

Evolve primárních producentů

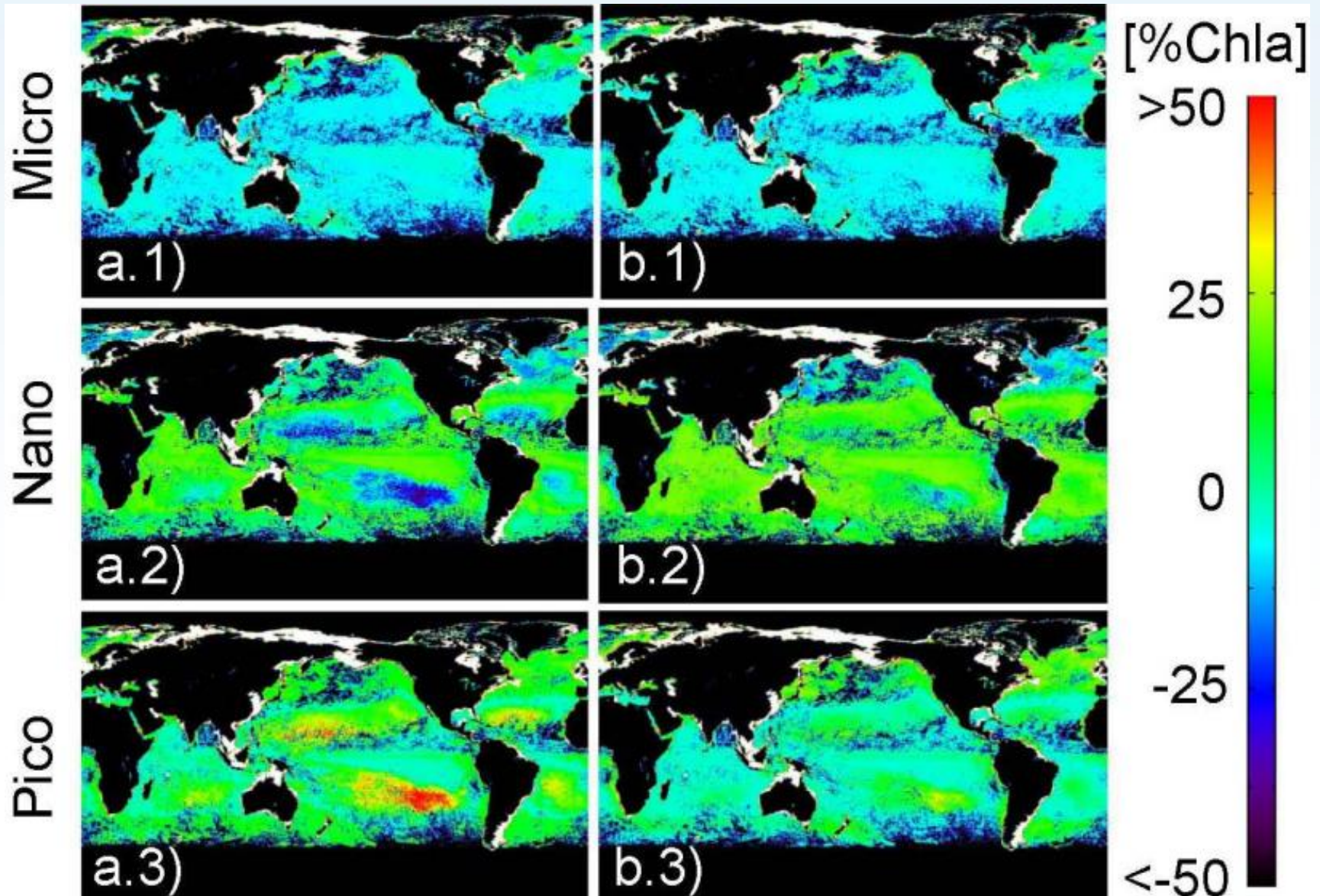


Pavel Škaloud
katedra botaniky PřF UK



Primární produkce

- Více jak polovinu primární produkce mají na svědomí řasy





Sinice a řasy

AQUATIC ORGANISMS (10900)/Algae Color Plates

10-169

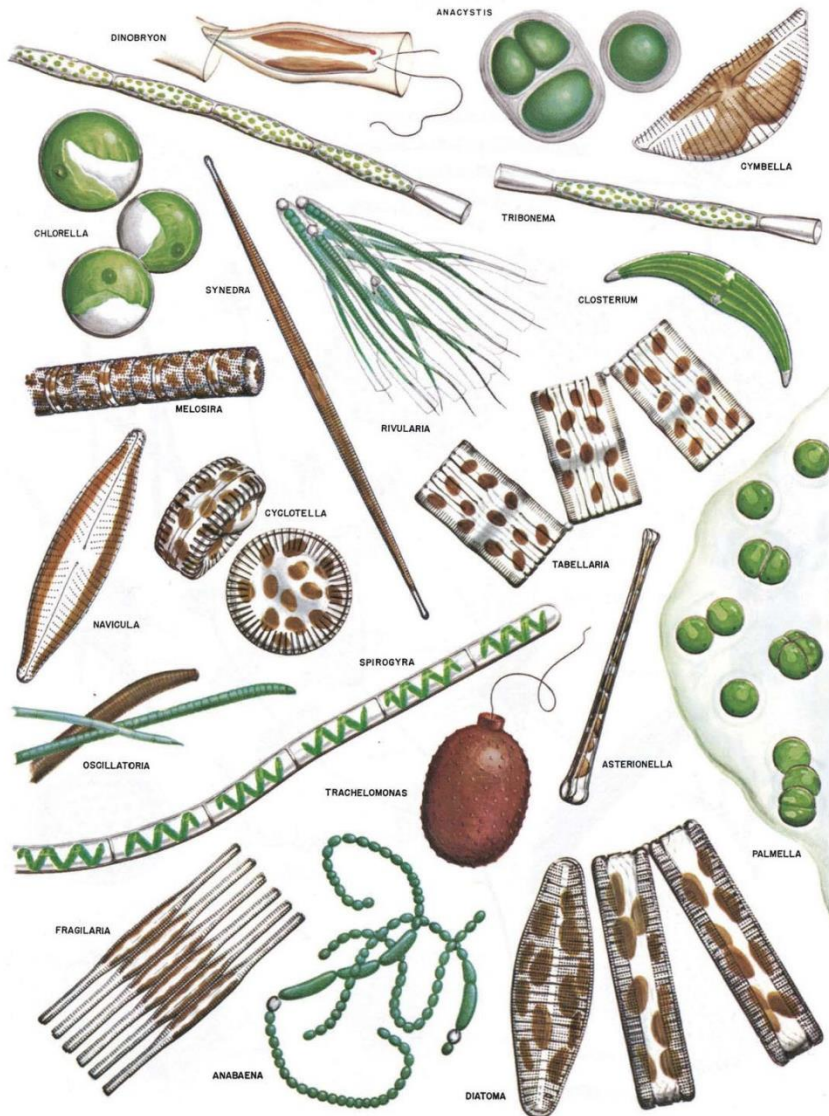


Plate 29. Filter- and screen-clogging algae.

AQUATIC ORGANISMS (10900)/Algae Color Plates

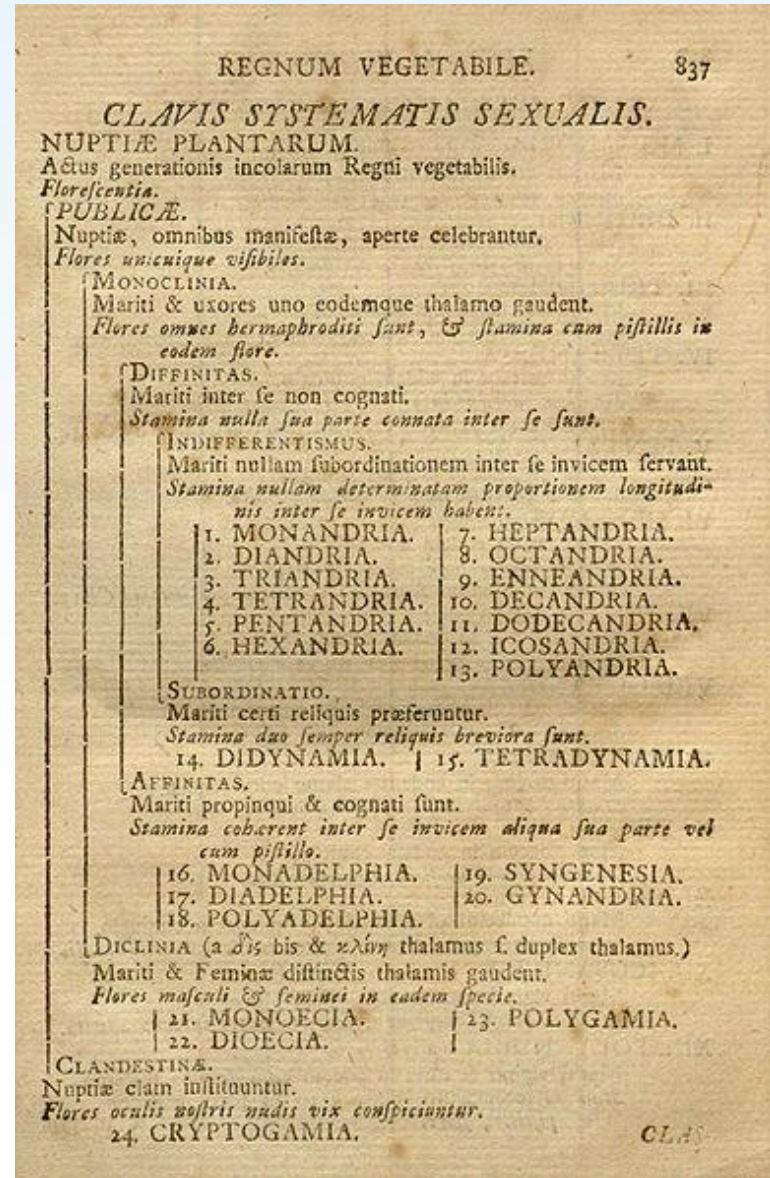
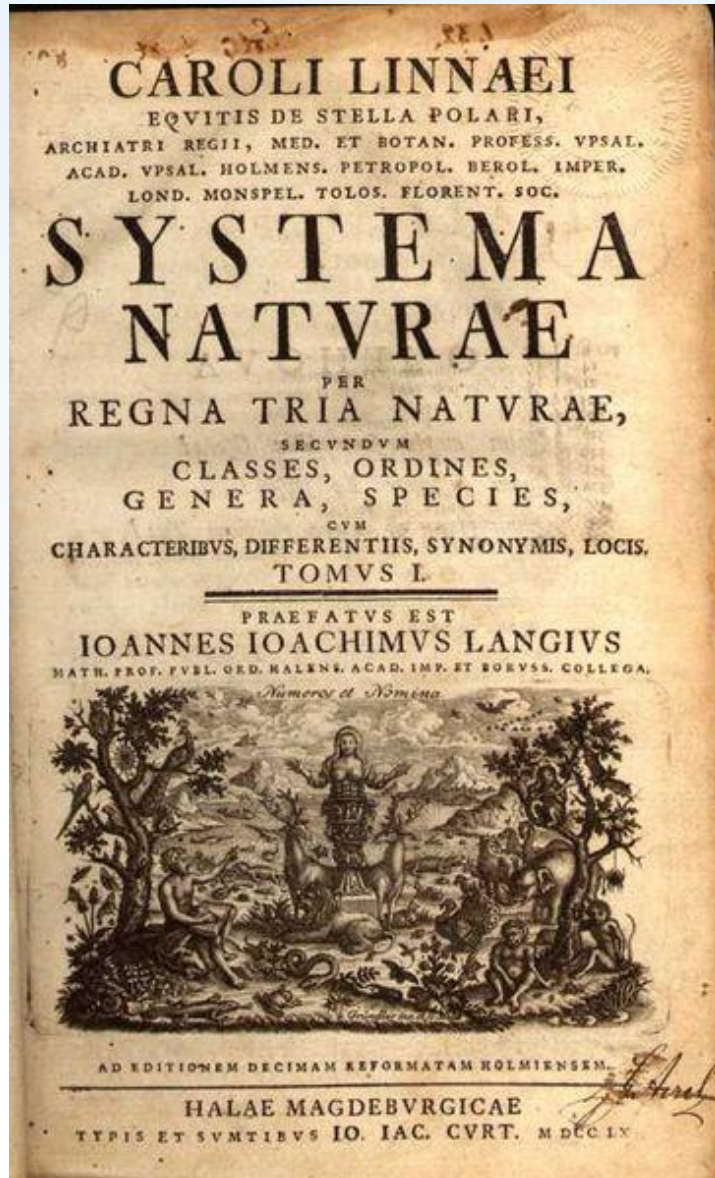
10-171



Plate 31. Clean-water algae.

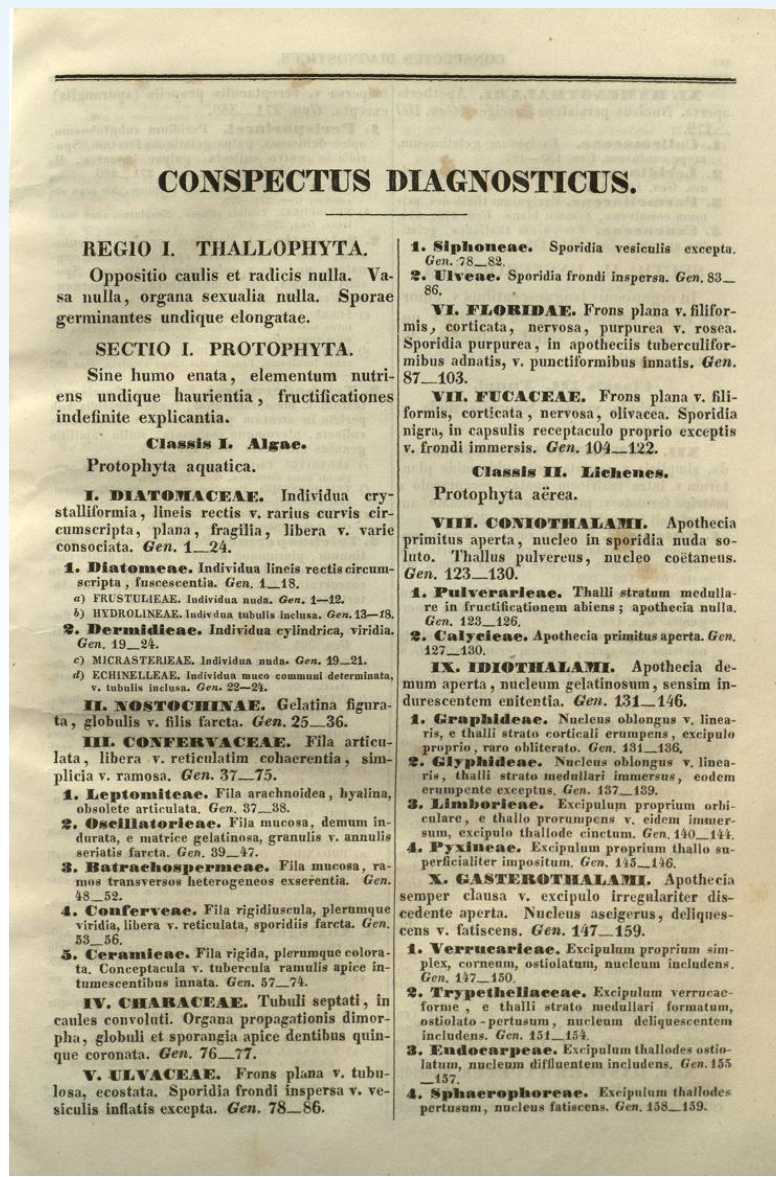
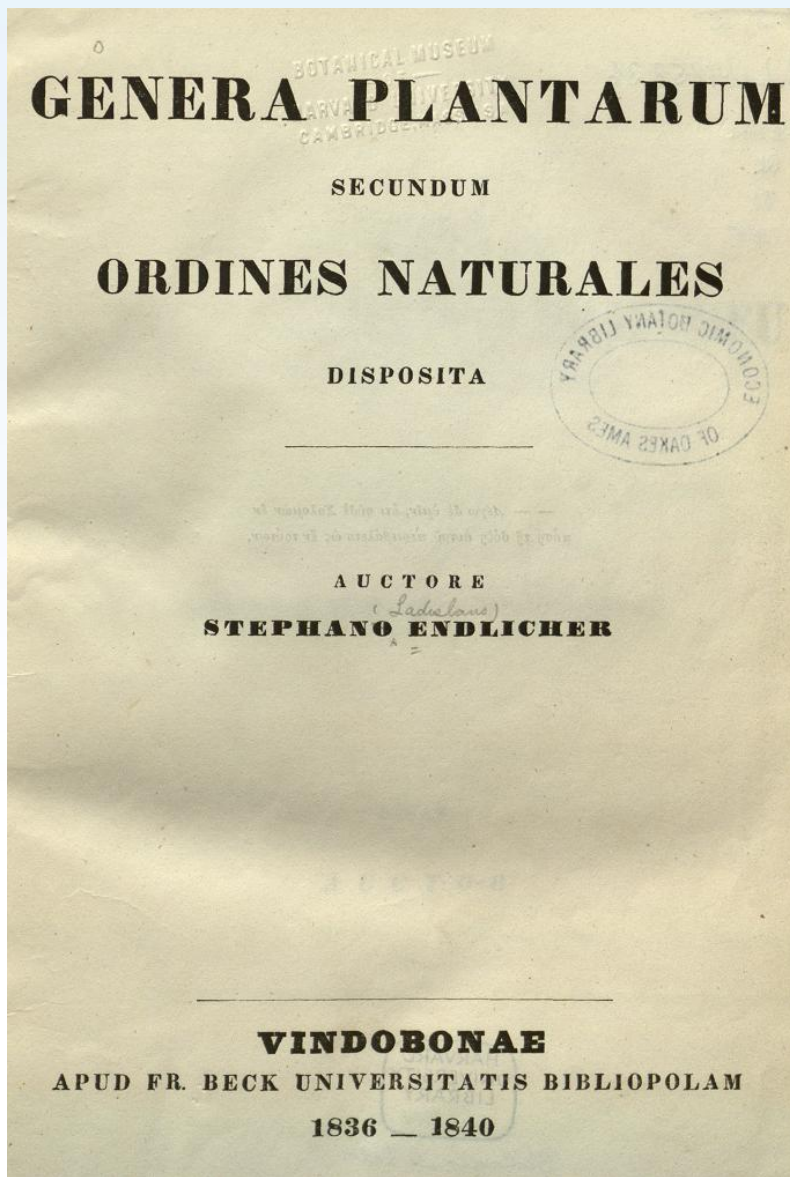
Sinice a řasy

- Carl Linné (1758)



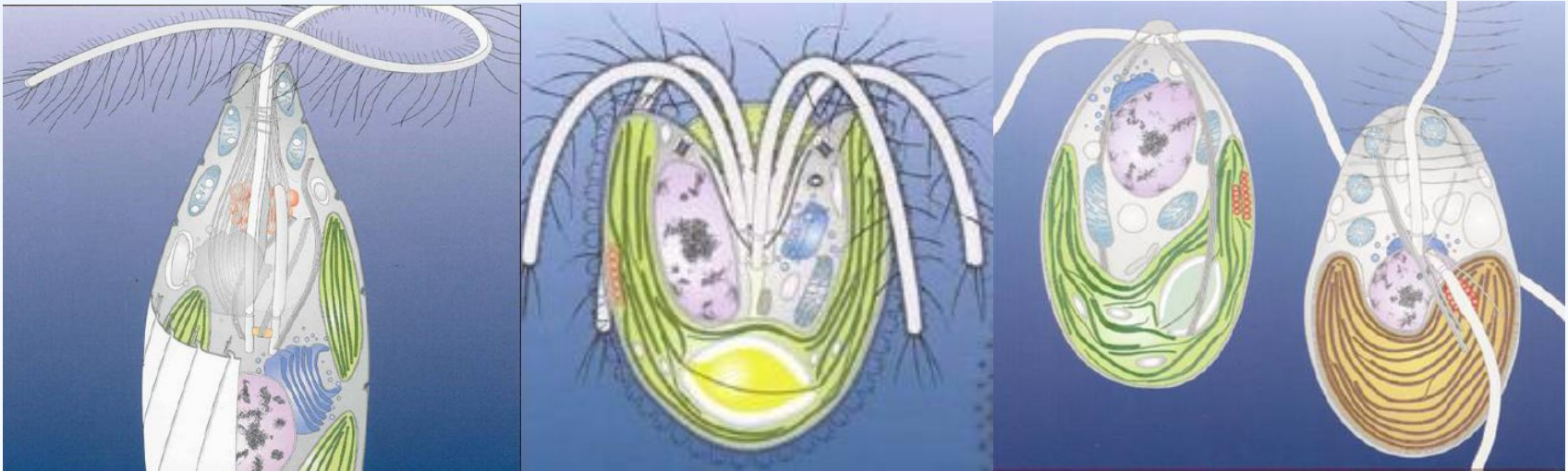
Sinice a řasy

- Stephano Endlicher (1836): Thallophyta (řasy, houby, lišejníky)

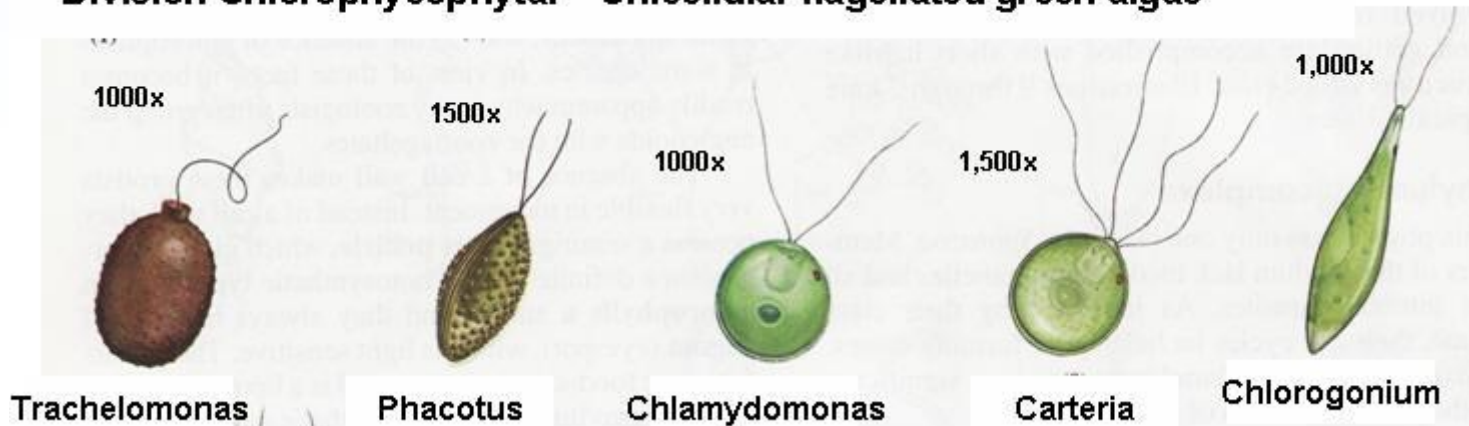


Sinice a řasy

- polovina 19. století – začátek 20. století:
 - evoluční pohled na klasifikaci sinic a řas



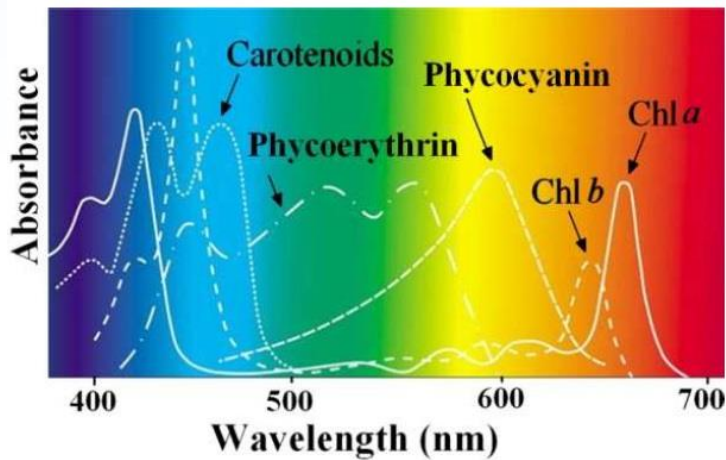
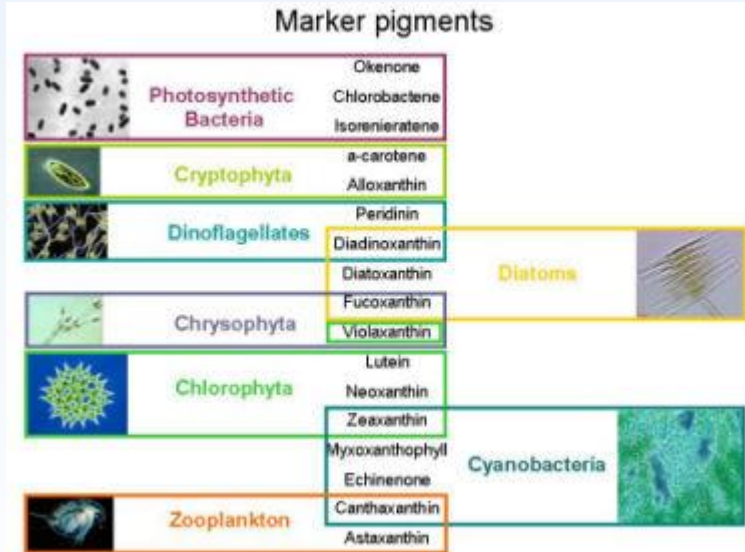
Division Chlorophycophyta: Unicellular flagellated green algae



počet, uspořádání, a délka bičíků

Sinice a řasy

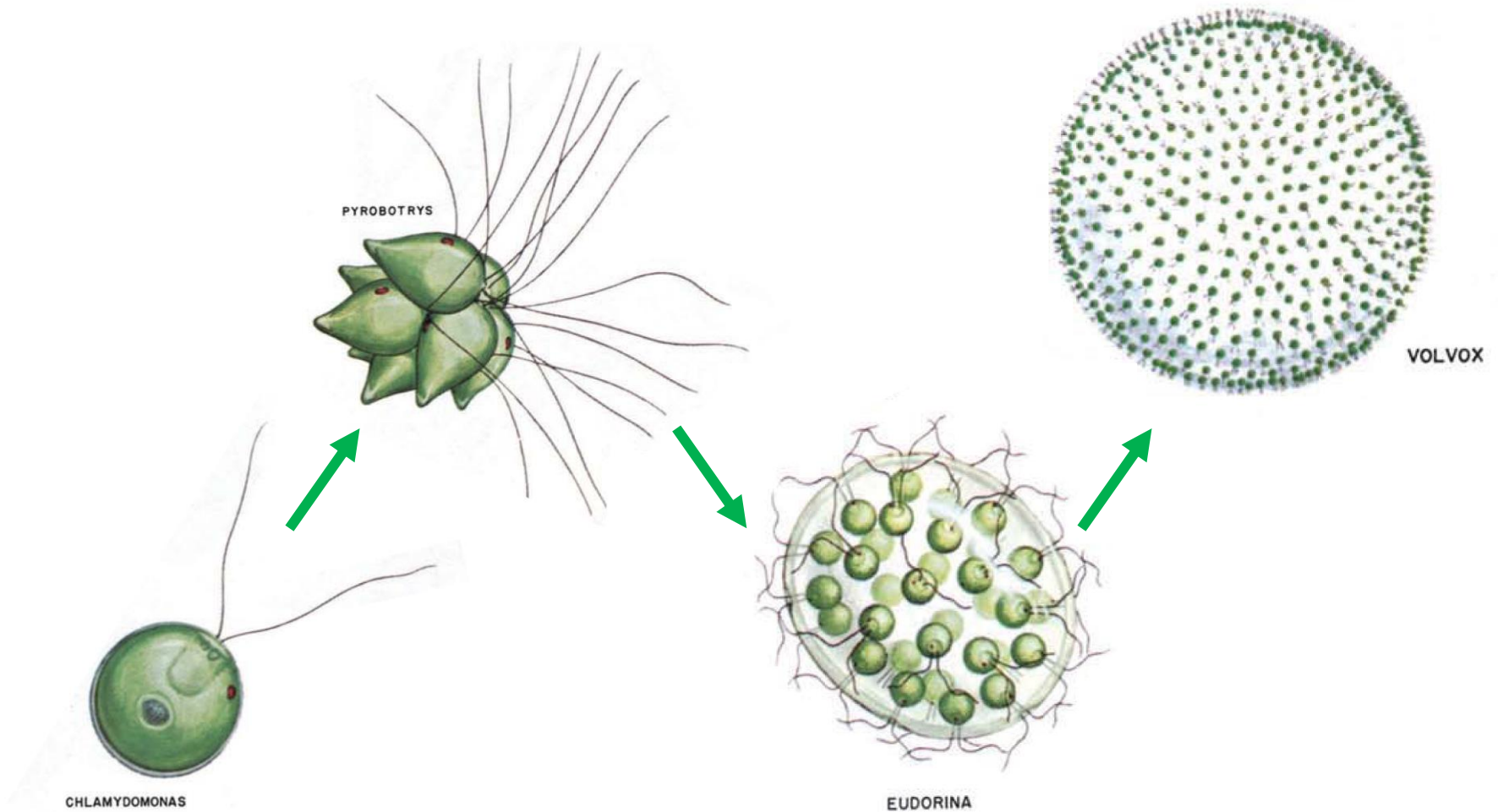
- polovina 19. století – začátek 20. století:
 - evoluční pohled na klasifikaci sinic a řas



