

8. Sinice + Archaeplastida (Glaucophyta, Rhodophyta)



Yvonne Němcová

Katedra botaniky PřF UK

ynemcova@natur.cuni.cz

Místnost 78, 2. mezipatro, Benátská 2

Botanika bezcévných rostlin a protistologie

(MB120P76U)

Přednášky

- 1) Eukaryotická buňka a její vznik ... Tomáš Pánek
- 2) Systém eukaryot, Excavata ... TP
- 3) Opisthokonta, Amoebozoa ... TP
- 4) Pohyb, evoluce mnohobuněčnosti ... TP,
- 5) Úvod do SAR a heterot. SAR ... TP
- 6) Fototrofní SAR ... Yvonne Němcová
- 7) Fototrofní Stramenopiles, Haptista, Cryptista ... YN
- 8) Sinice + Archaeplastida (Glaucophyta, Rhodophyta) ...YN**
- 9) Archaeplastida (Chloroplastida) ... YN
- 10) Archaeplastida (Chloroplastida) pokračování ... YN
- 11) Mechorosty ... David Svoboda
- 12) Mechorosty/lišejníky ... DS
- 13) Lišejníky ... DS

Sinice (Cyanobacteria)

prokaryota, která dala vznik primárnímu plastidu

- původce plastidů
- vznik kyslíkaté atmosféry
- umožnily rozvoj aerobních eukaryot, ozonová vrstva
- kalcifikace – vápencové usazeniny, sekvestrace CO₂
- vodní květy a toxiny
- fixace vzdušného N₂



P. M. M. M.
2016

Kde v systému se nacházíme?

Prokaryota

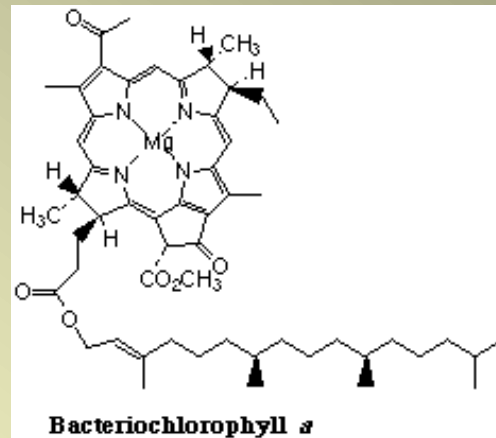
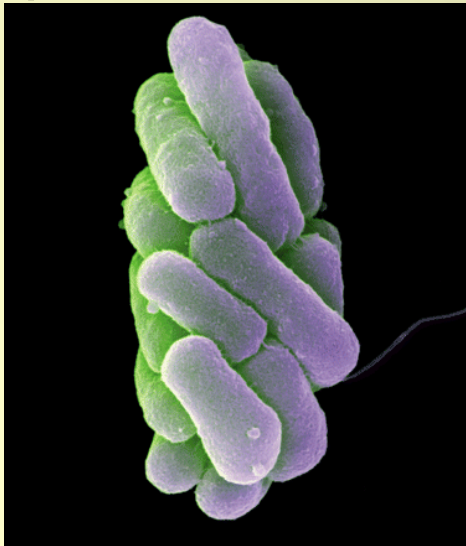
Bakterie – Bacteria

Sinice – Cyanobacteria (syn. Cyanophyta, Cyanoprokaryota)

zelené sirné bakterie a sinice měly pravděp. společného předka

„procyanobacteria“

reakční centrum
podobné PSI



bakteriochlorofyl a

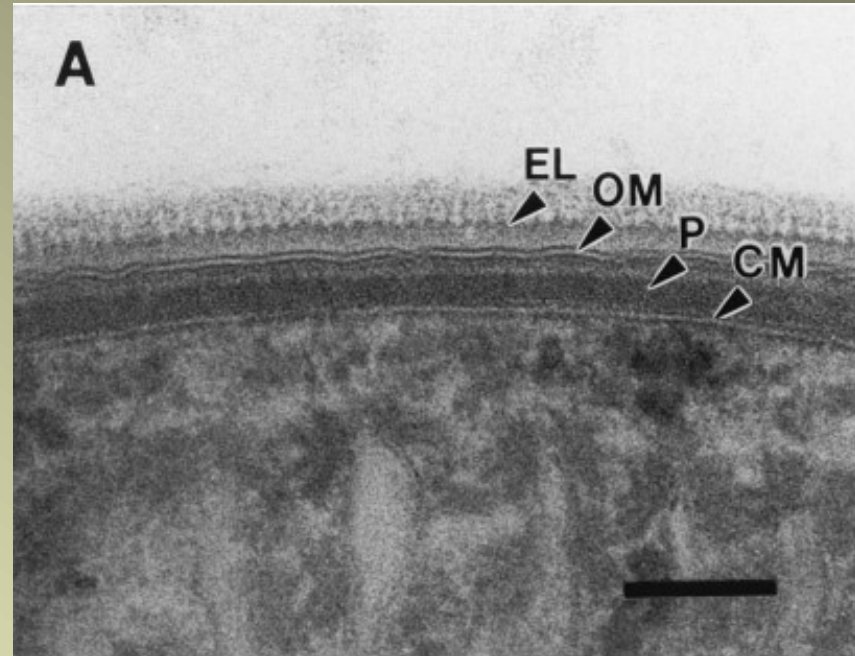
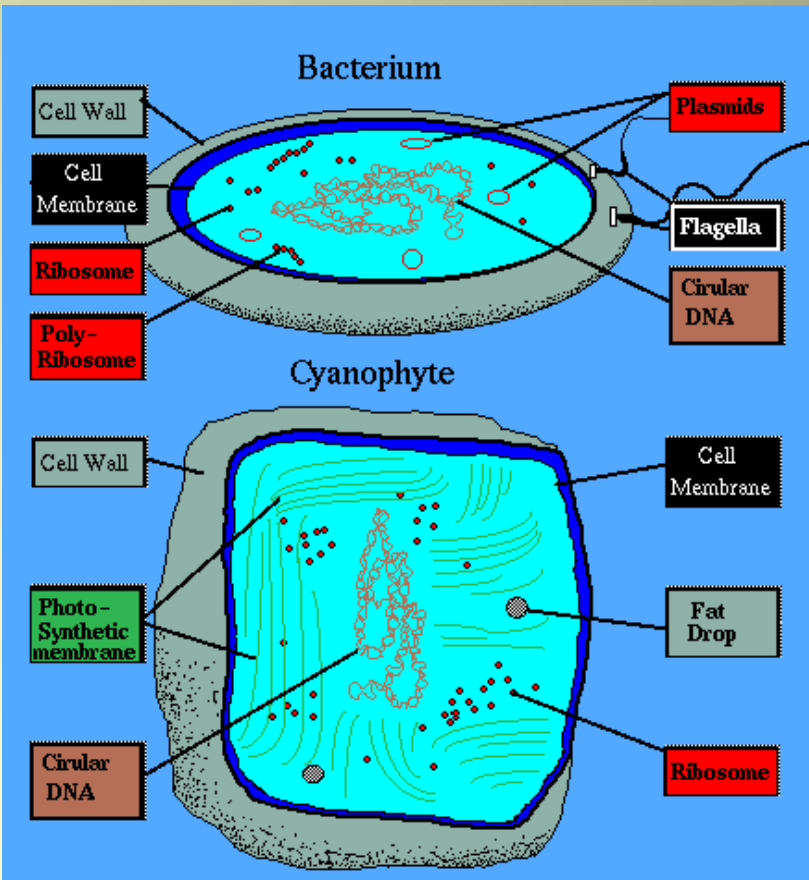
získání a spřažení
PS II (purpurové
b.) - horizontální
genový přenos?



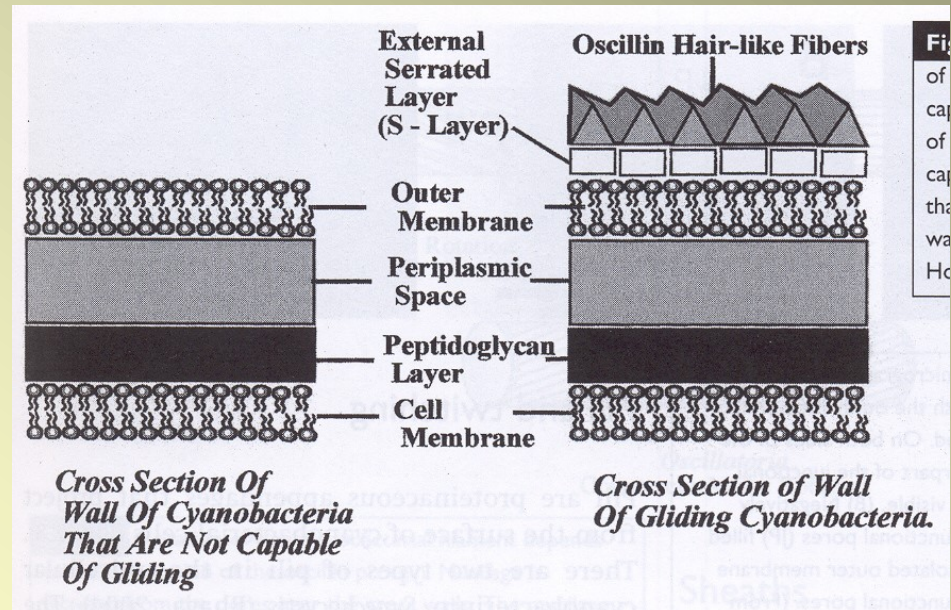
sulfurogenní fotosyntéza,
anaerobní prostředí



