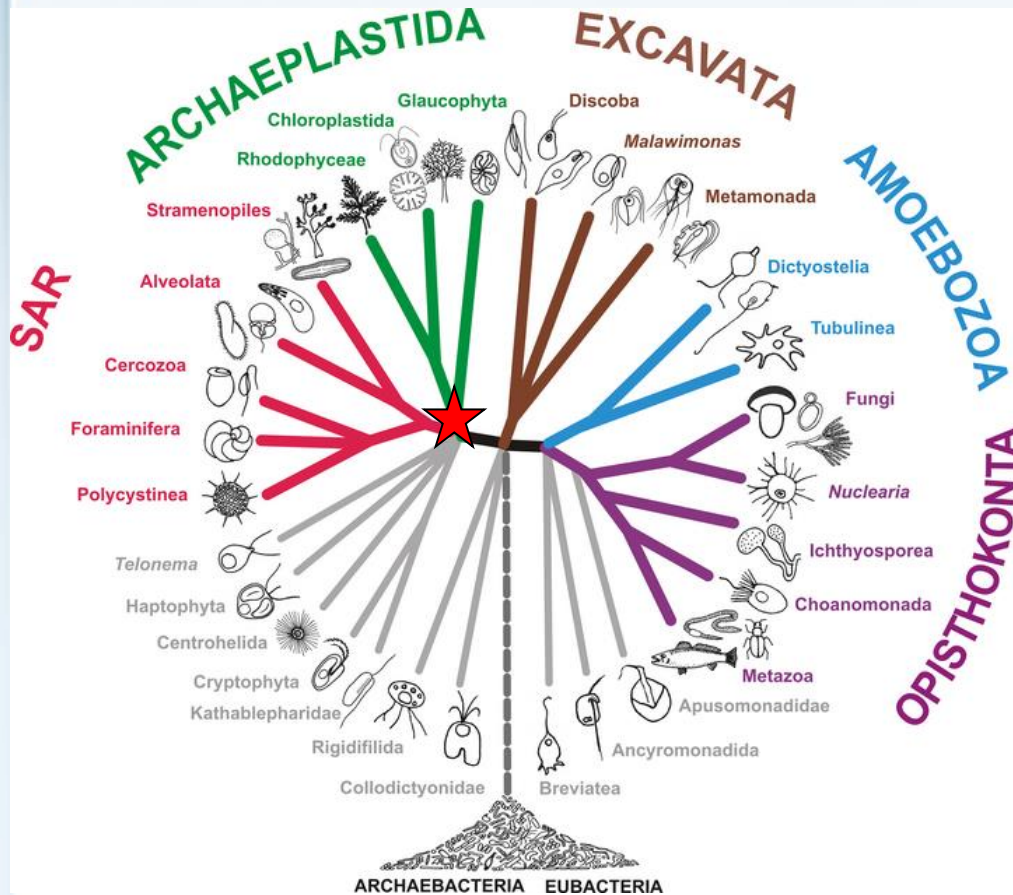
Primární endosymbióza

- 1 500 mil. (paleoproterozoikum)
 - rozpad kontinentu Nuna

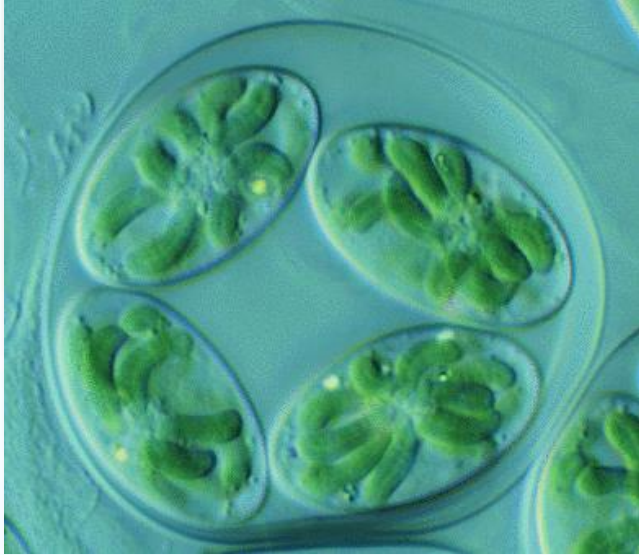


Primární endosymbióza

- pohlcení sinice eukaryotickou buňkou
- plastid má dvě obalné membrány sinicového původu
- pyrenoid



Archaeplastida



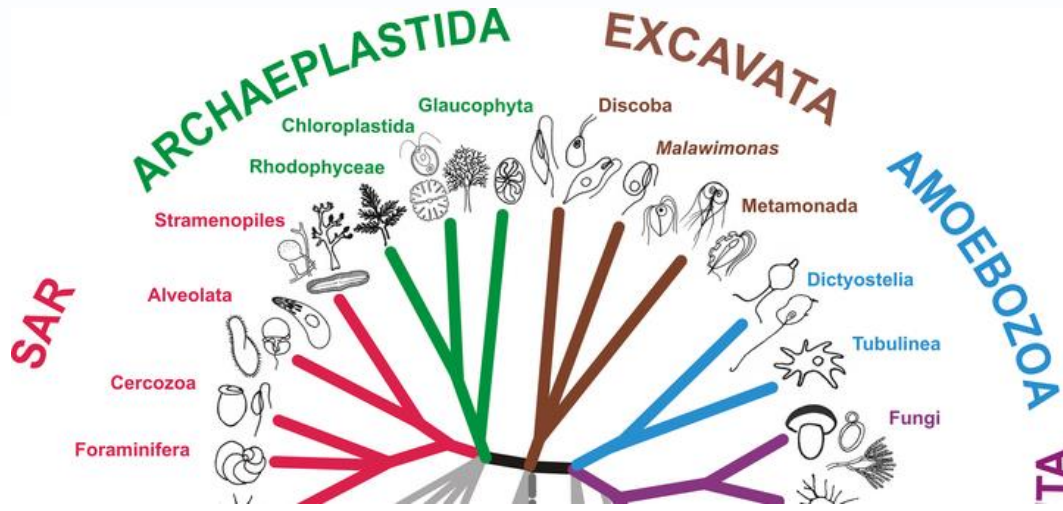
Glaucophyta



Rhodophyta

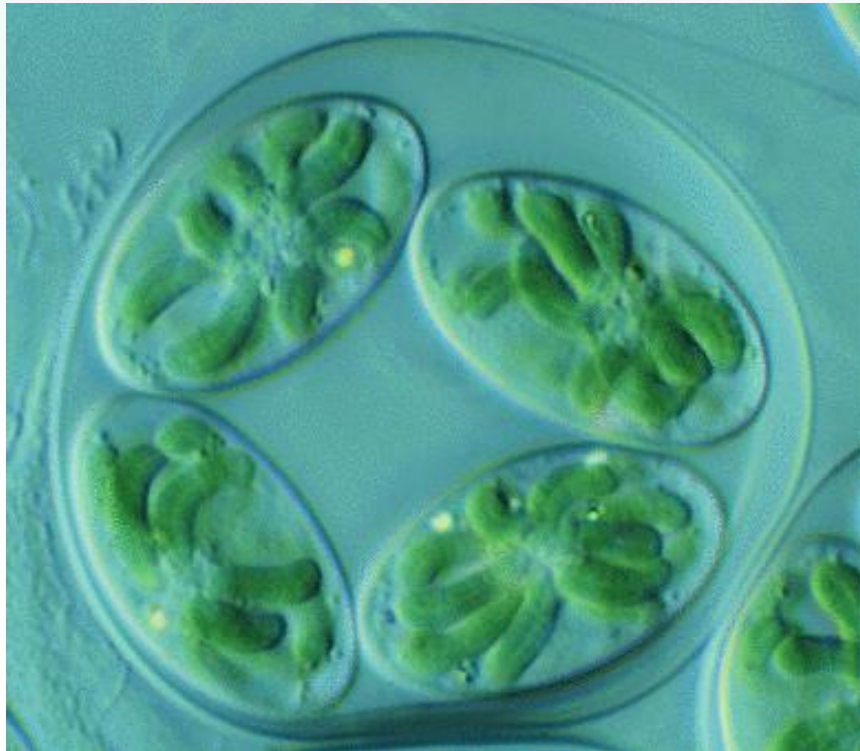


Chloroplastida

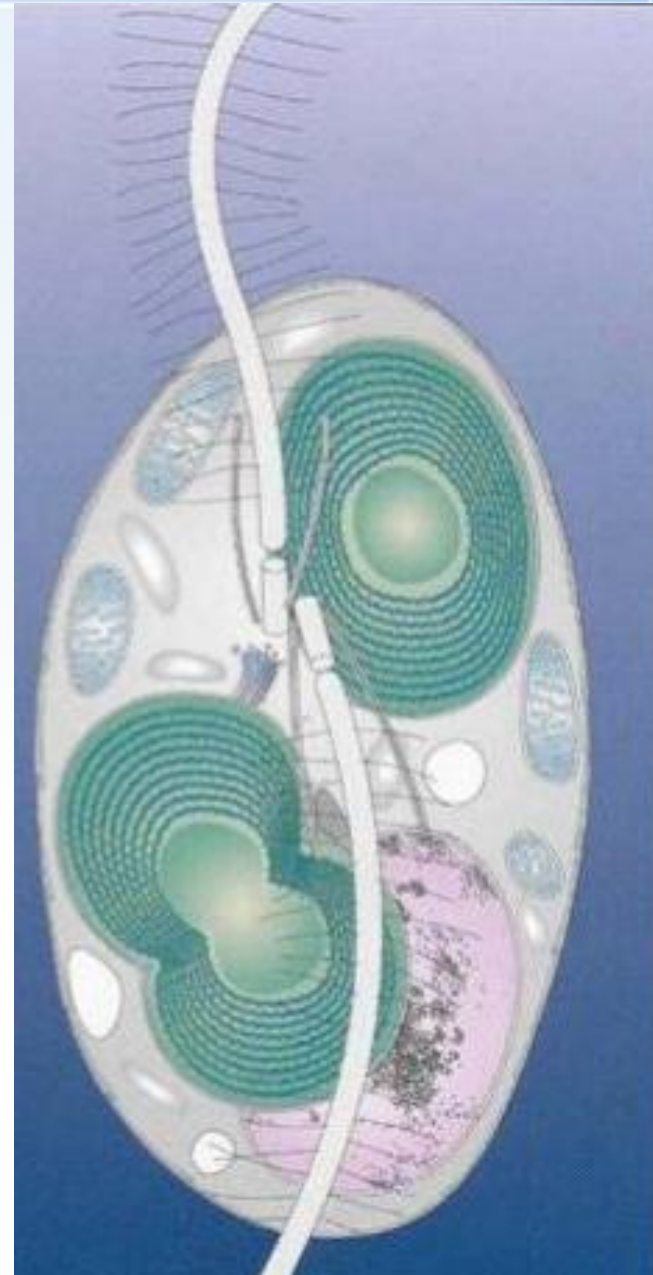


glaukofyty (Glaucophyta)

- nejmenší a nejpůvodnější rostlinná skupina (1,6 mld)
- chloroplasty: sinicová stavba
 - peptidoglykanová buněčná stěna
 - kruhové uspořádání thylakoidů



Glaucocystis nostochinearum



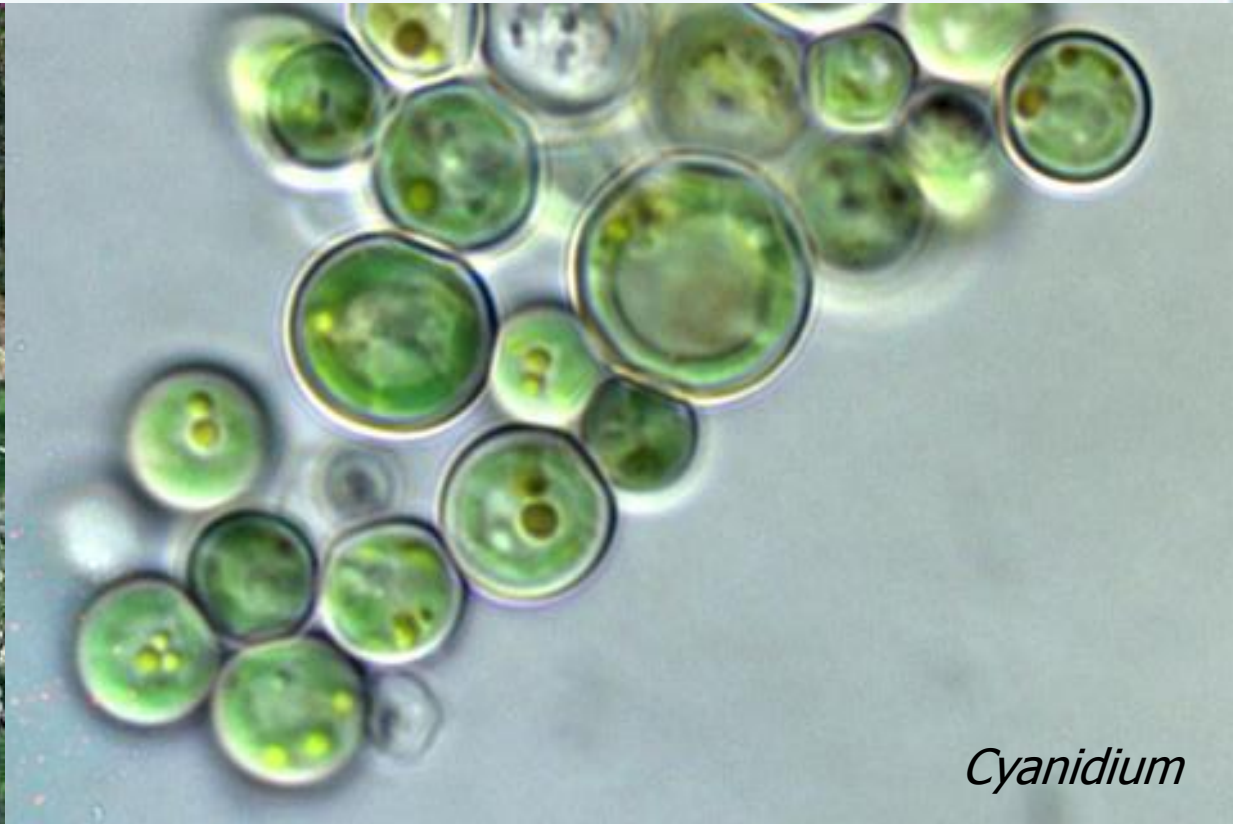
ruduchy (Rhodophyta)

- většinou makroskopické, mnohobuněčné stélky
- nemají bičíková stádia
- litorál moří
- *Bangiomorpha* = první fosilie datovaná 1,2 mld let



ruduchy (Rhodophyta) - *Cyanidiophytina*

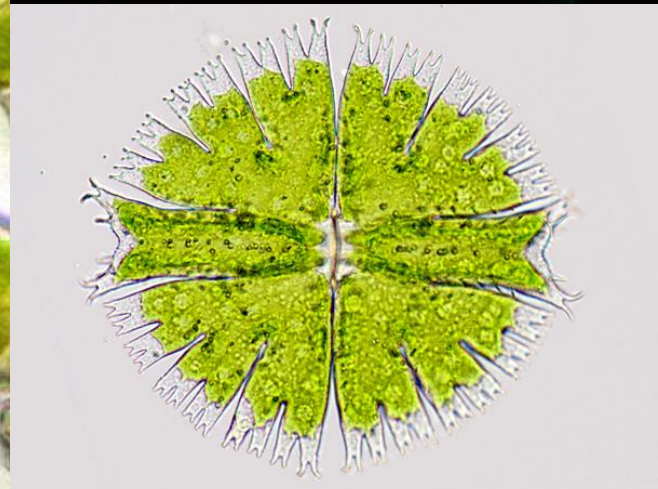
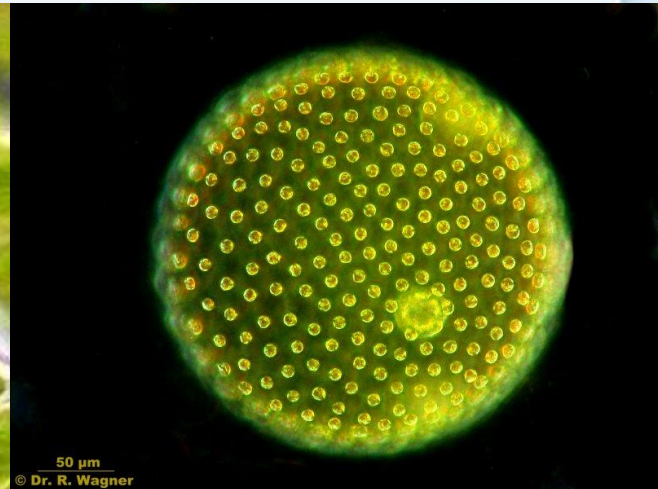
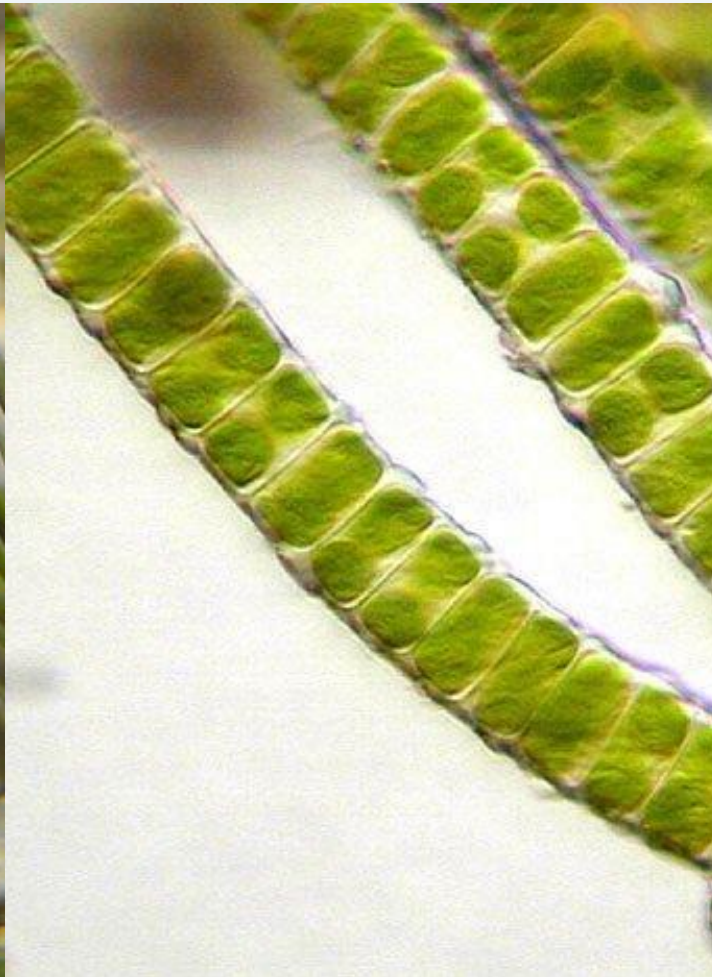
- evolučně nejstarší skupina ruduch
- extremofilní, thermoacidofilní organismy (pH 1,5)
- jeden z mála eukaryotů žijící v prostředí typickém pro Archaea (biotechnologicky hodnotné enzymy)
- *Cyanidioschizon* = první eukaryotický genom