složení pigmentů, zásobních látek

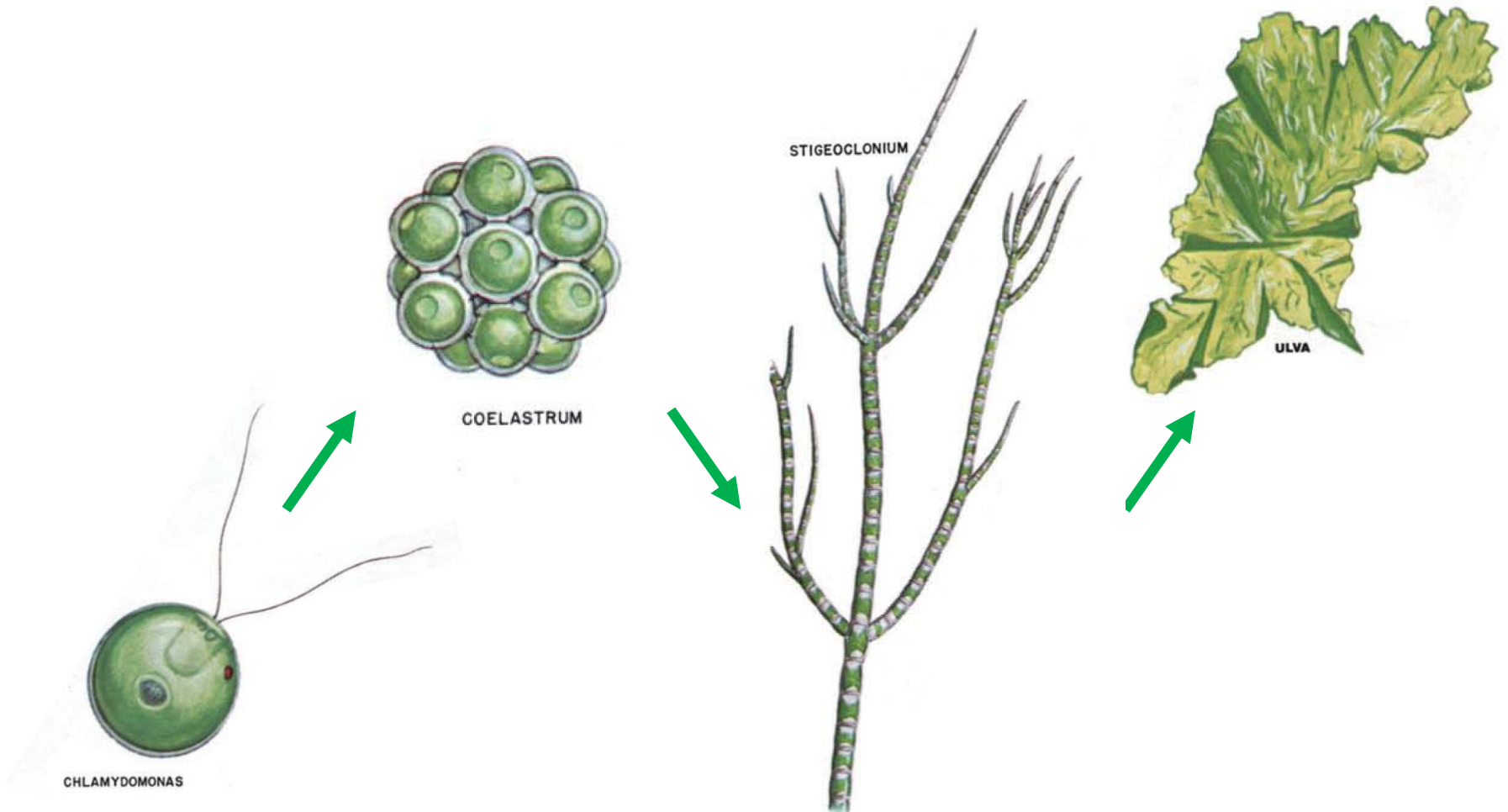
Sinice a řasy

- představy o evoluci
 - volvocinní evoluce



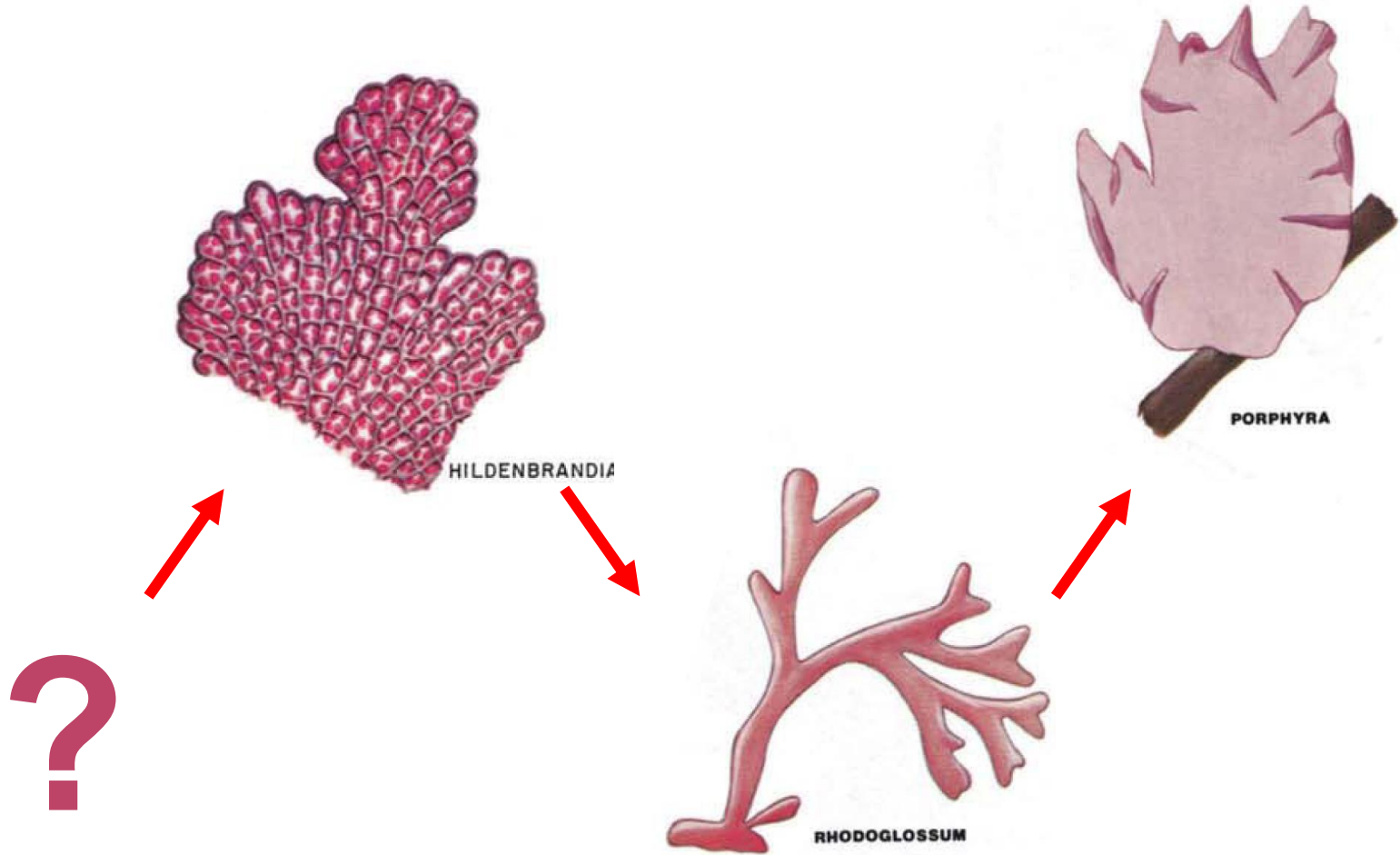
Sinice a řasy

- představy o evoluci
 - od bičíkovců ke složitějším formám



Sinice a řasy

- představy o evoluci
 - od bičíkovců ke složitějším formám = ruduchy???

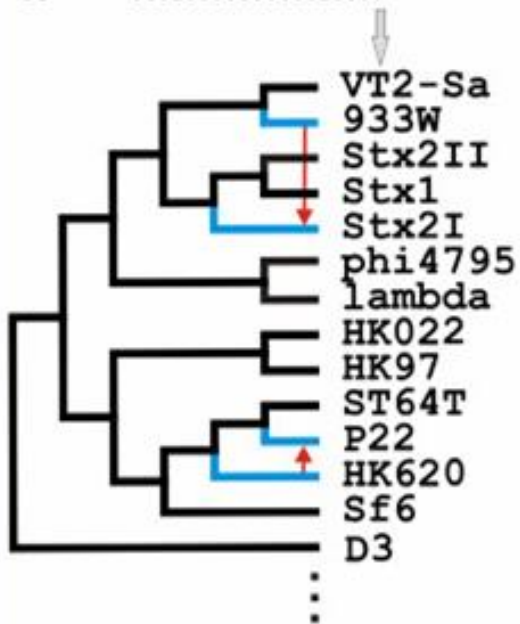


Molekulární revoluce

```

...
Hk620 0000000101111111...
Sf6   0000000100110010...
P22   0000000101011011...
ST64T 0000000101110011...
lambda 0100000000110110...
Stx2II 1000000010111010...
VT2-Sa 1000000010111011...
Stx1   1000000010111011...
Stx2I  1000000010111010...
933W   1000000010111010...
phi4795 111111010101010...
Hk022  0001000001100010...
Hk97   0001111001101110...
D3     0001000000000010...

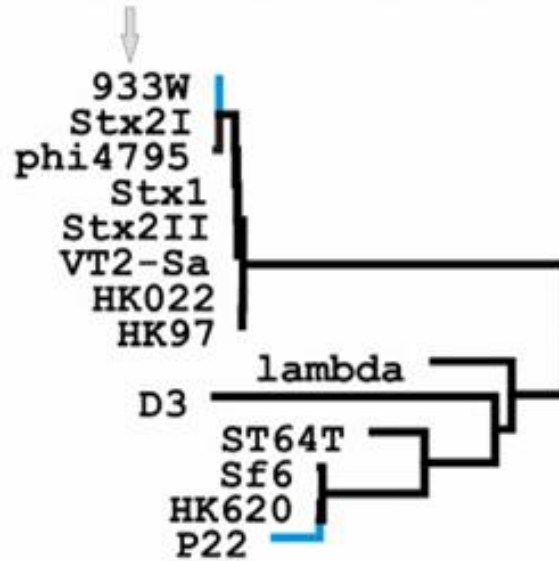
```



```

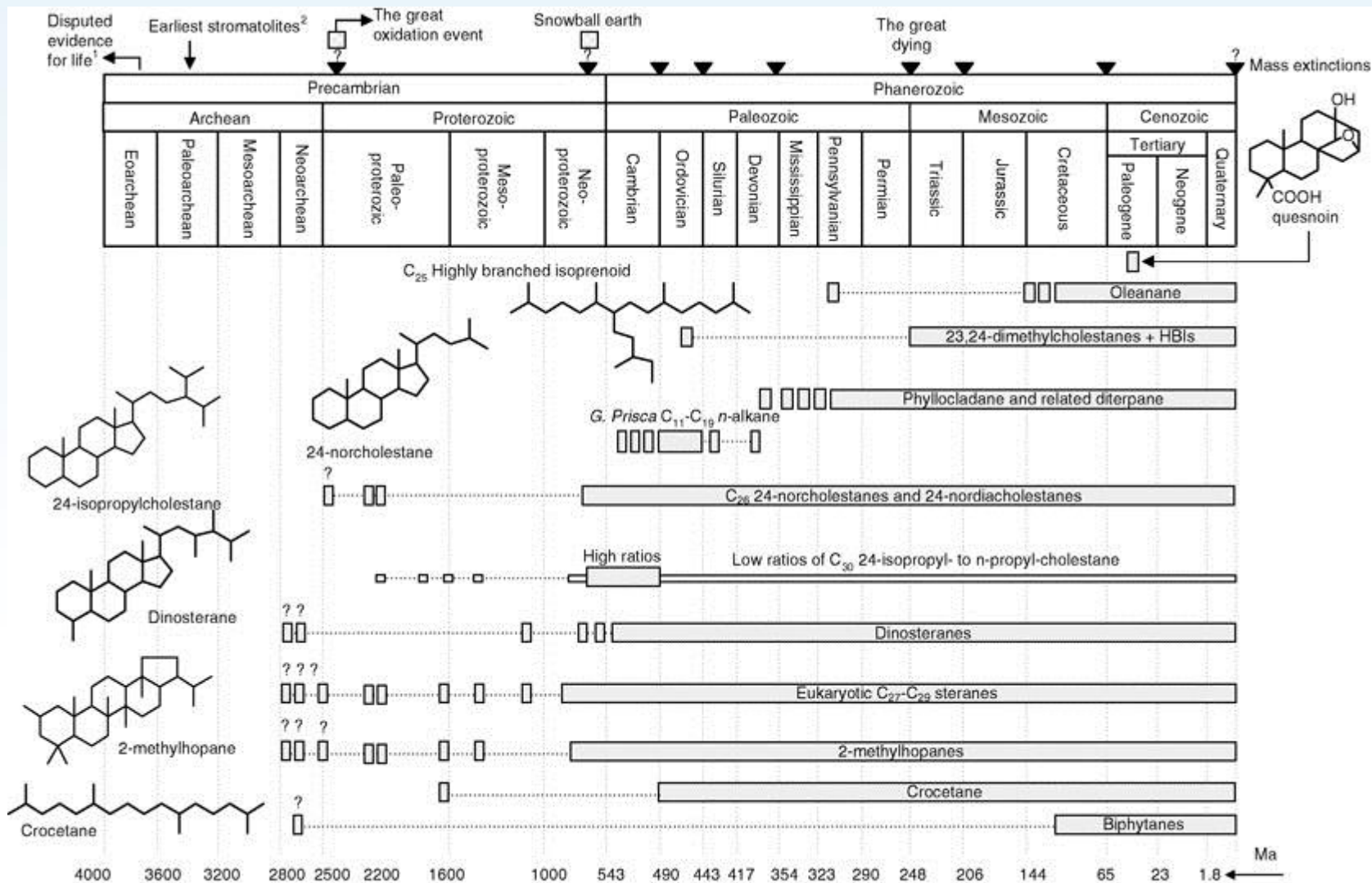
HK620 -QLSTR---KKAIAITNINLRIAVRGQRKVADALGINESQISR--WK
Sf6   -QLSTR---KKAIAITNINLRIAVRGQRKVADALGVNESQISR--WK
P22   -ELSTR---KKAIAITSILNRIAIRGQRKVADALGINESQISR--WK
ST64T -NVVATKS--KKAARIESLLNKLAMMGQKTFKAMGVPEYQVSR--WK
lambda --VRANKR--NEALRIESALLNKIAMLGTEKTAEAVGVDKSQISR--WK
Stx2II EOTSYSKLSQREIDRAETDLLINLSTLQRLAKMIGCHESKISRDTWR
VT2-Sa EOTSYSKLSQREIDRAETDLLINLSTLQRLAKMIGCHESKISRDTWR
Stx1   EOTSYSKLSQREIDRAETDLLINLSTLQRLAKMIGCHESKISRDTWR
Stx2I  EOTSYSKLSQREIDRAETDLLINLSTLQRLAKMIGCHESKISRDTWR
933W   EOTSYSKLSQREIDRAETDLLINLSTLQRLAKMIGCHESKISRDTWR
phi4795 EOTSYSKLSQREIDRAETDLLINLSTLQRLAKMIGCHESKISRDTWR
HK022  TOTSYSKPTQREIDRAETDLLINLSTLQRLAKMIGCHESKISRDTWR
HK97   TQASYSKPTQREIDRAETDLLINLSTLQRLAKMIGCHESKISRDTWR
D3     TASQLNPEQARARKNYSLIVQRLAEVGNAPVAHAVGCEKSTISR--MK

```



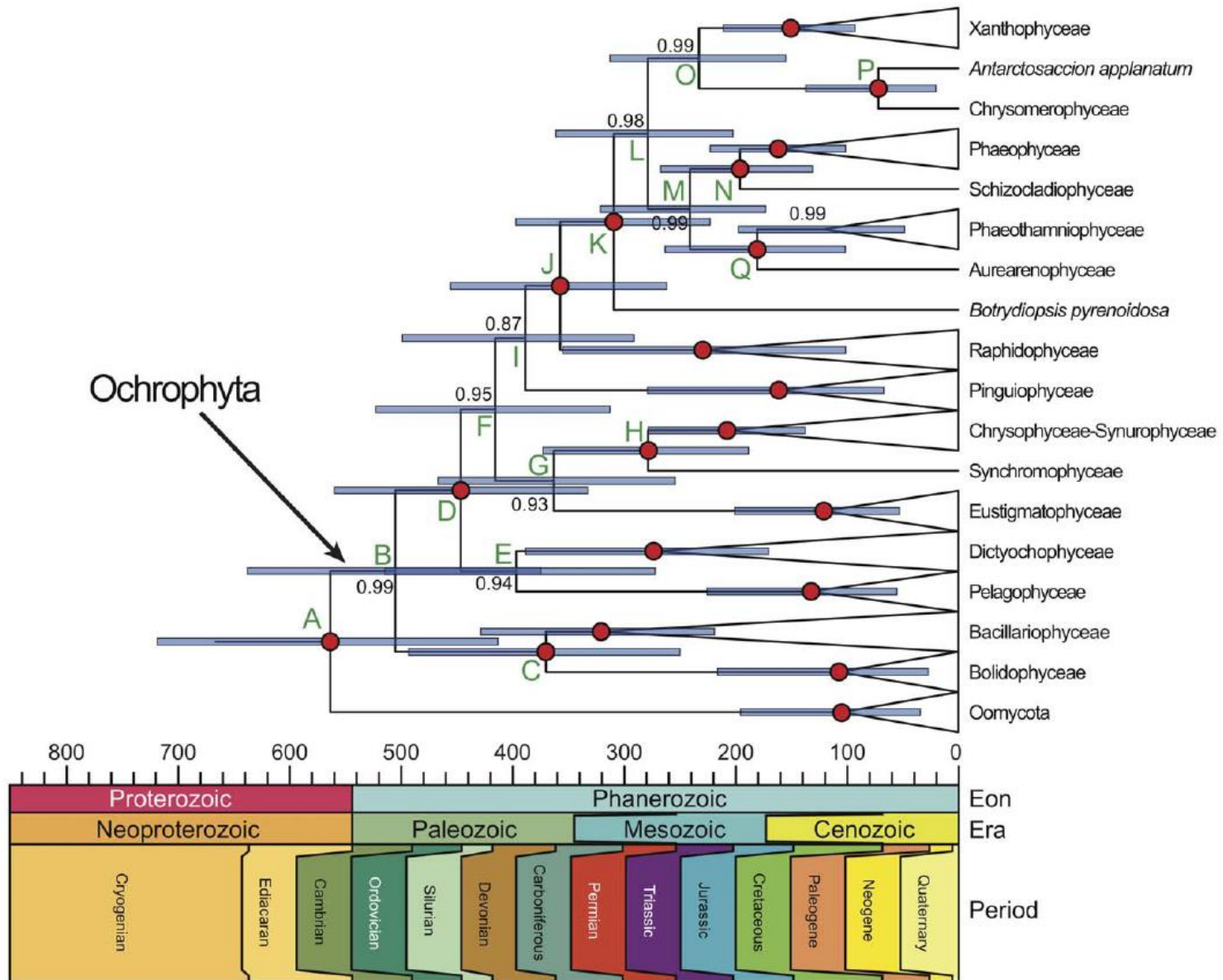
Molekulární revoluce

- časová kalibrace stromů – biogeochemické markery



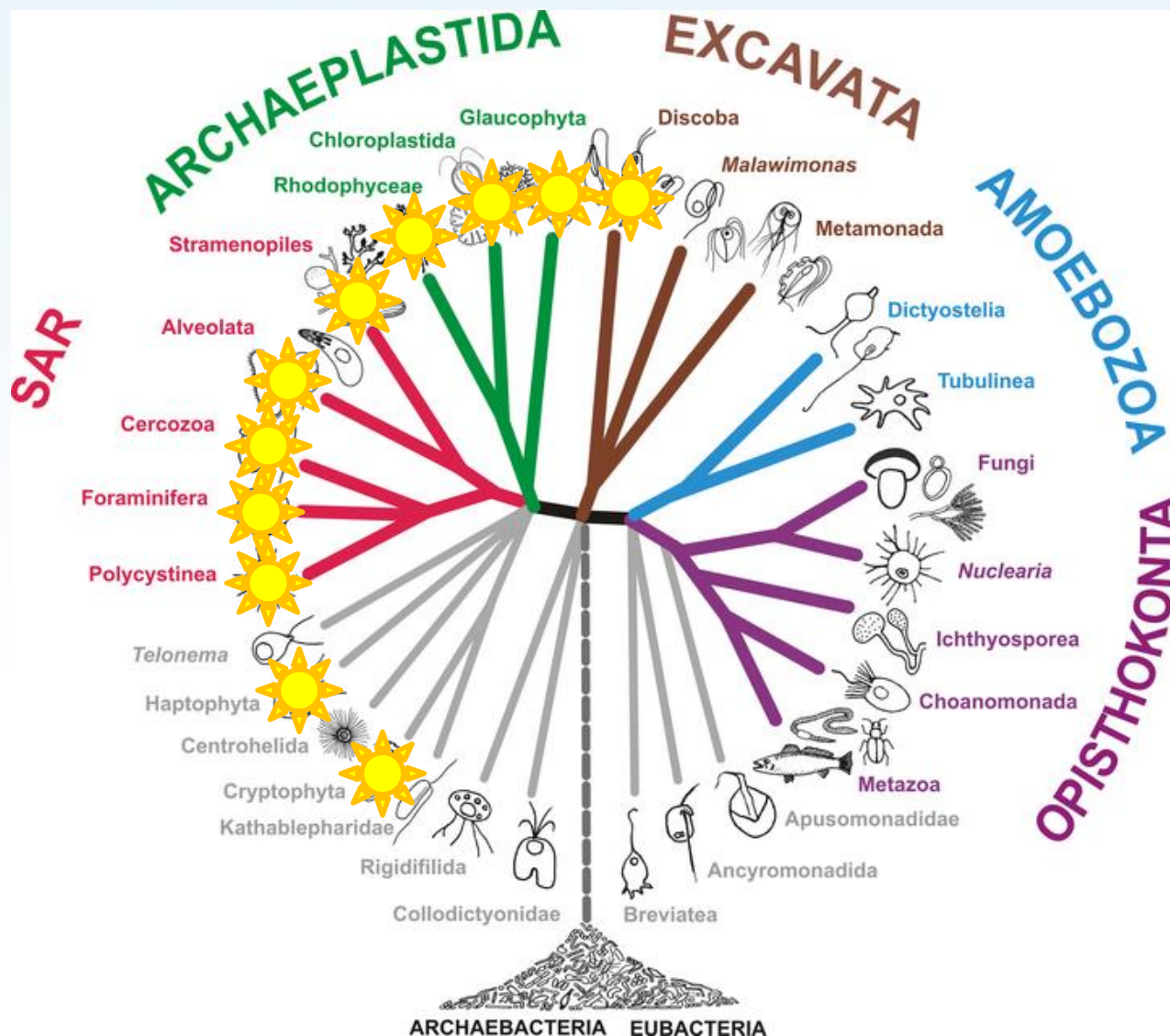
¹Fedo et al. (2006) ²Allwood et al. (2006)

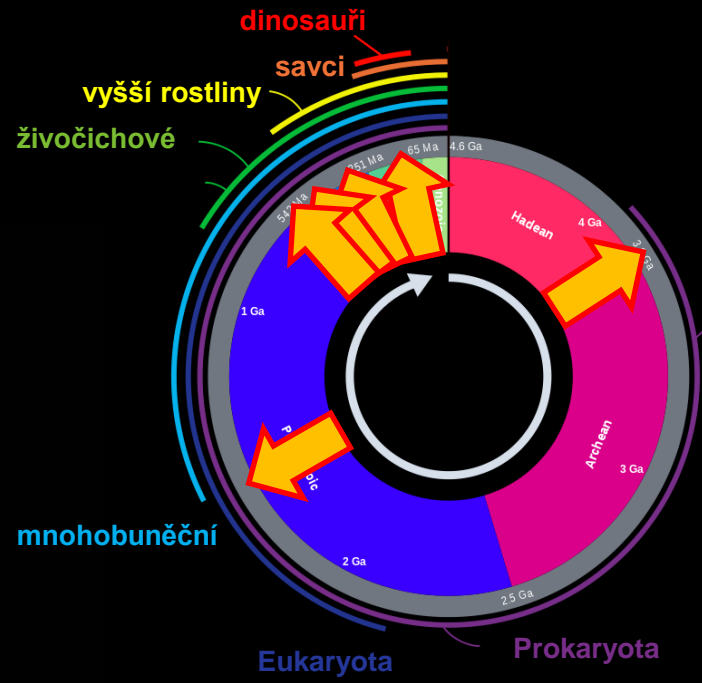
Molekulární revoluce



Evoluce primárních producentů

- Současný systém 5 říší, hluboké linie primárních producentů



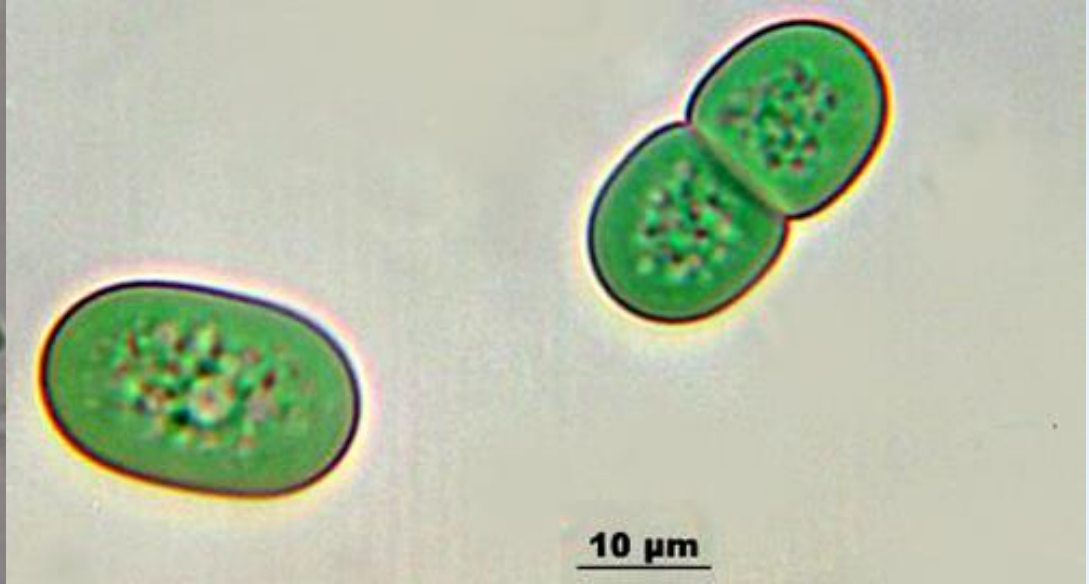
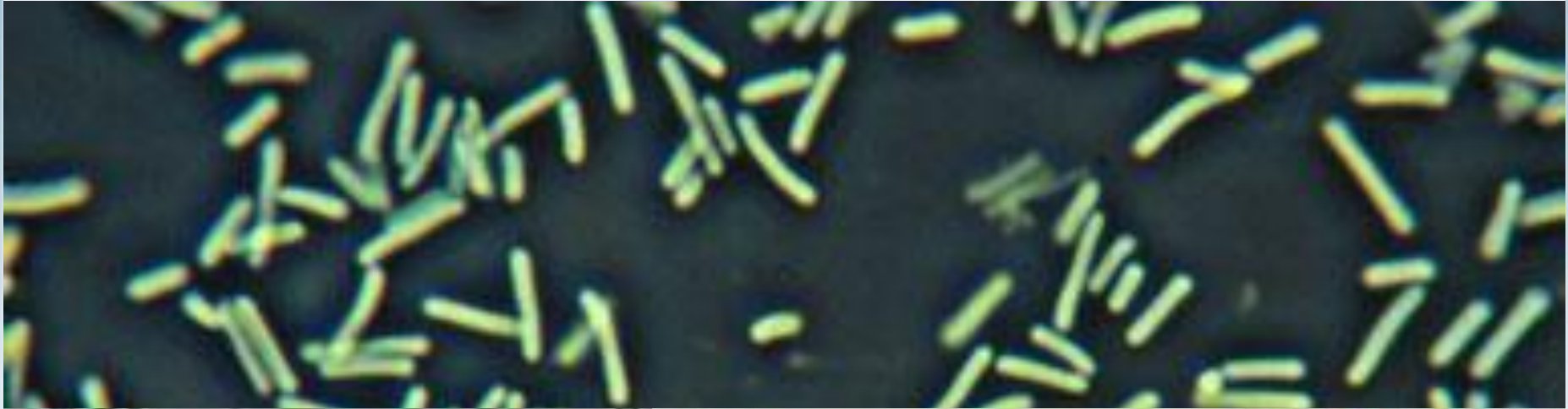


oxidované horniny = archean (3,8 mld)