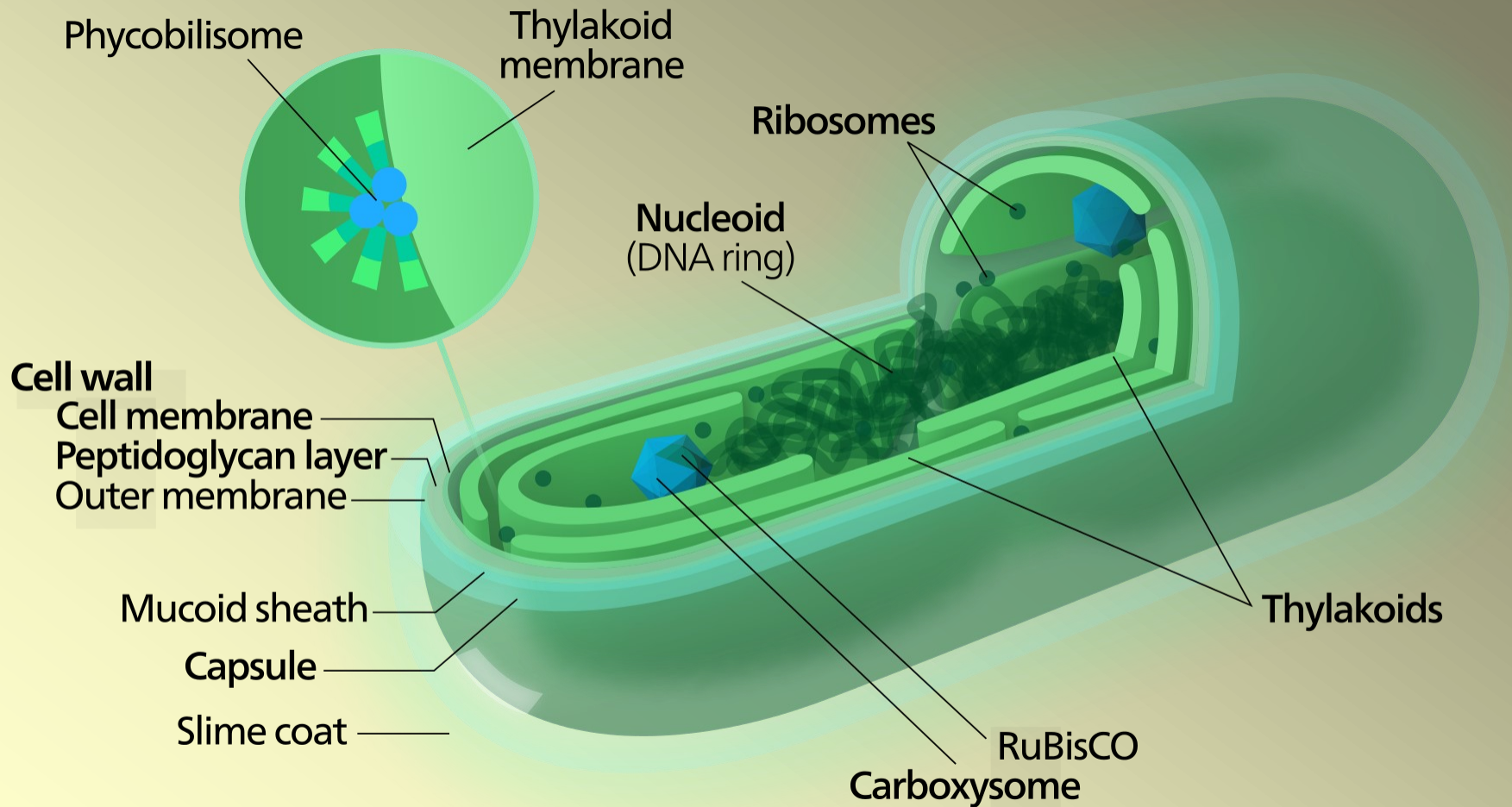
Cyanobacteria = G- bakterie



2 plasmatické membrány
peptidoglykanová vrstva BS –
penicilin brání syntéze BS



Sinice = G- bakterie



Fakultativní chemoautotrofové

mnoho druhů má schopnost fotosyntetizovat za aerobních i anaerobních podmínek

co je donorem elektronů?

aerobní podmínky donorem e^- $\Rightarrow$ voda (produkce O_2)

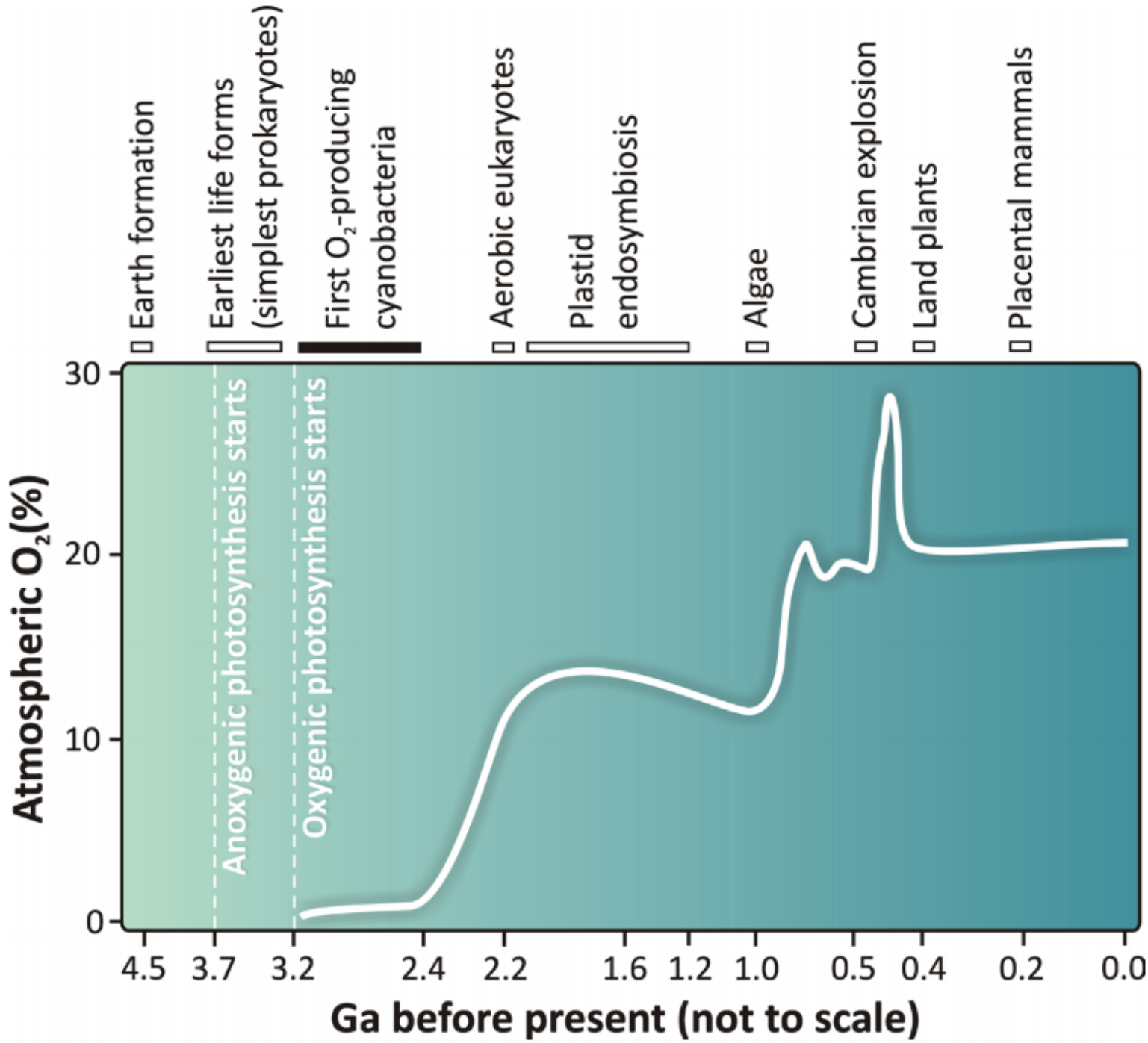


anaerobní podmínky donorem e^- $\Rightarrow$ sirovodík (nevzniká O_2)