Cyanidium

zelené rostliny (Chloroplastida)

- ohromně diverzifikovaná skupina: počtem druhů, morfologií, ekologií, biochemií
- vznik vyšších rostlin z řasového předka představoval klíčový okamžik pro evoluci života na pevnině



Snowball Earth

- neoproterozoikum (650 mil.)
- oxidace methanu v atmosféře, a jeho nahrazení slabším skleníkovým plynem CO₂



Snowball Earth

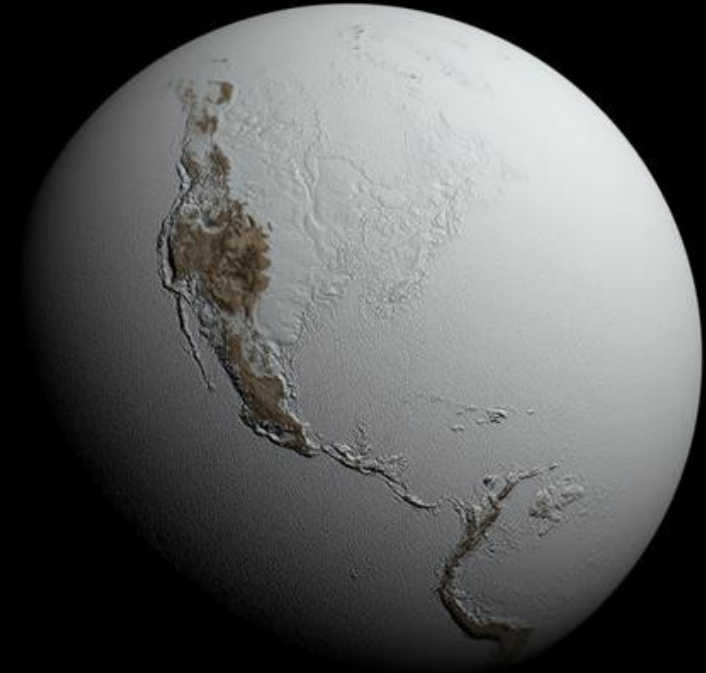
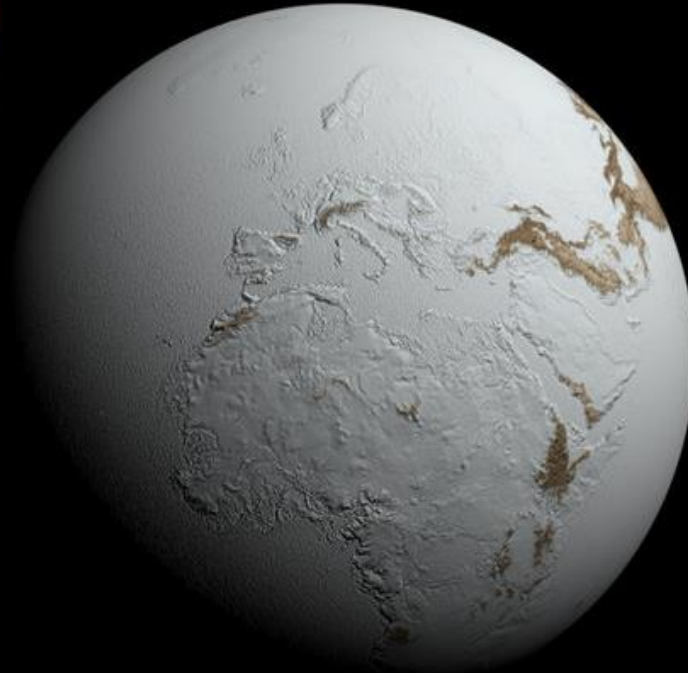
- neoproterozoikum (650 mil.)

Streptofyty

- sladkovodní
- optimalizace pro rychlé metabolické toky (oxidace přes H_2O_2)

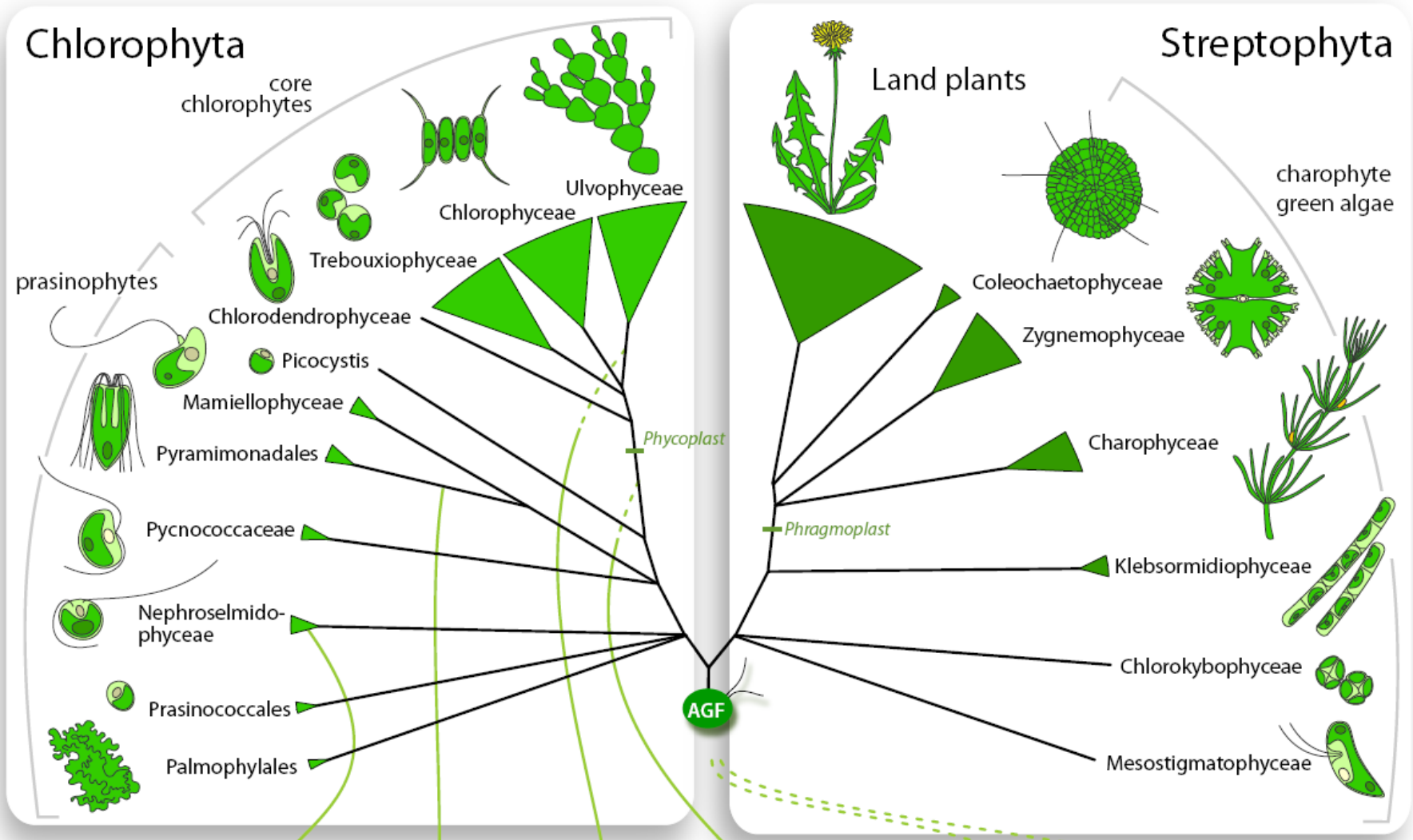
Chlorofyty

- mořské
- optimalizace pro uchování energie (oxidace glykolátu)



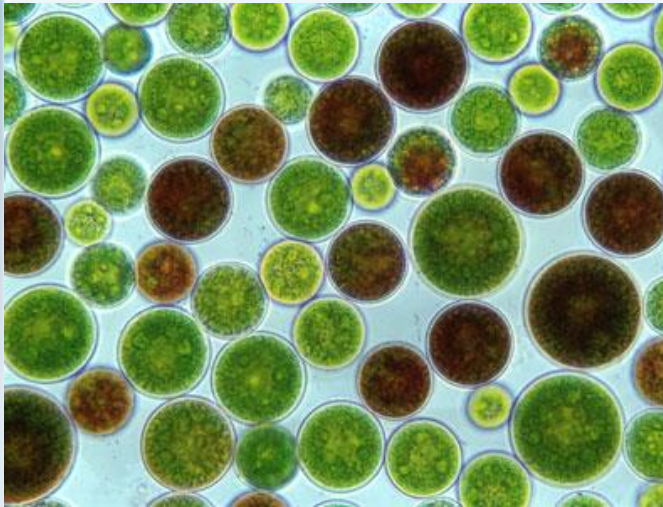
zelené rostliny (Chloroplastida)

- Chlorofyty + Streptofyty

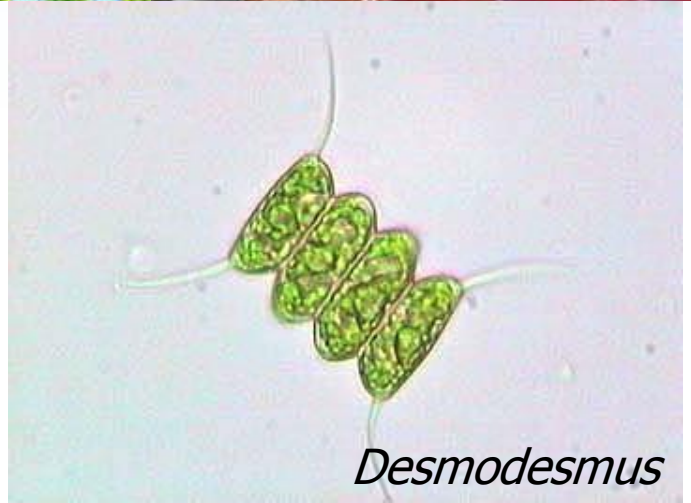


Chlorofyty - Chlorophyceae

- převážně sladkovodní, planktonní organismy
- modelové organismy (Calvinův cyklus objeven u *Desmodesmus*)
- *Haematococcus* – barvivo astaxanthin



Chlamydomonas



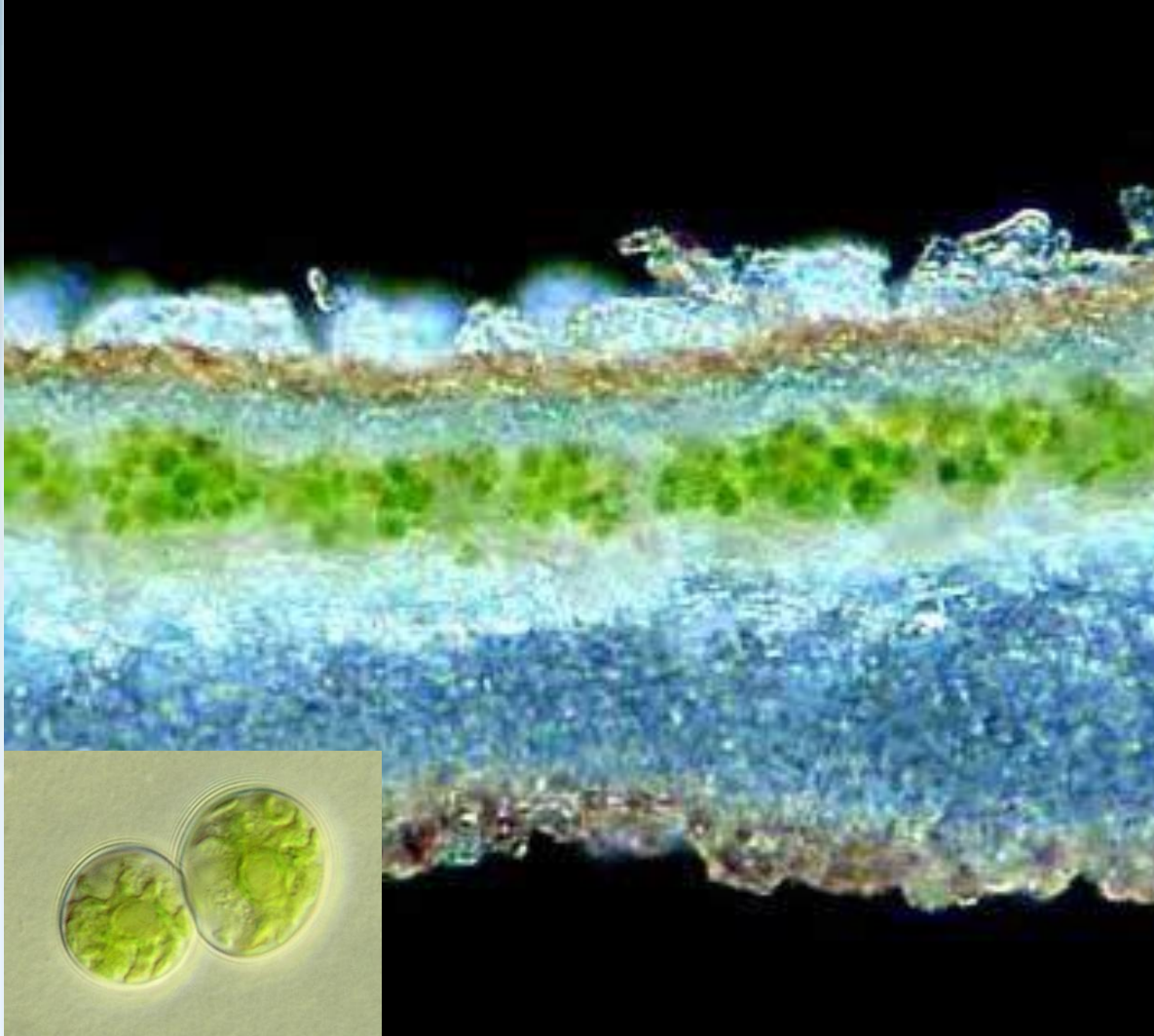
Desmodesmus



Pediastrum

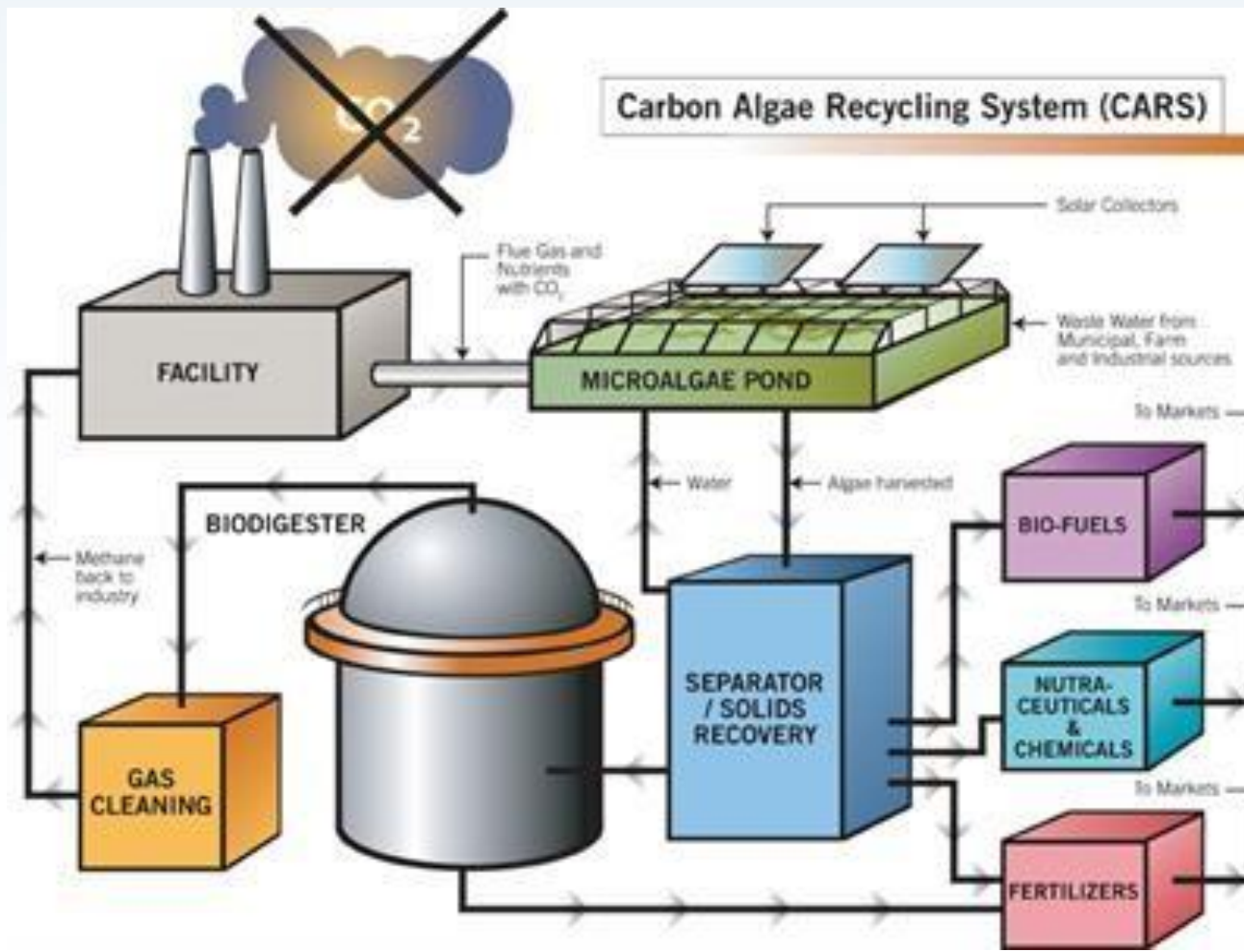
Chlorofyty - Trebouxiophyceae

- převážně půdní a aerofytické řasy
- symbionti (zoochlorelly)