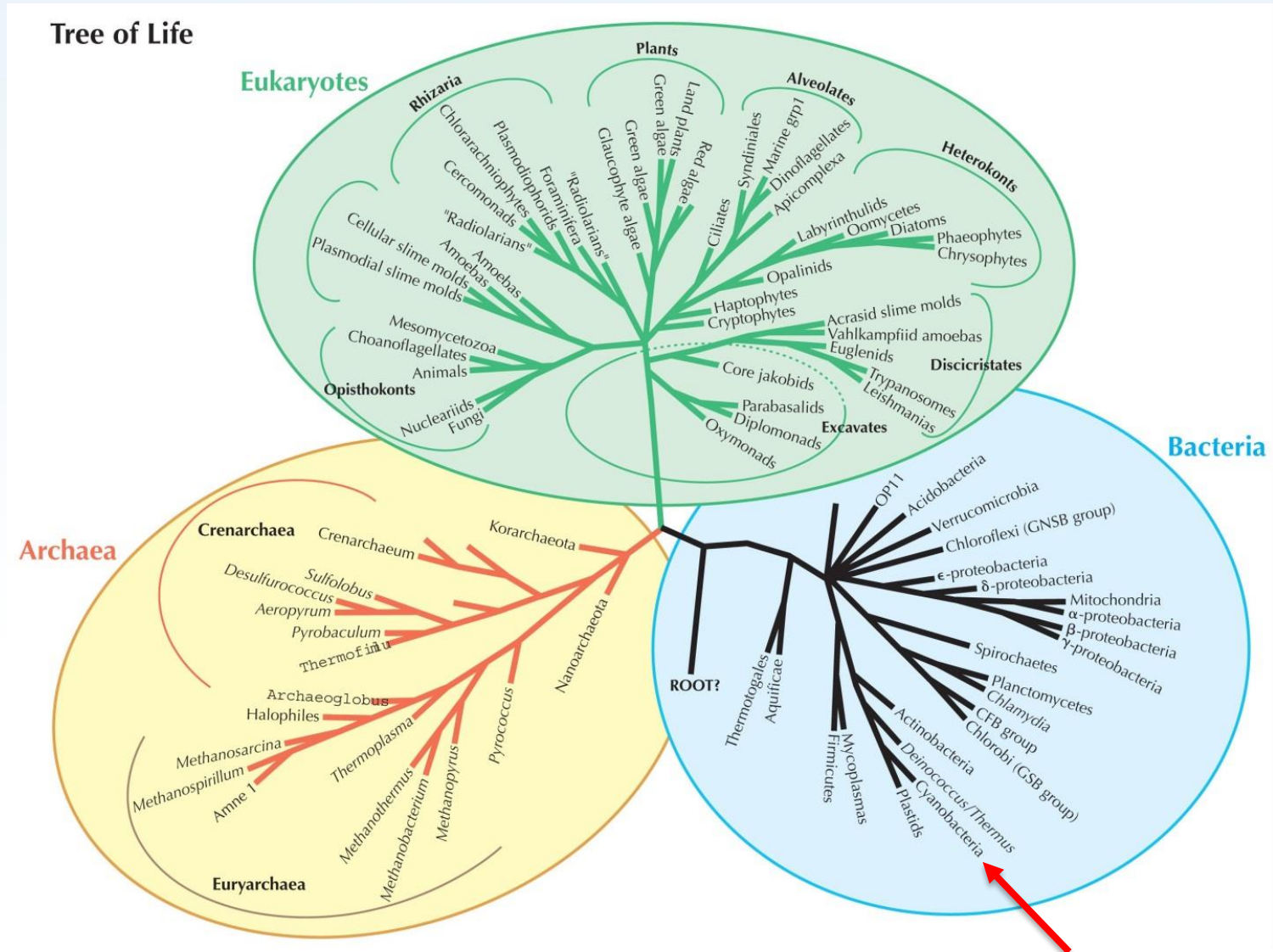
Fotosyntéza

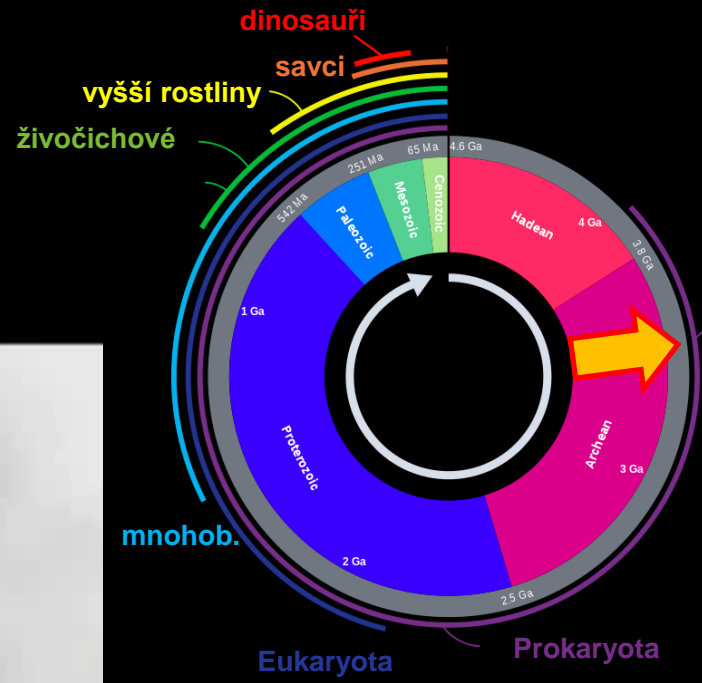
- sinice *Synechococcus*
 - produkce kyslíku



Fotosyntéza

- sinice *Synechococcus*





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

stromatolity

heliotropic –
grow toward
sunlight

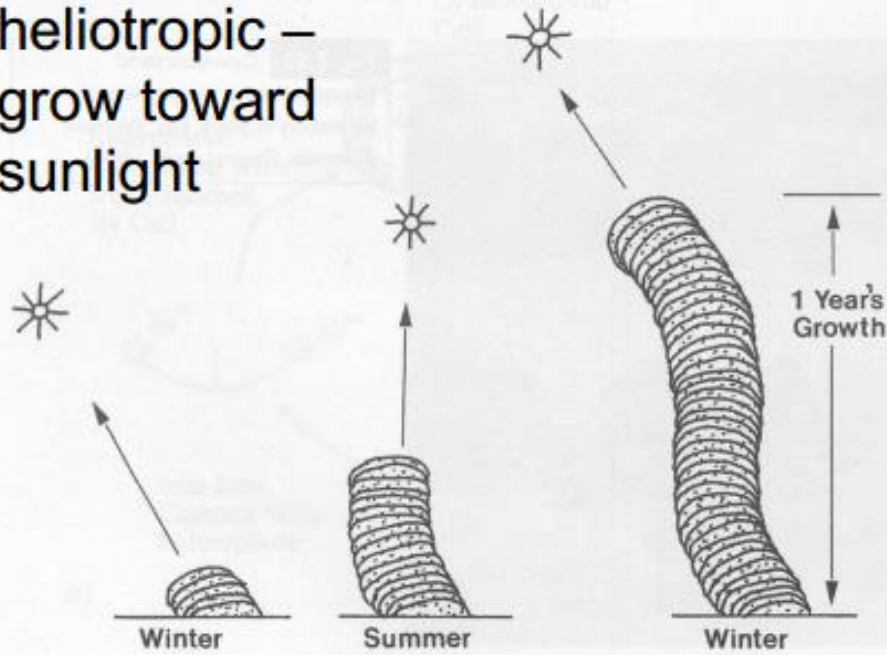
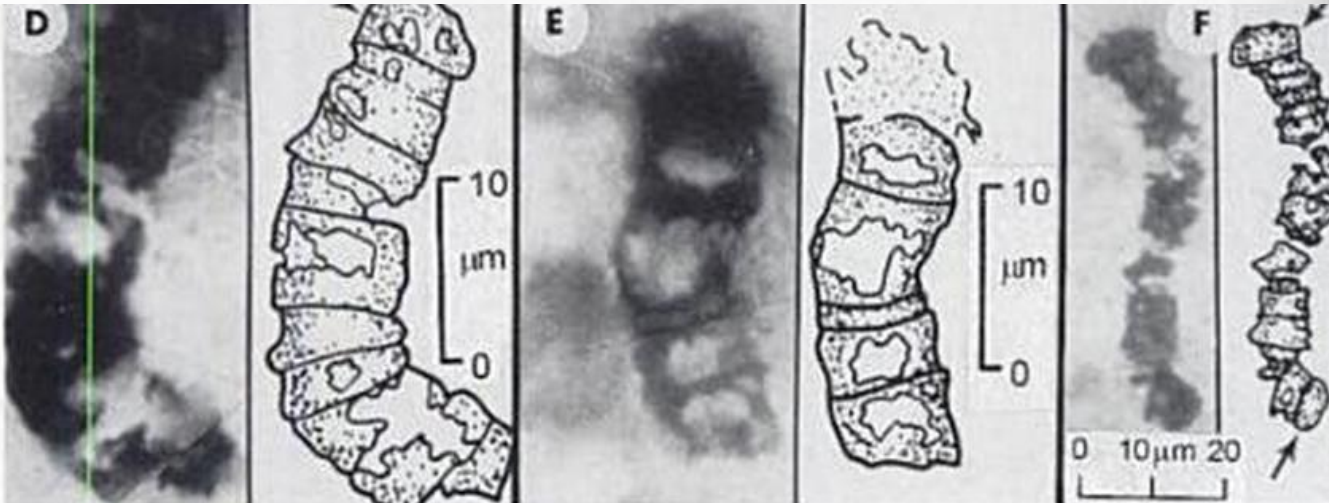


Fig. 2.55 Diagrammatic representation of the growth of a stromatolite over the period of a year. A year's growth is represented by an S-shaped curve.



3,5 mld let staré fosilie (Austrálie)

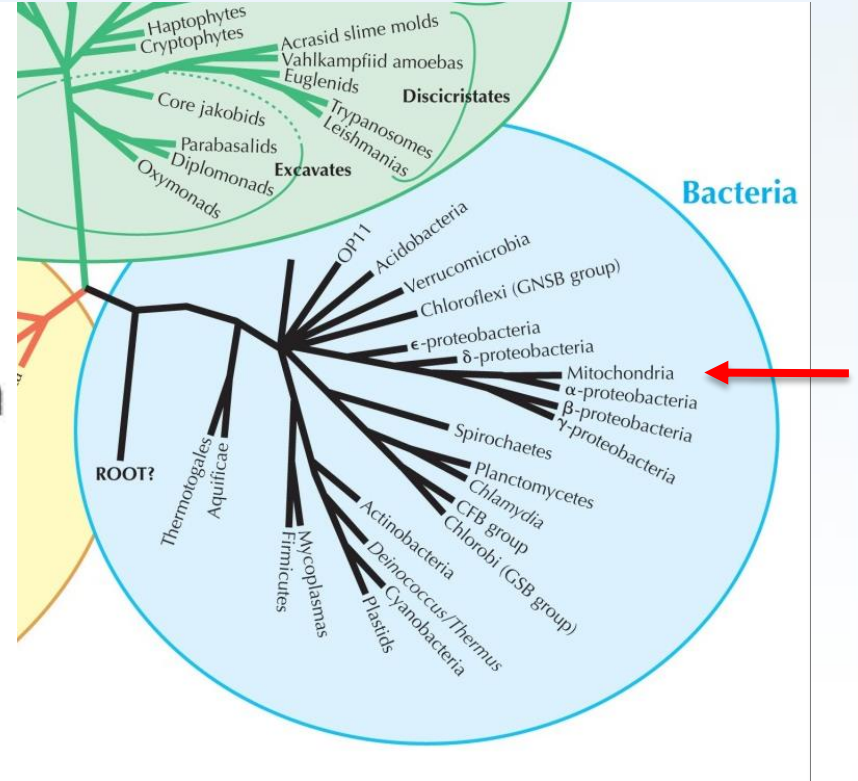
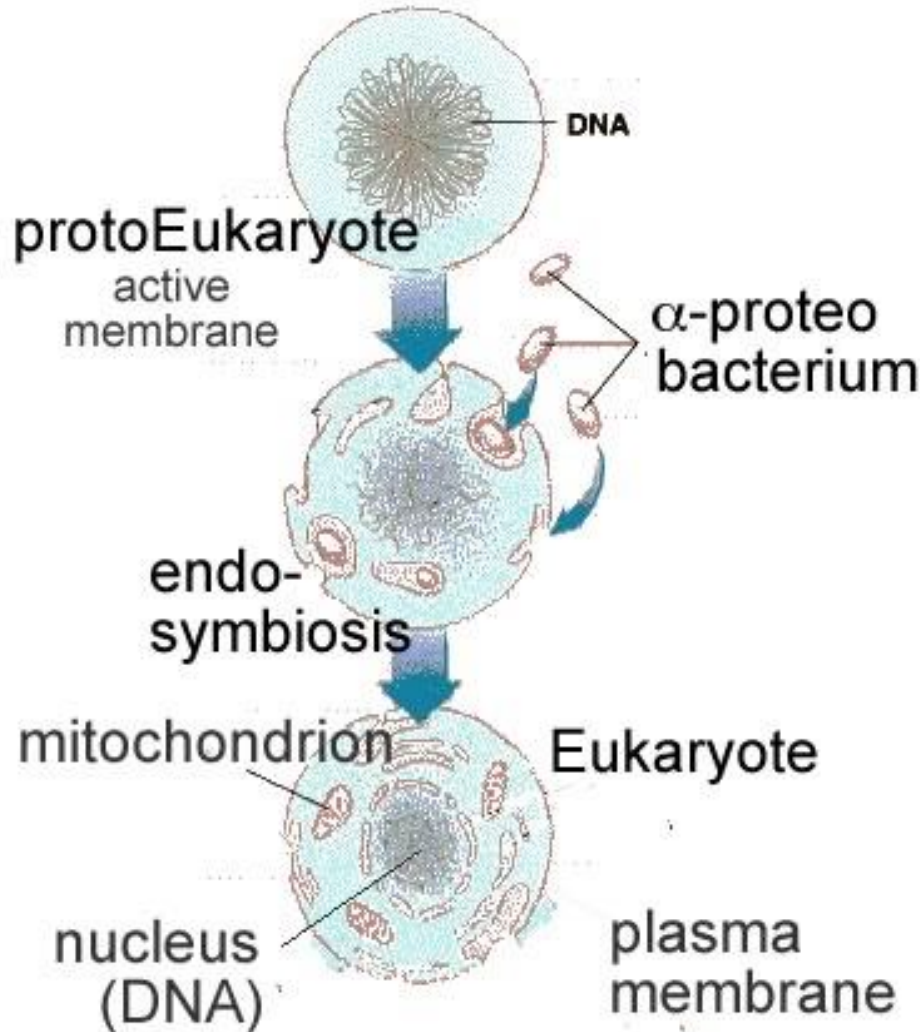
Sinice

- 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

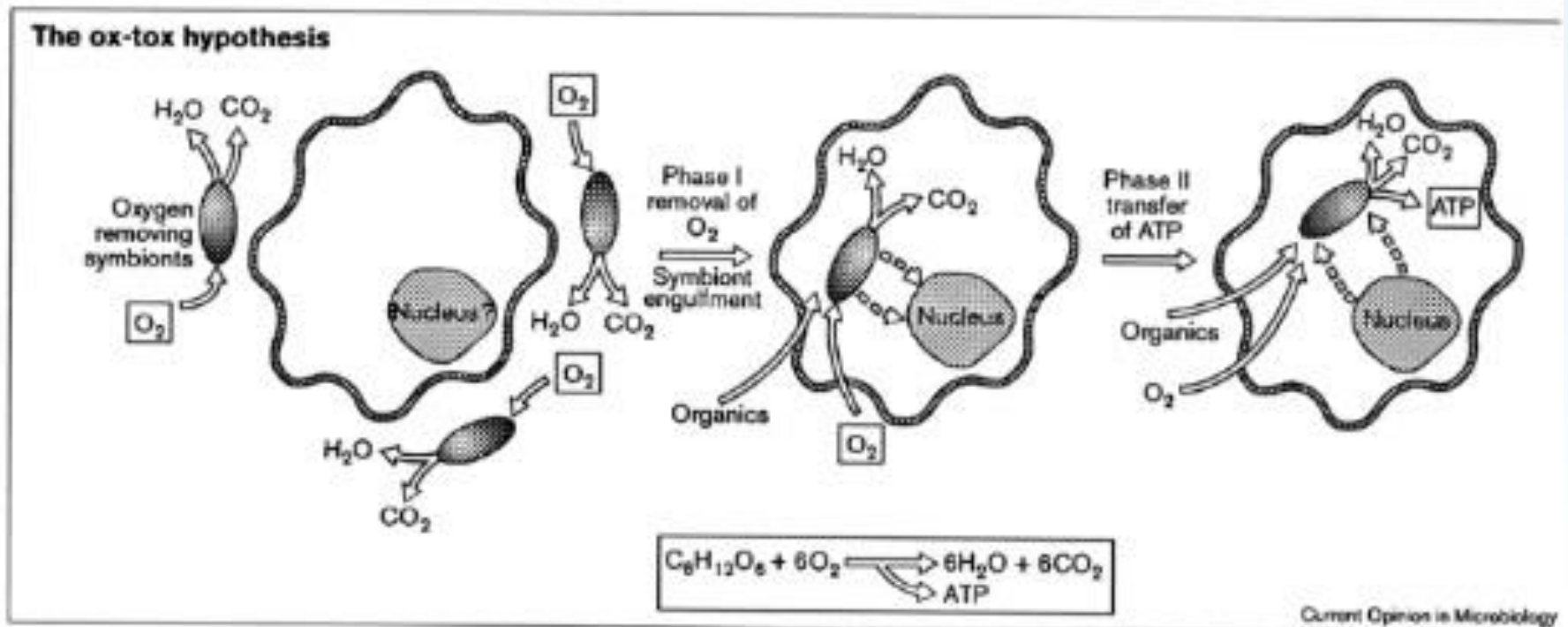
- jediná endosymbiotická událost
- nejbližší žijící příbuzní mitochondrií: α -proteobakterie



Rickettsie – v současnosti značně redukovaní vnitrobuněční paraziti.

Vznik mitochondrie

- ox-tox model: aerobní bakterie vychytává kyslík toxický pro anaerobního primitivního eukaryota

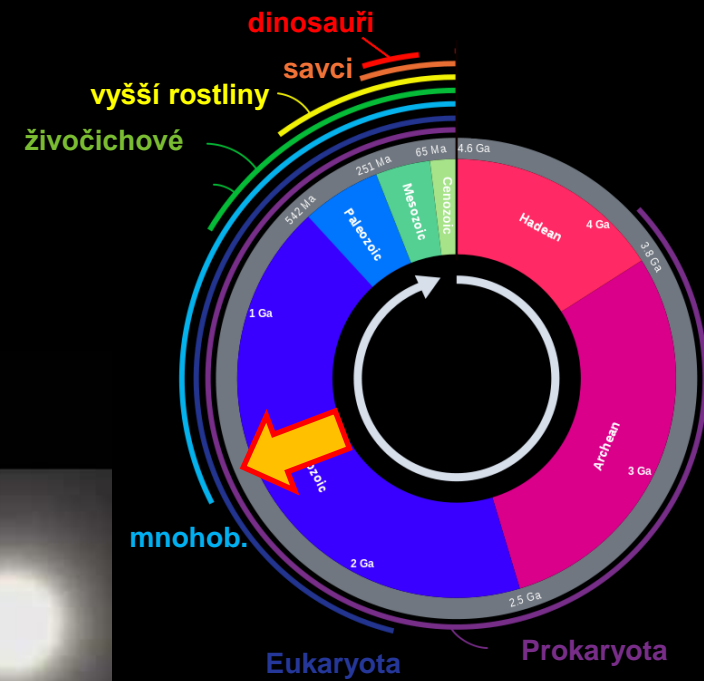


A schematic view of the ox-tox hypothesis for the origin of aerobic respiration in eukaryotes. Here, the acquisition of mitochondria is based on the symbiosis established by a bacterium in two phases. In phase I, the symbiont detoxifies the host cytoplasm by consuming oxygen. During phase II, the transport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

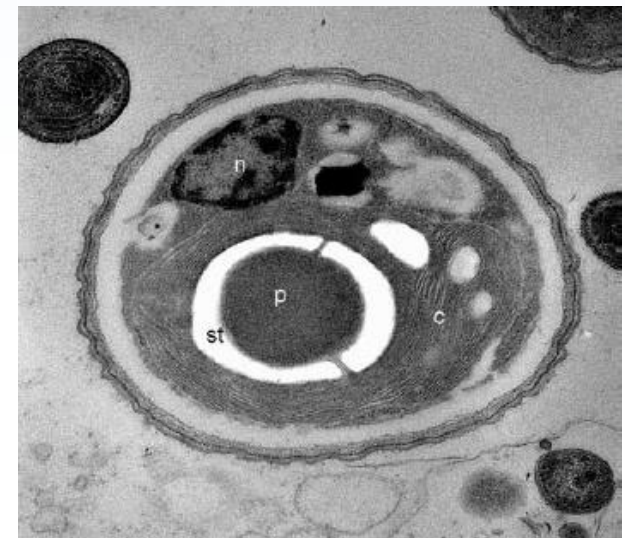
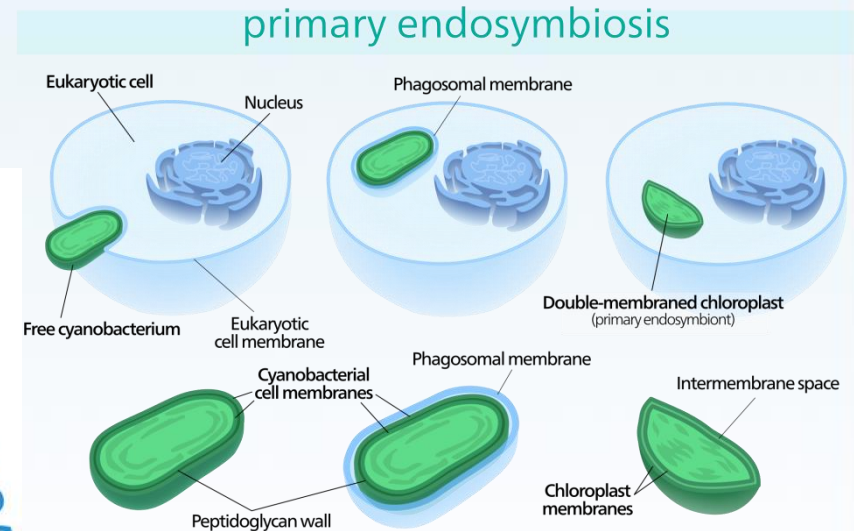
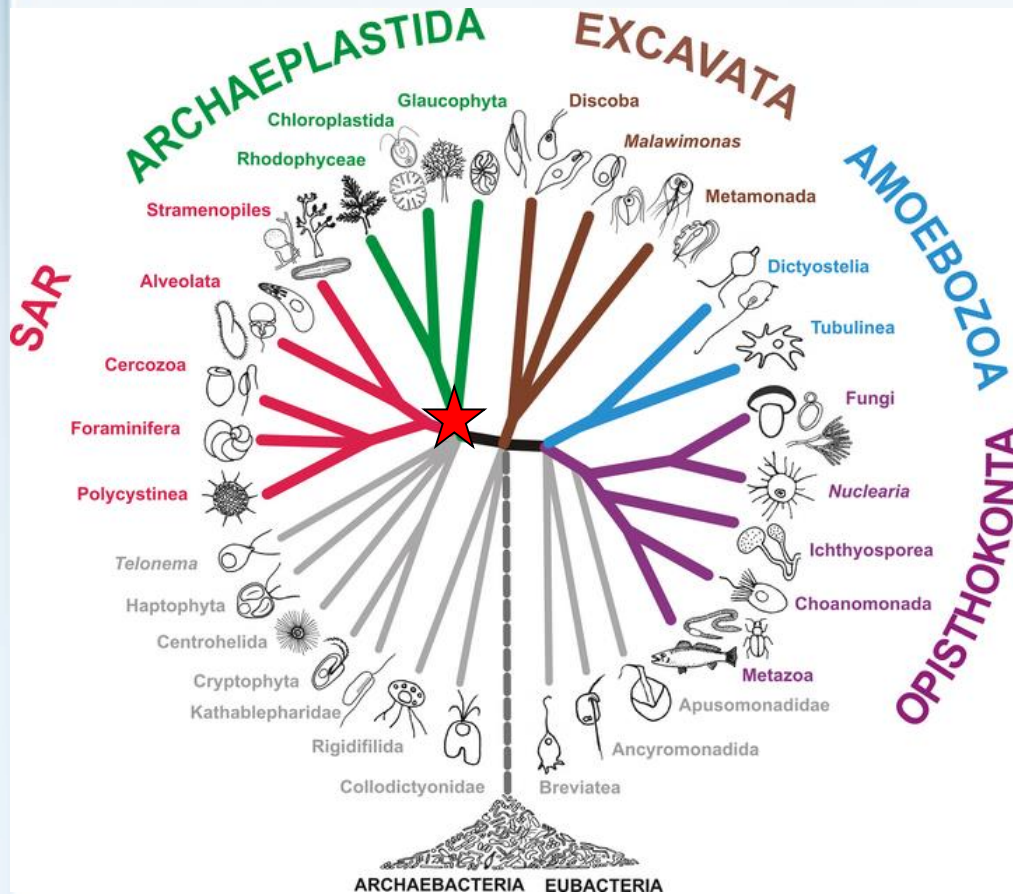
Primární endosymbióza