pouze PS I

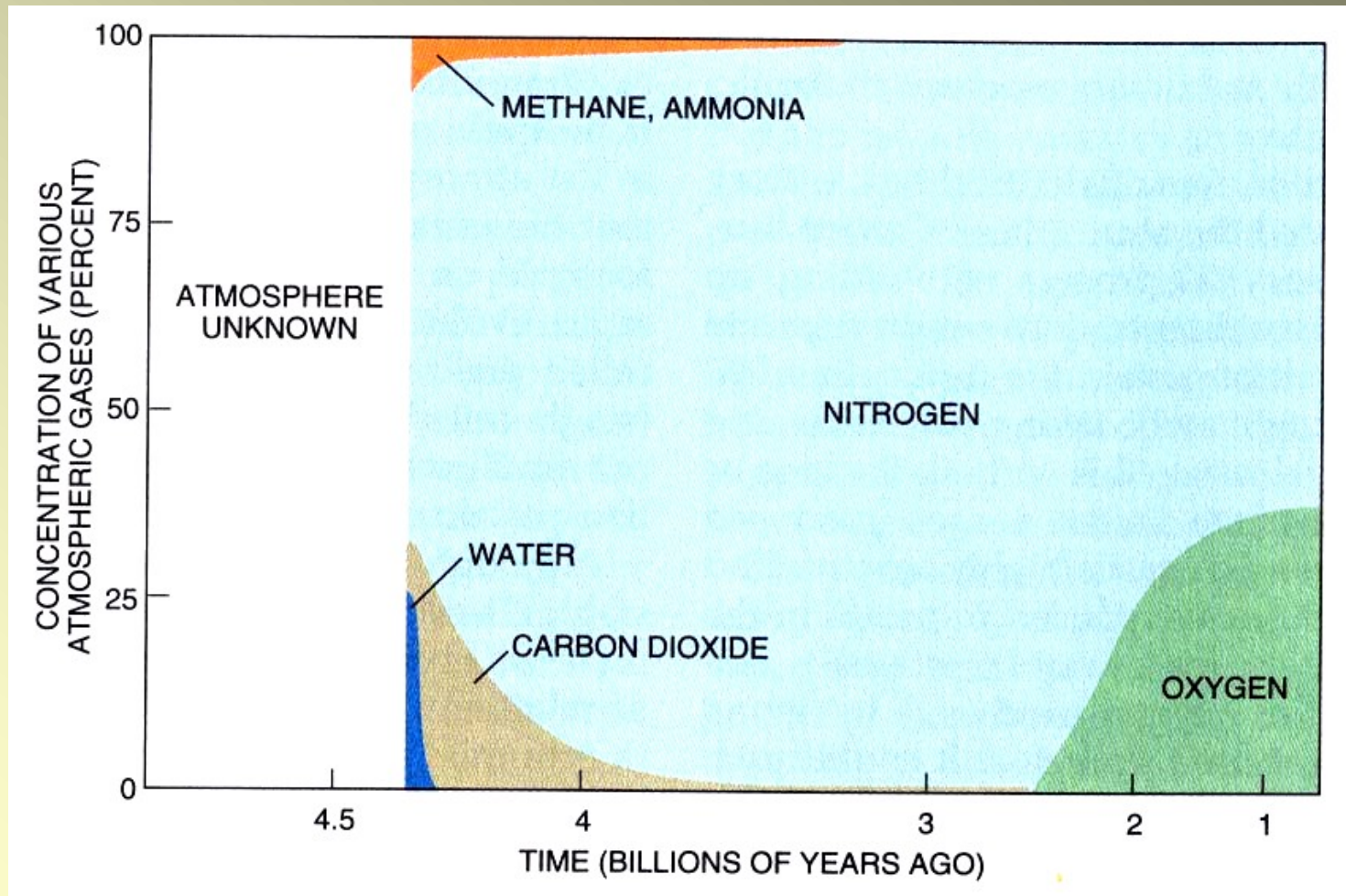


2,5 – 0,6 mld. let „Věk sinic“



GEO – great oxidation event: 2,45 – 2,32

Vývoj koncentrace plynů v atmosféře



GEO – great oxidation event: 2,45-2,32 mld
vývoj mnohobuněčnosti sinic, vyšší rychlost diversifikace

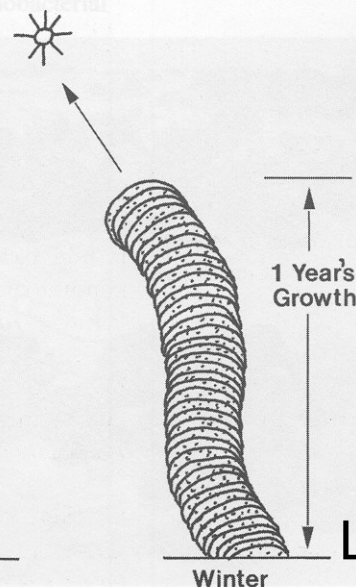
před 2,5 až 0,6 miliardami let - „věk sinic“

stromatolity



Bahamy

heliotropické –
rostou směrem
ke slunci



solární rok před 1 mld let – 435 dní

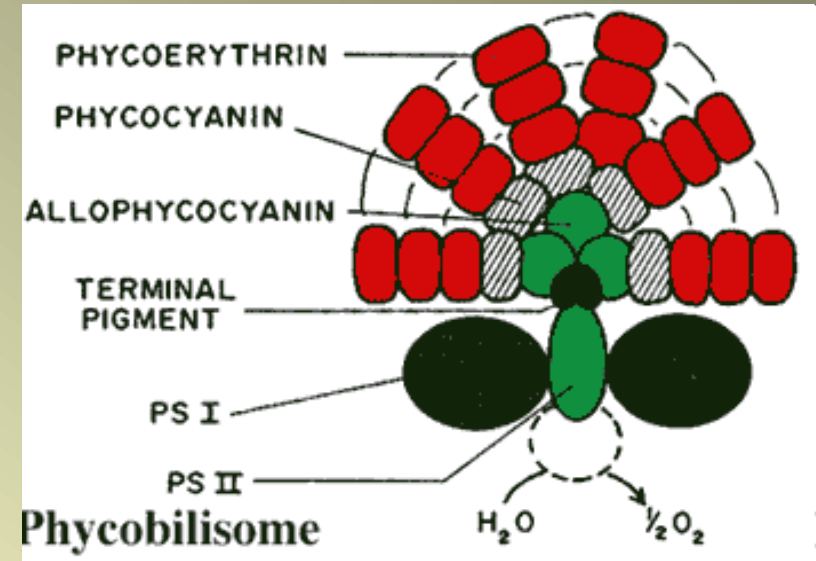
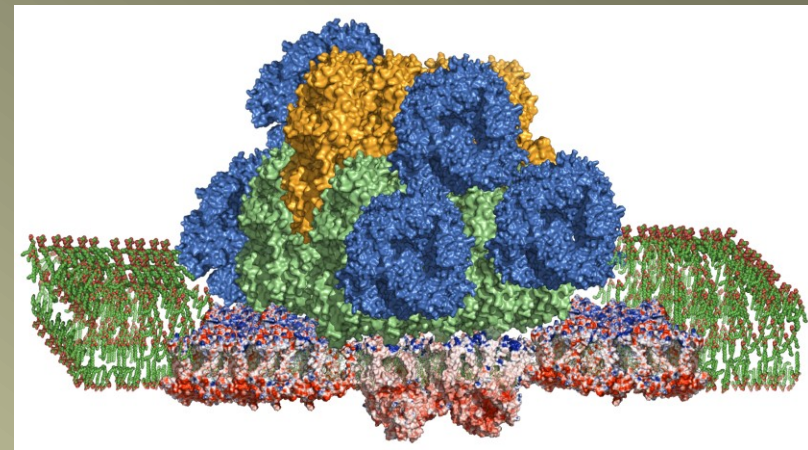
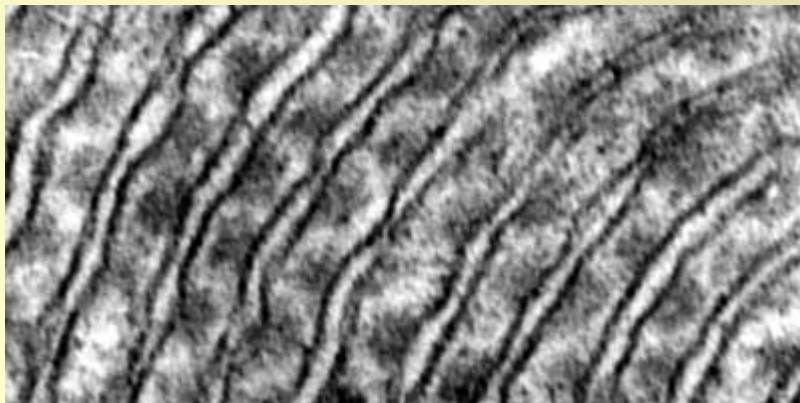
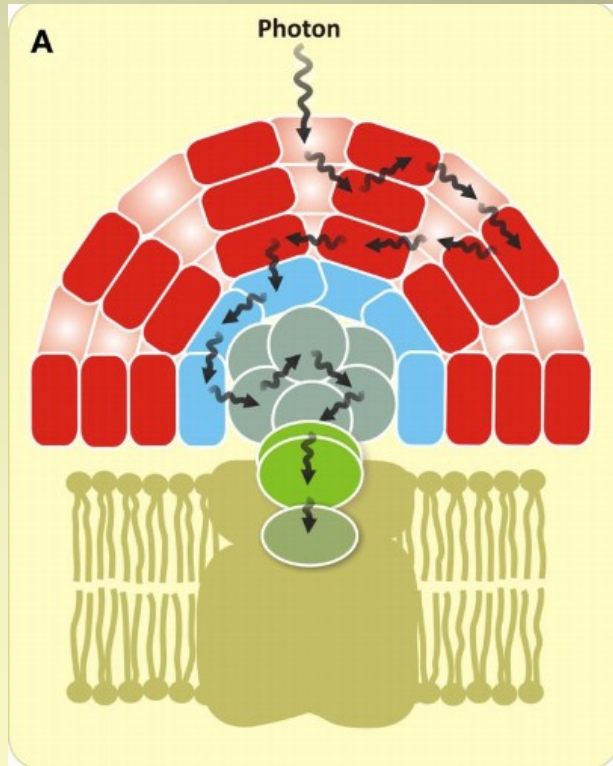
Sharks Bay (záp. Austrálie).