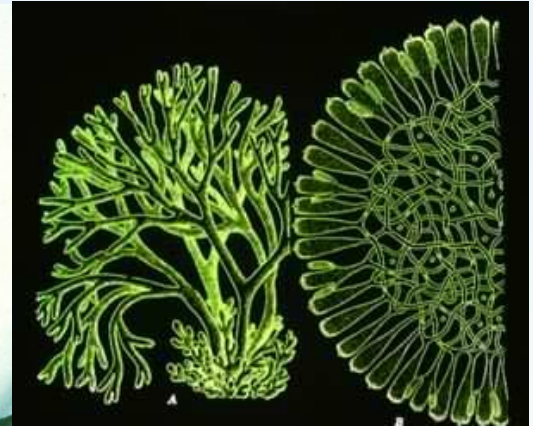
Chlorofyty - Trebouxiophyceae

- *Chlorella* – průmyslově velmi významný organismus
 - roční tržby nad 50 mld. USD
 - léčba anémie, protinádorové efekty, prevence aterosklerózy, ...
 - biopaliva



Chlorofyty - Ulvophyceae

- většinou makroskopické mořské organismy, často jednobuněčné

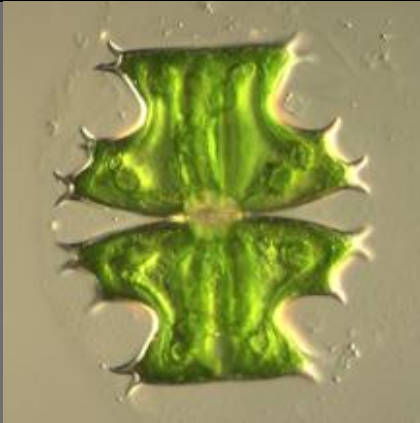
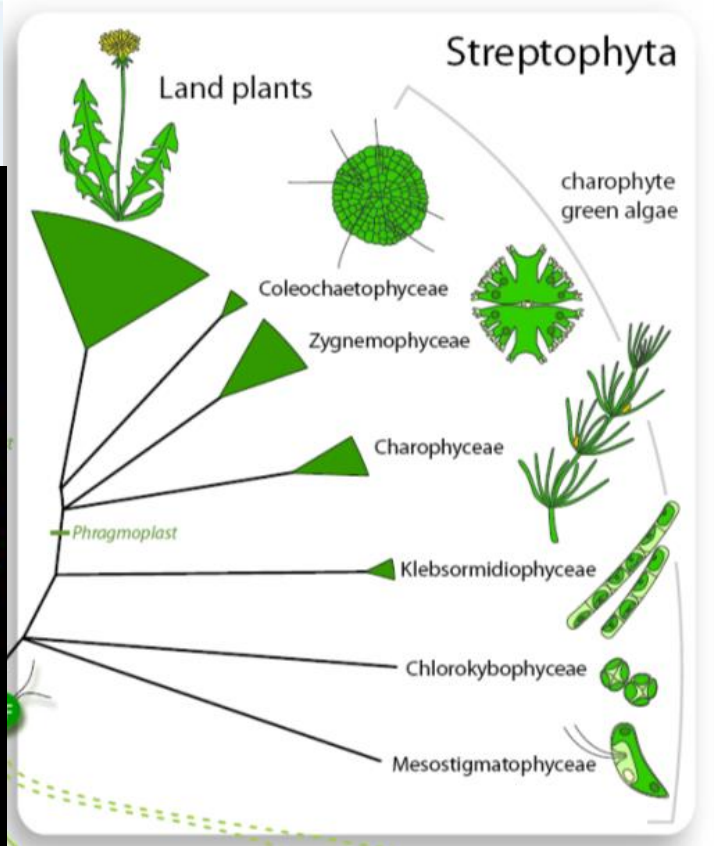
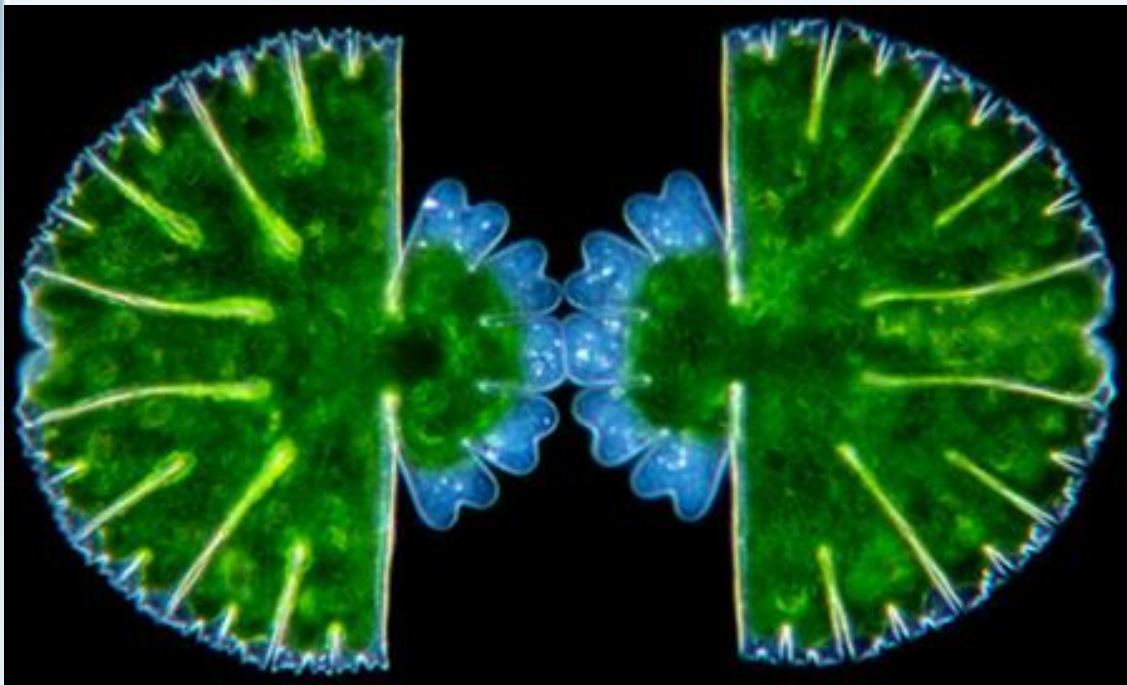


- *Spongiochrysis* - evoluce před očima...



Streptofyty

- evoluční cesta k cévnatým rostlinám
- kromě krásivek druhově chudé linie



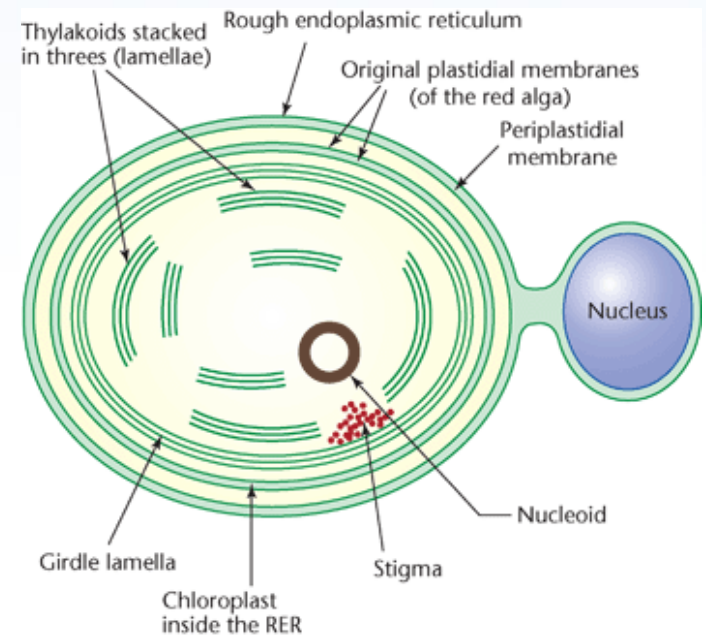
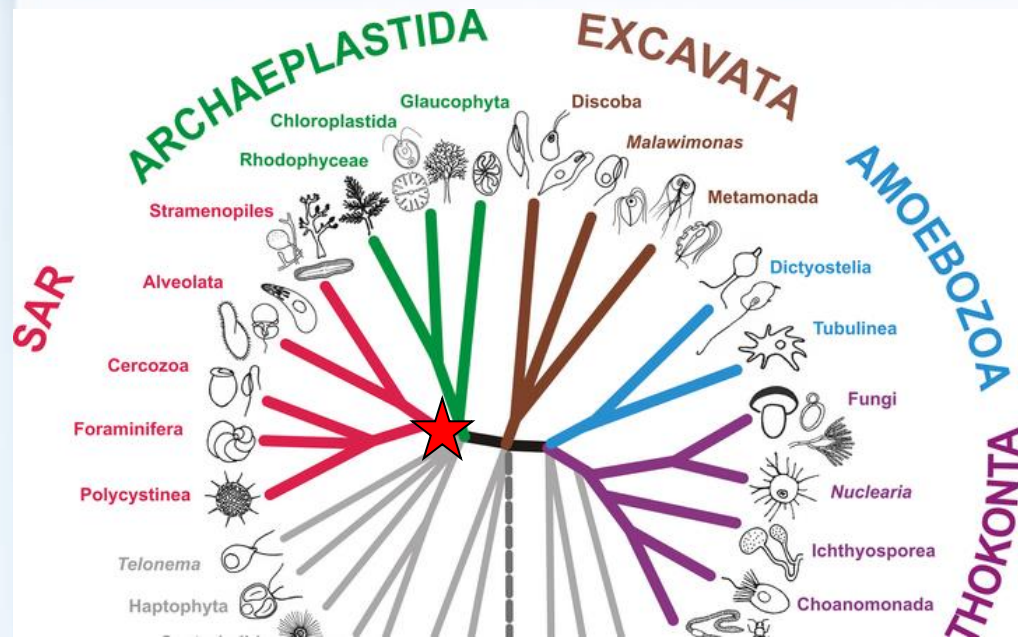
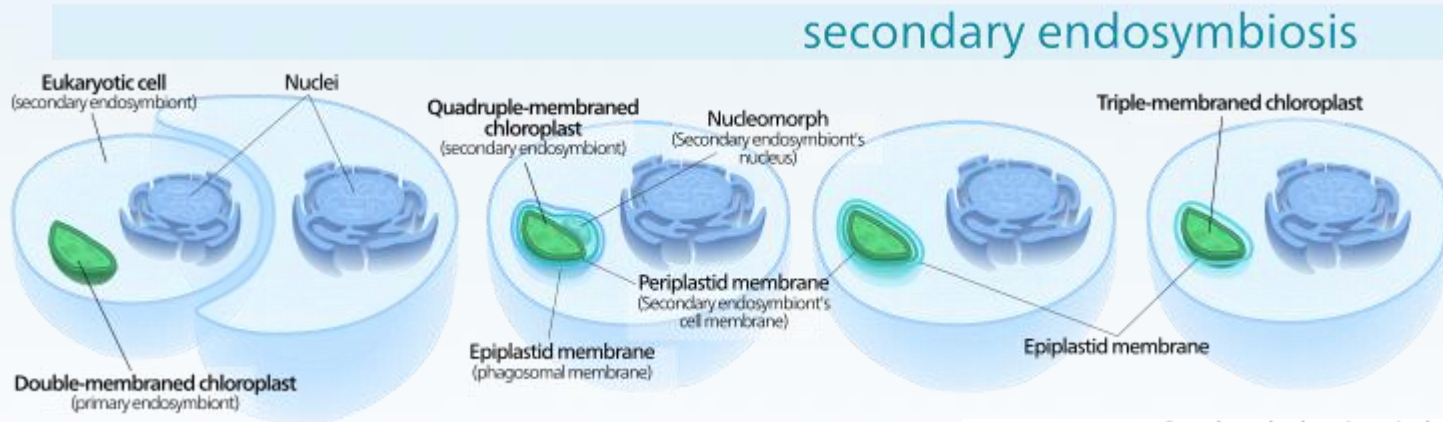
Sekundární endosymbióza

- 1 300 mil. (mesoproterozoikum)
 - vznik kontinentu Rodinia



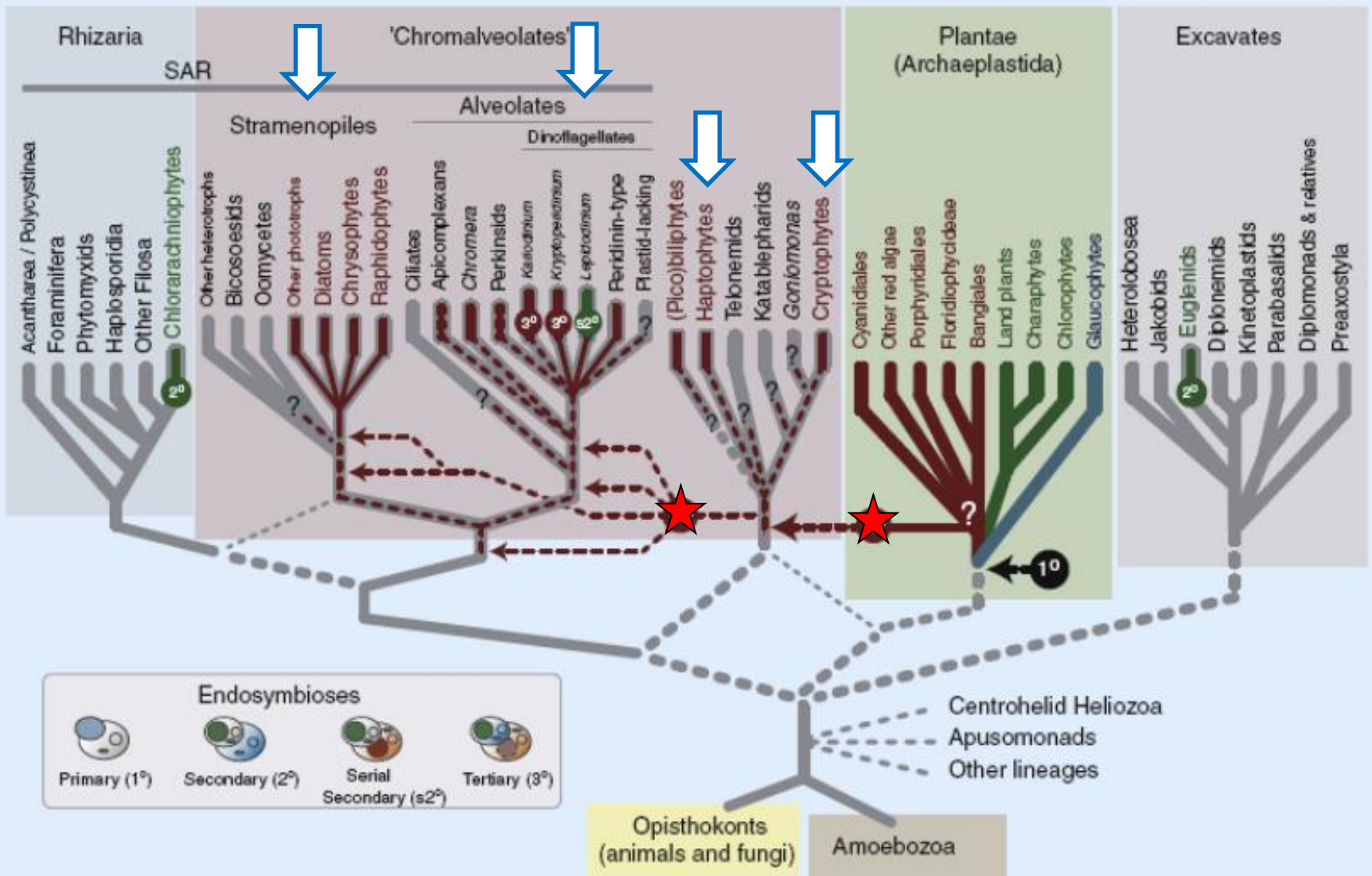
Sekundární endosymbióza

- pohlcení ruduchy heterotrofní eukaryotickou buňkou
- plastid má čtyři obalné membrány