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

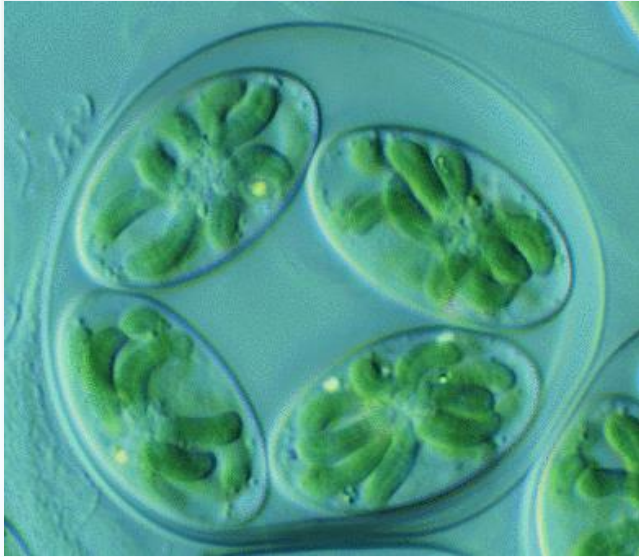


Primární endosymbióza

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



Archaeplastida



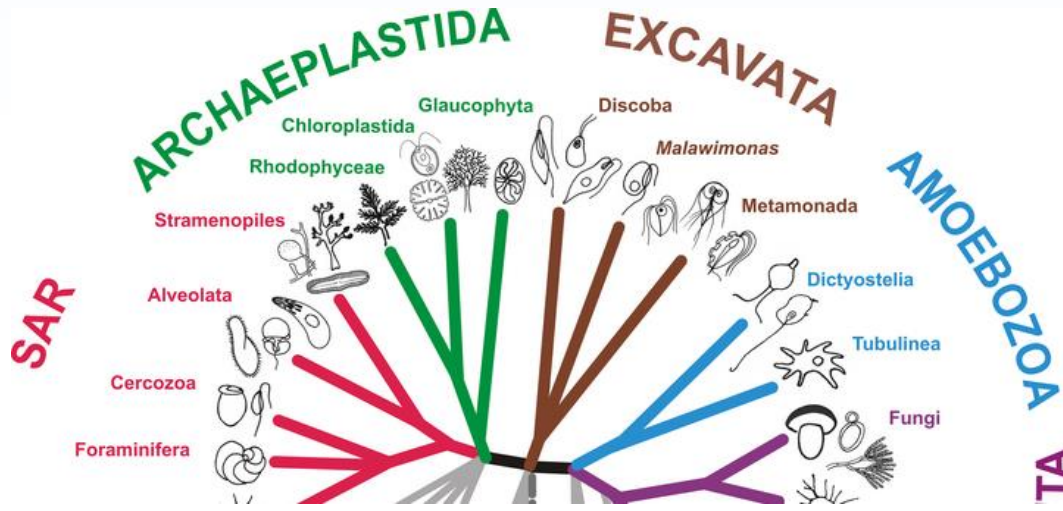
Glaucophyta



Rhodophyta

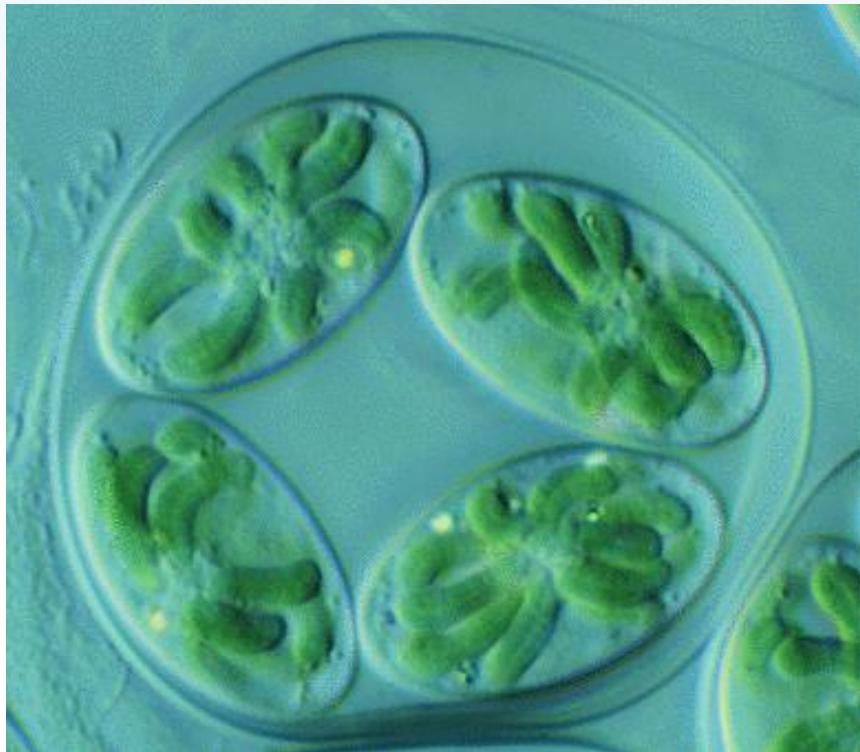


Chloroplastida

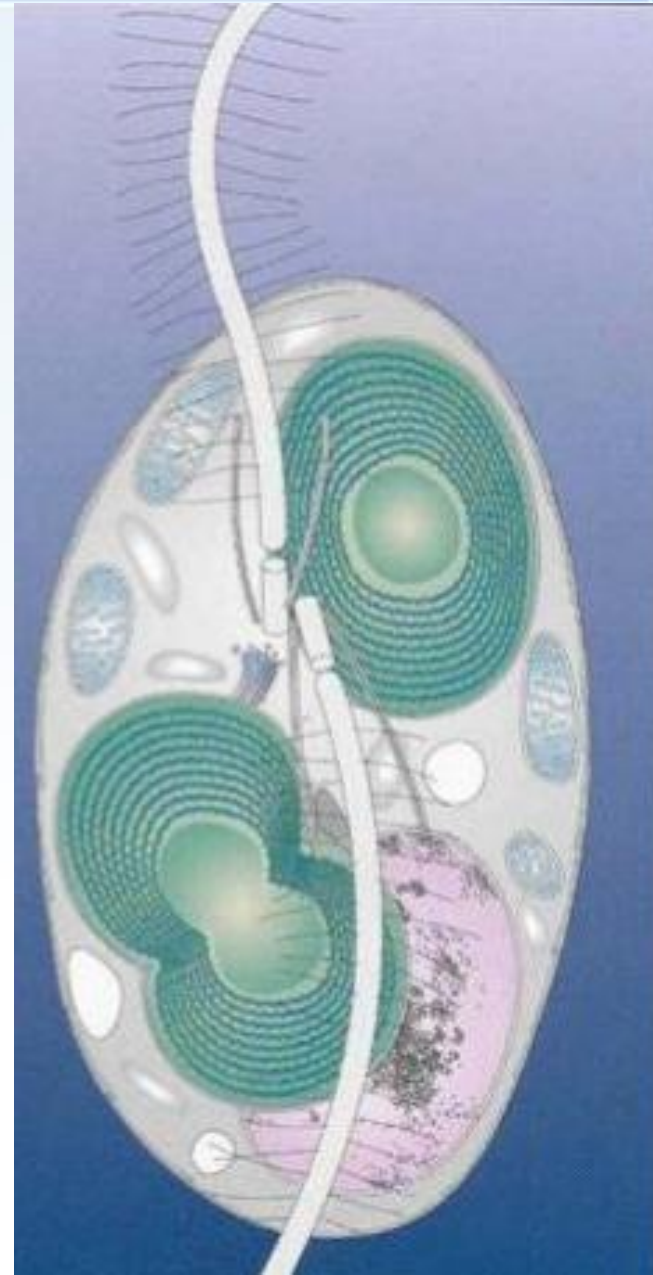


glaukofyty (Glaucophyta)

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



Glaucocystis nostochinearum



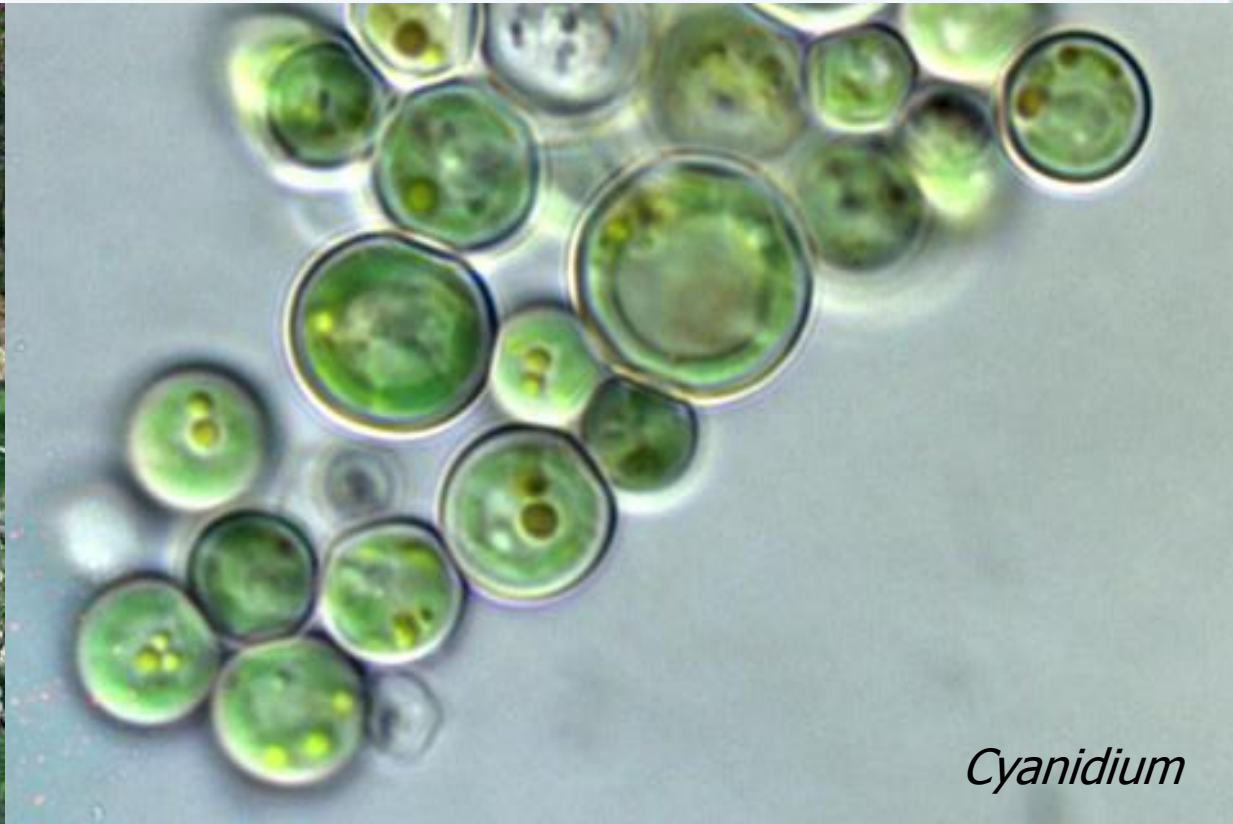
ruduchy (Rhodophyta)

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



ruduchy (Rhodophyta) - *Cyanidiophytina*

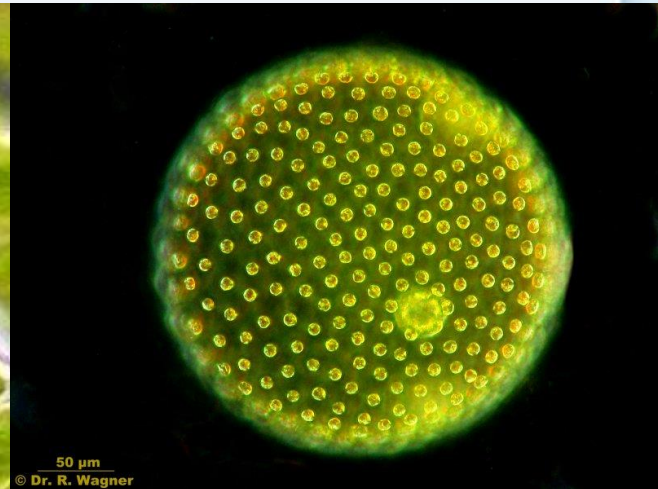
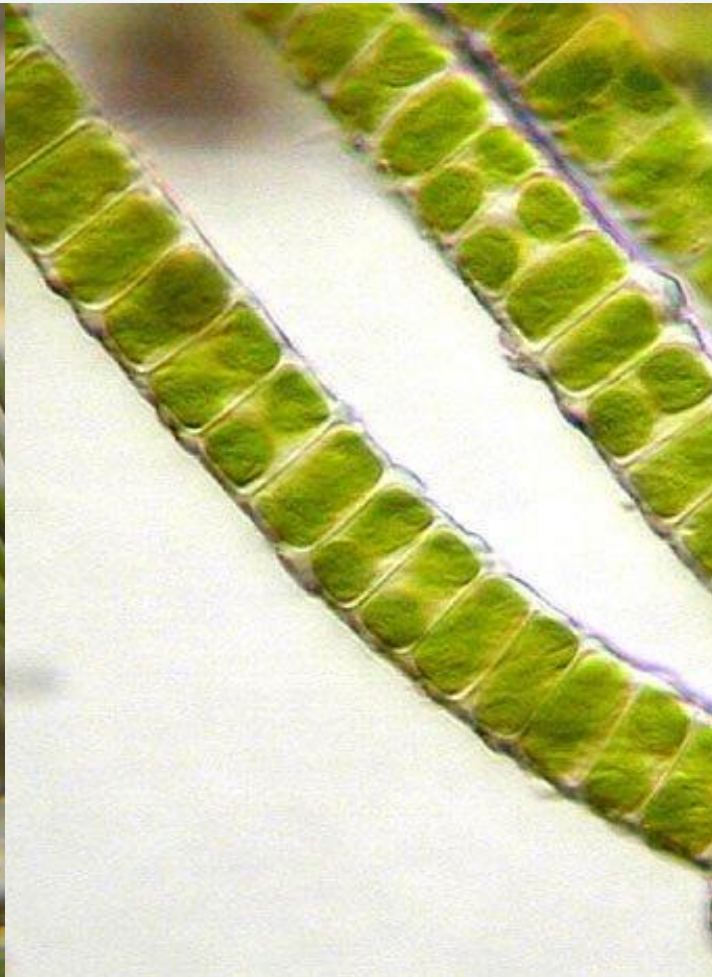
- evolučně nejstarší skupina ruduch
- extremofilní, thermoacidofilní organismy (pH 1,5)
- jeden z mála eukaryotů žijící v prostředí typickém pro Archaea (biotechnologicky hodnotné enzymy)
- *Cyanidioschizon* = první eukaryotický genom



Cyanidium

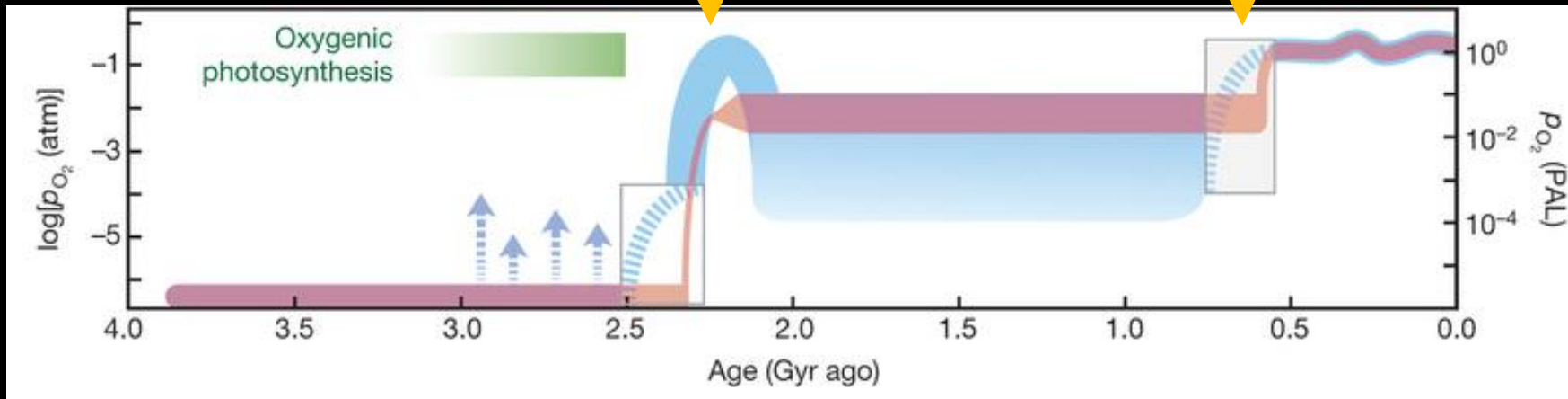
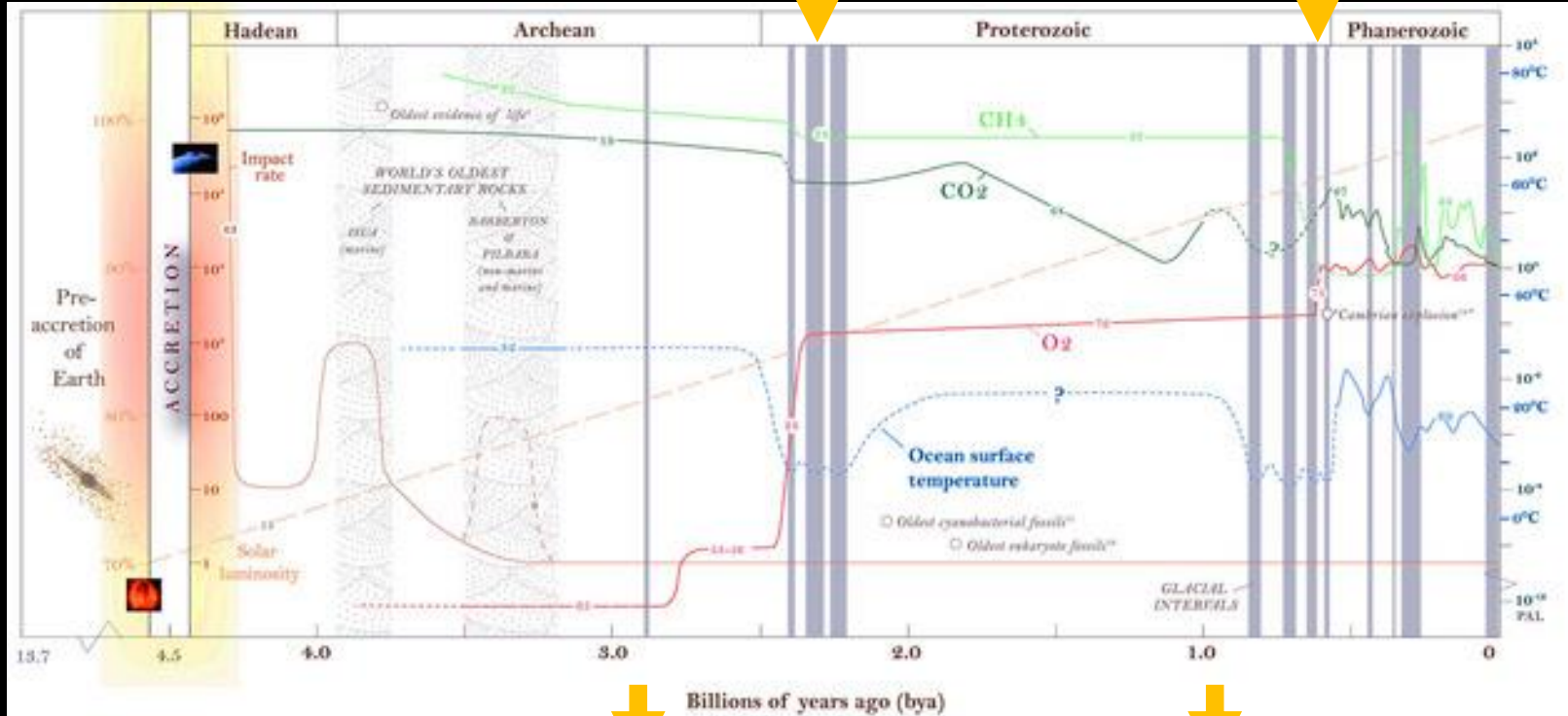
zelené rostliny (Chloroplastida)

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



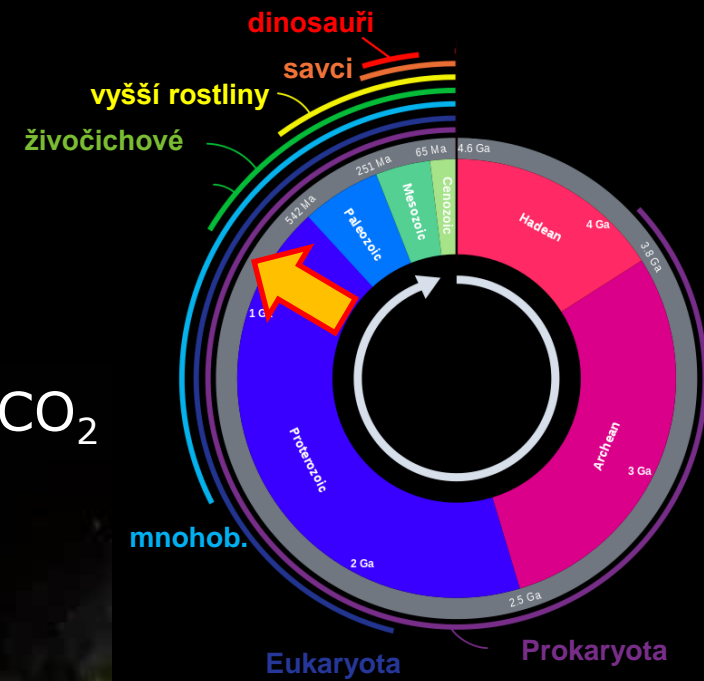
Snowball Earth

- oxidace methanu v atmosféře 2,3 – 2,5 mld. let
- 0,65 mld. let



Snowball Earth

- NEO (Neoproterozoic Oxidation event.), 650 mil.
- oxidace methanu v atmosféře, a jeho nahrazení slabším skleníkovým plynem CO₂



Snowball Earth

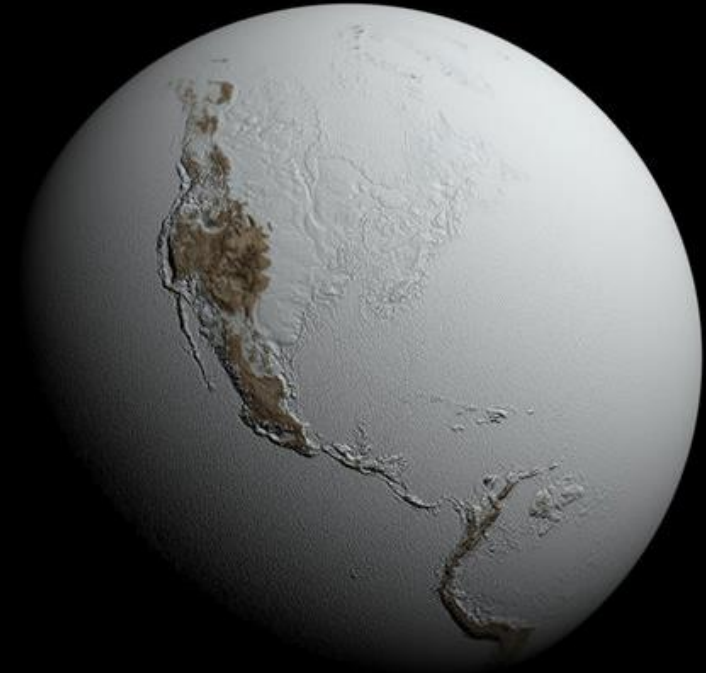
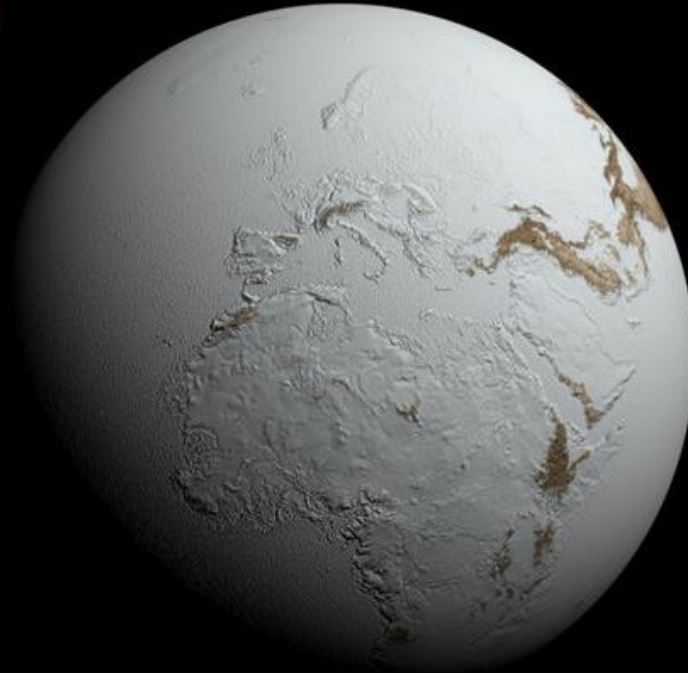
- neoproterozoikum (650 mil.)

Streptofyty

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

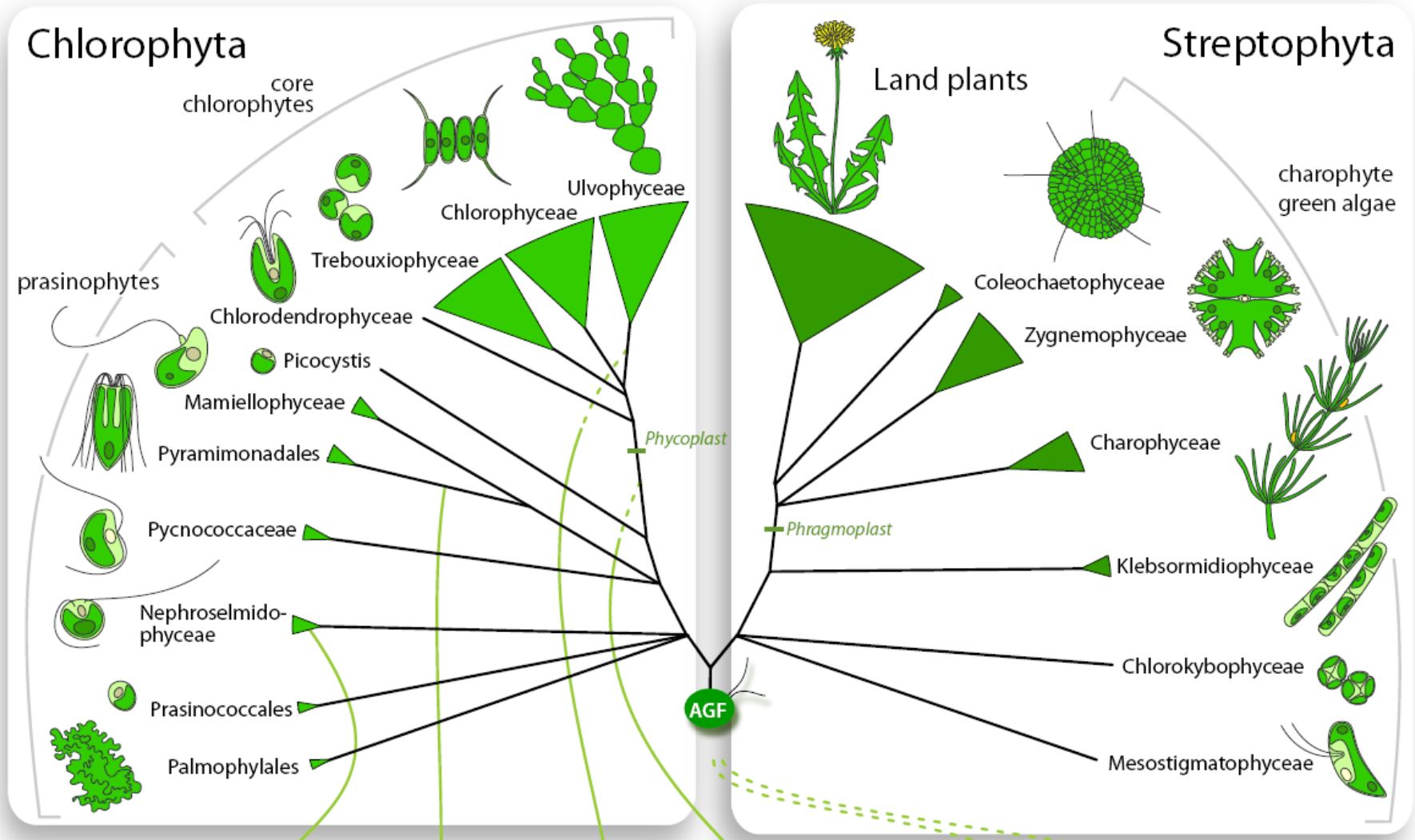
Chlorofyty

- mořské
- optimalizace pro uchování energie (oxidace glykolátu)



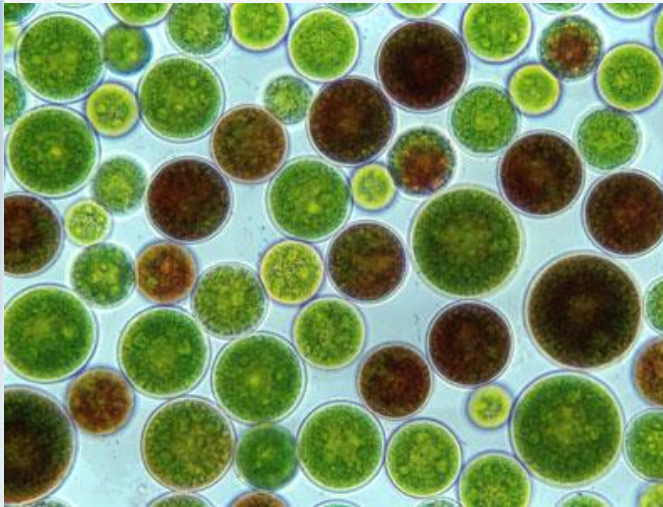
zelené rostliny (Chloroplastida)