Li et al. 2012 chlorofyl f – nalezen ve
stromatolitech, absorbce téměř v infra-red

standardní stav (typ *Synechococcus*)

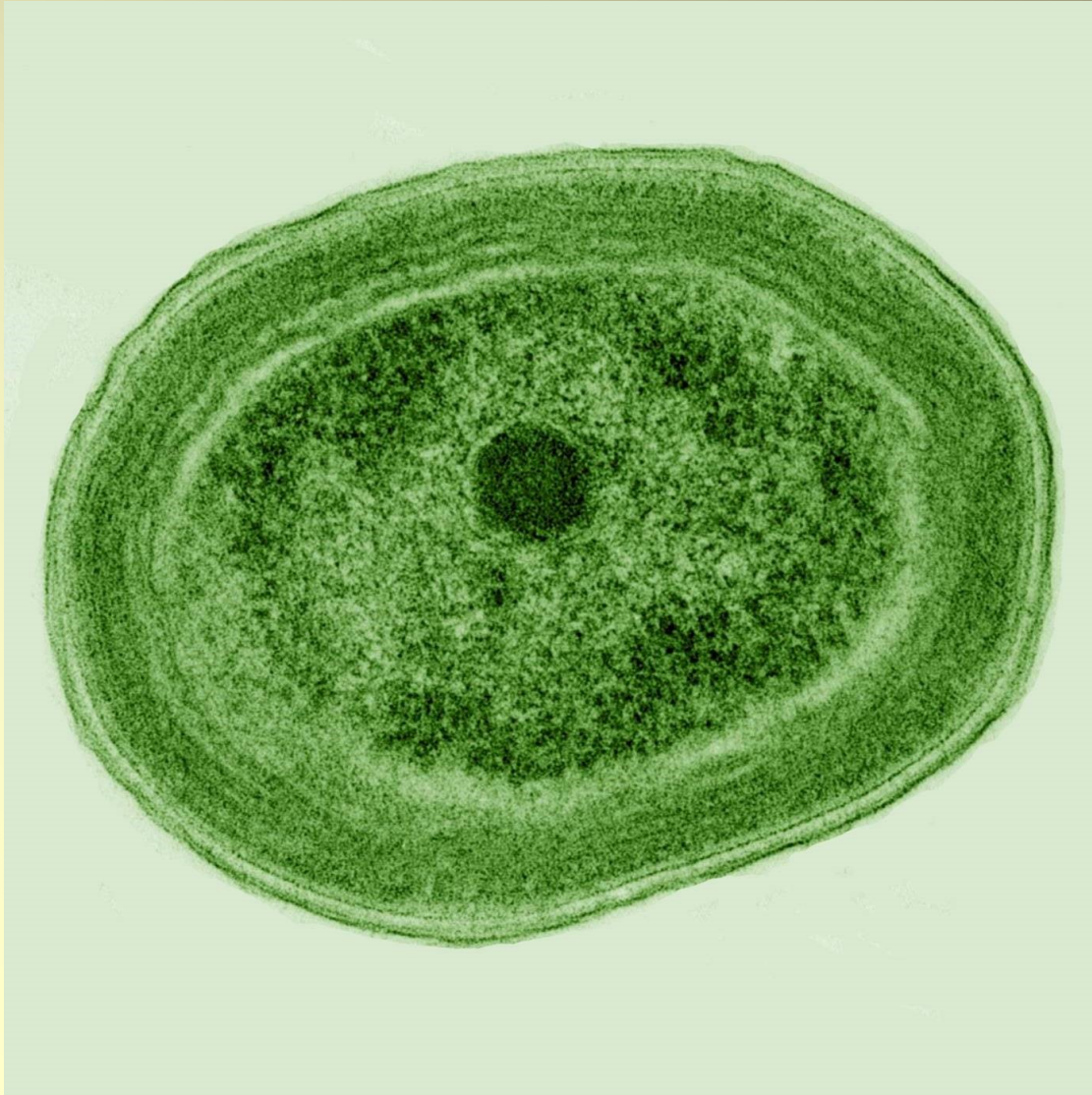
- thylakoidy, na nich fykobilisómy



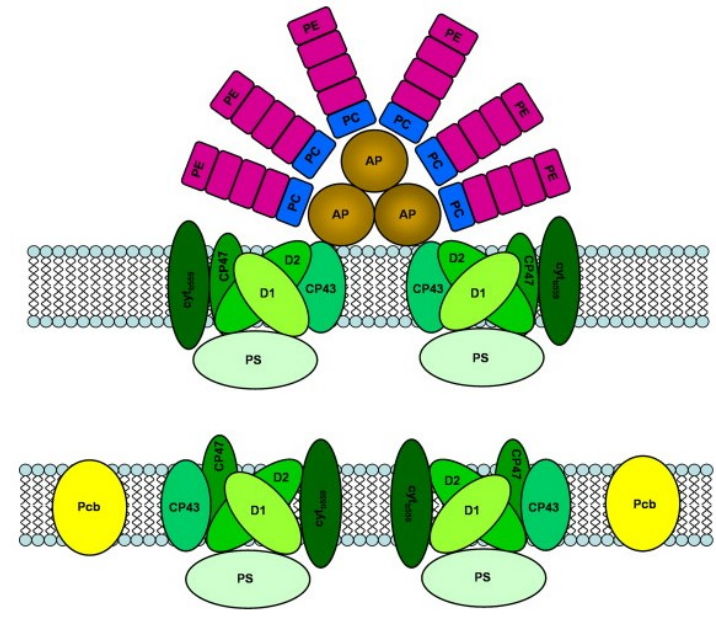
typ *Prochlorococcus*

(*Prochloron*, *Prochlorococcus*, *Prochlorothrix*, *Acaryochloris*)

- úplně bez fykobilisómů, s chlorofylem *b*



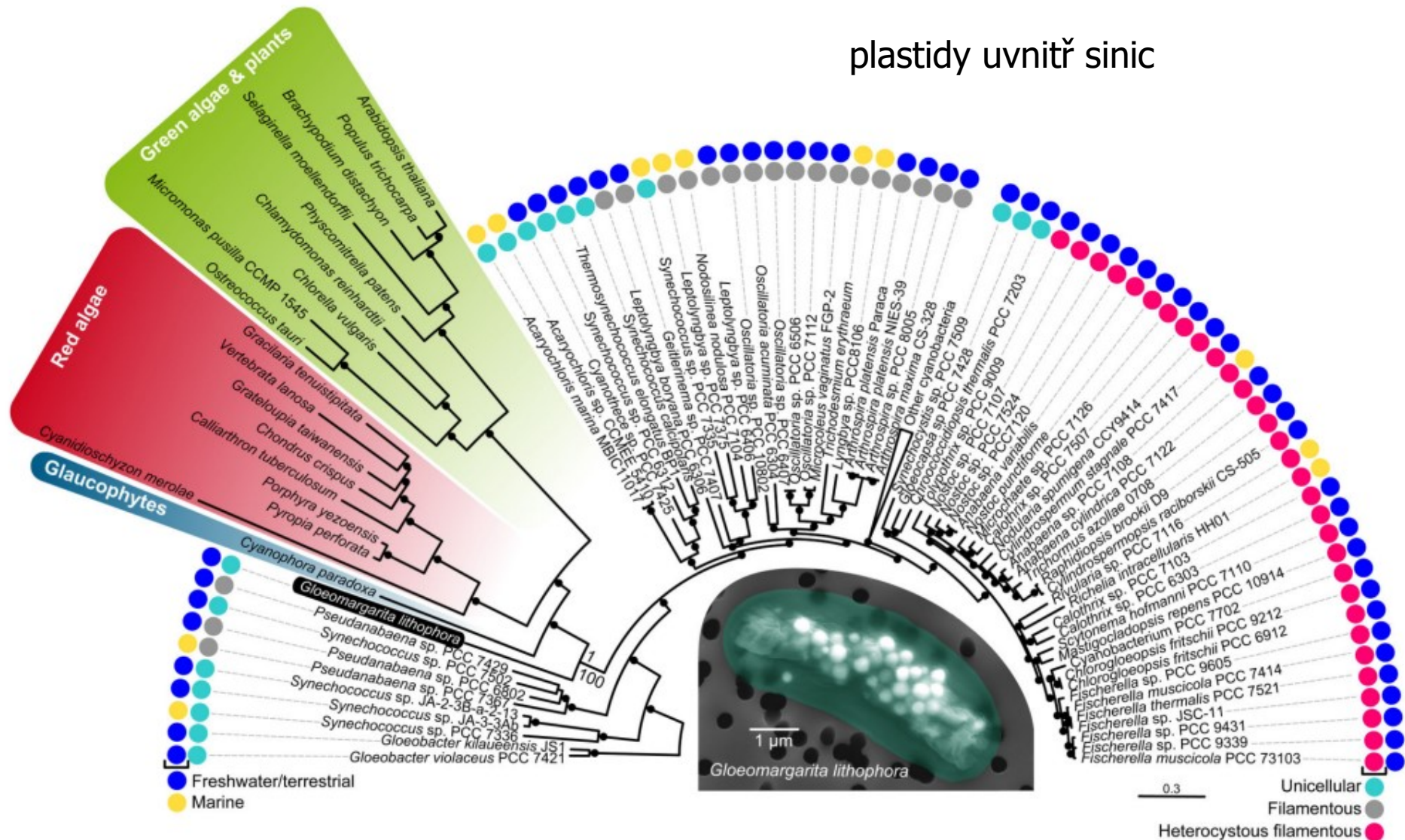
sinice s fykobilisomy



Prochlorococcus – protein vážící chlorofyl *b* (žlutě)