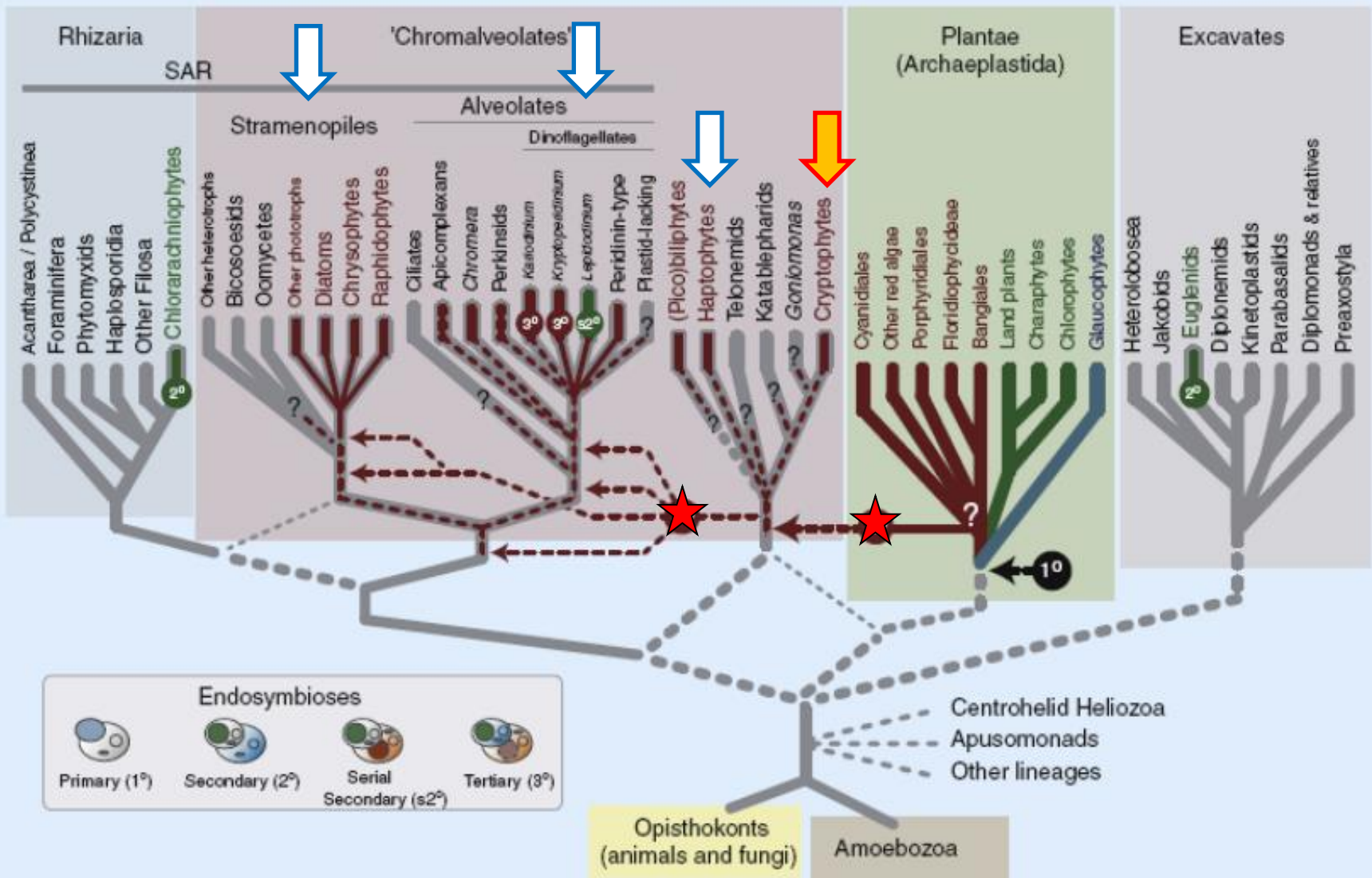
Sekundární endosymbióza

- minimálně dvě endosymbiotické události



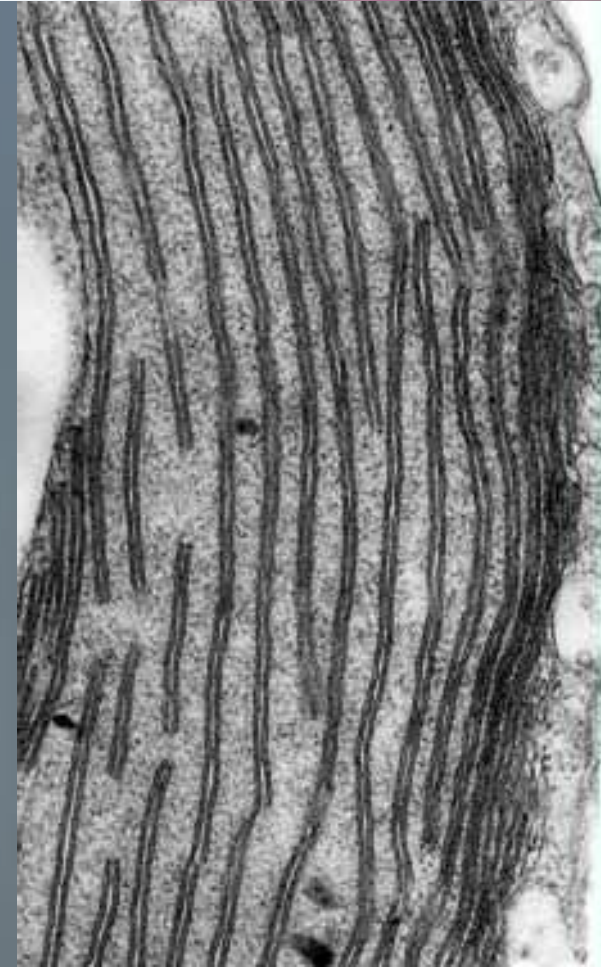
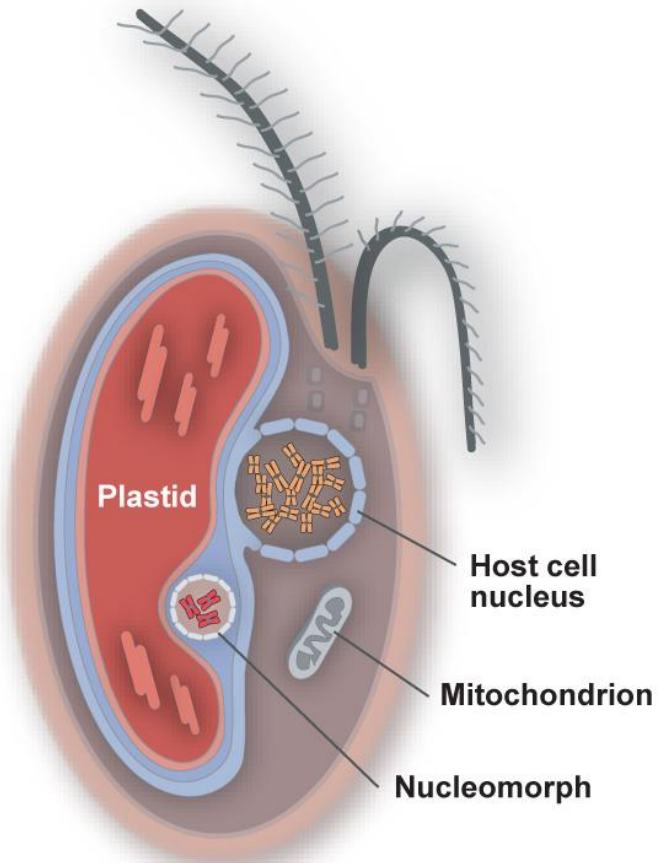
skrytěnky (Cryptophyta)

- stáří cca 1200 mil.



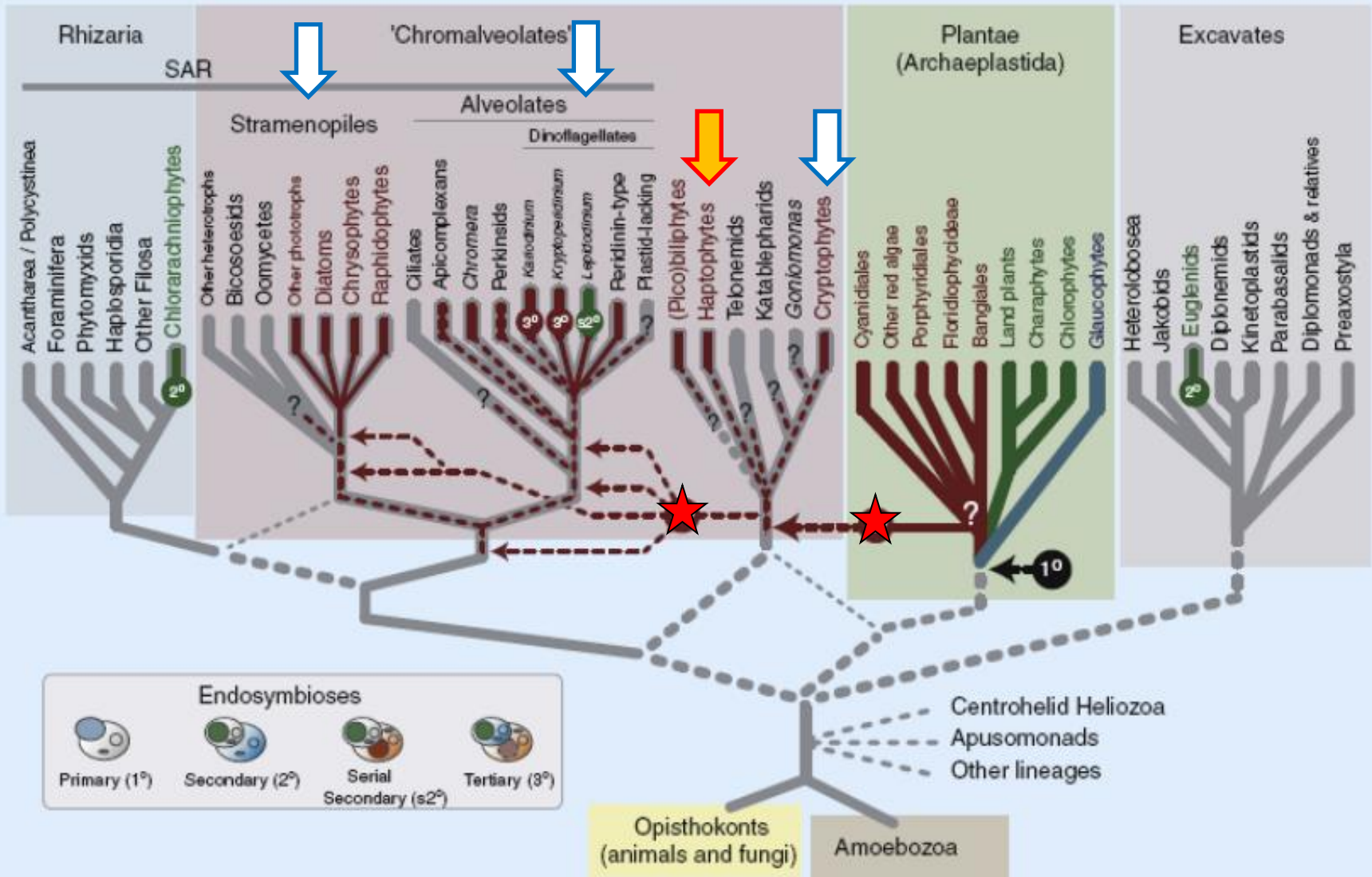
skrytěnky (Cryptophyta)

- sladkovodní bičíkovci, mixotrofové
- zbytkové jádro ruduchy (nukleomorf)
- fykobiliproteiny



haptofyty (Haptophyta)

- stáří cca 1050 mil.



haptofyty (Haptophyta)

- produkce vápenatých šupin (kokolitky)



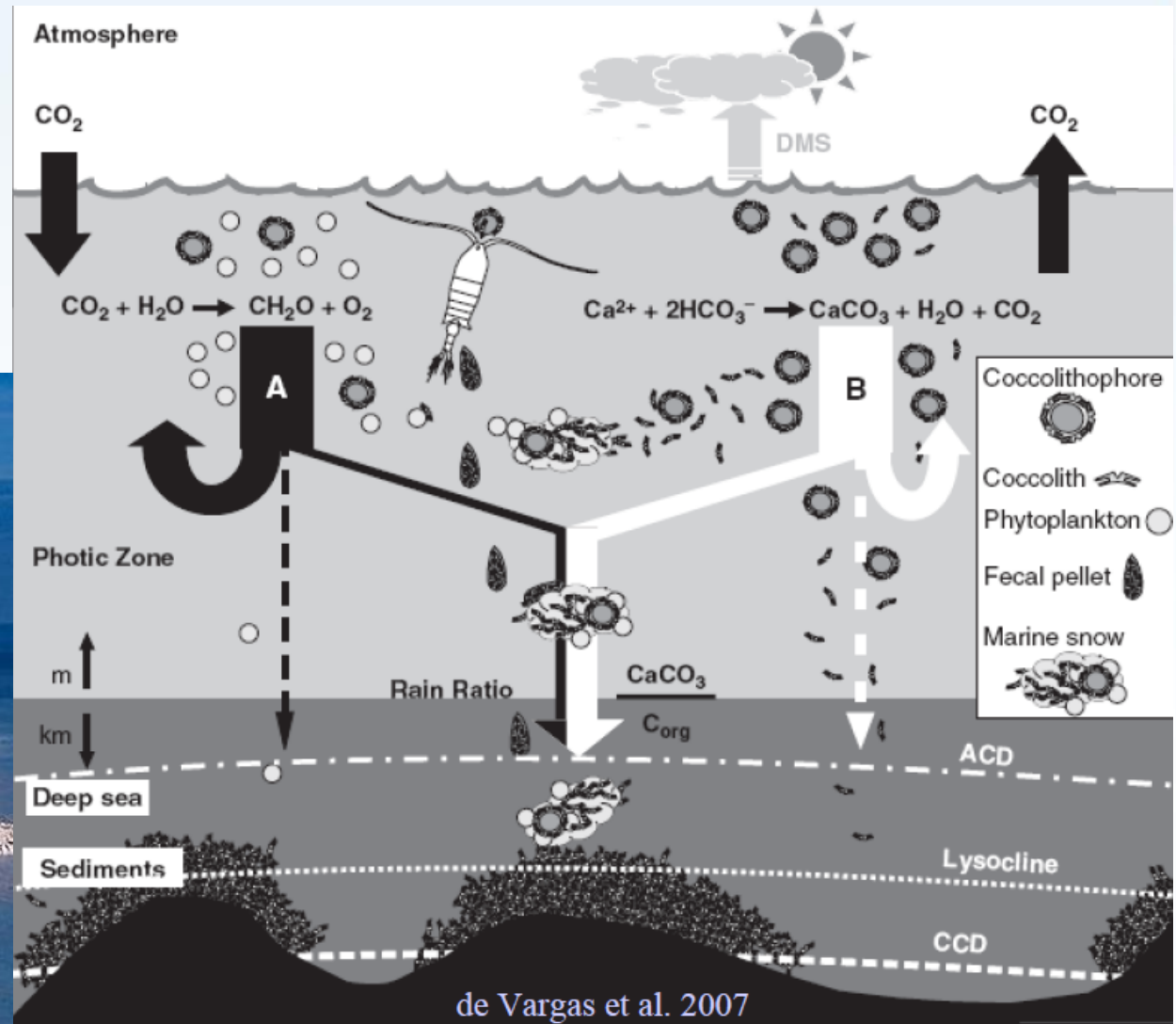
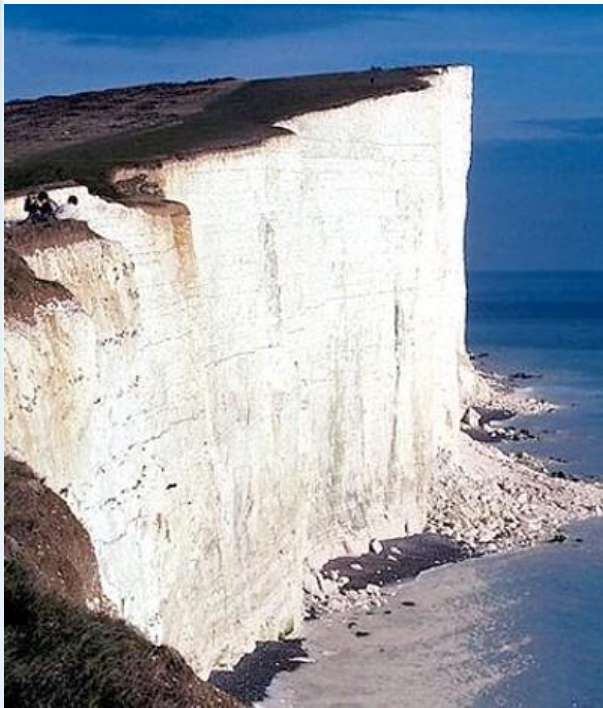
Emiliana



haptofyty (Haptophyta)