- Chlorofyty + Streptofyty

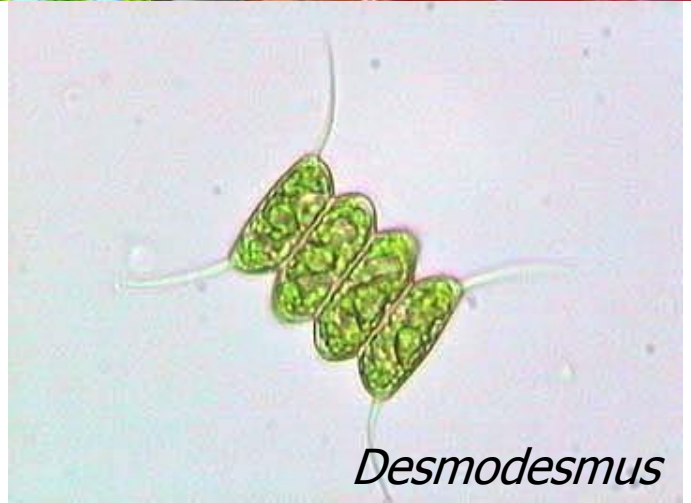


Chlorofyty - Chlorophyceae

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



Chlamydomonas



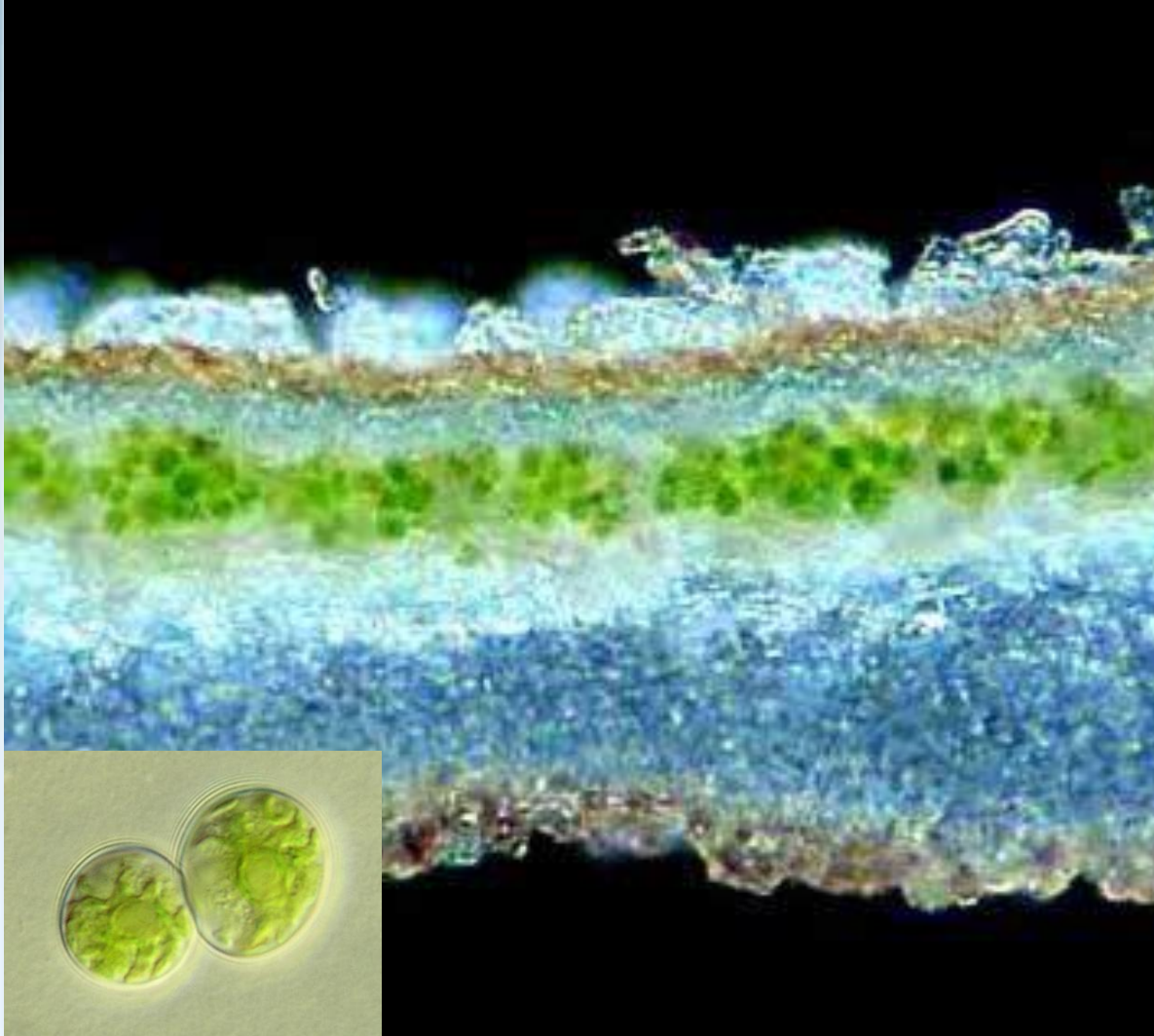
Desmodesmus



Pediastrum

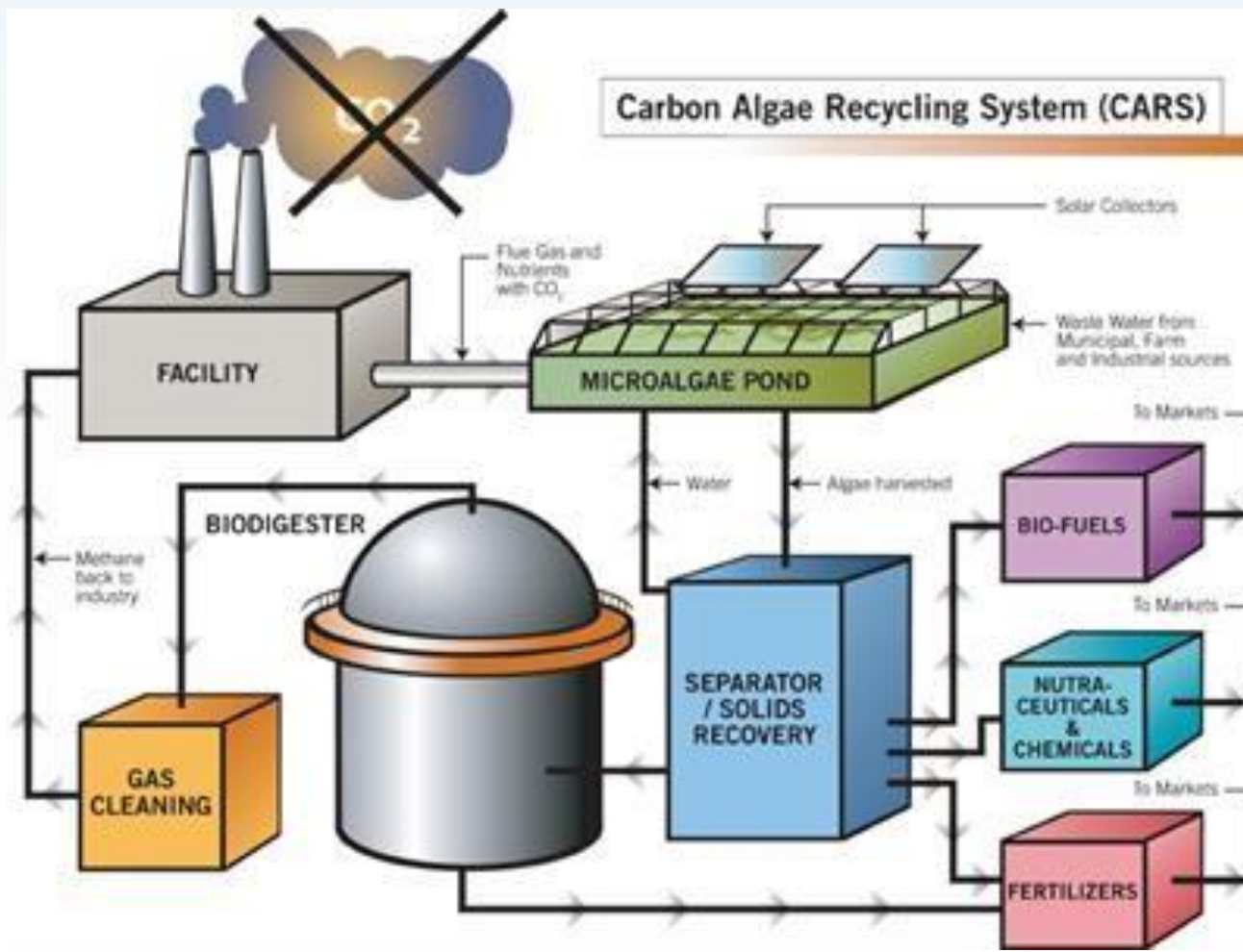
Chlorofyty - Trebouxiophyceae

- převážně půdní a aerofytické řasy
- symbionti (zoochlorelly)



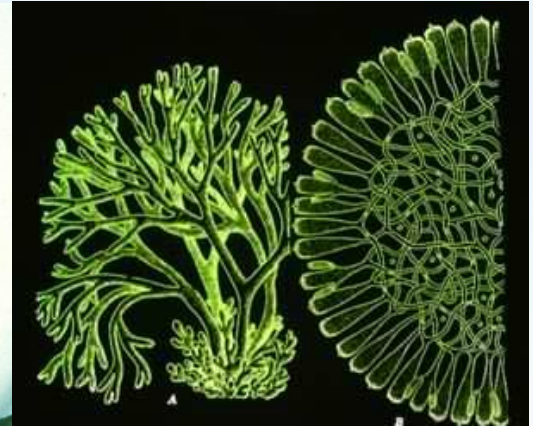
Chlorofyty - Trebouxiophyceae

- *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...



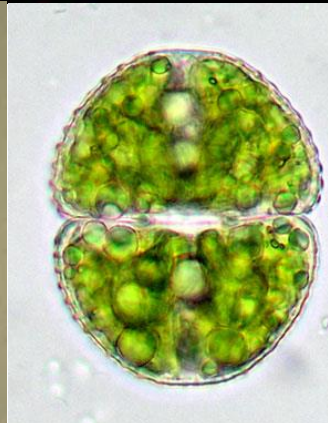
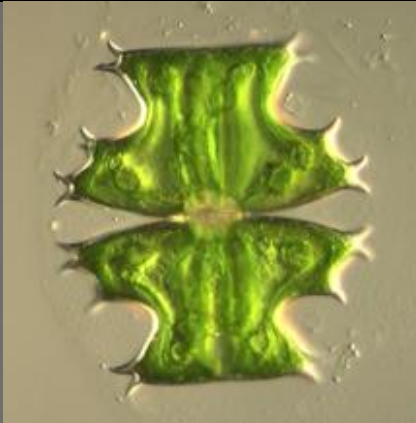
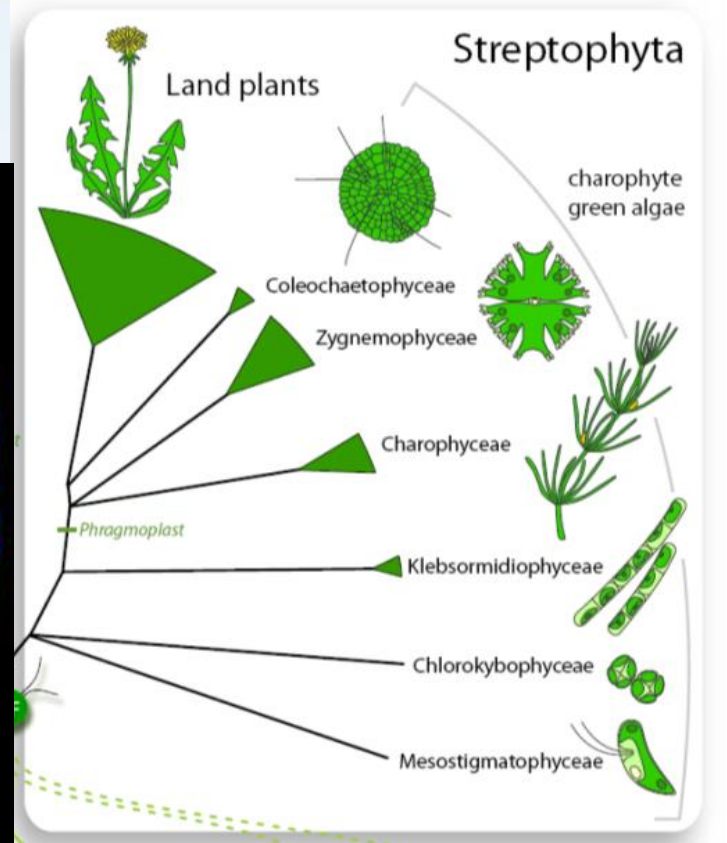
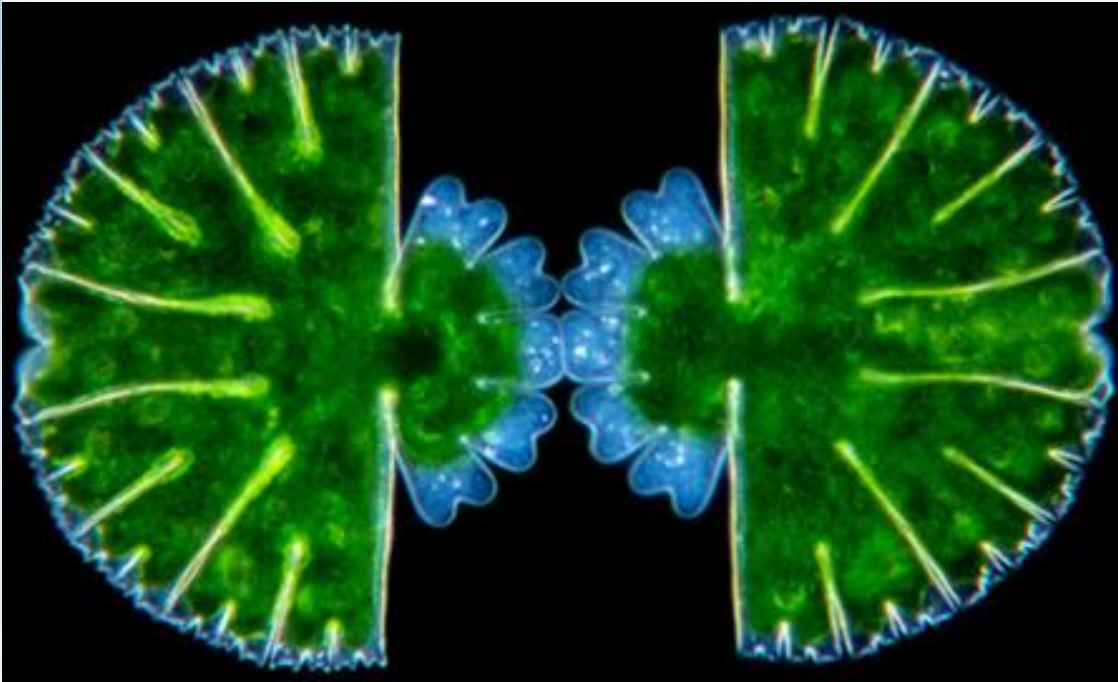
Chlorofyty - Ulvophyceae

- *Aegagropila* na plážích u Sydney



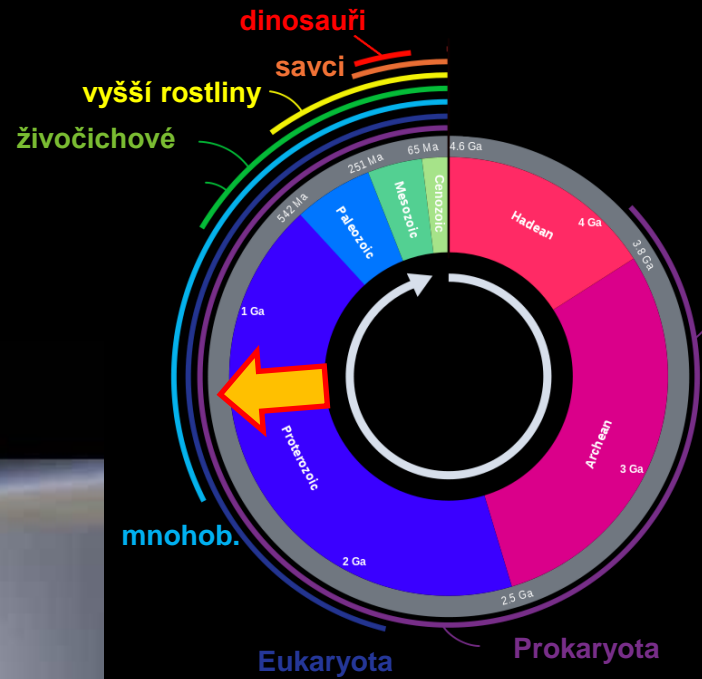
Streptofyty

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



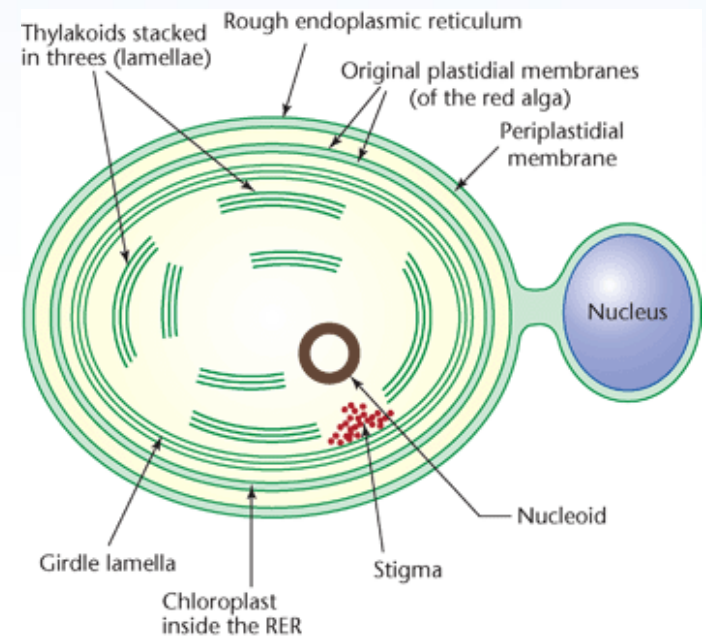
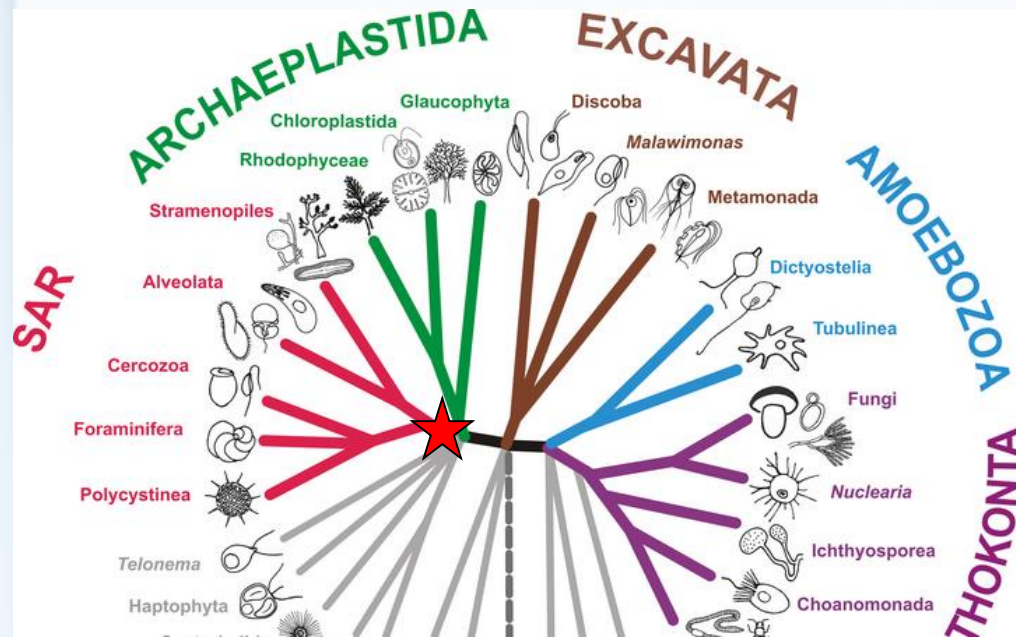
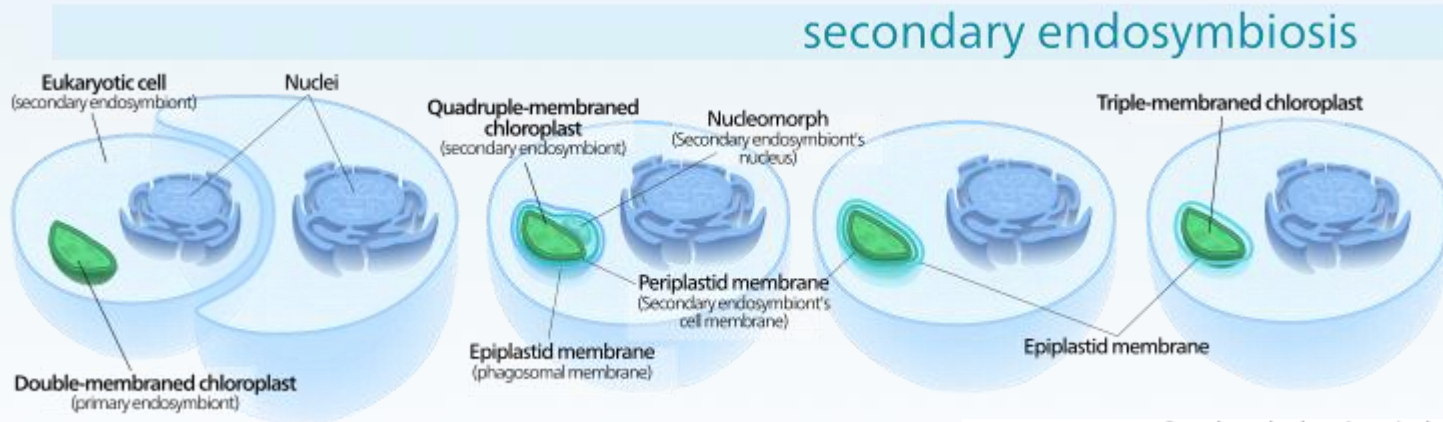
Sekundární endosymbióza

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



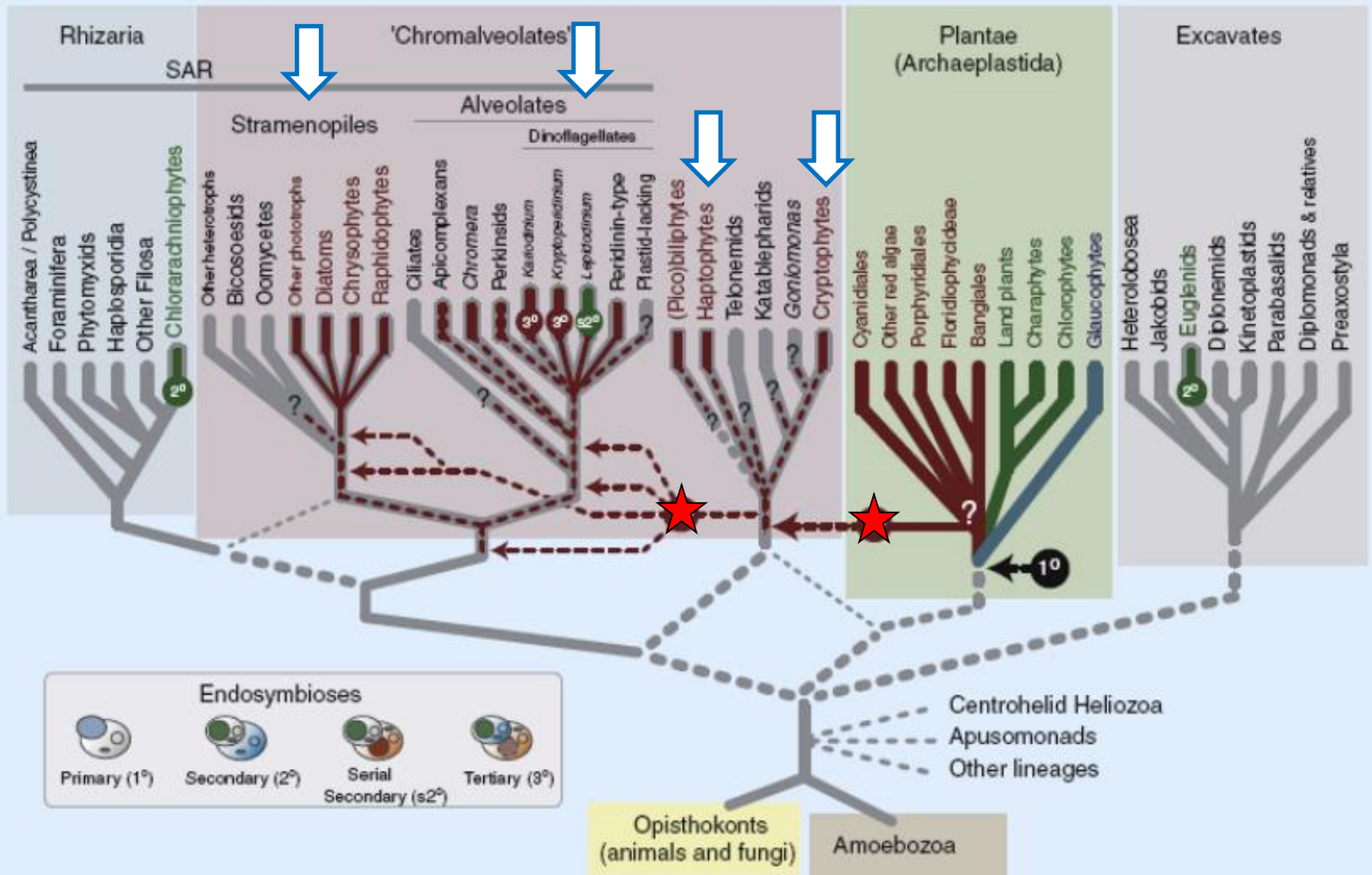
Sekundární endosymbióza

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



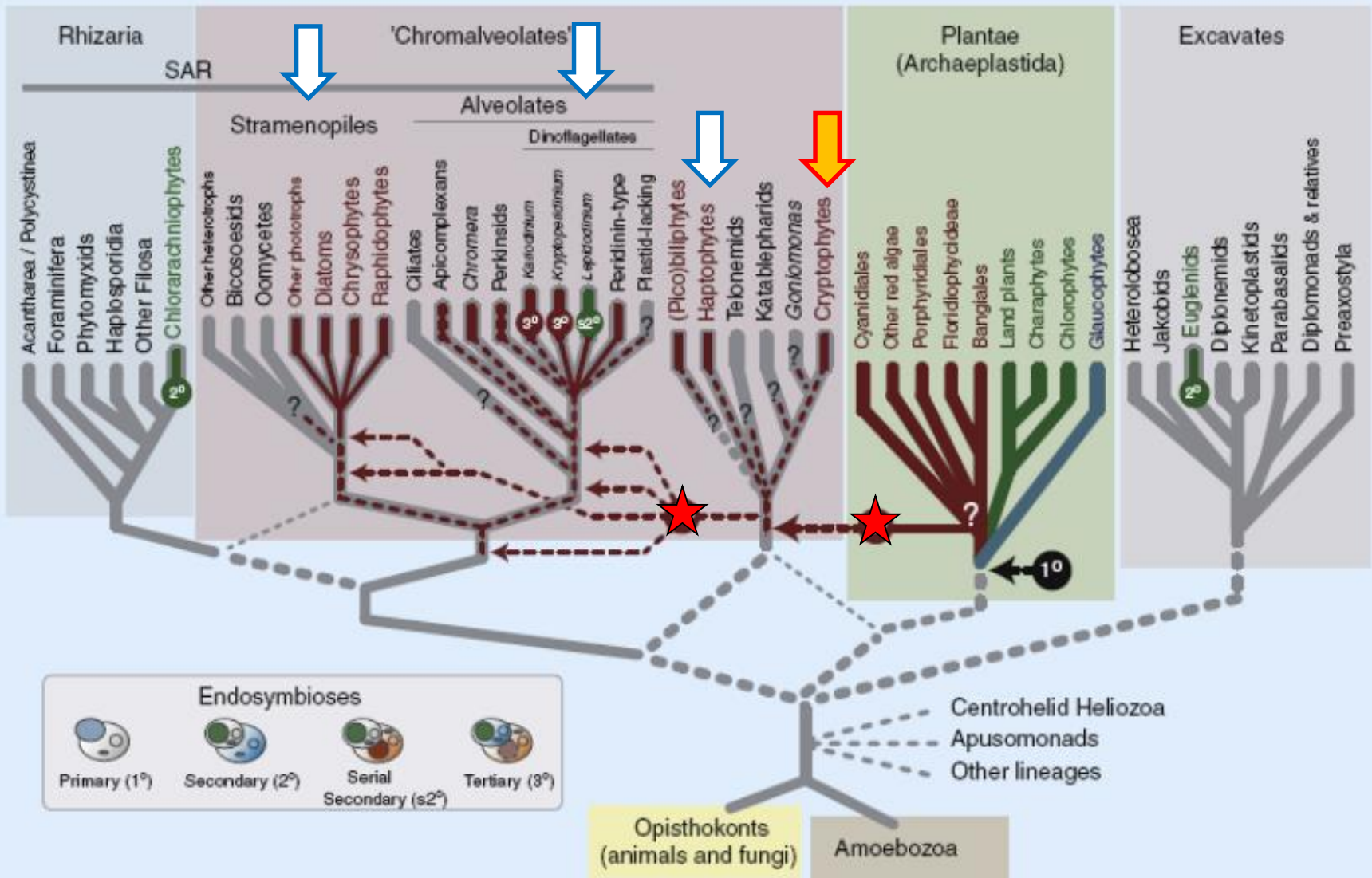
Sekundární endosymbióza

- minimálně dvě endosymbiotické události



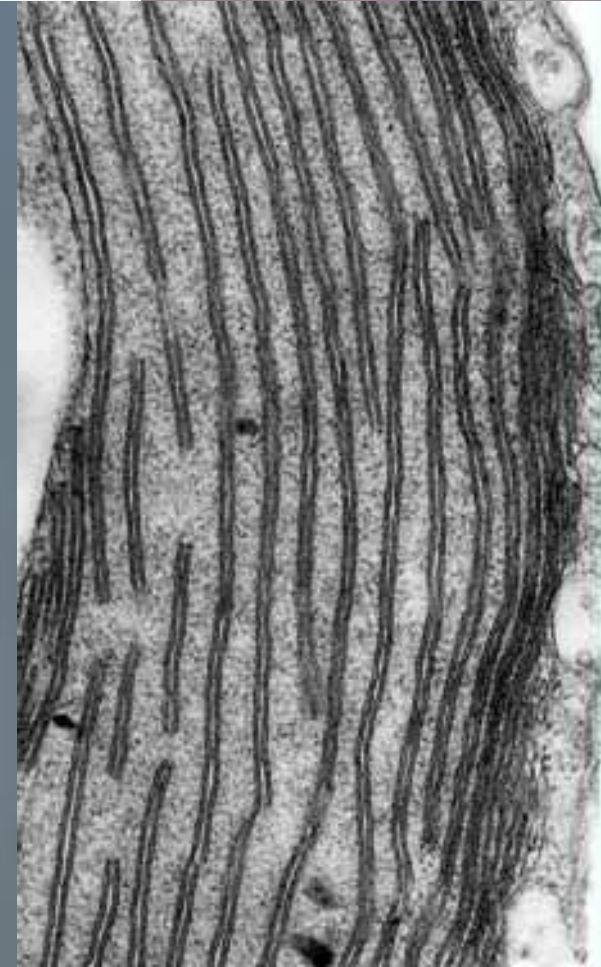
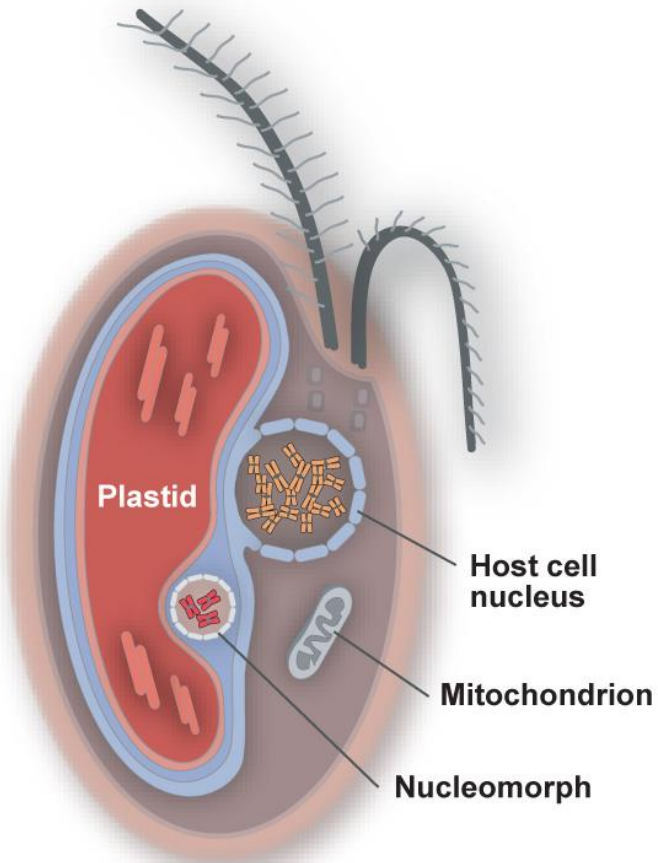
skrytěnky (Cryptophyta)

- stáří cca 1200 mil.