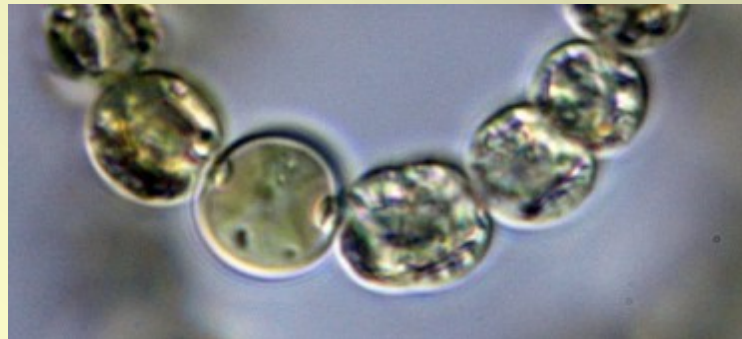
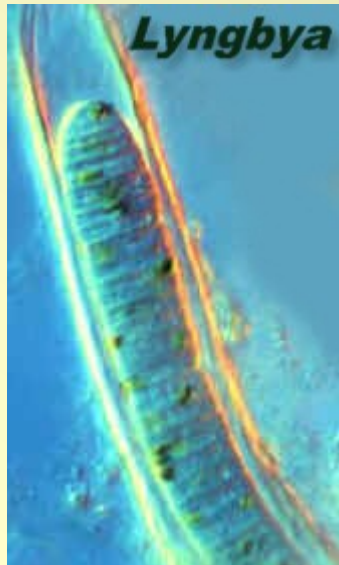
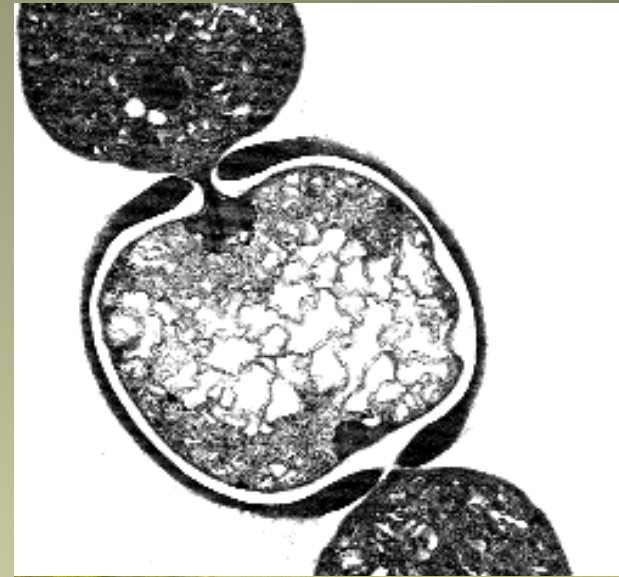
Gloeomargarita lithophora sinice, která je nejbližší příbuzný endosymbiotickým plastidům Archaeplastid.

plastidy uvnitř sinic



nitrogenační schopnost sinic

- dusičnany z molekulárního dusíku
- zdroj dostupného dusíku pro živé organismy
- v heterocytech, ale ne vždy... (!)



Fixace vzdušného N₂

fixace = přeměna atmosférického N₂ (N≡N) na využitelnou formu dusíku (amoniak: NH₄⁺)



N – limitující prvek v moři, nutný pro tvorbu aminokyselin

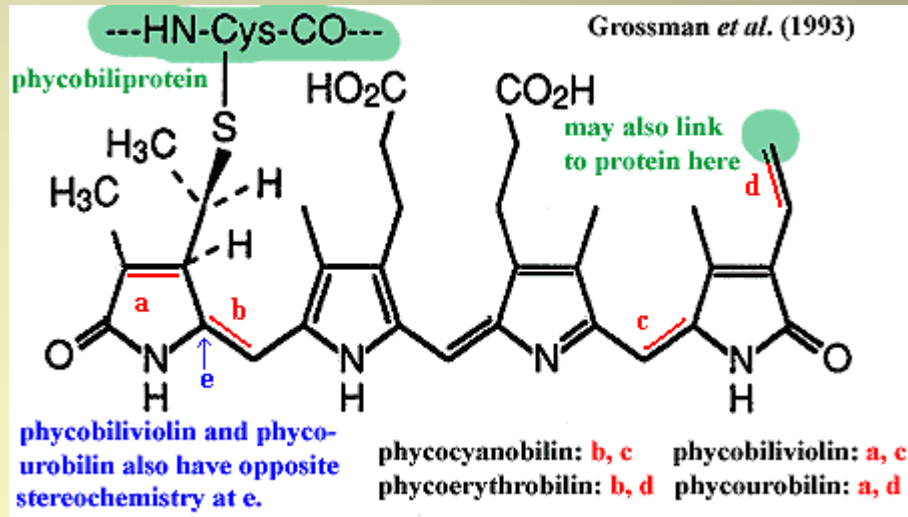
pouze sinice a bakterie mají schopnost fixovat N; sinice zároveň produkují O₂ → inaktivuje **nitrogenázu**

prostorová nebo časová separace obou aktivit

Energeticky nejnáročnější proces v biologii!!

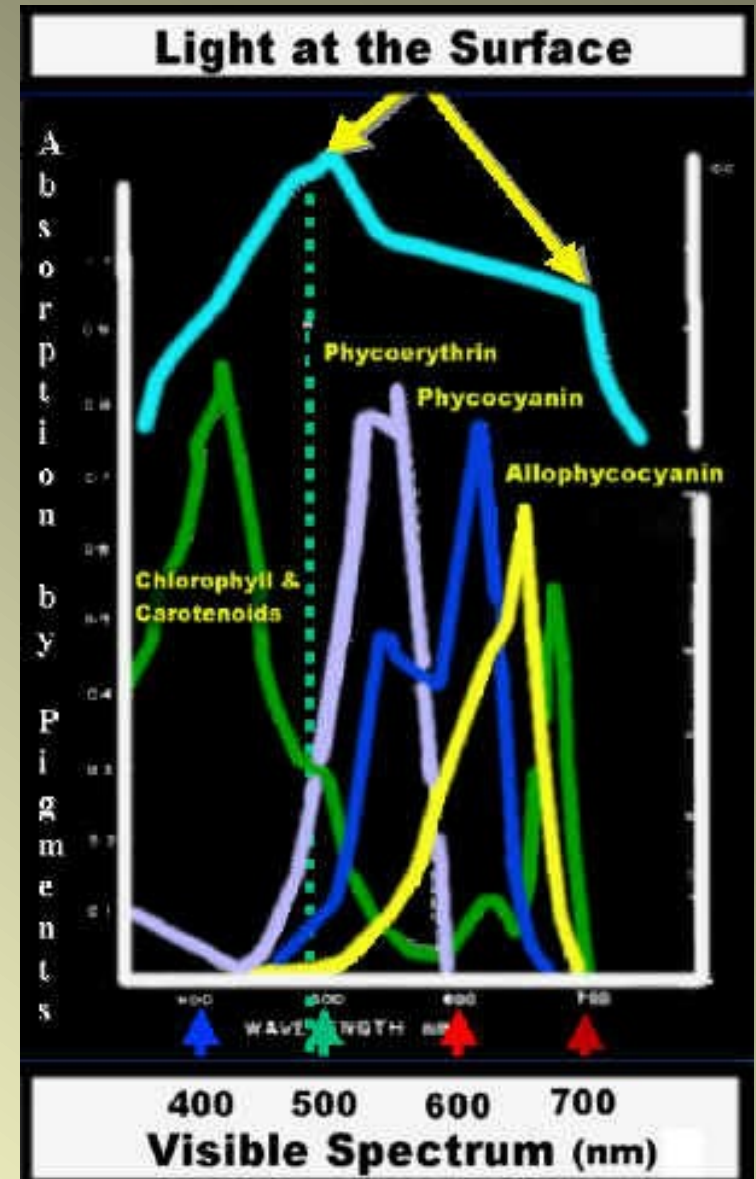
Pigmenty

chlorofyly, karotenoidy



fykobiliproteiny

fykobiliproteiny vyplňují „mezeru“ v absorbním spektru chlorofylů a karotenoidů

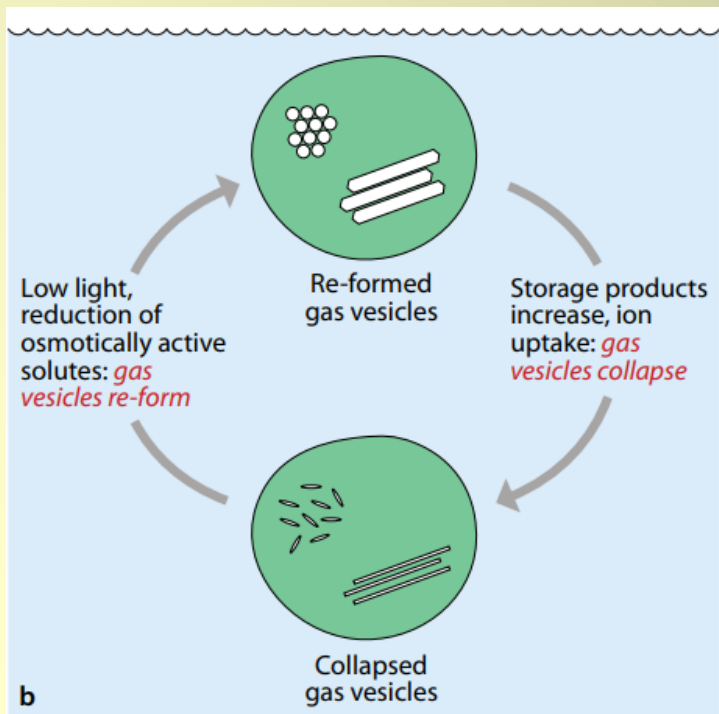


Aerotopy (plynové vezikuly)

válcovité struktury tvaru mnohostěnu, z glykoproteinů (propustné pro plyny ne pro vodu), na příčném průřezu „včelí plást“

- hodně světla? zvýšení PS → akumulace polysacharidů → stoupá turgor → kolaps vezikulů → klesá ke dnu
- málo světla? pokles PS → metabolismus polysacharidů → klesá turgor → tvorba vezikulů → vznáší se vzhůru

Microcystis



20 μm .