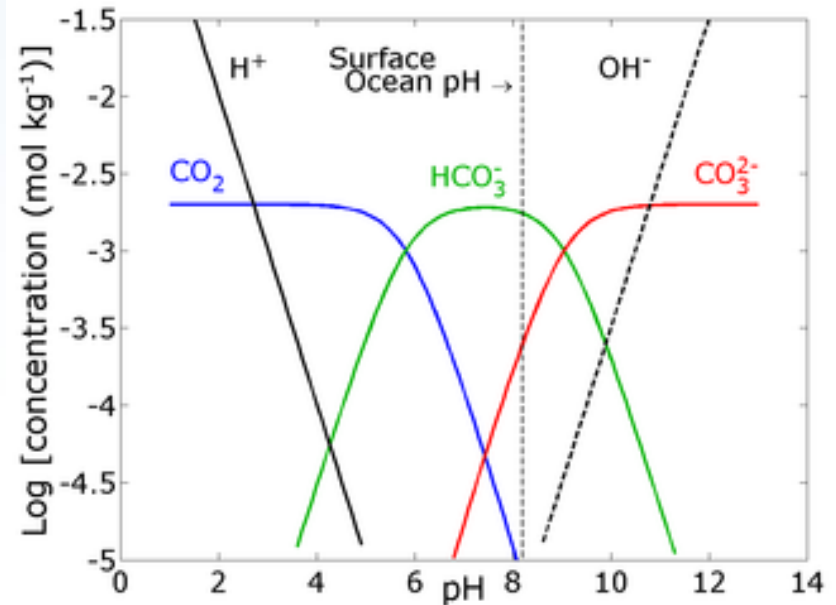
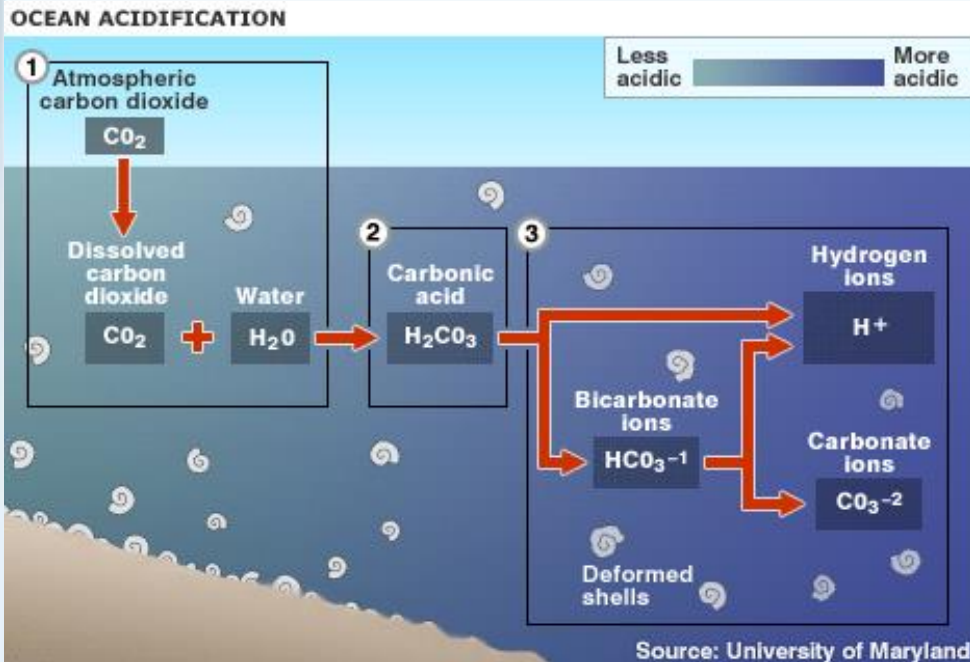
- globální klimatický význam = kalcifikace
 - vápence, ukládání CO_2 do sedimentu

Dover cliffs



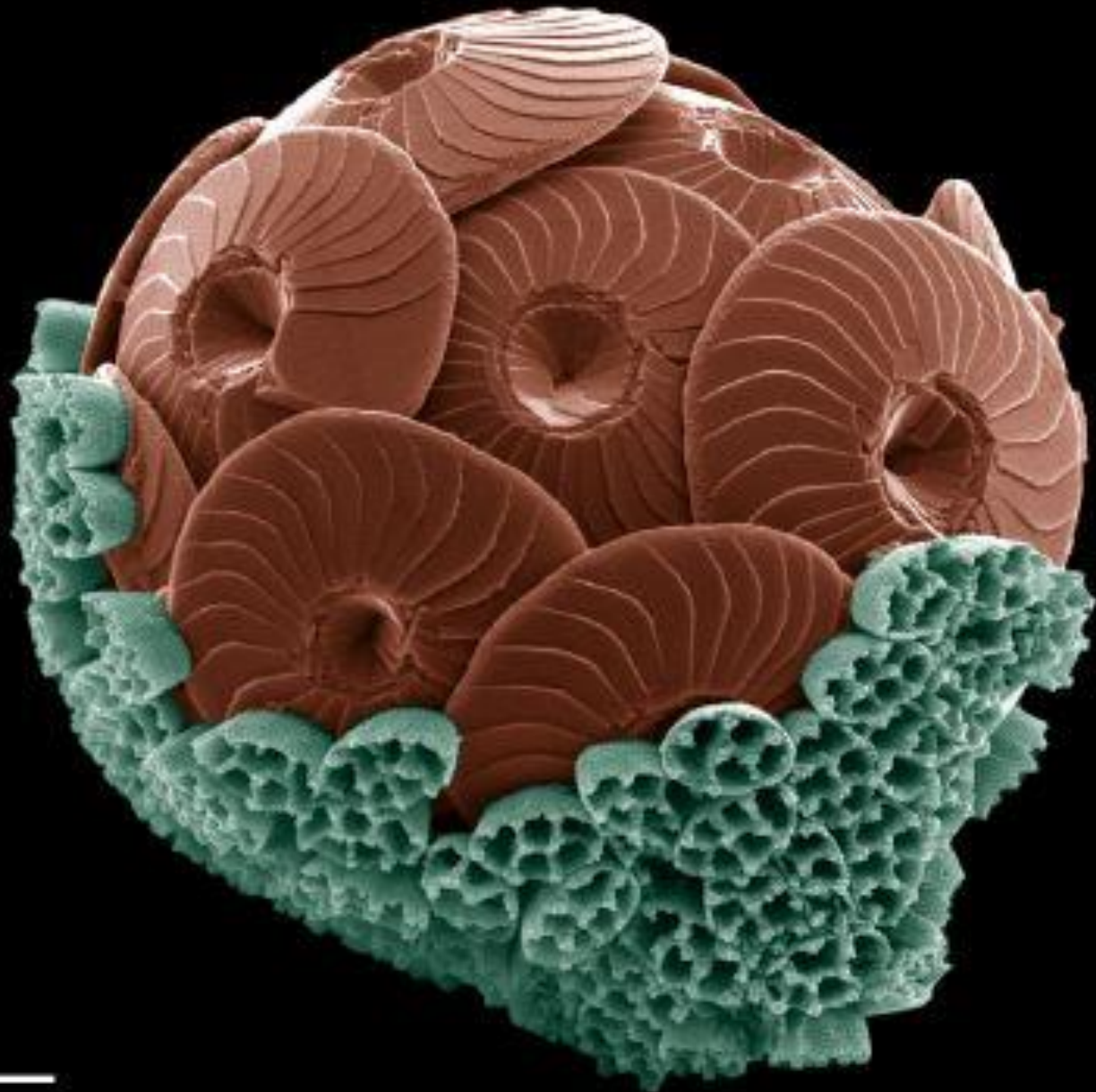
haptofyty (Haptophyta)

- globální klimatický význam = kalcifikace
 - acidifikace moří: oxid uhličitý snižuje pH mořské vody, čímž se mění rovnovážný stav jeho tří rozpustných forem ve prospěch CO_2 (nevyžitelný pro haptofyty)

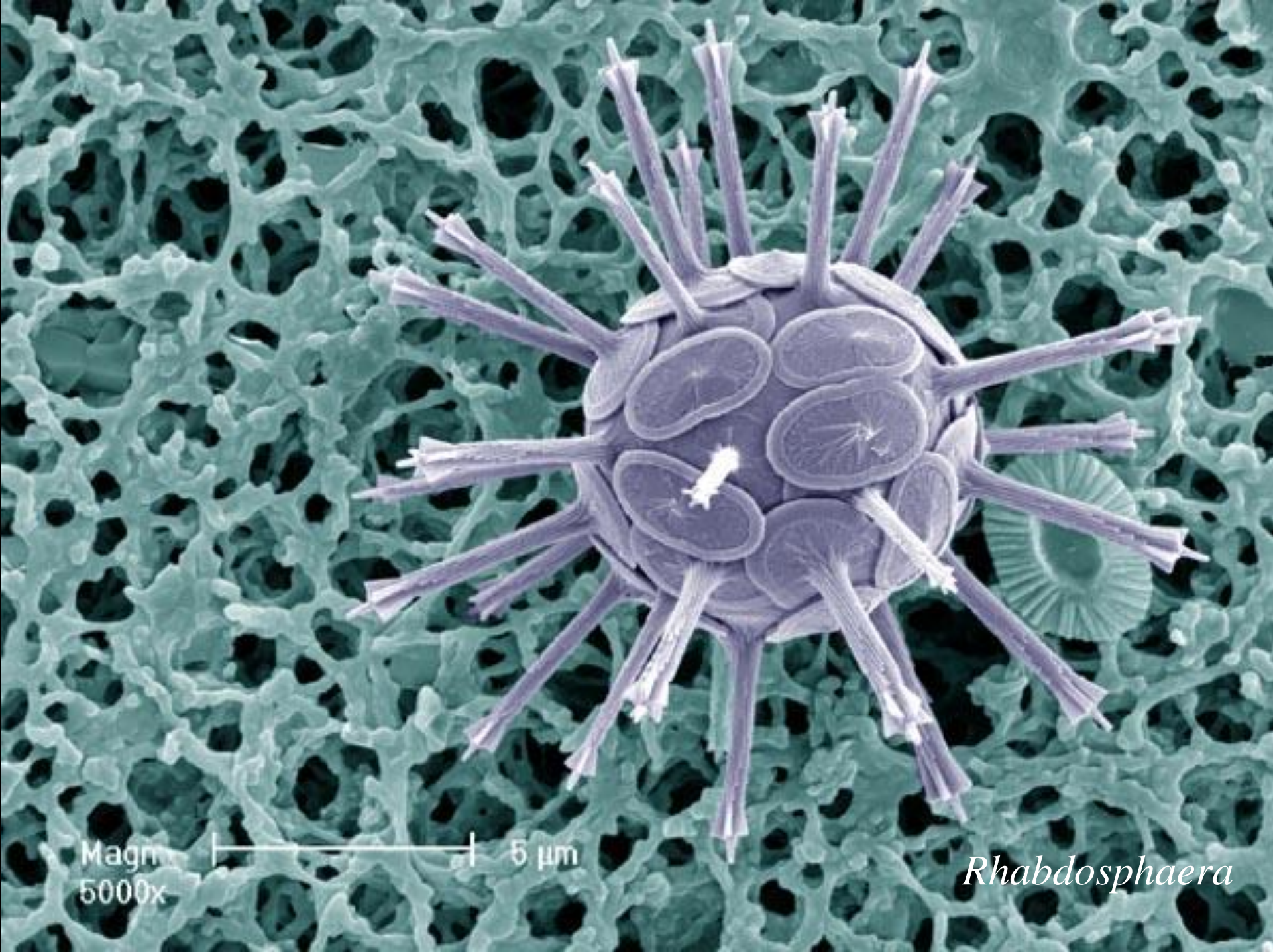




Scyphosphaera



Calcidiscus



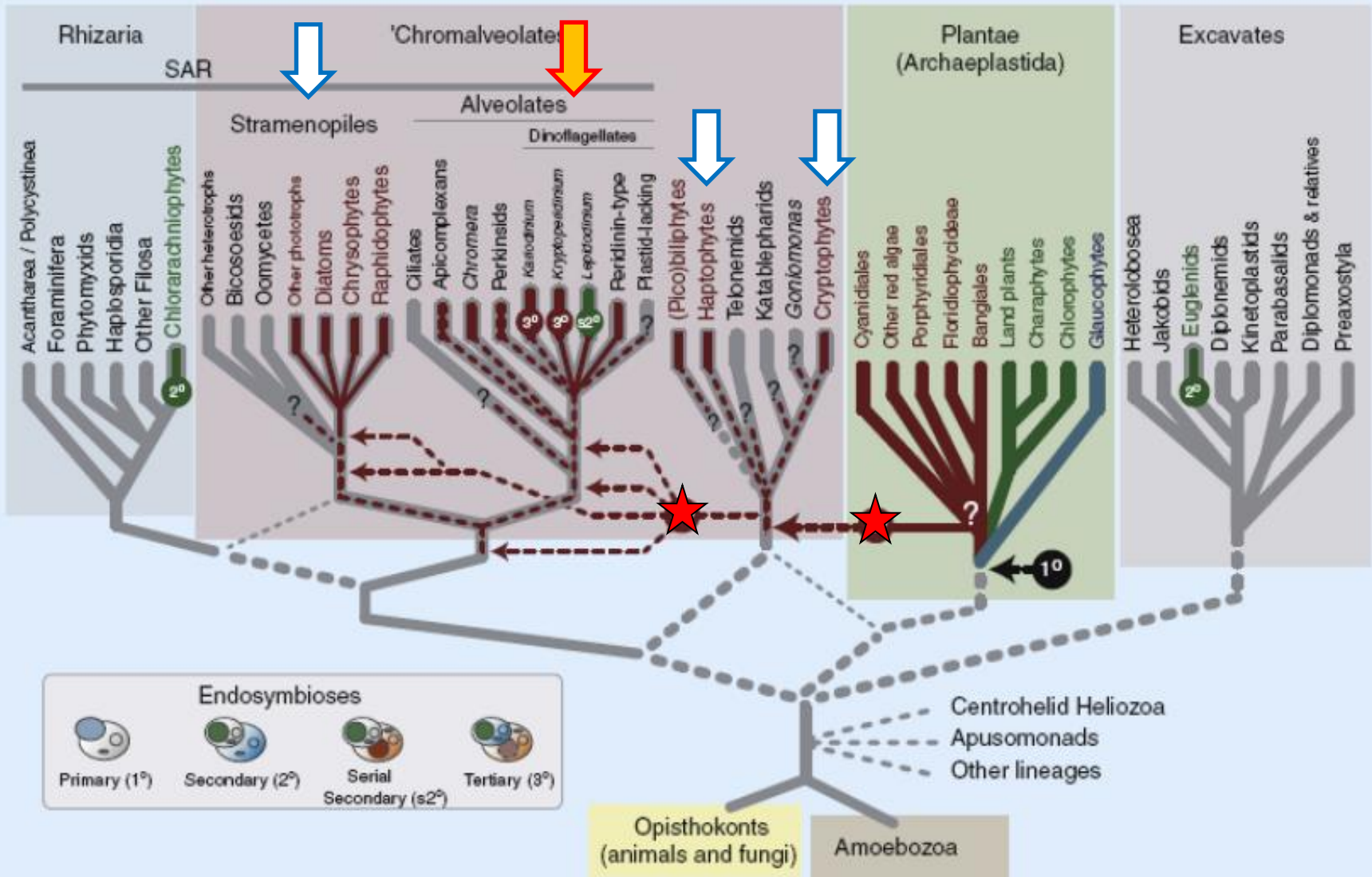
Magn
5000x

5 μm

Rhabdosphaera

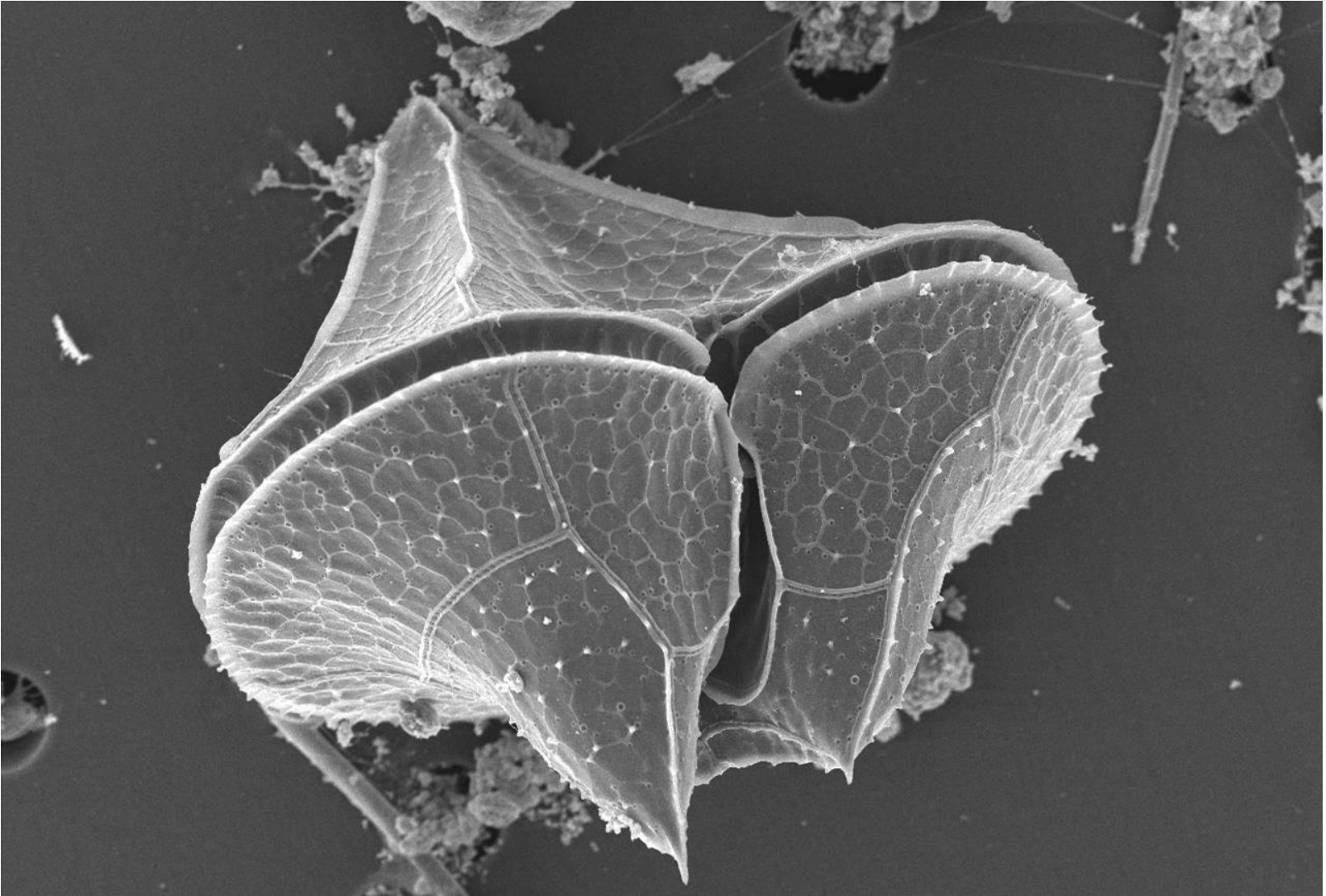
obrněnky (Dinophyta)

- stáří cca 400 mil.