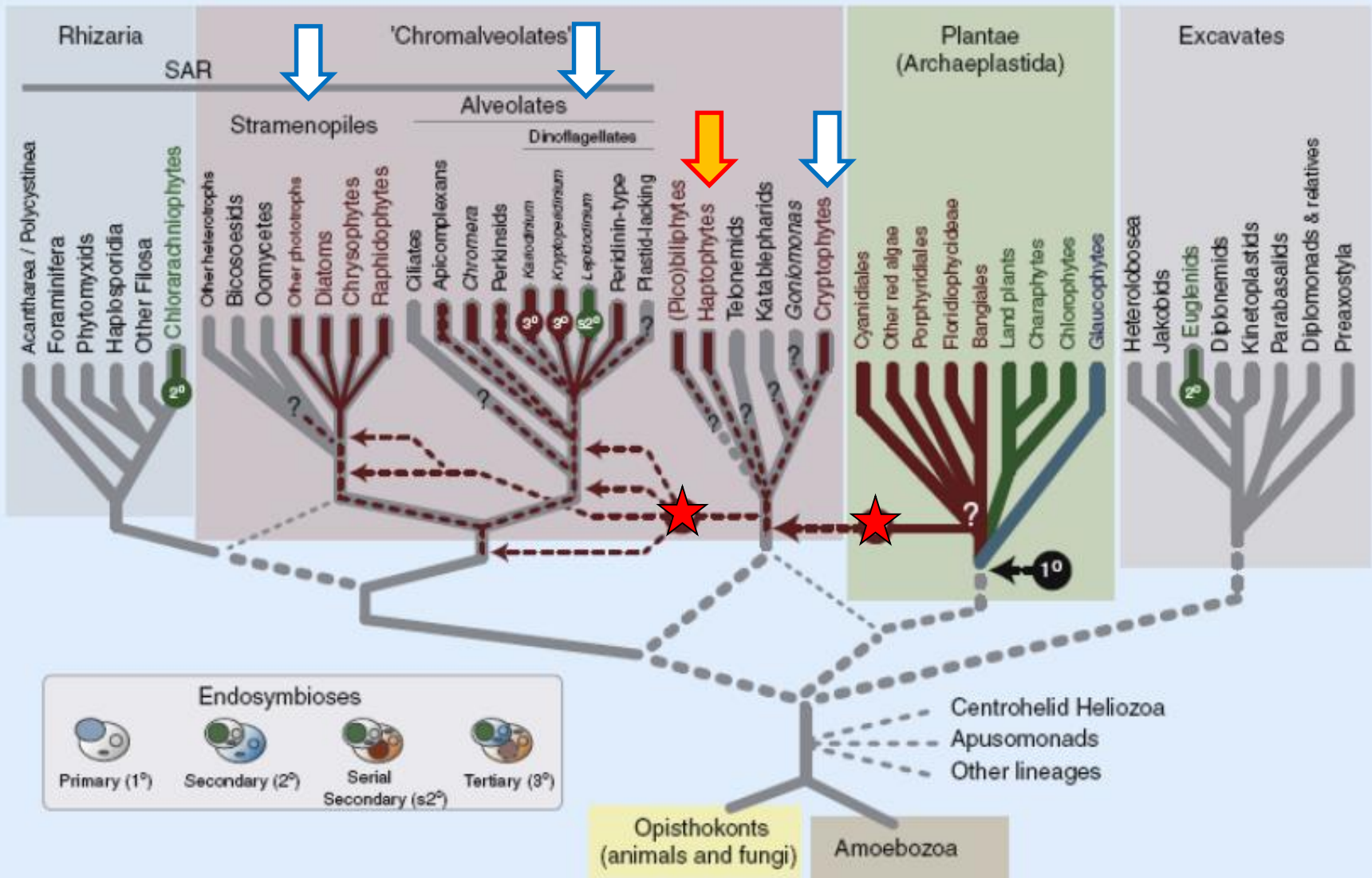
skrytěnky (Cryptophyta)

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



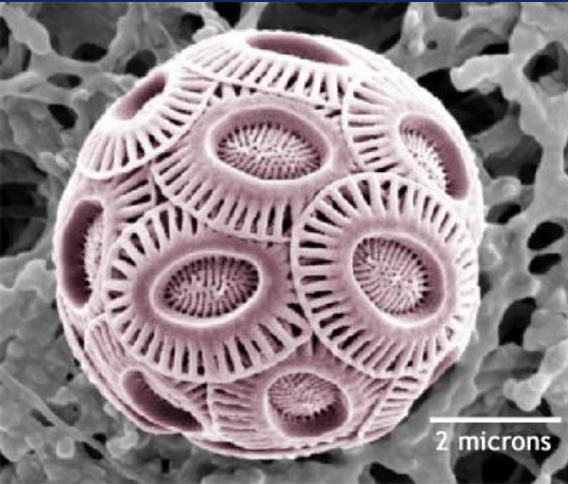
haptofyty (Haptophyta)

- stáří cca 1050 mil.



haptofyty (Haptophyta)

- produkce vápenatých šupin (kokolitky)



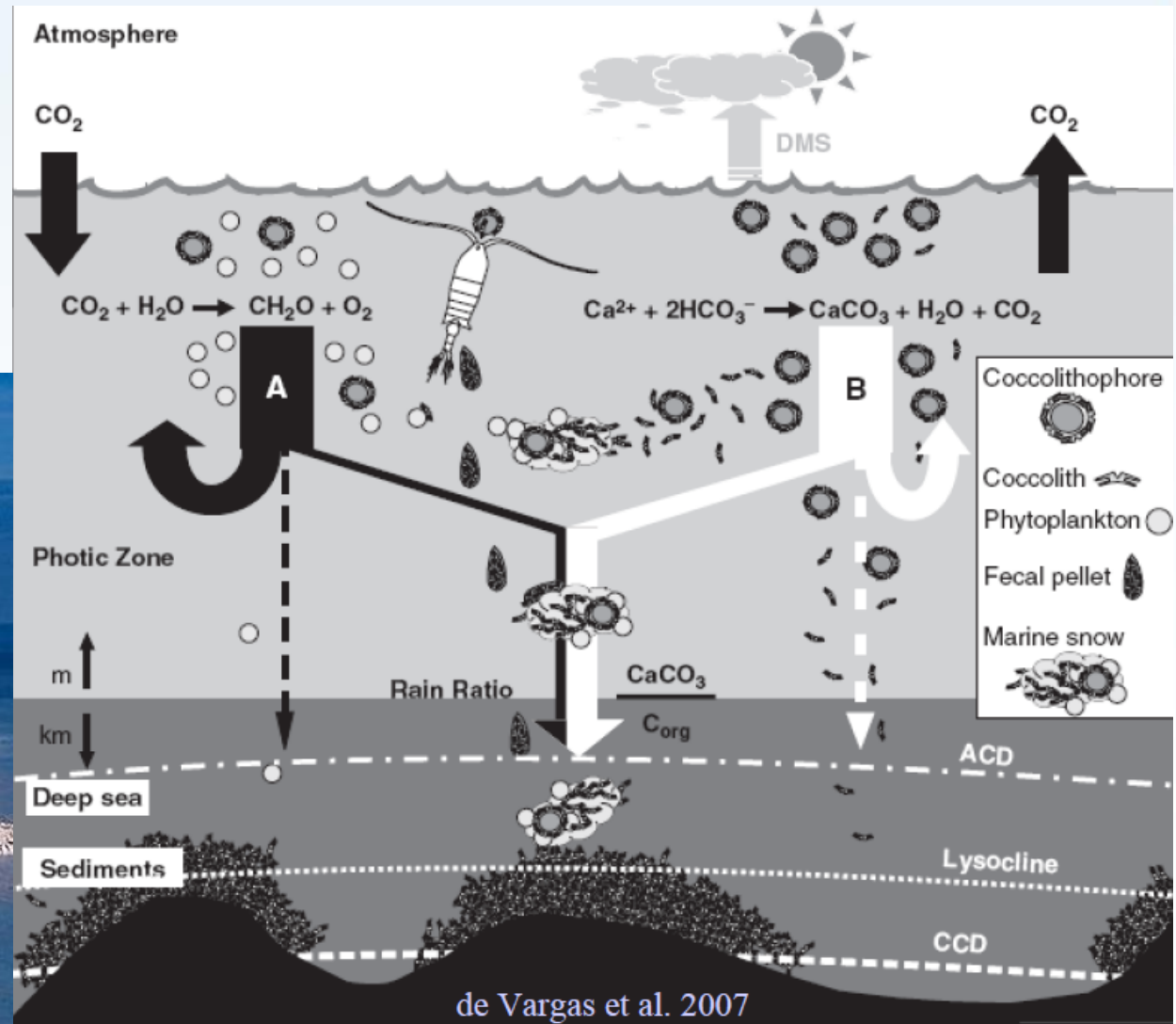
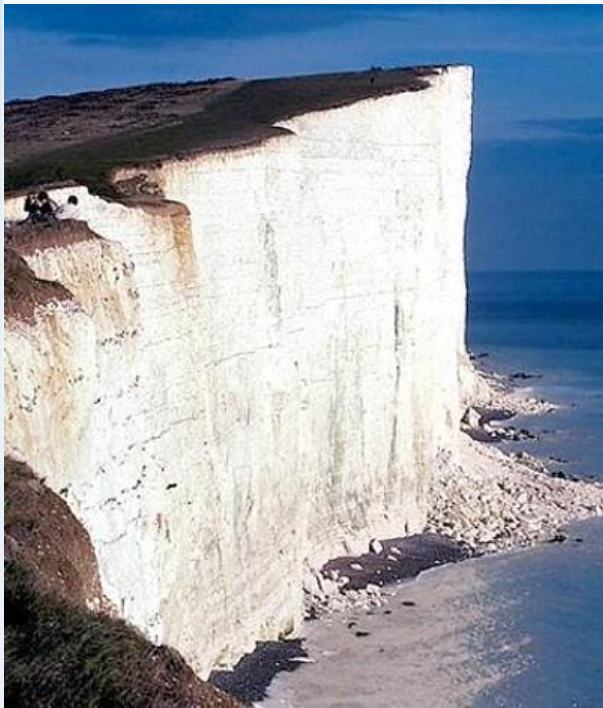
Emiliana



haptofyty (Haptophyta)

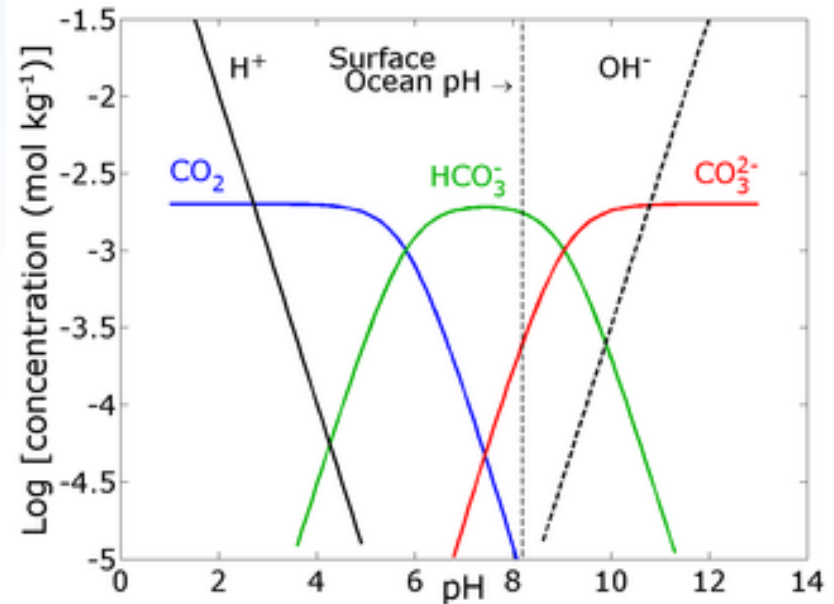
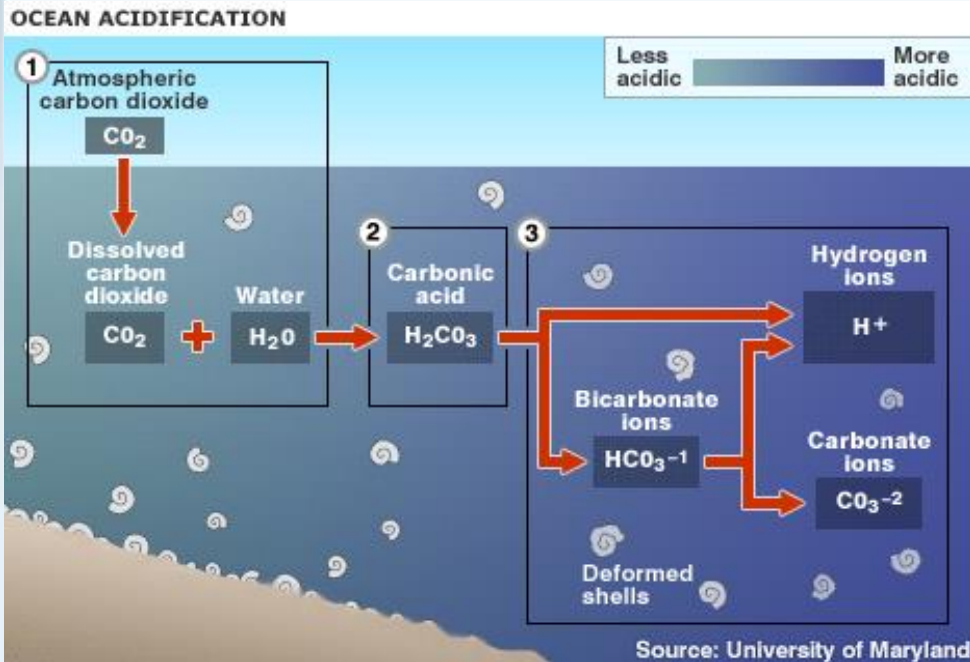
- globální klimatický význam = kalcifikace
 - vápence, ukládání CO_2 do sedimentu

Dover cliffs



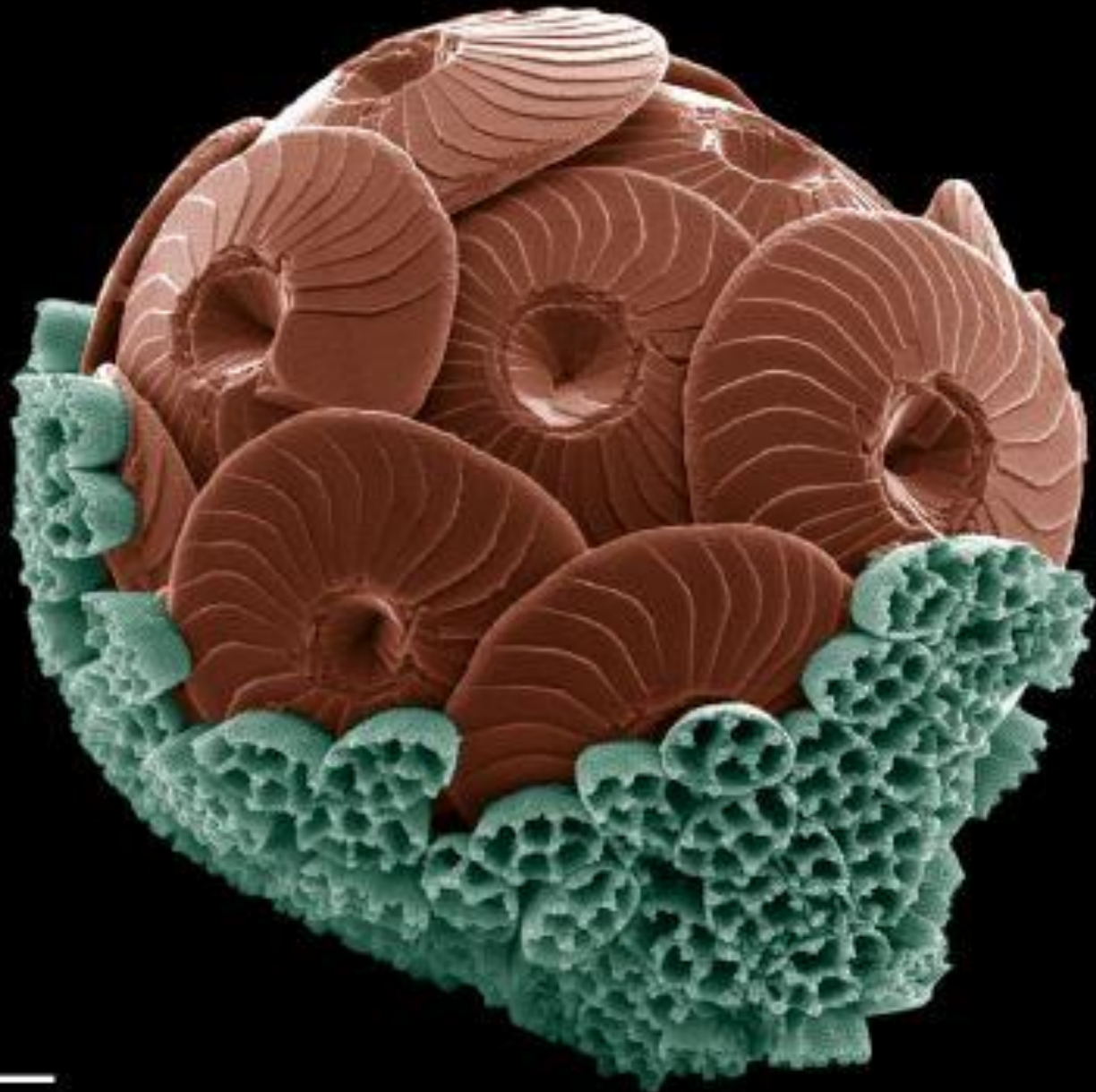
haptofyty (Haptophyta)

- 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)

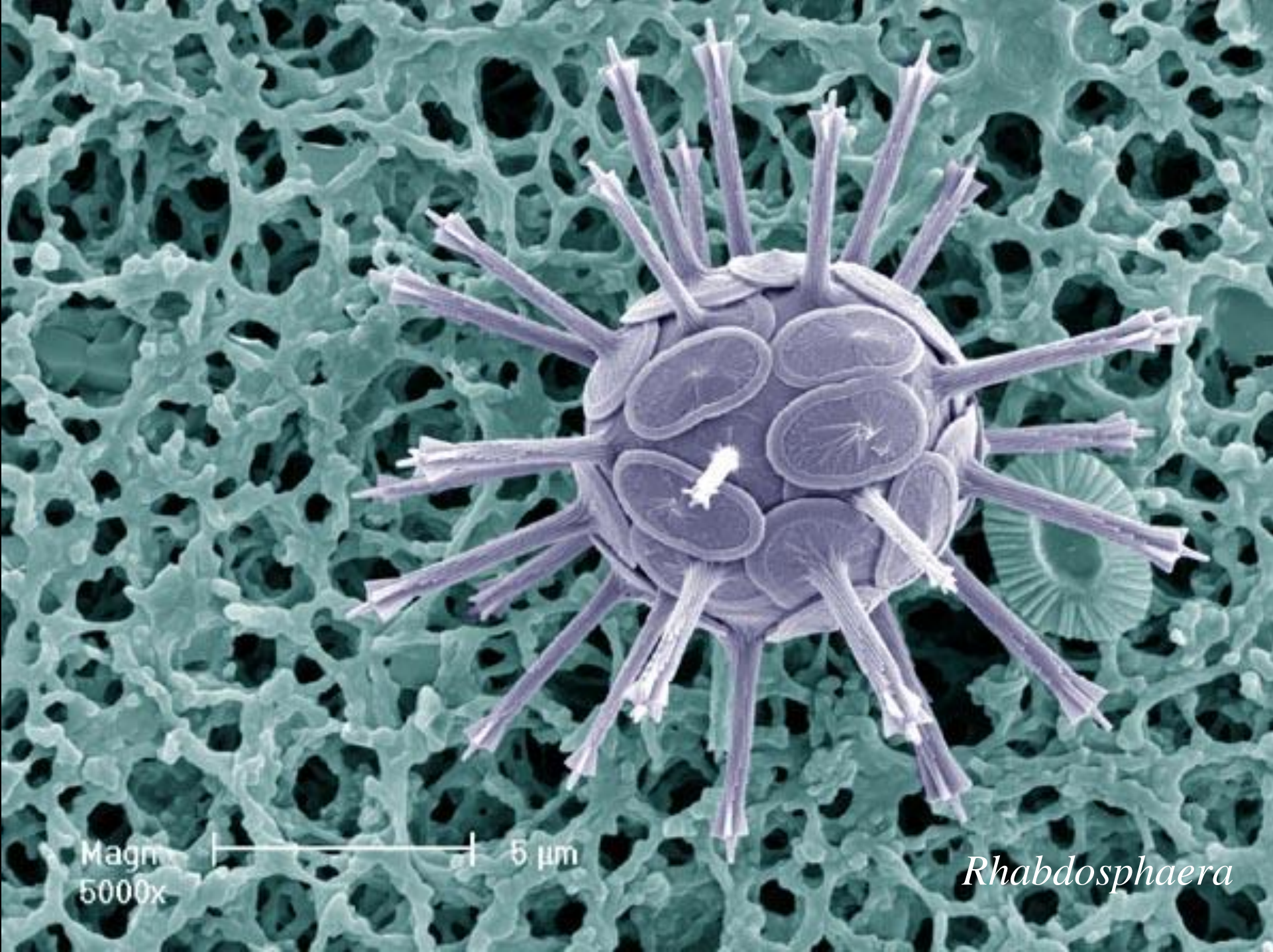




Scyphosphaera



Calcidiscus



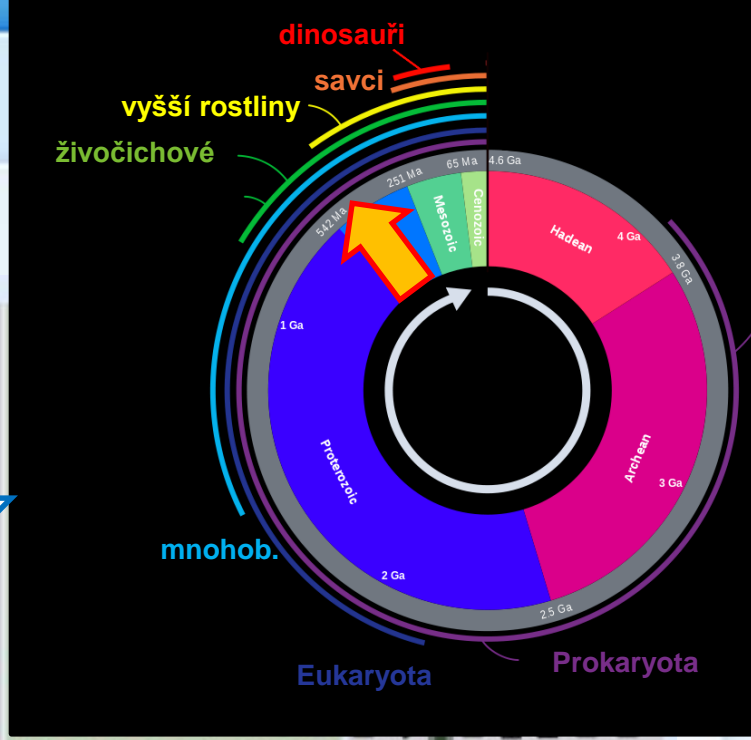
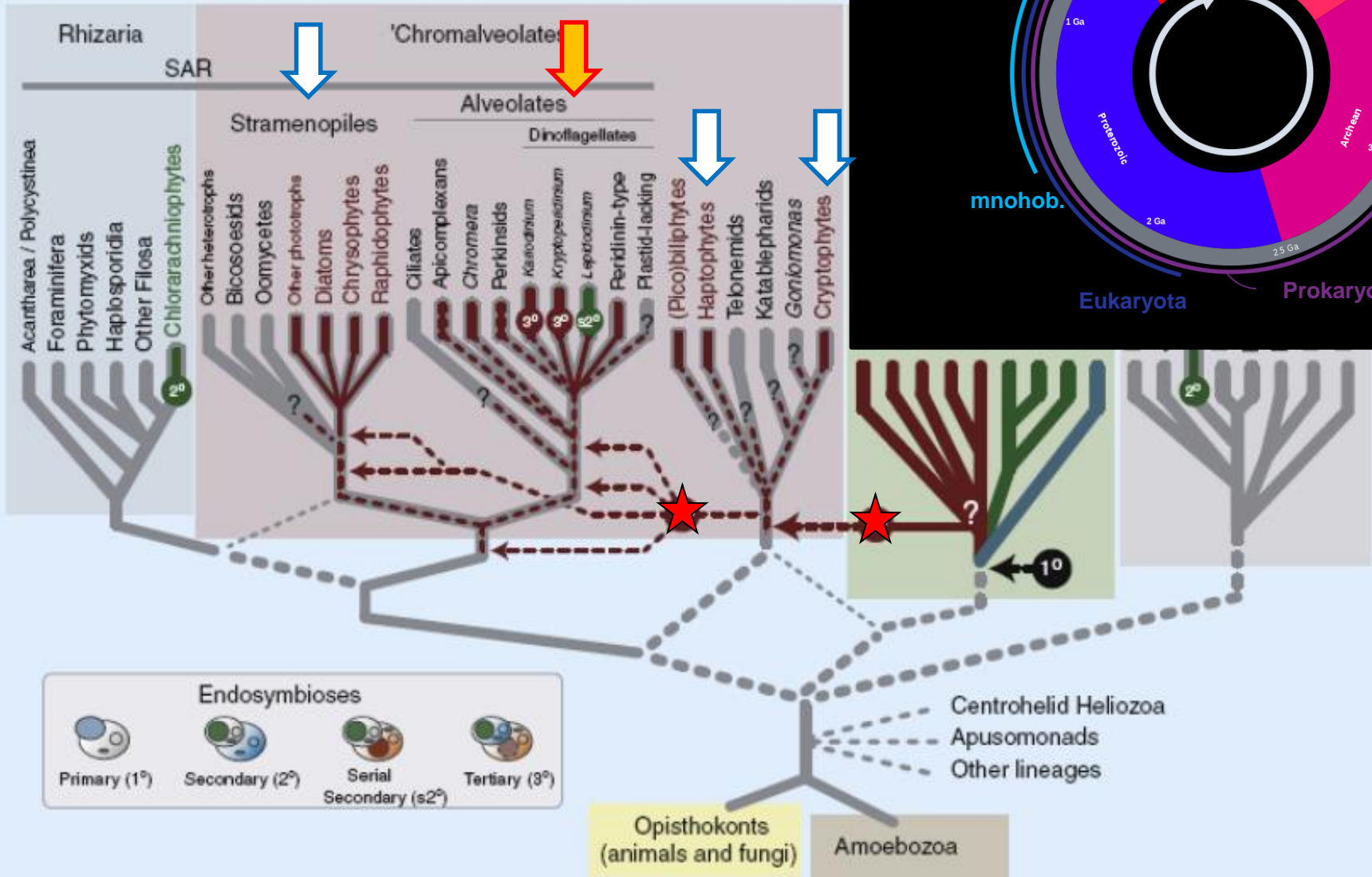
Magn
5000x