Odpočívající stádia - akinety

vznikají spojením několika buněk, zásobárna živin,
přečkání nepříznivých podmínek v sedimentu

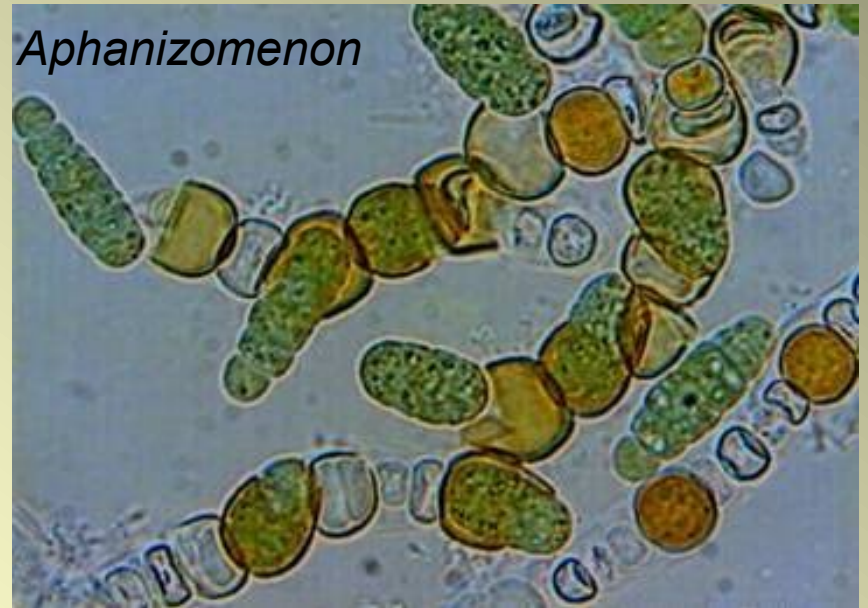
Anabaena



Anabaena - klíčení



Aphanizomenon



Kolik je vlastně druhů sinic?

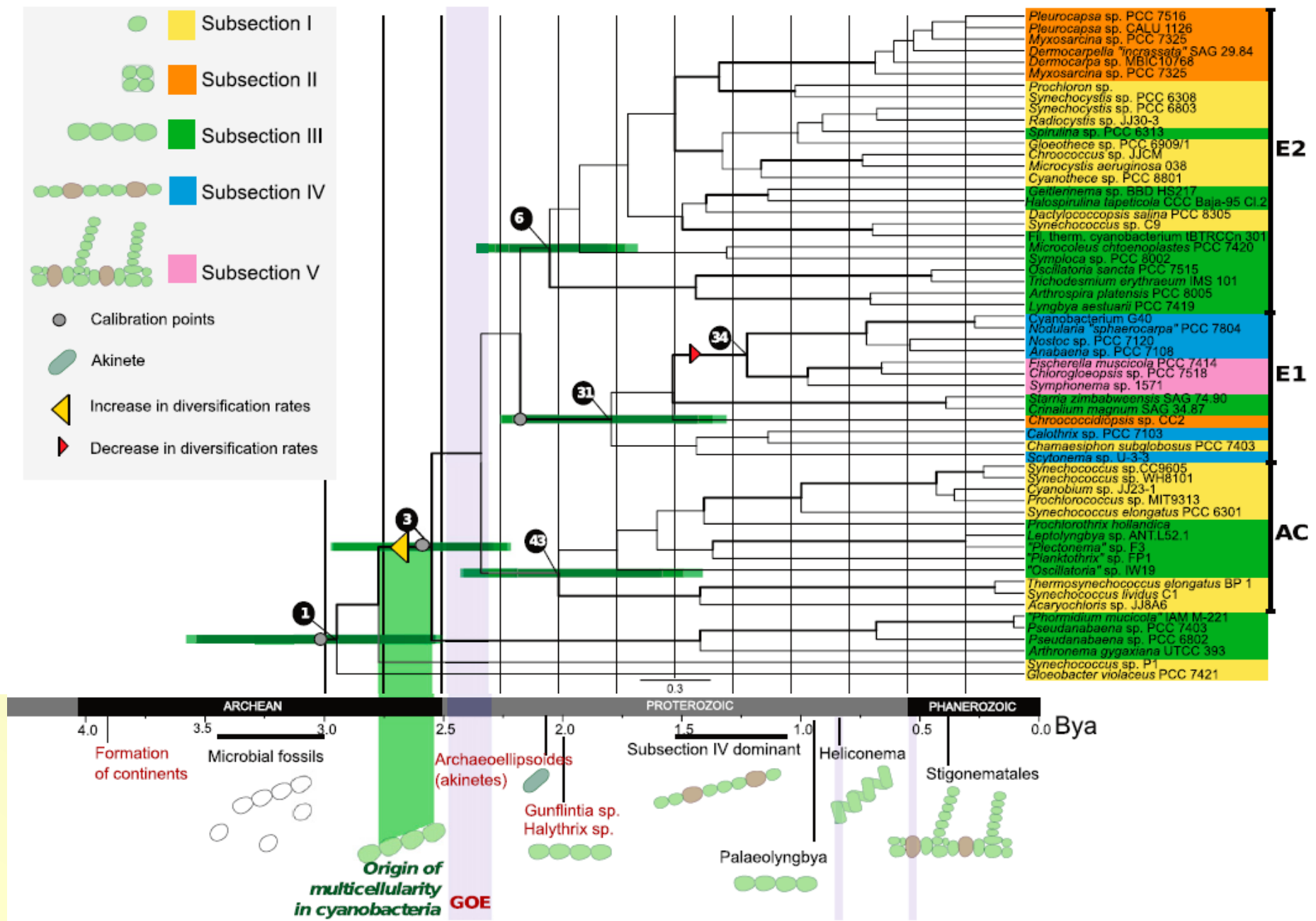
- van den Hoek et al. (1995): 2000 druhů ve 150 rodech
- Castenholz (1992): sinice žádné druhy nemají
- Komárek & Anagnostidis (1999): desetitisíce druhů

Proč se to tak liší?