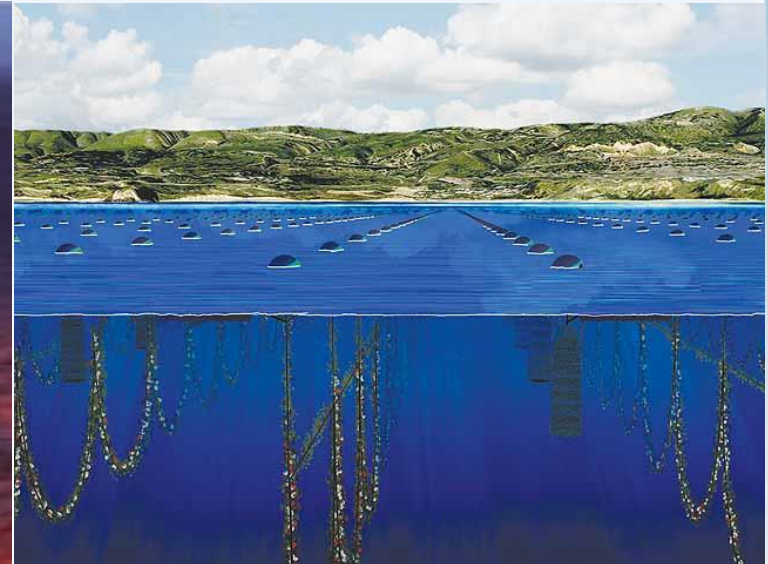
obrněnky (Dinophyta)

- mořští a sladkovodní bičíkovci, mixotrofové
- celulózni buněčná stěna (théka)



obrněnky (Dinophyta)

- red tides – mořské vodní květy
- produkce nebezpečných toxinů (shellfish poisoning)



obrněnky (Dinophyta)

- red tides – mořské vodní květy
- produkce nebezpečných toxinů (shellfish poisoning)
 - Guatemala 1978: zemřelo 50 % všech nakažených dětí (PSP, svalová paralýza)



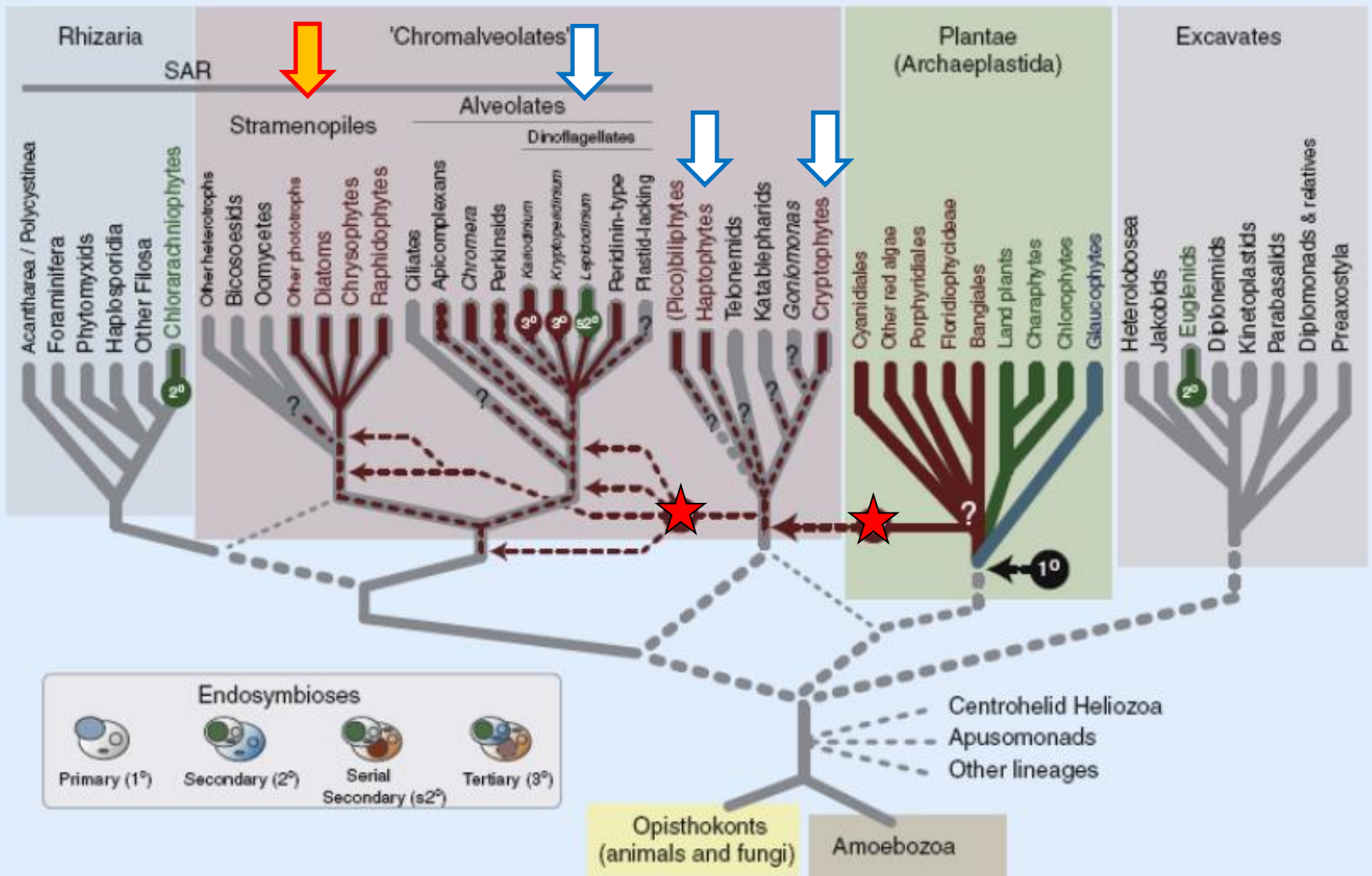
obrněnky (Dinophyta)

- bioluminescence
- *Noctiluca scintillans*



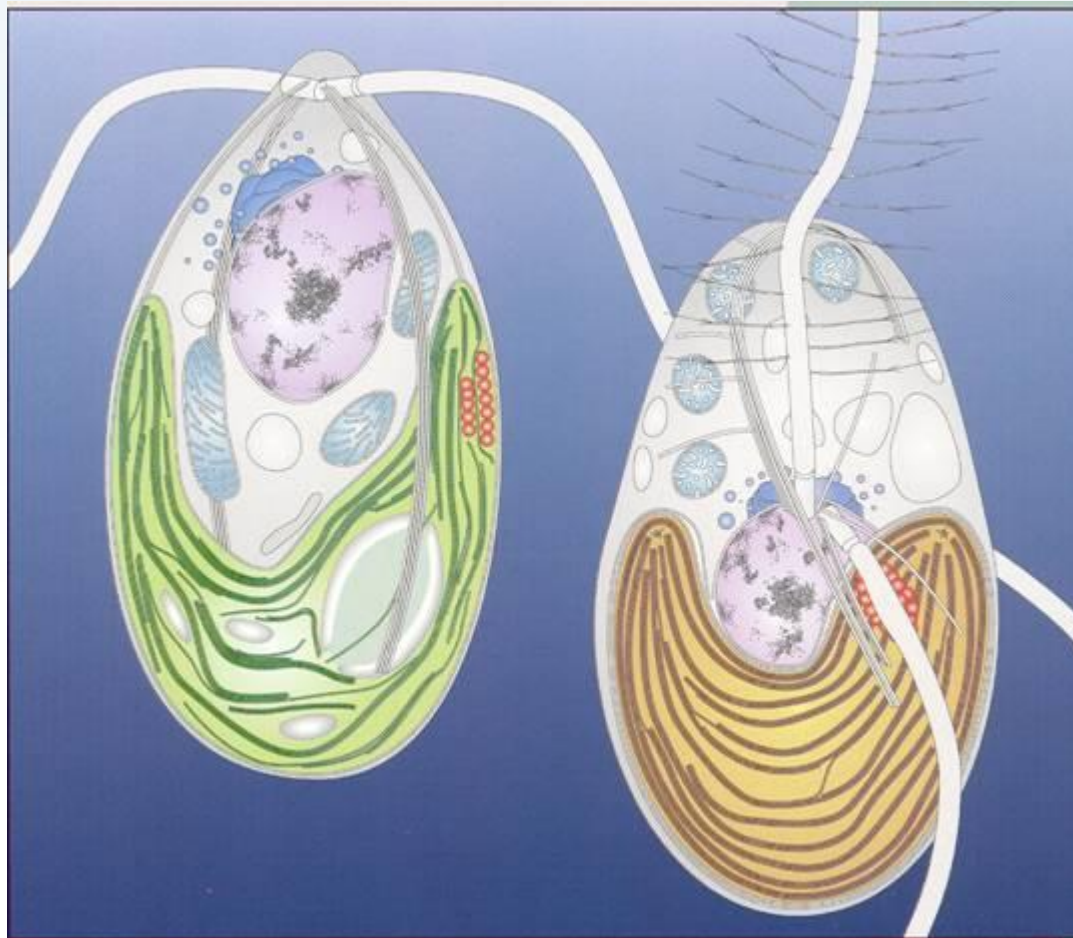
stramenopilové (Stramenopiles)

- stáří cca 550 mil.



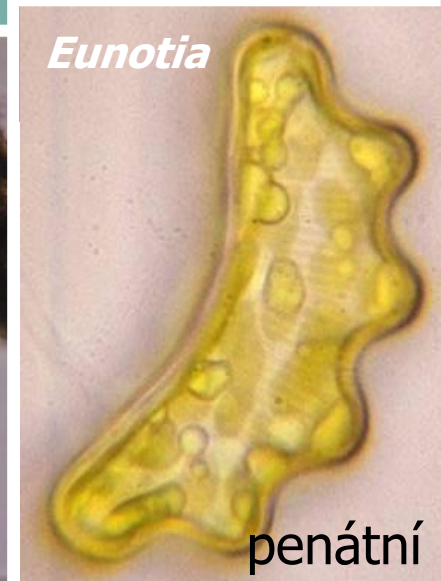
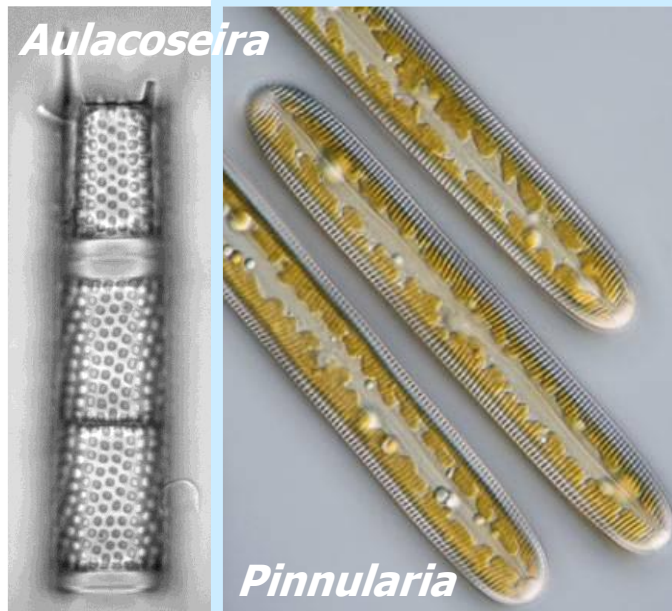
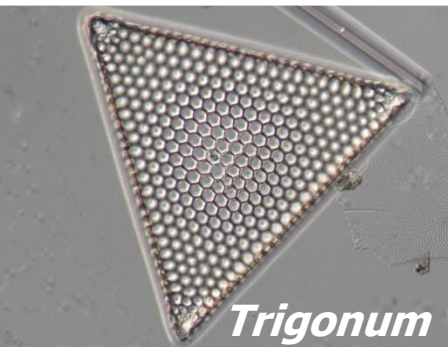
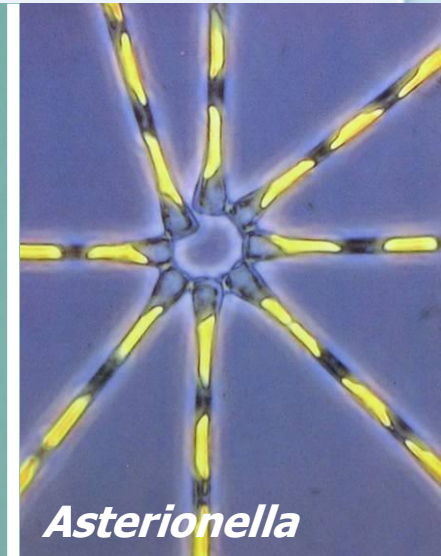
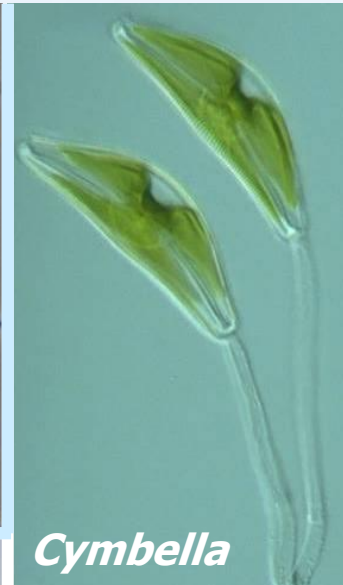
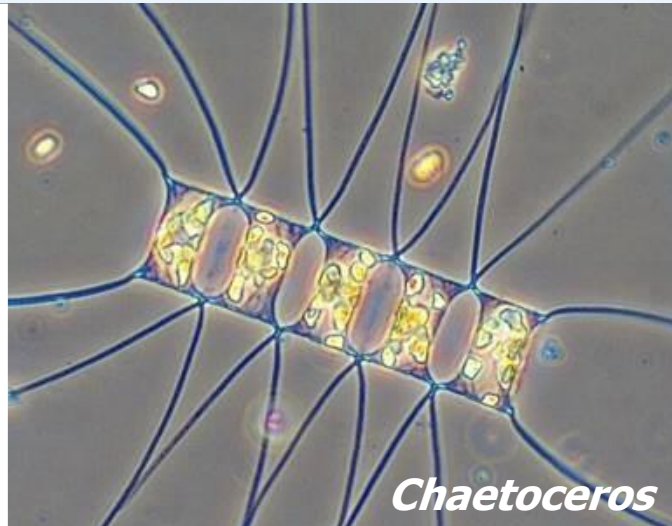
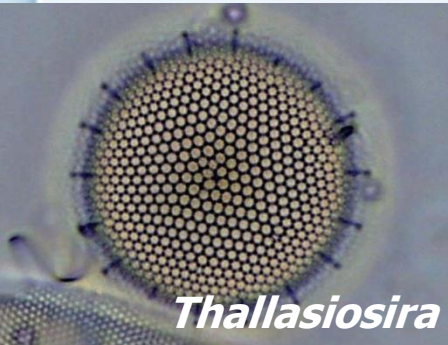
stramenopilové (Stramenopiles)

- odlišná stavba bičíků
- hnědá barva plastidu (fukoxanthin)
- velmi diverzifikovaná skupina



stramenopilové (Stramenopiles)

- rozsivky (Bacillariophyceae)

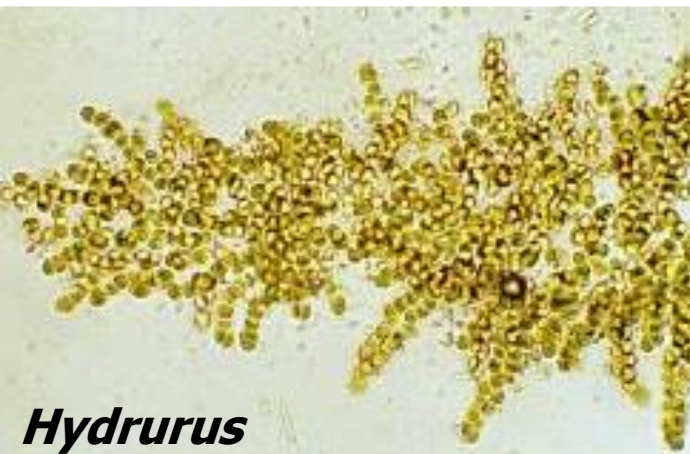
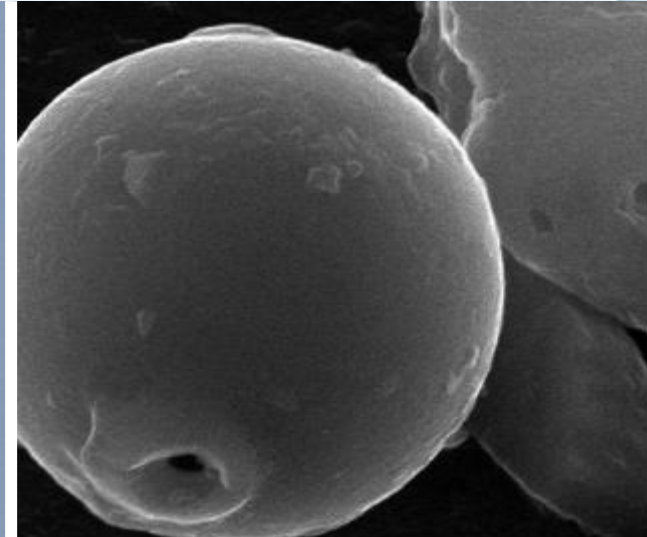