5 μ m

Rhabdosphaera

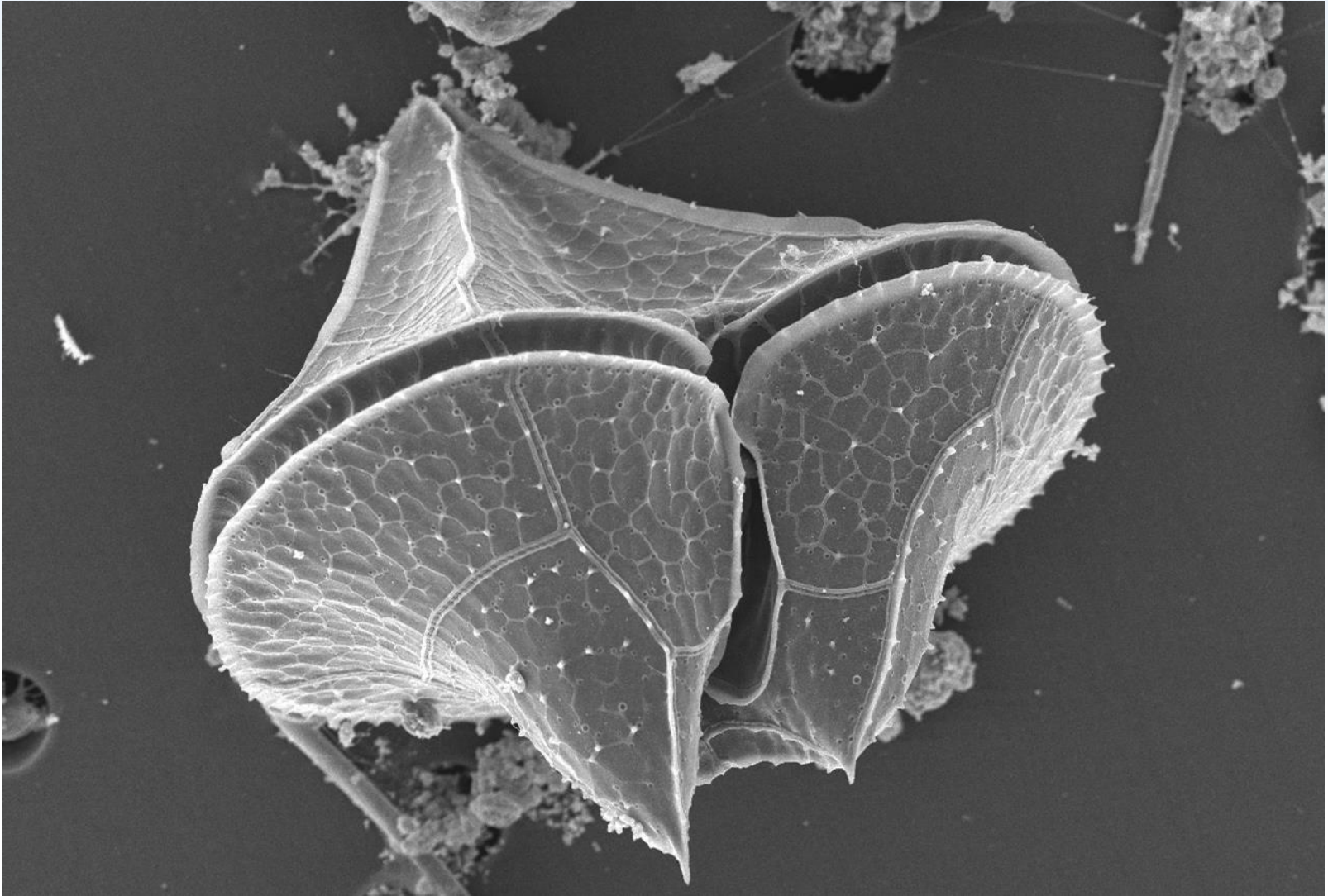
obrněnky (Dinophyta)

- stáří cca 400 mil.



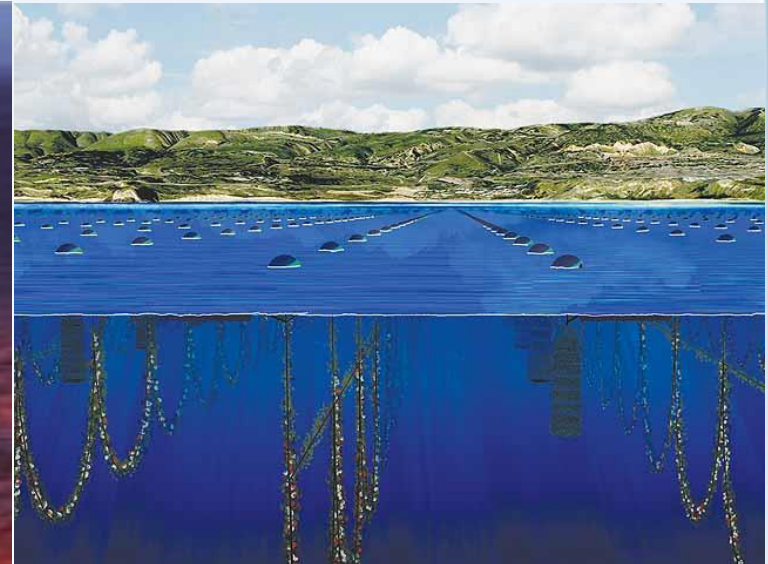
obrněnky (Dinophyta)

- 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)

- bioluminiscence
- *Noctiluca scintillans*



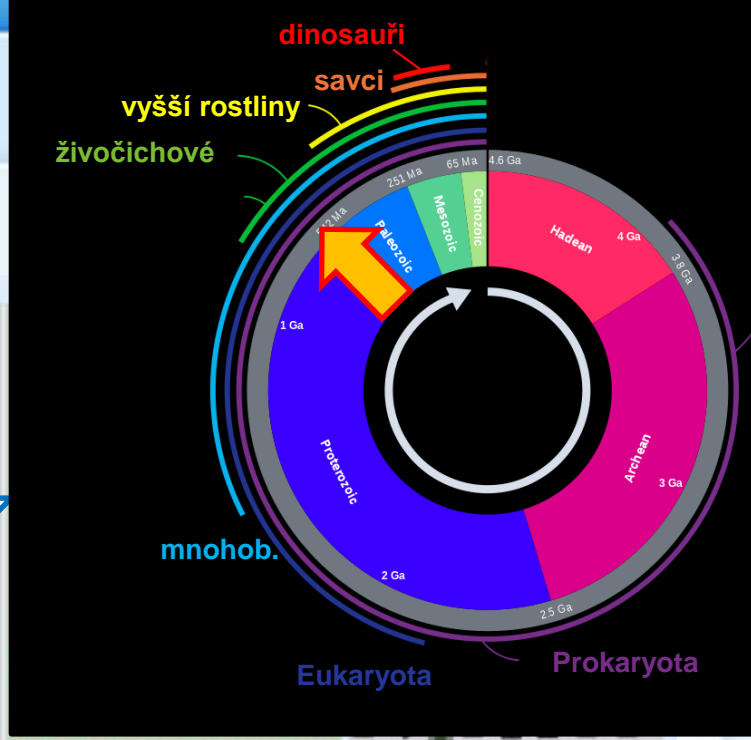
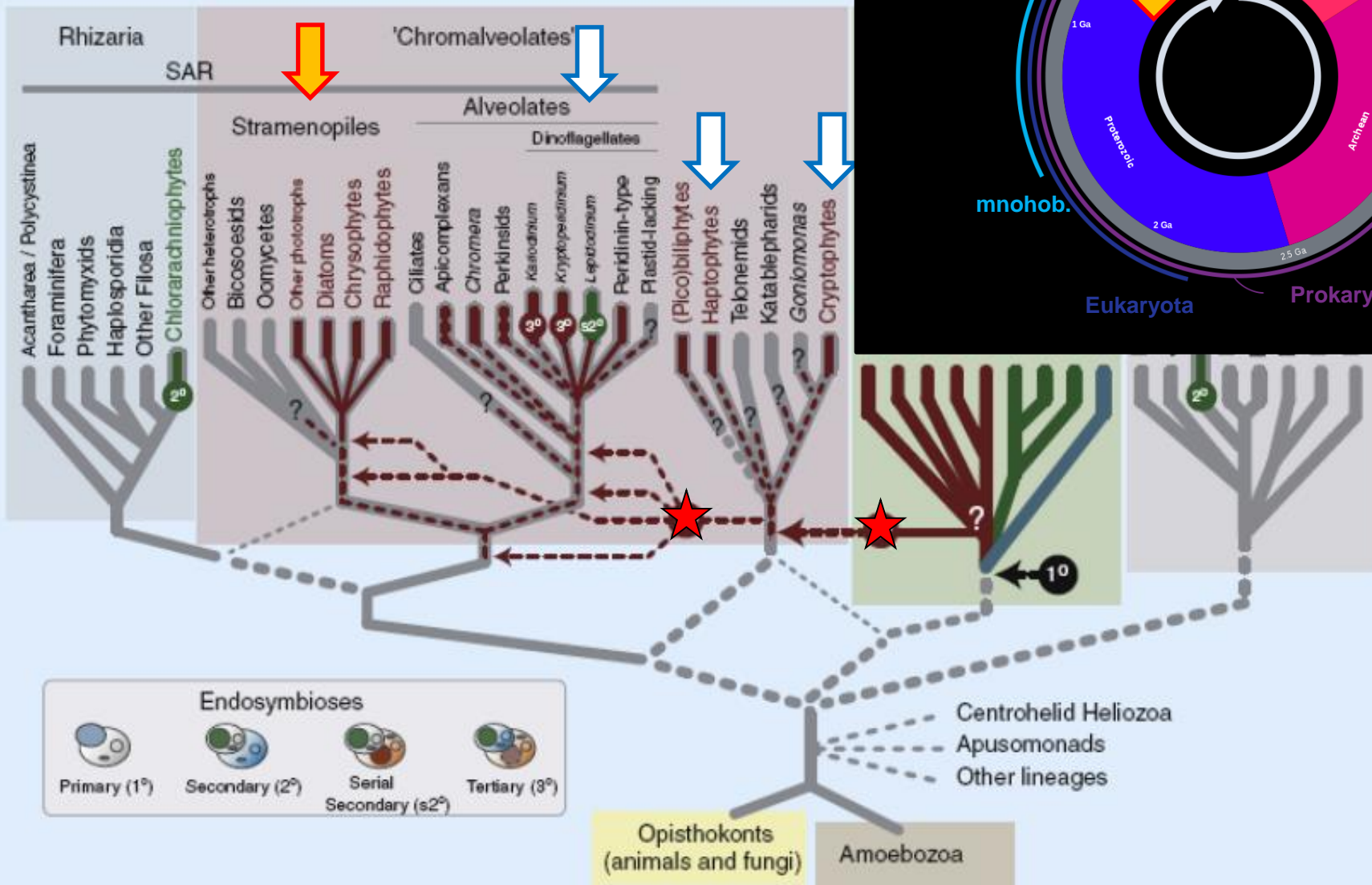
obrněnky (Dinophyta)

- význam bioluminiscence?



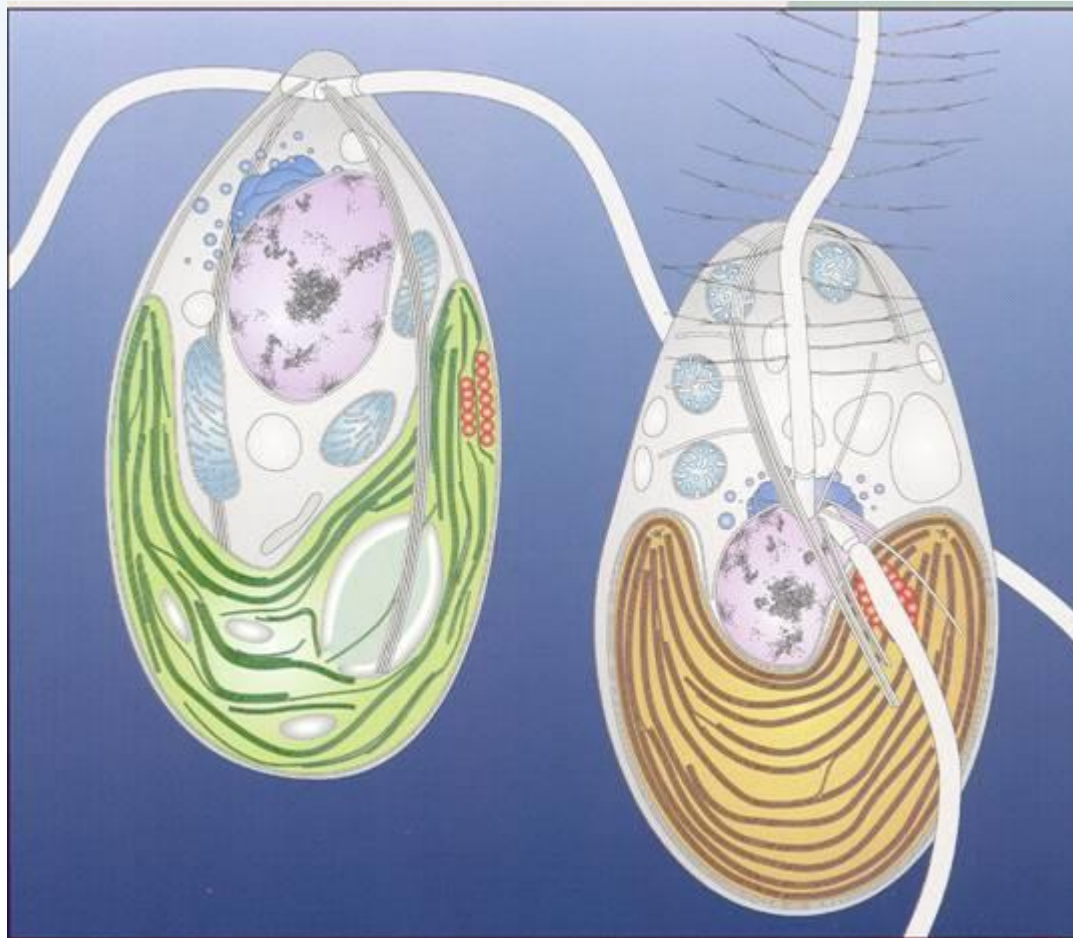
stramenopilové

- stáří cca 550 mil.



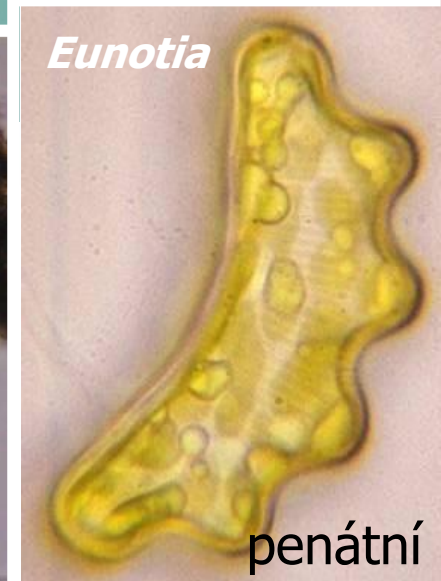
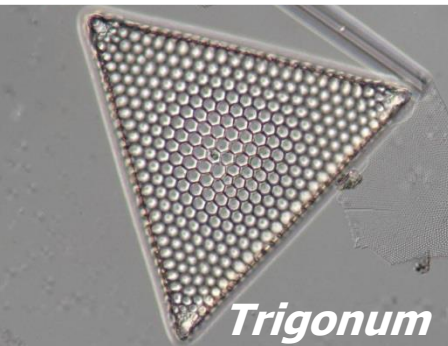
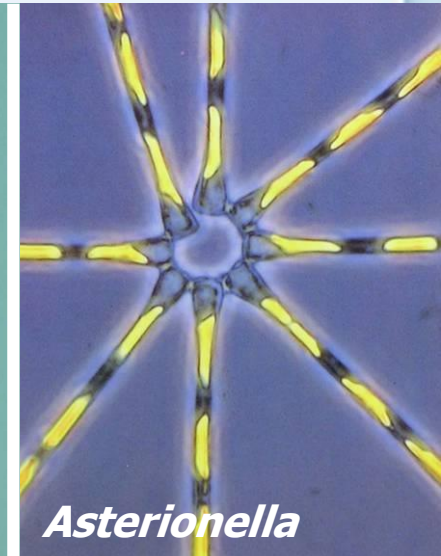
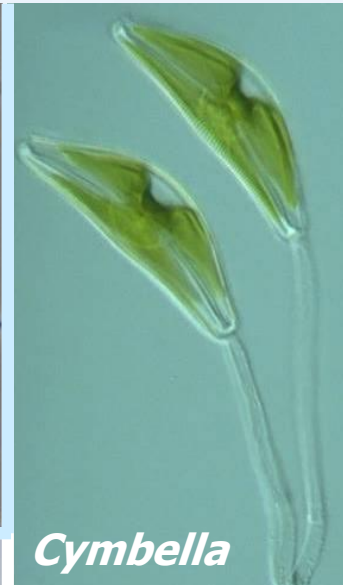
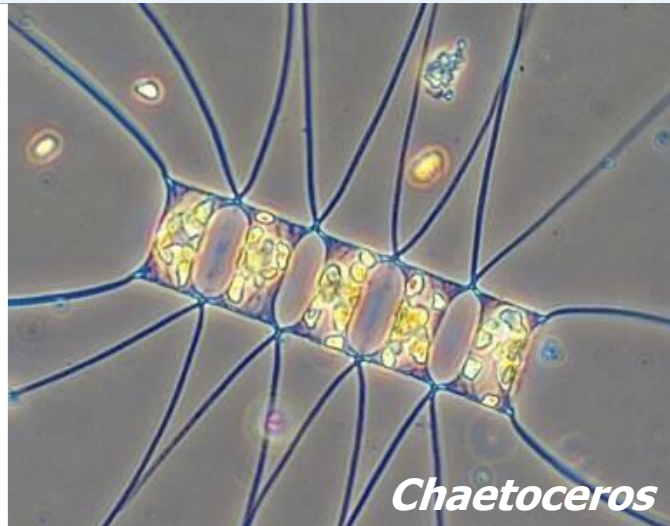
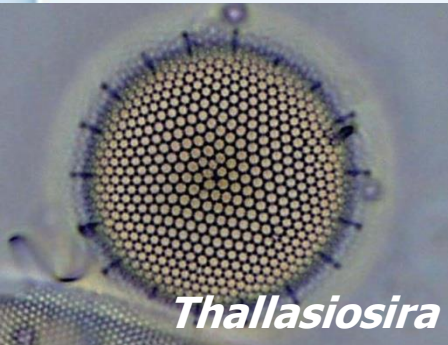
stramenopilové (Stramenopiles)

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



stramenopilové (Stramenopiles)

- rozsivky (Bacillariophyceae)

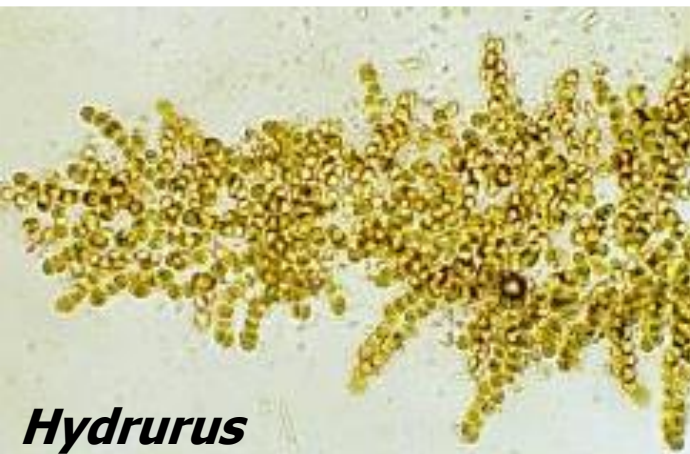
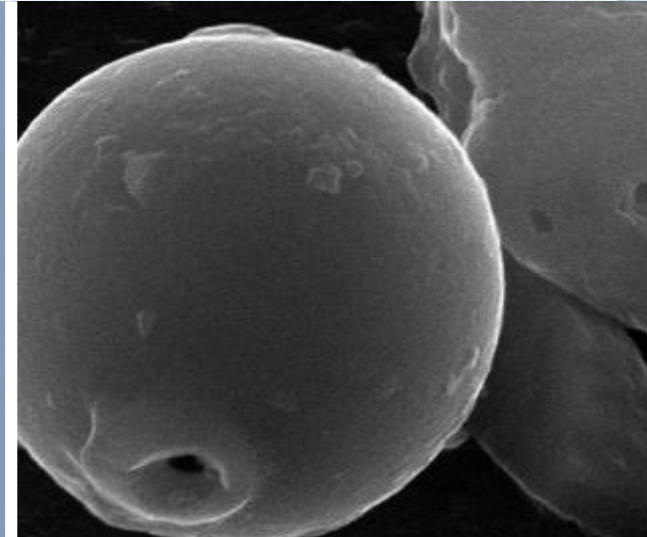


Pinnularia

penátní

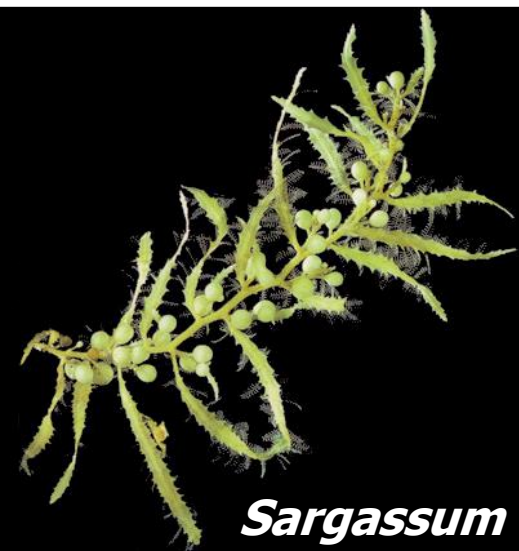
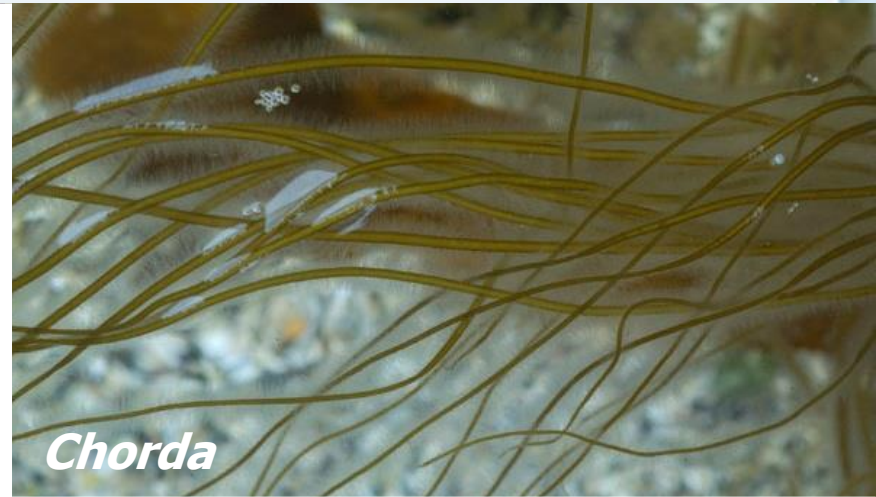
stramenopilové (Stramenopiles)

- 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

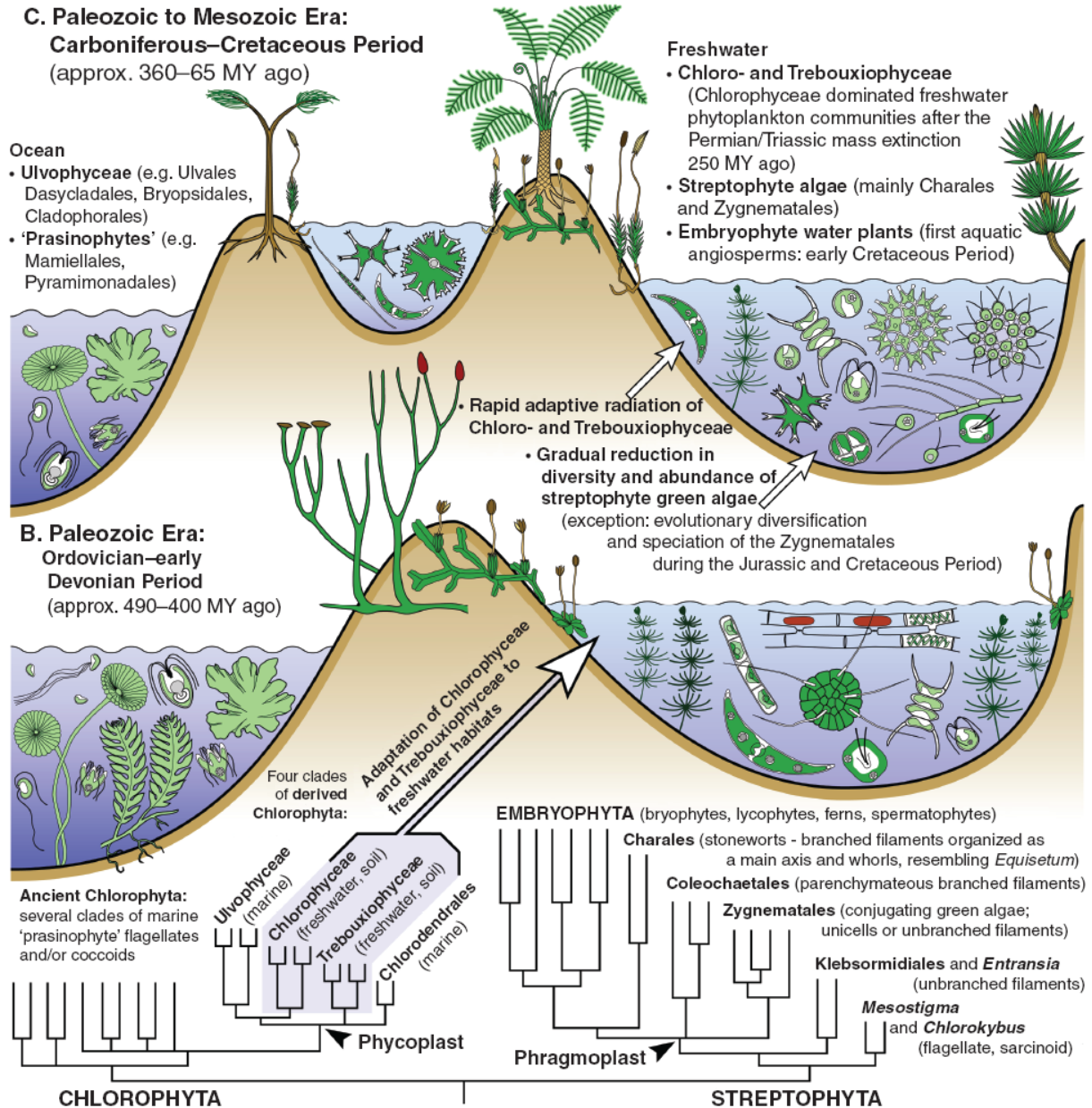


stramenopilové (Stramenopiles)