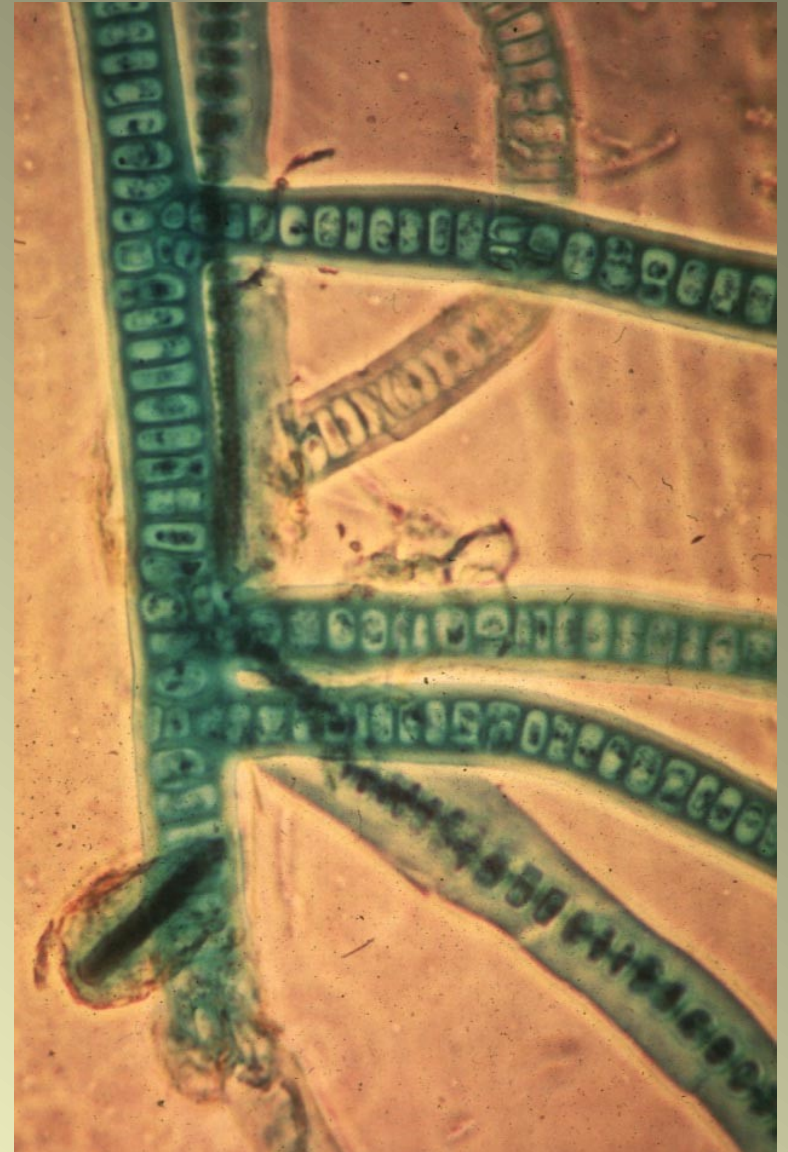
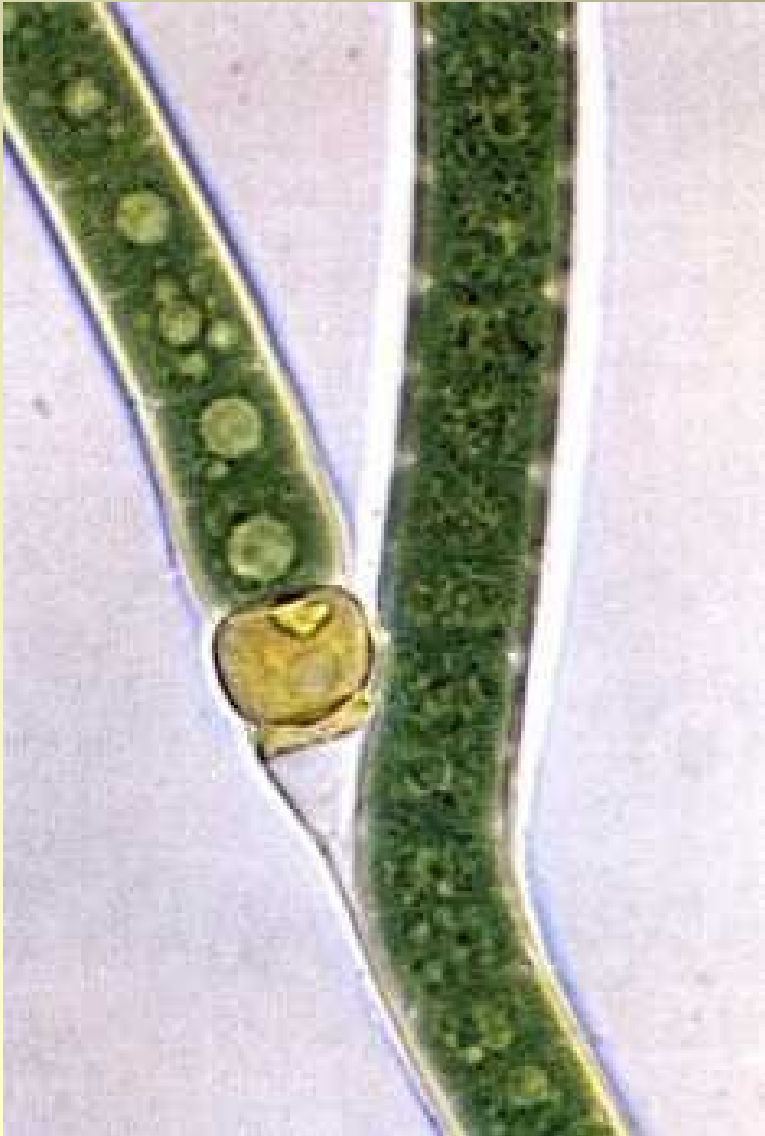
Problémy s pojetím prokaryotického druhu, problémy s fenoplasticitou (podle Bakteriologického kódu patří jedinci ke stejnému druhu pokud sdílejí 95~96% nukleotidů)

HGT- horizontální genový transfer

druh = co lze unikátně definovat vztahem k prostředí a ostatním druhům, případně na základě unikátní morfologie



nepravé větvení (incl. in skupina **IV**)

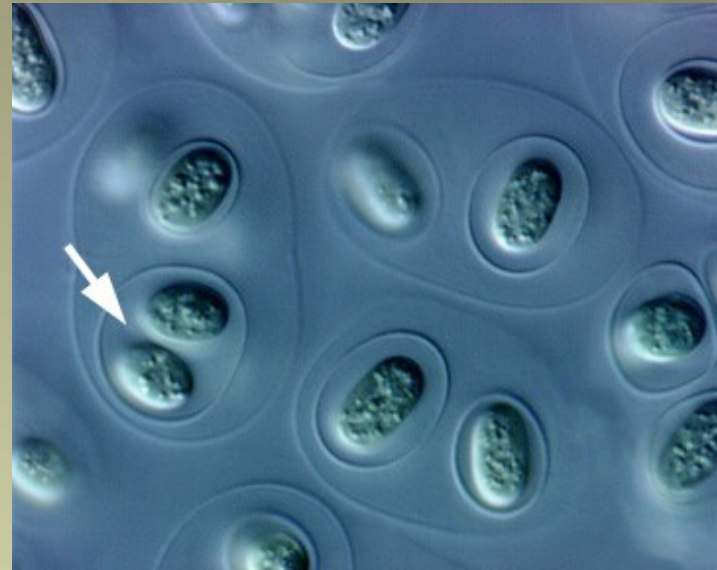


pravé větvení (skupina **V**)

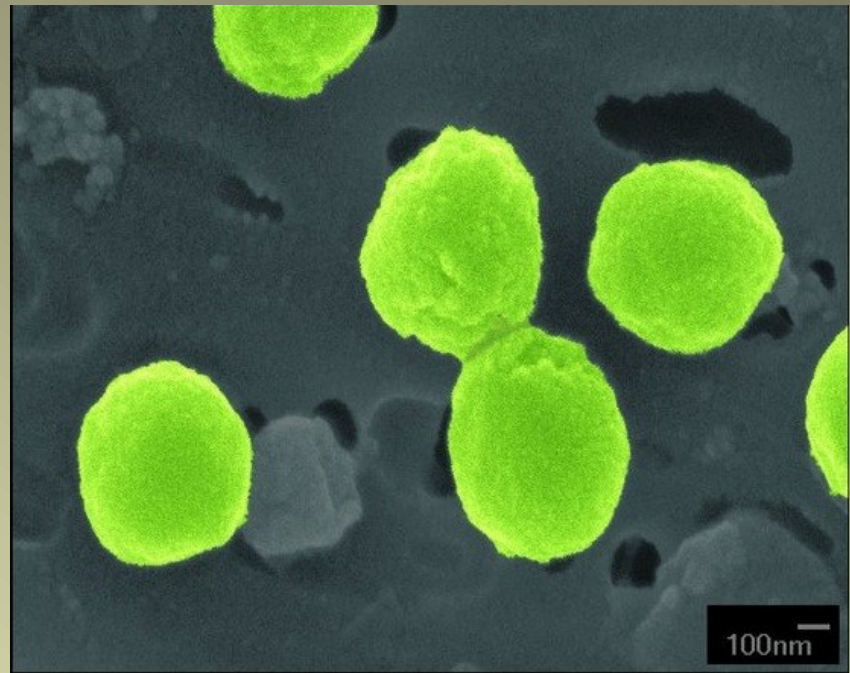
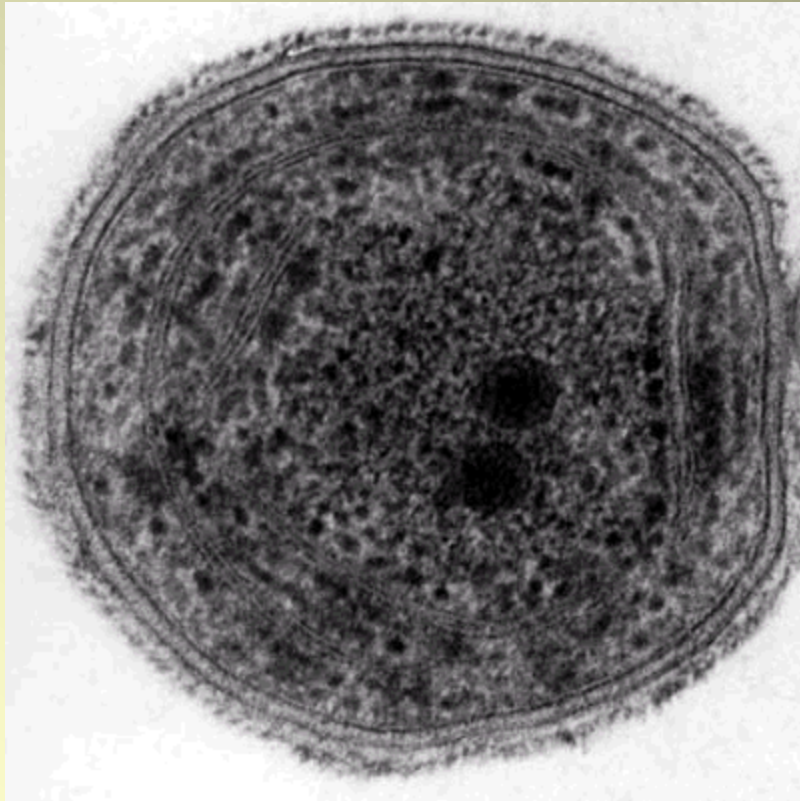
kokální sinice: Chroococcus