Pinnularia

penátní

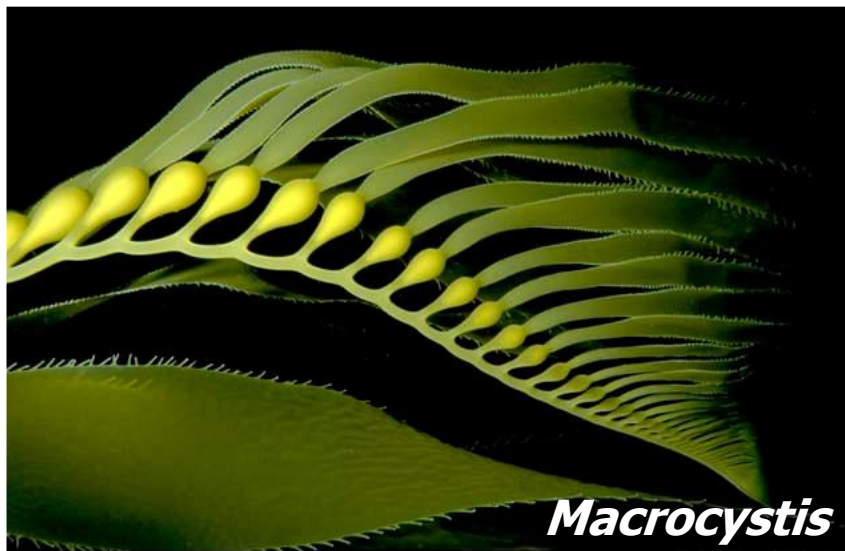
stramenopilové (Stramenopiles)

- zlativky (Chrysophyceae)



stramenopilové (Stramenopiles)

- chaluhy (Phaeophyceae)
- litorál moří, velký ekonomický význam



stramenopilové (Stramenopiles)

- radiace stramenopilních skupin v ordoviku (450 mil.)
- v oceánech je chloroplast z ruduch efektivnější

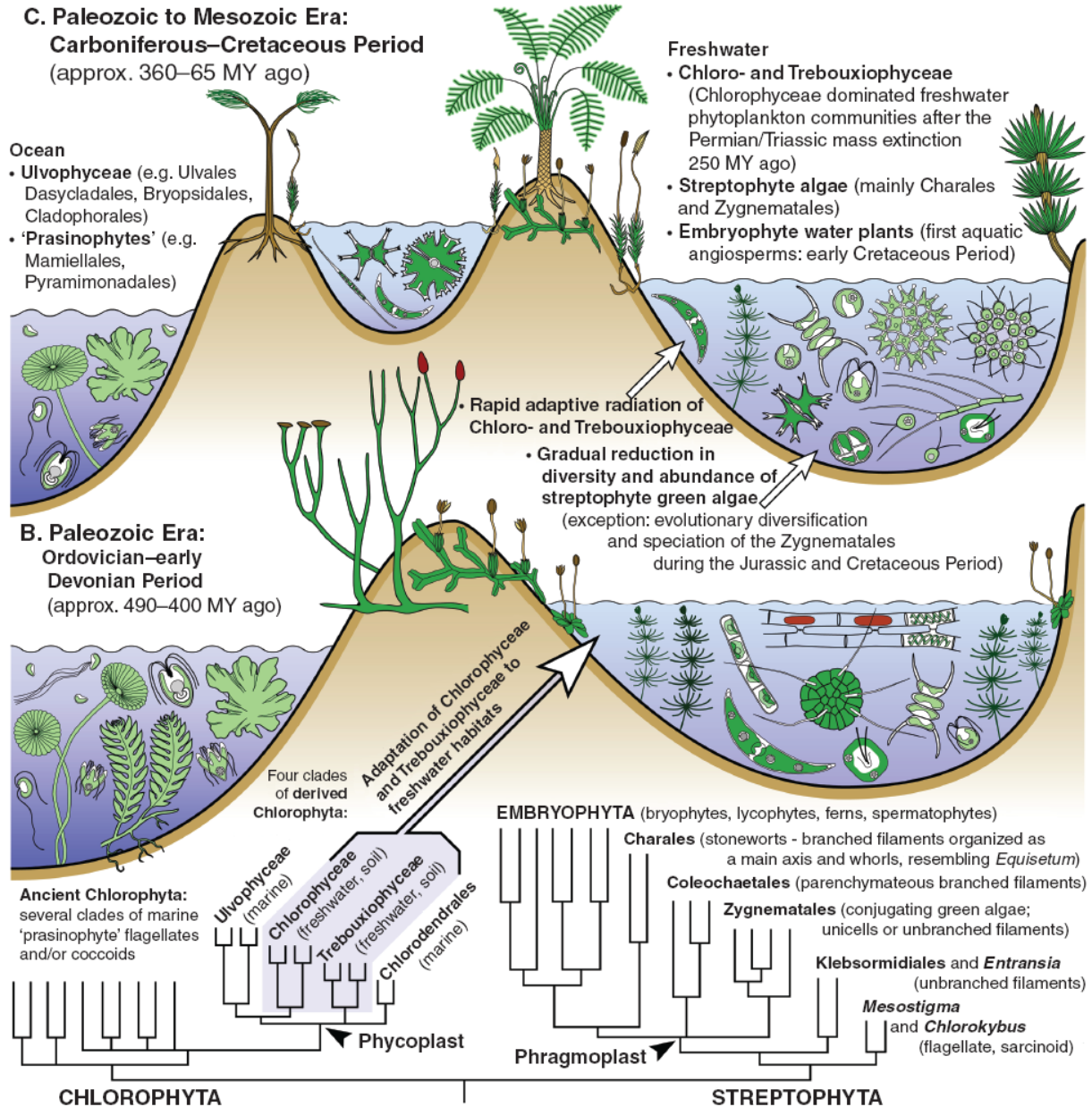


stramenopilové (Stramenopiles)

- radiace stramenopilů v ordoviku

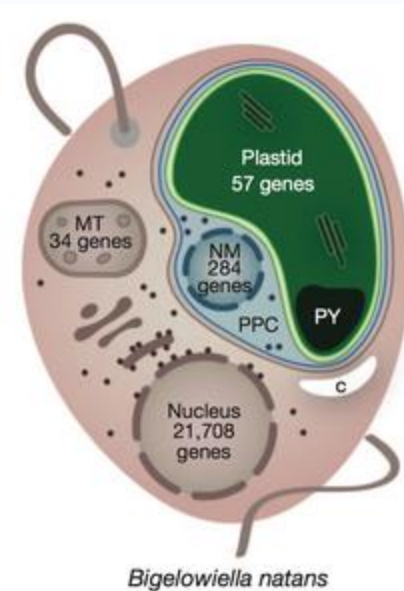
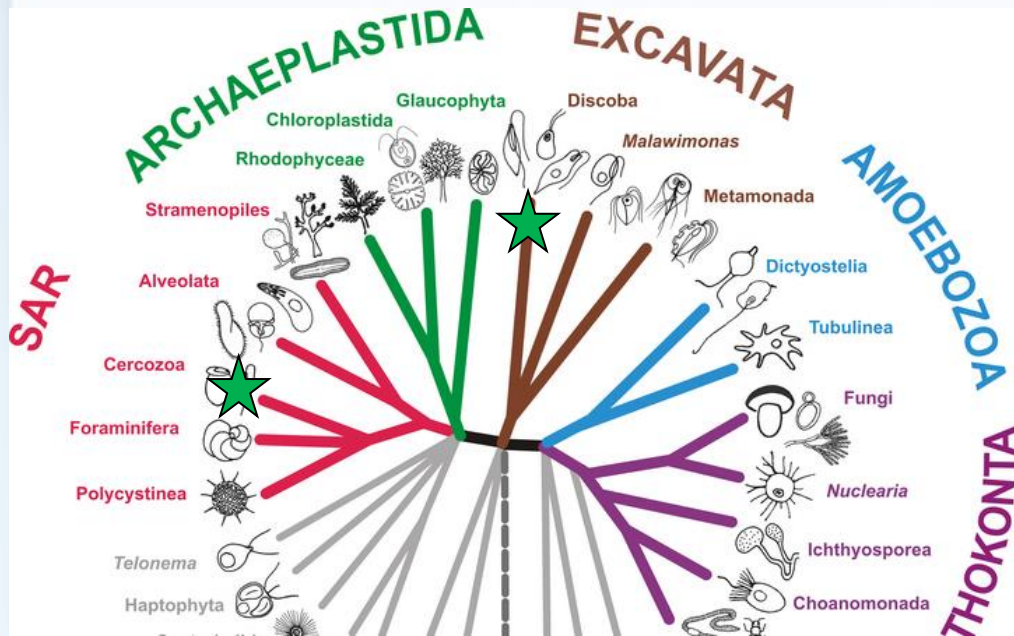
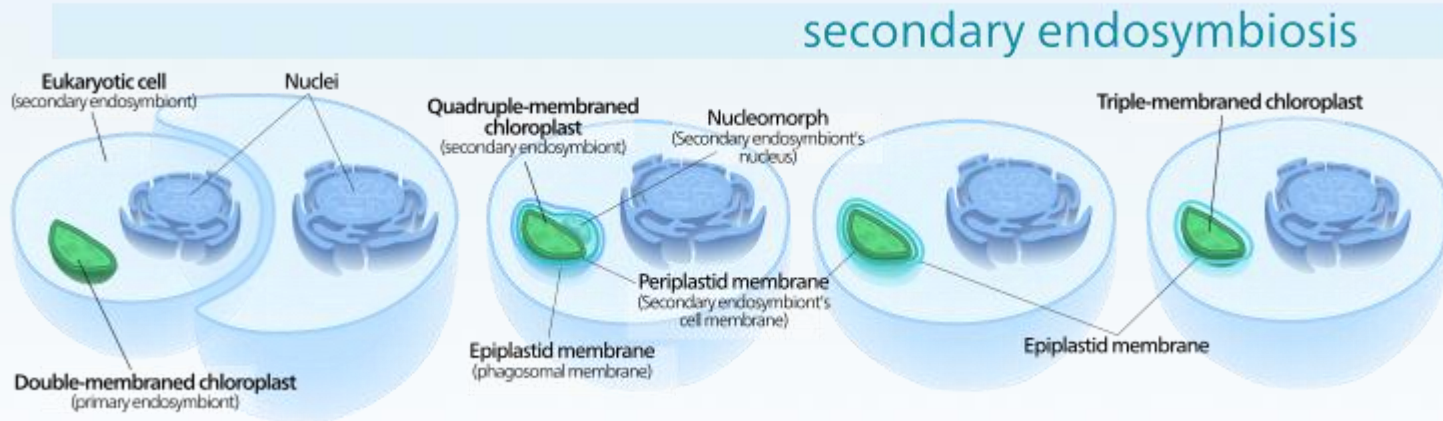


- Chlorofyty vyhnány z moří do sladkých vod
- Streptofyty vyhnány ze sladkých vod na souš či do rašeliníšť



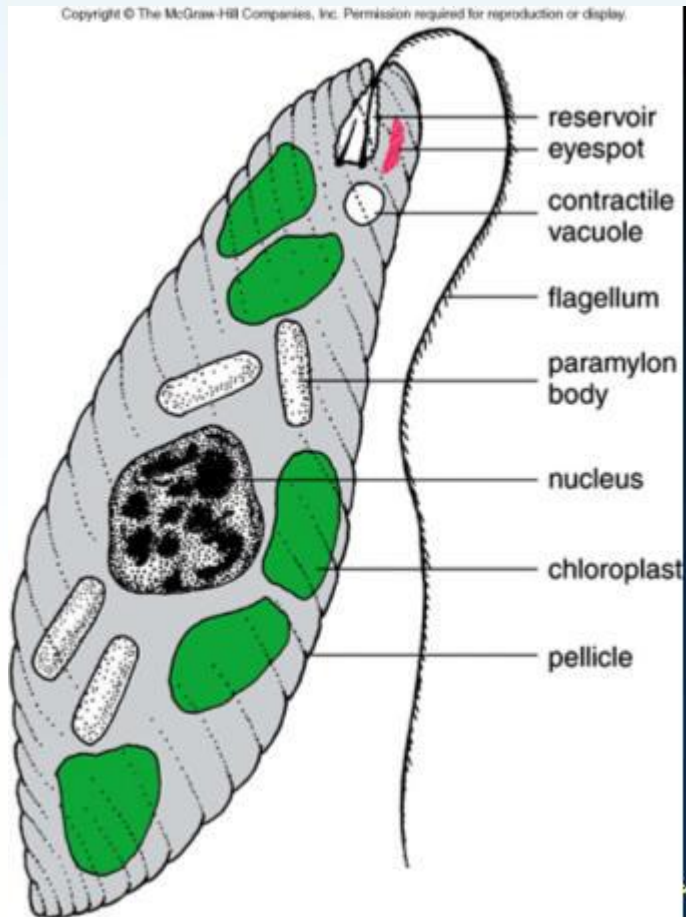
Sekundární endosymbióza II.

- pohlcení zelené řasy Eukaryotem (100 mil.)
- plastid má čtyři či tři obalné membrány



krásnoočka (Euglenophyta)

- proměnlivý tvar buněk (pelikulární pásy)
- extraplastidiální stigma, paramylon



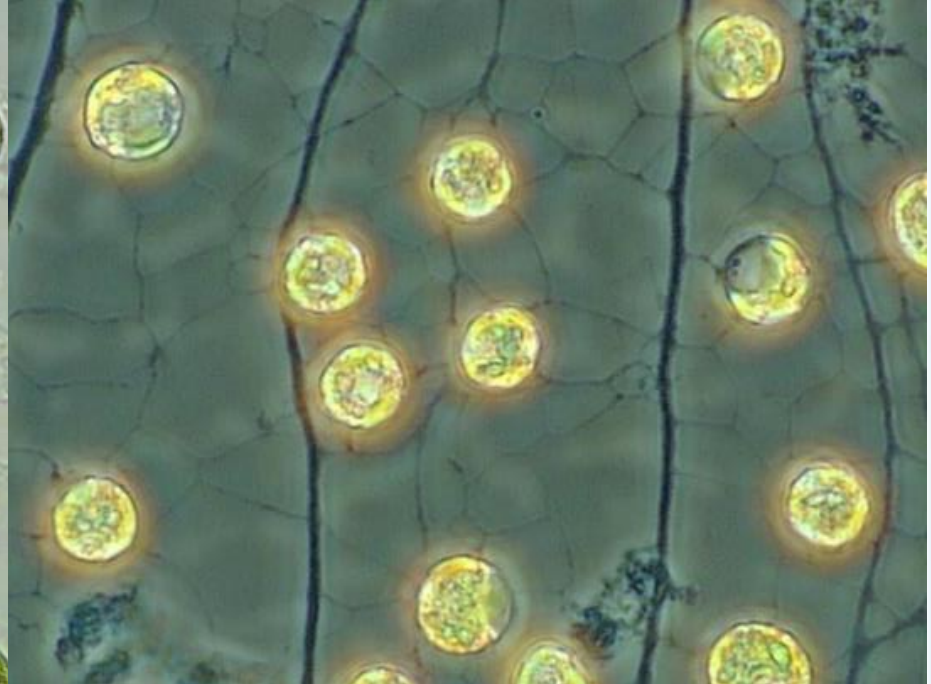
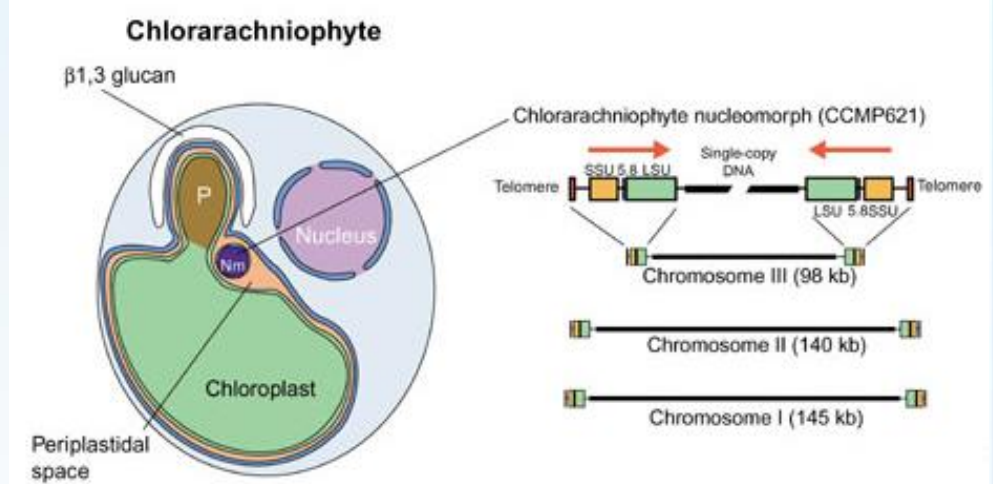
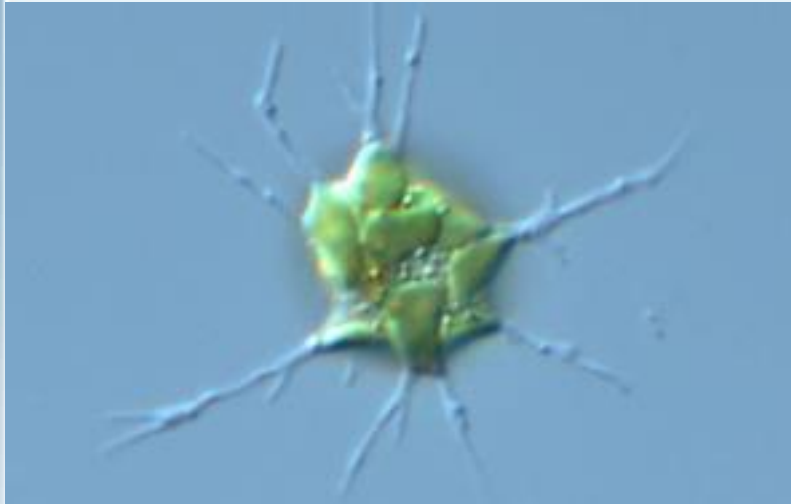
krásnoočka (Euglenophyta)