- radiace stramenopilů v ordoviku

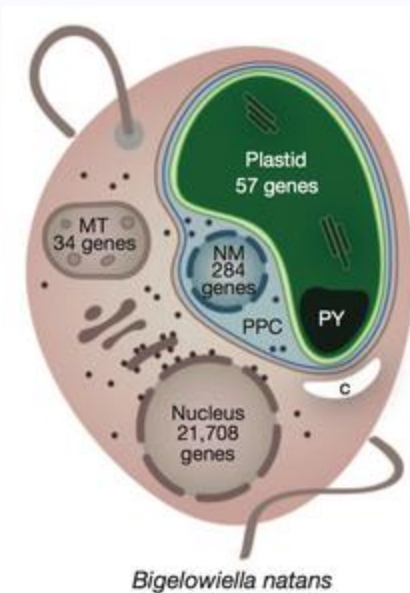
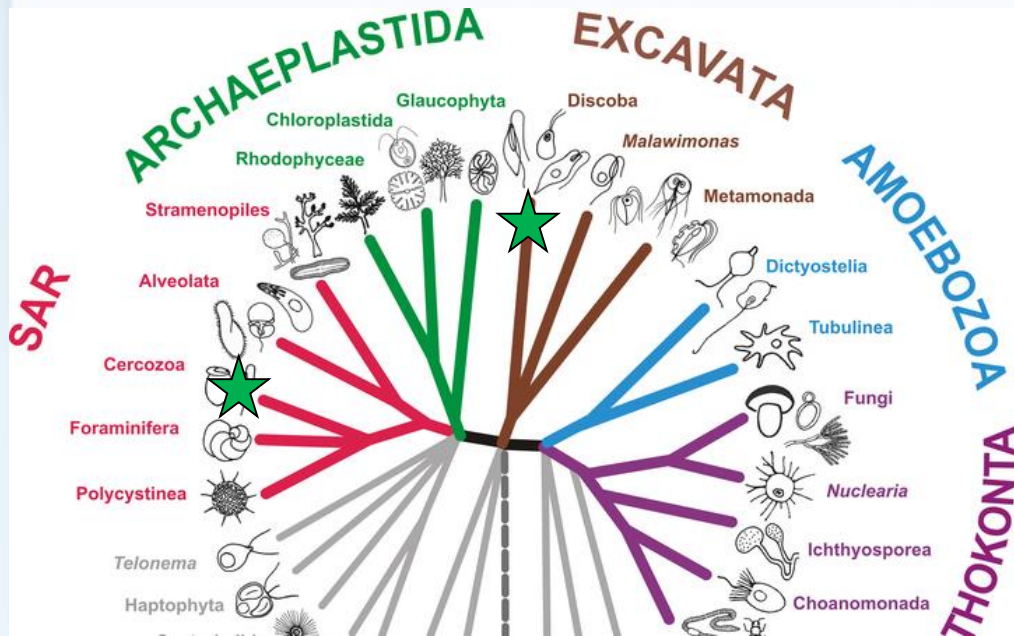
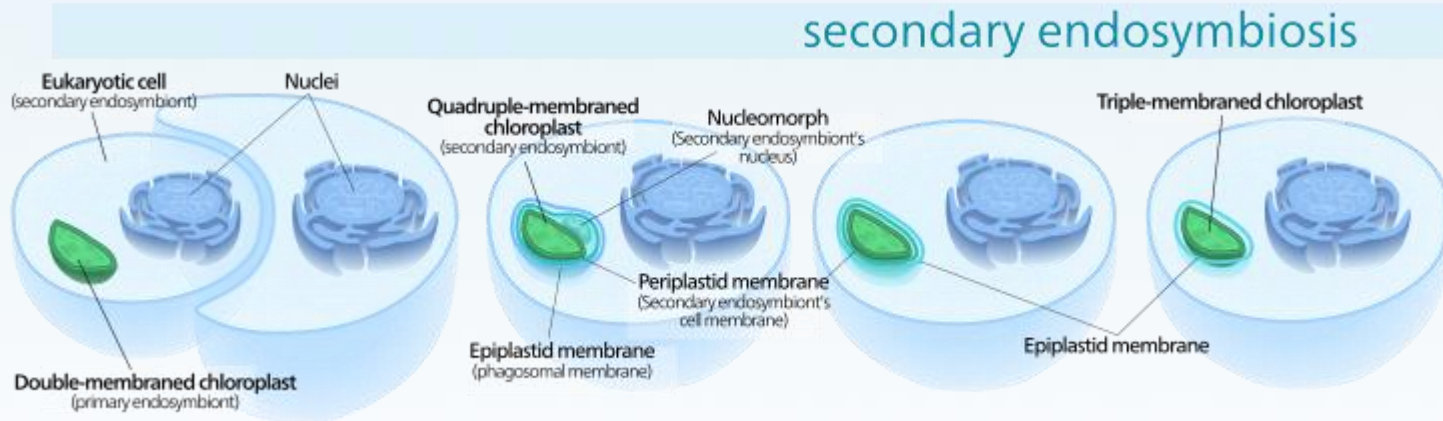


- Chlorofyty vyhnány z moří do sladkých vod
- Streptofyty vyhnány ze sladkých vod na souš či do rašeliníšť



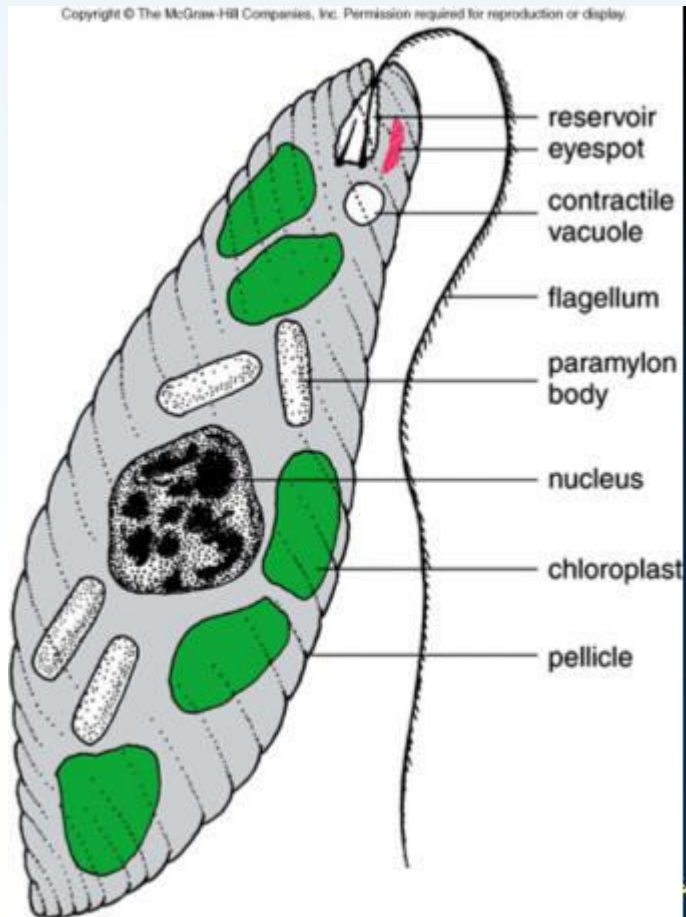
Sekundární endosymbióza II.

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



krásnoočka (Euglenophyta)

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



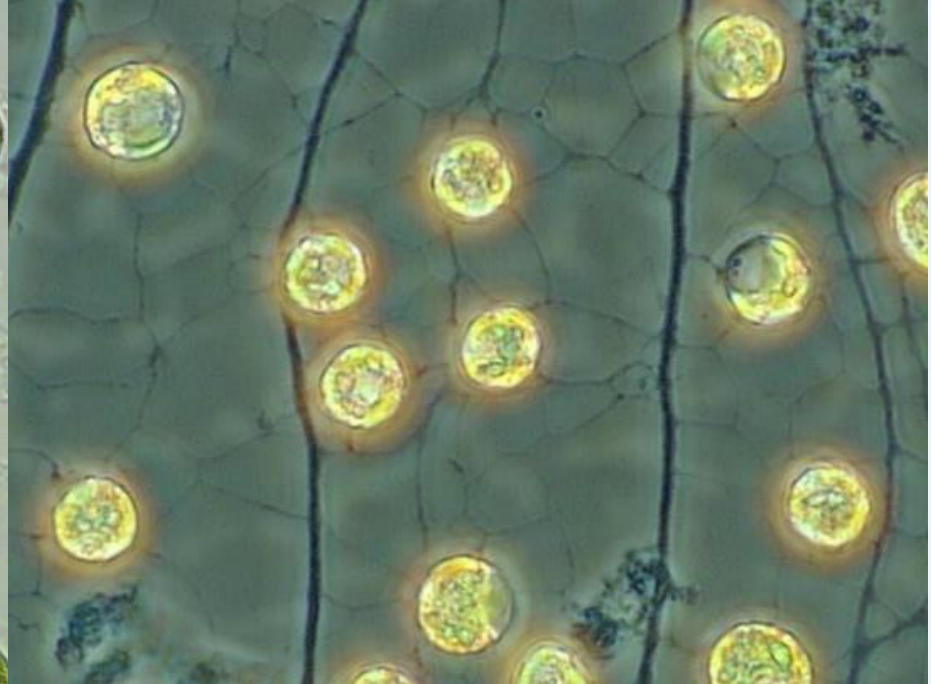
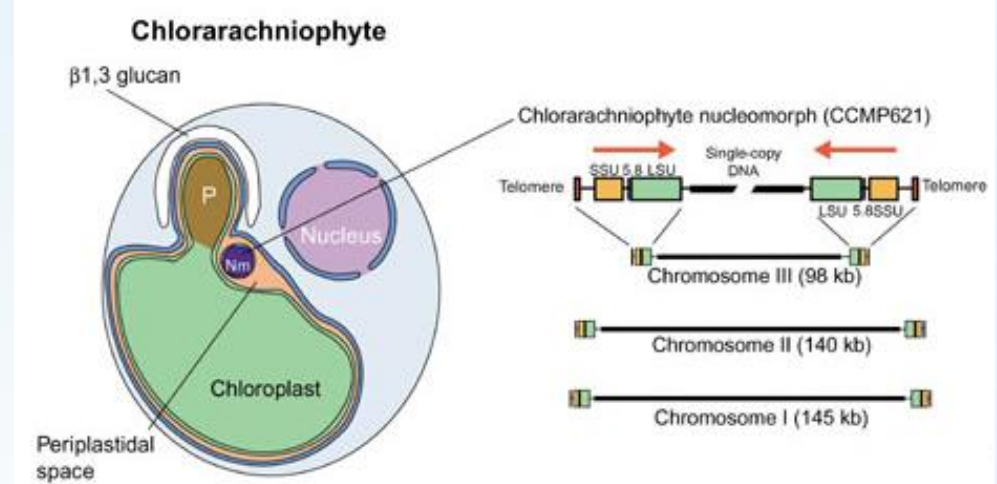
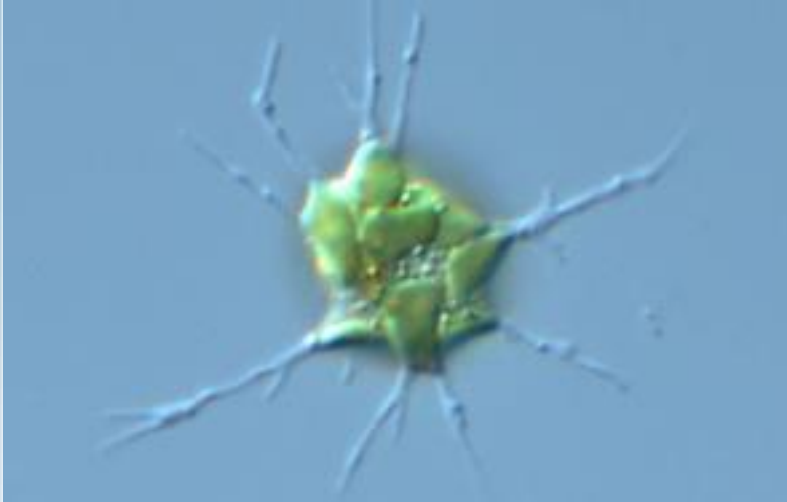
krásnoočka (Euglenophyta)

- často tolerují znečištěné vodní prostředí
 - čištění odpadních vod



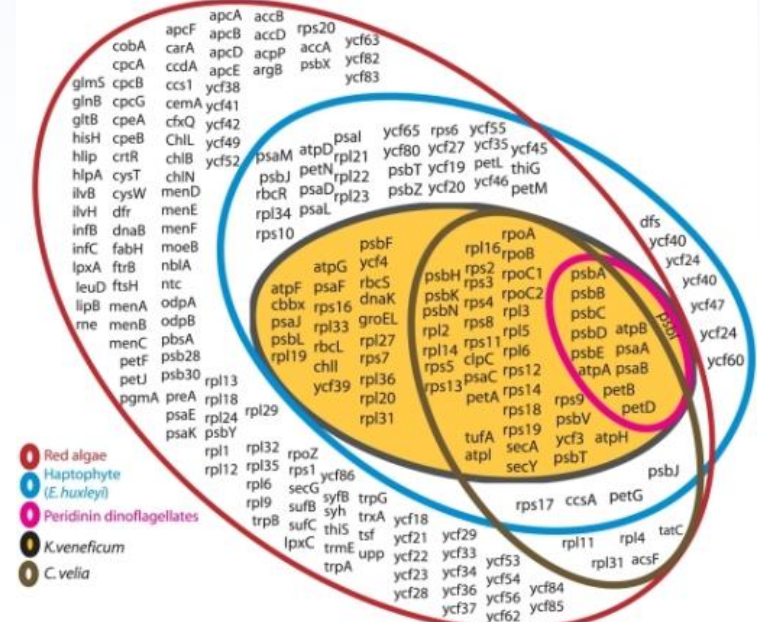
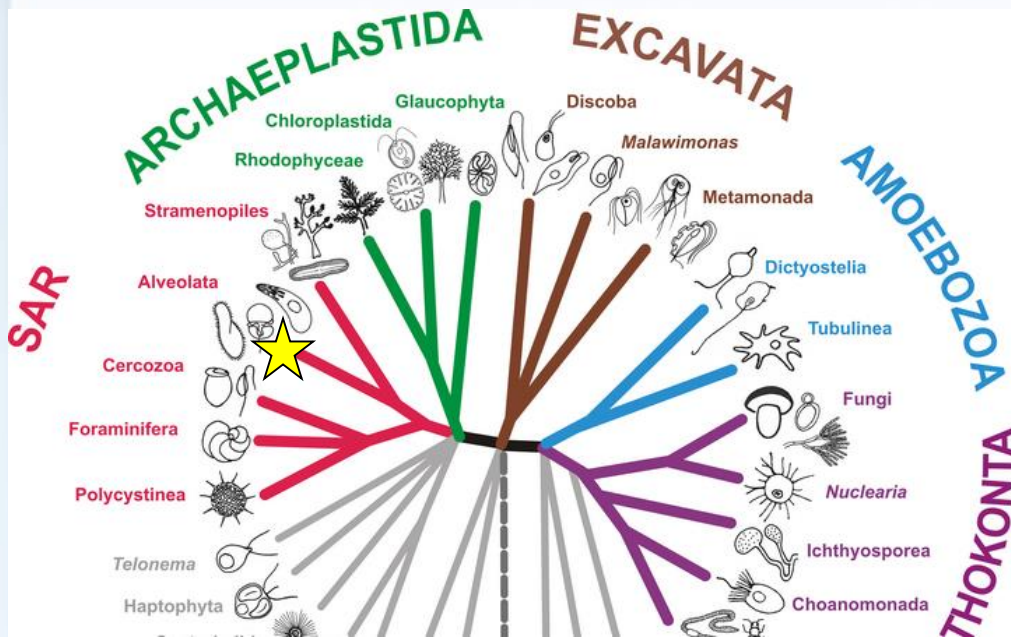
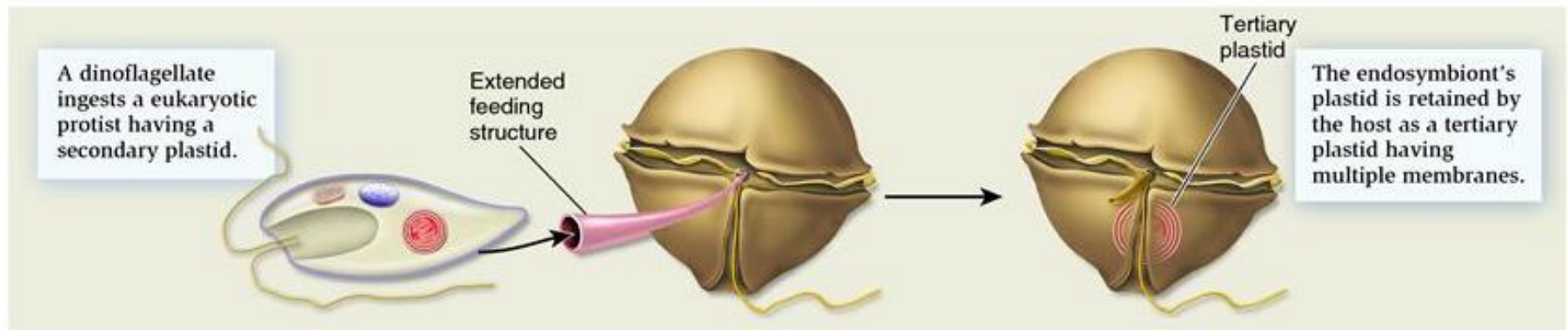
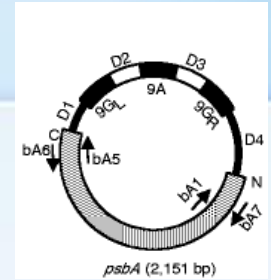
Chlorarachniophyta

- měňavkovité organismy, nukleomorf (pouze 300 genů)



Terciární endosymbiózy

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



Terciární endosymbiózy

- 7 nezávislých endosymbiotických událostí

Dinophysiales I

Cryptophyta



Dinophysiales II

Haptophyta



Kryptoperidinium

Stramenopiles



Karenia

Haptophyta



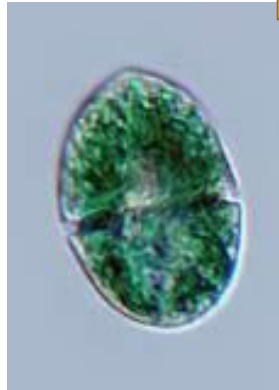
Lepidodinium

Chlorophyta



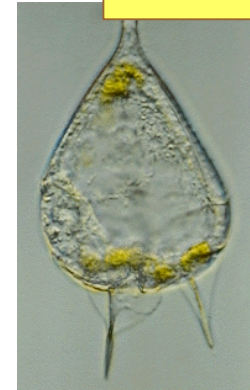
Gymnodinium aeruginosum

Cryptophyta



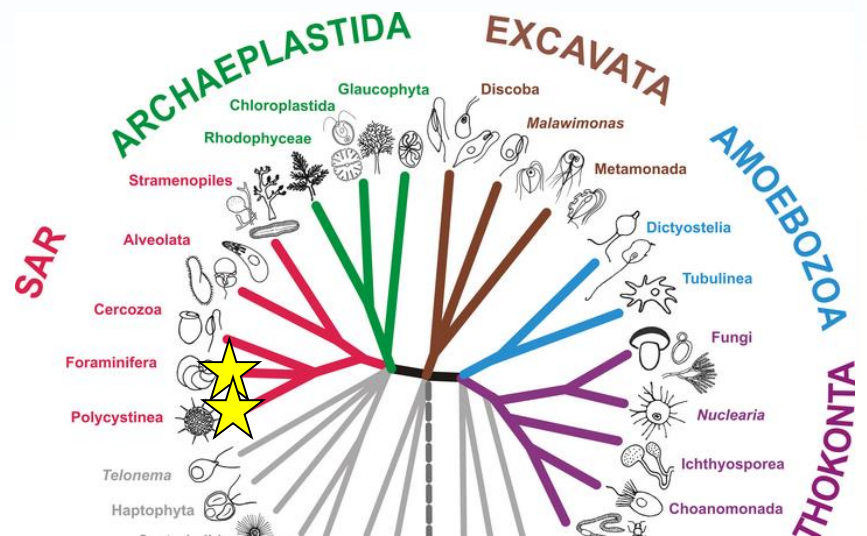
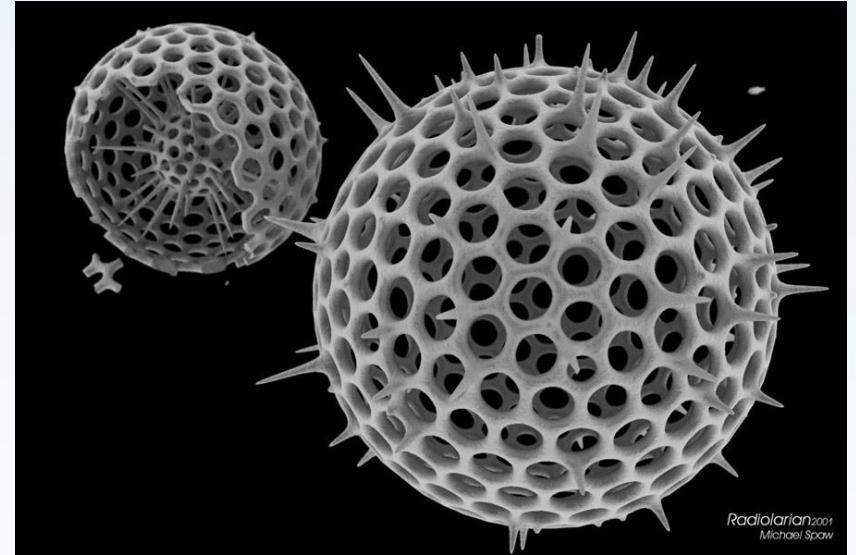
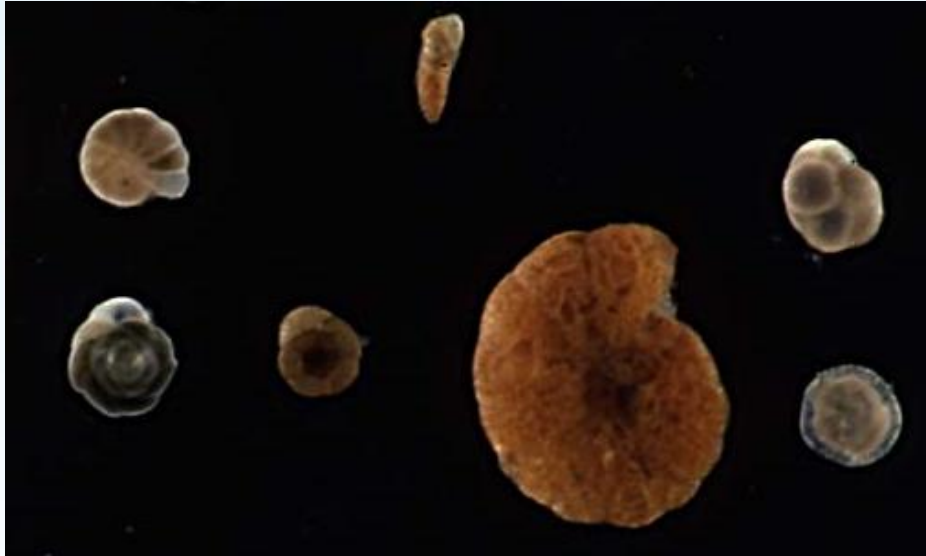
Podolampas

Stramenopiles



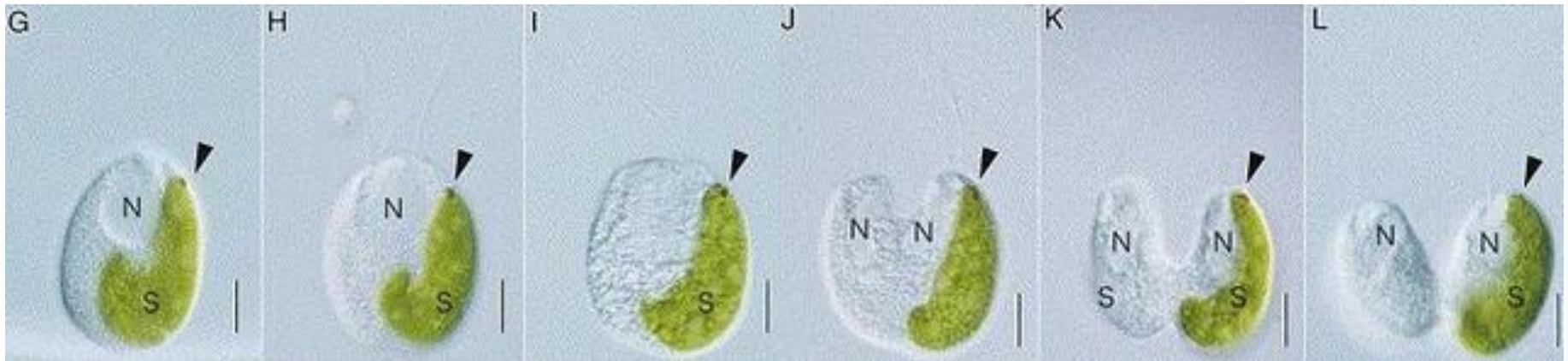
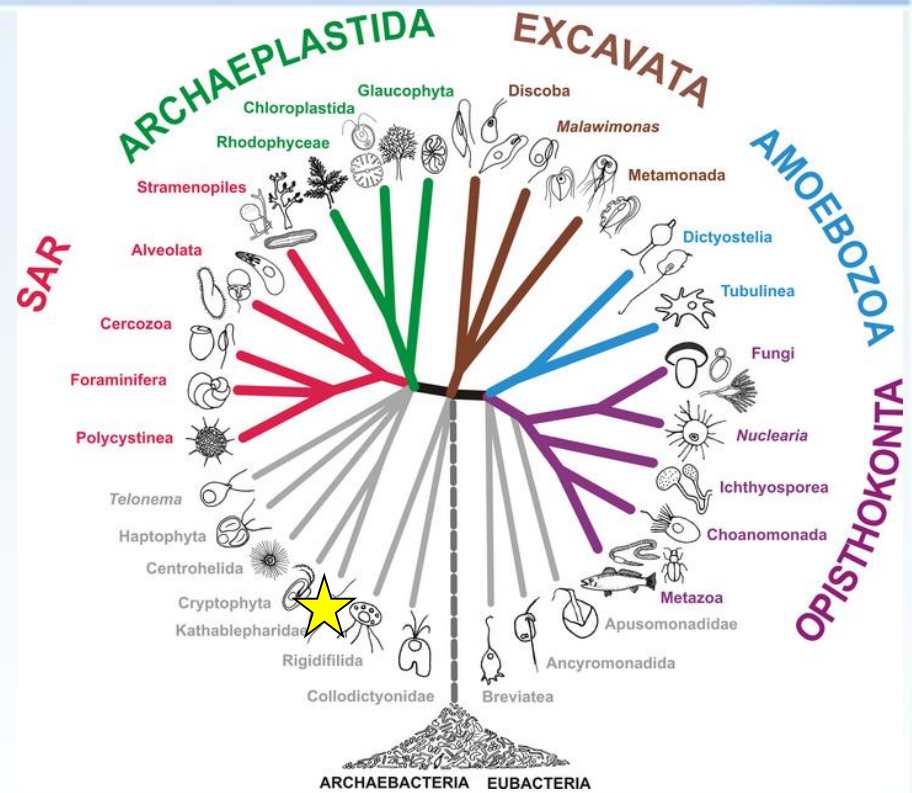
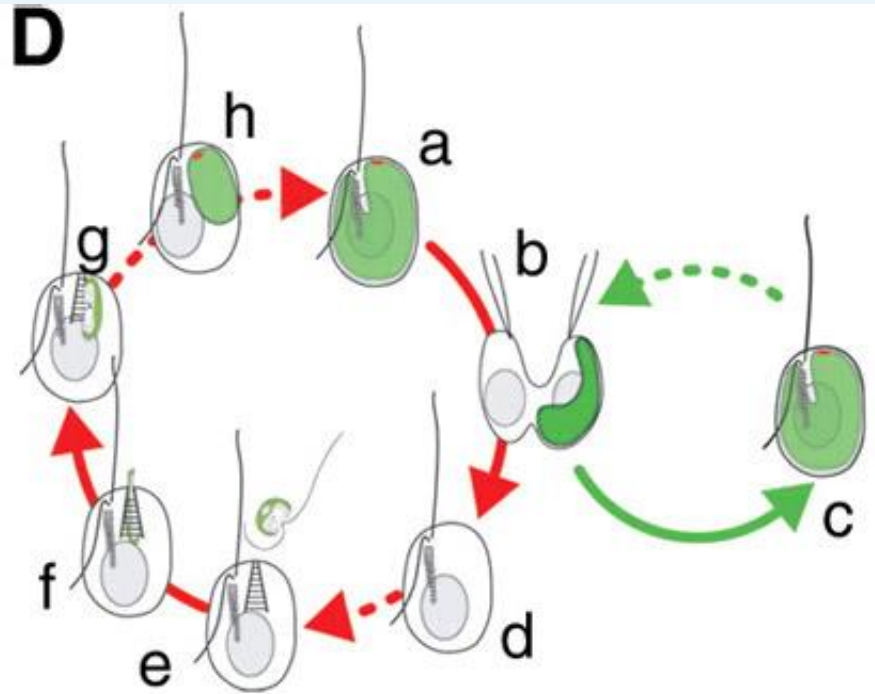
symbiotické obrněnky

- dírkonožci, mřížovci



nedokončené endosymbiózy

- *Hatena arenicola*



kleptoplastidy

- *Elysia viridis*



Codium fragile



Pteraeolidia ianthina - dole juvenilní jedinec bez zooxanthel



Costasiella kuroshimae – „mořská ovečka“

Randi Ang



Costasiella kuroshimae – „mořská ovečka“

Děkuji za pozornost