- často tolerují znečištěné vodní prostředí
 - čištění odpadních vod



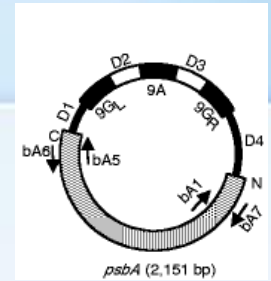
Chlorarachniophyta

- měňavkovité organismy, nukleomorf (pouze 300 genů)



Terciární endosymbiózy

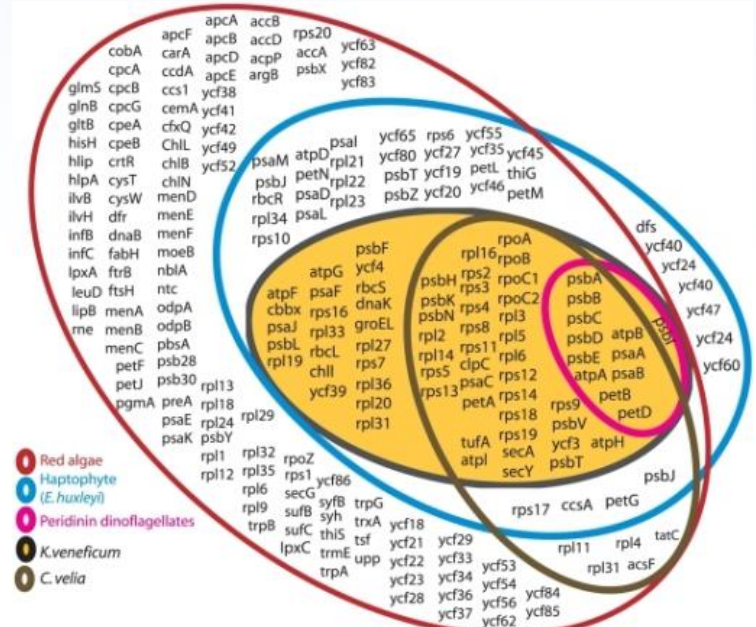
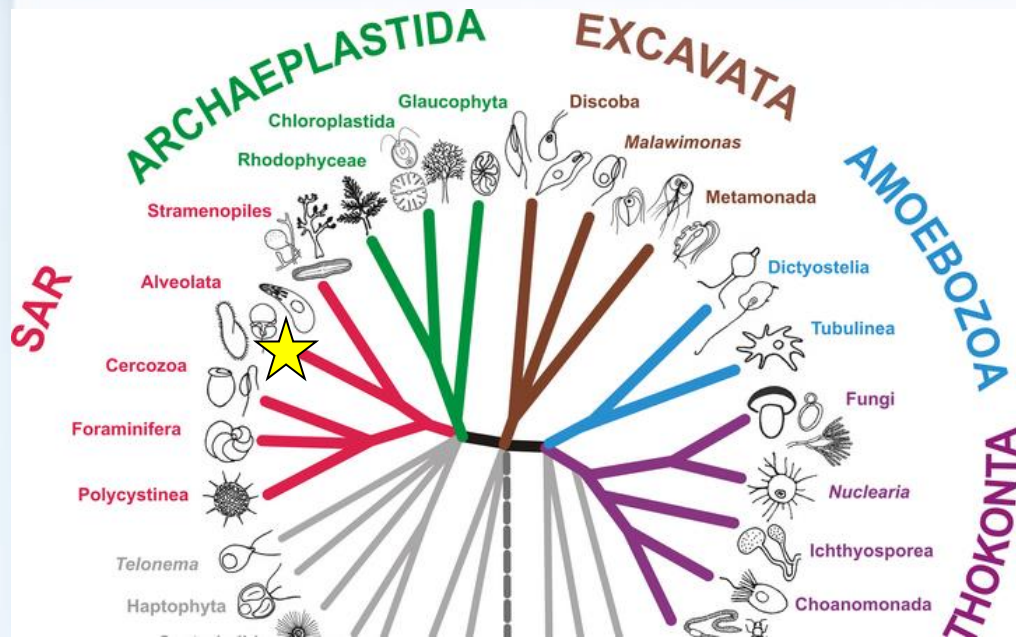
- pouze u obrněnek
 - evolučně nejdokonalejší otrokáři plastidů
 - v plastidovém genomu pouze 14 genů (minikroužky)



A dinoflagellate ingests a eukaryotic protist having a secondary plastid.



The endosymbiont's plastid is retained by the host as a tertiary plastid having multiple membranes.



Terciární endosymbiózy

- 7 nezávislých endosymbiotických událostí

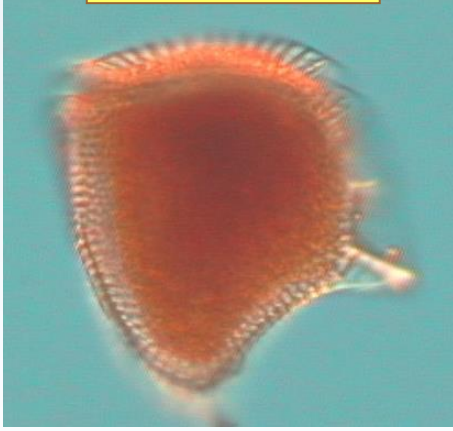
Dinophysiales I

Cryptophyta



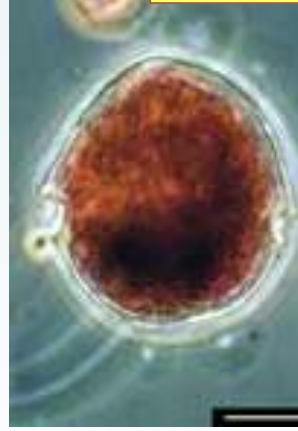
Dinophysiales II

Haptophyta



Kryptoperidinium

Stramenopiles



Karenia

Haptophyta



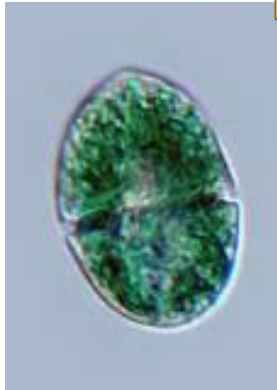
Lepidodinium

Chlorophyta



Gymnodinium aeruginosum

Cryptophyta



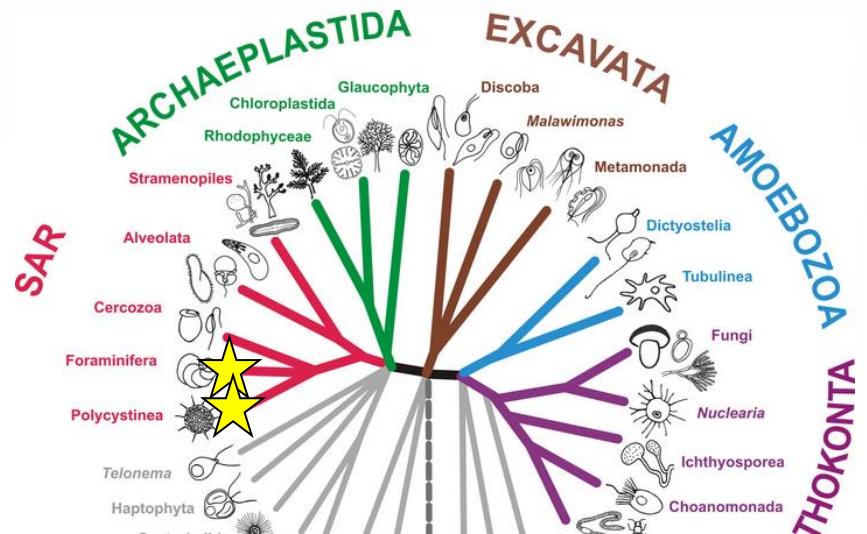
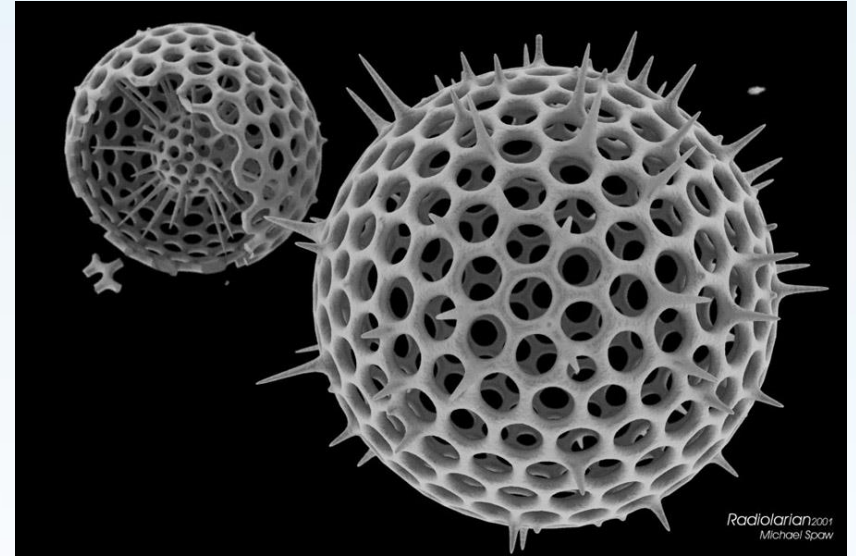
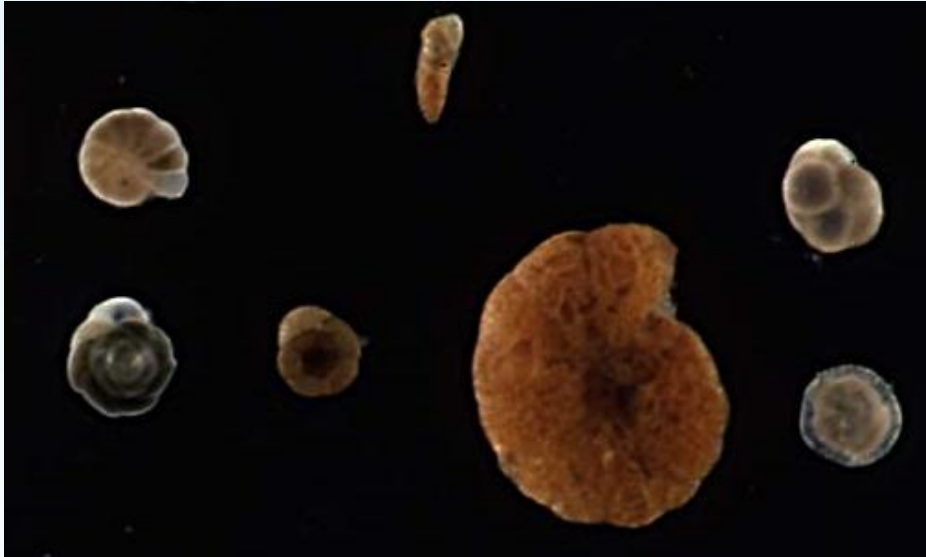
Podolampas

Stramenopiles



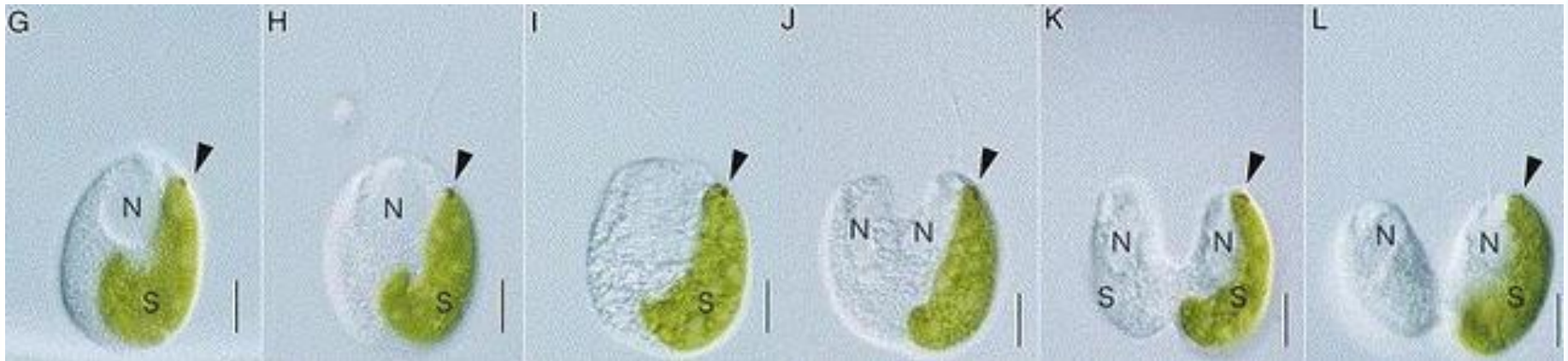
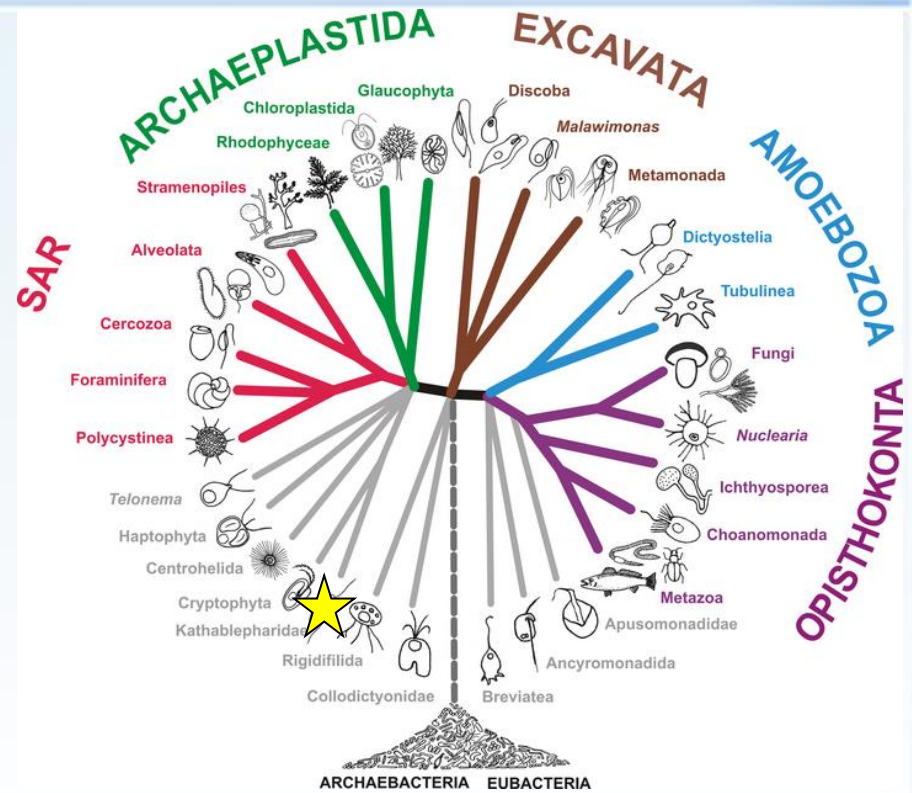
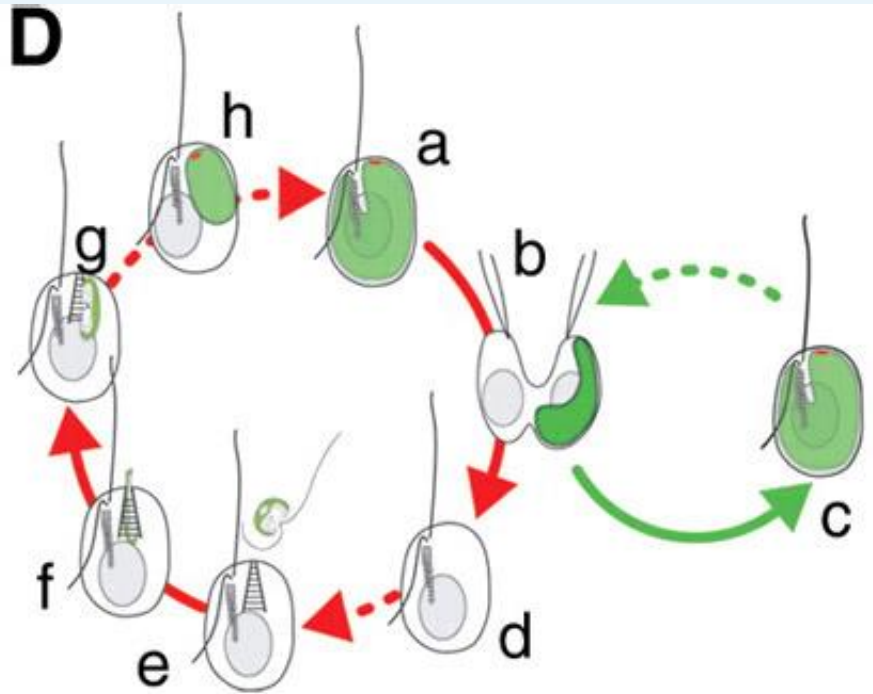
symbiotické obrněnky

- dírkonožci, mřížovci



nedokončené endosymbiózy

- *Hatena arenicola*



kleptoplastidy

- *Elysia viridis*



Codium fragile

Děkuji za pozornost