Gloeocapsa



Prochlorococcus



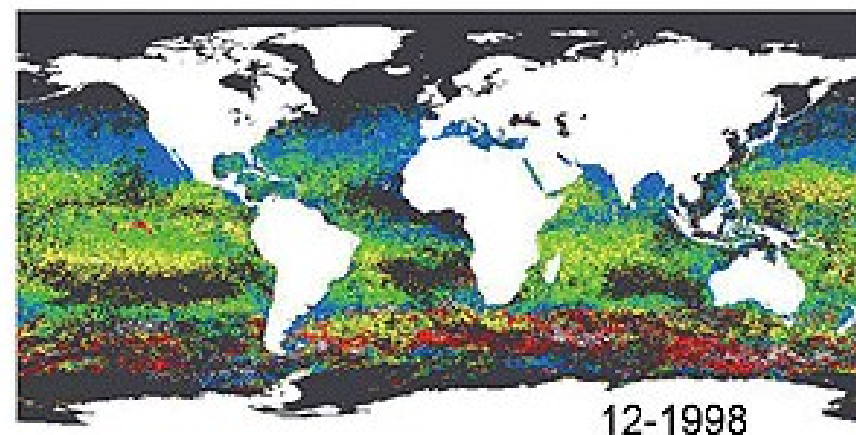
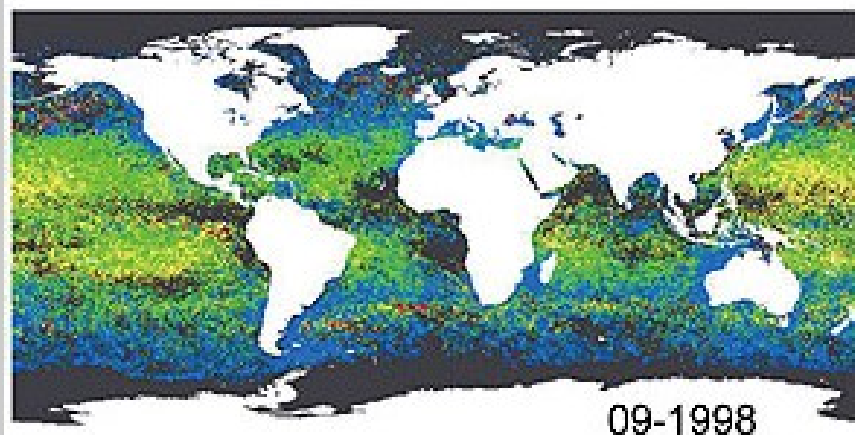
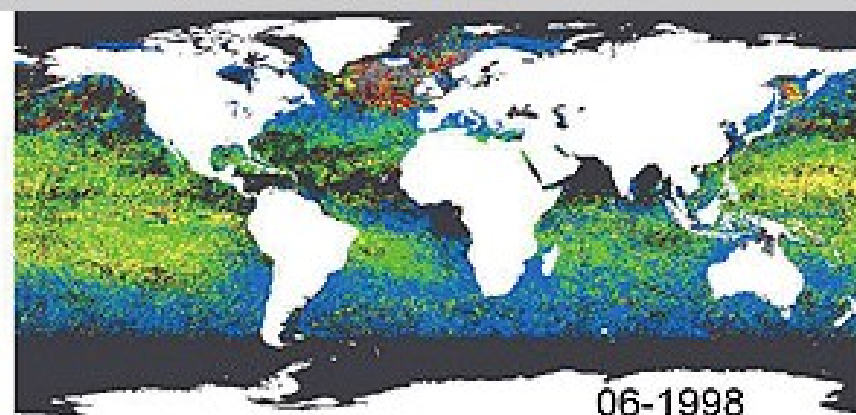
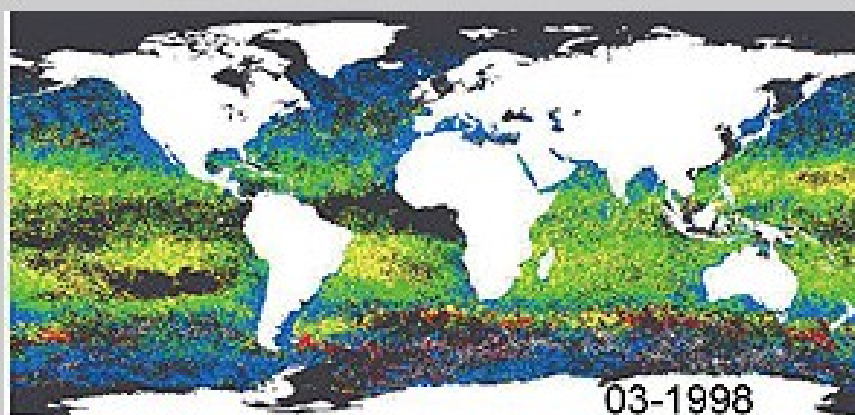
dominanta oceánického
fytoplanktonu, až 50%
primární produkce oceánů,
příklad pikoplanktonního
organismu



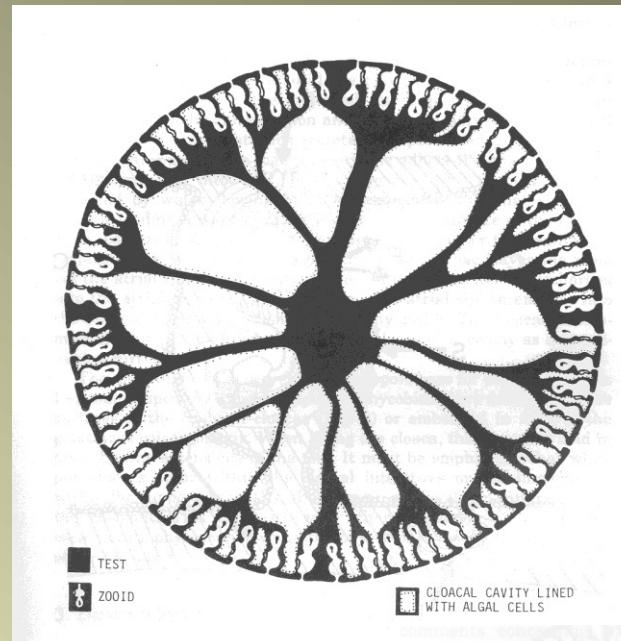
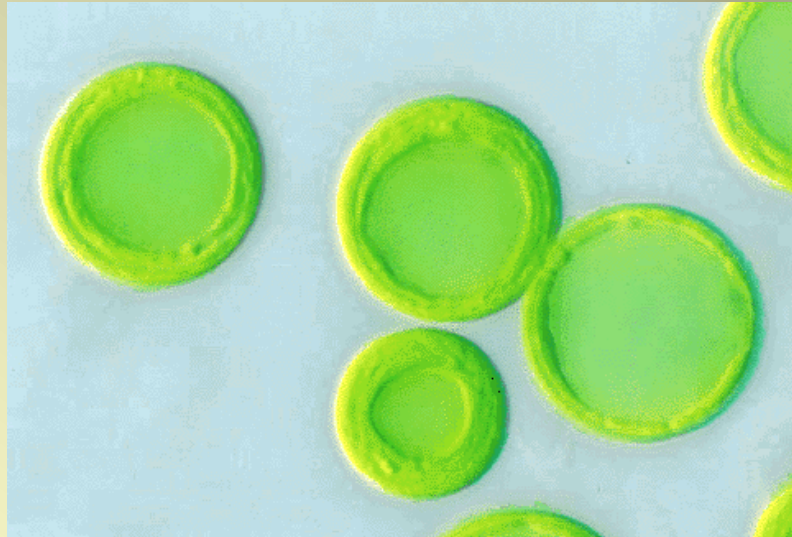
oceanický fytoplankton – „základní obrázek“

Figure 3 - Variations saisonnières des peuplements de phytoplancton (en bleu : haptophytes; en vert : Prochlorococcus; en jaune : Synechococcus; en rouge : diatomées). Les diatomées abondent au printemps aux hautes latitudes, où les haptophytes dominent le reste de l'année. Prochlorococcus et Synechococcus dominent en permanence dans les régions tropicales.

Prochlorococcus – zeleně, Haptofyta – modrá, rozsivky - červená, žlutá Synechococcus



Prochloron



symbioza se
sumkami
(Chordata,
Tunicata)

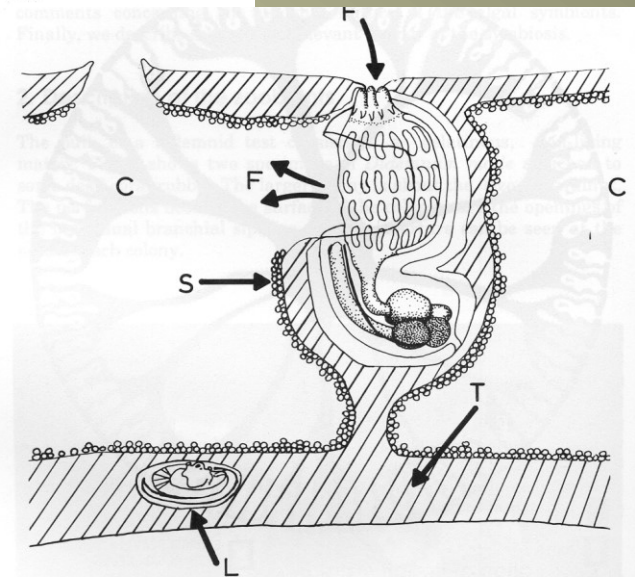
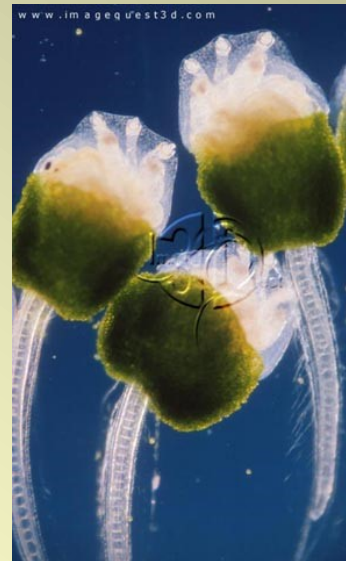


Fig. 3. Diagram of a single zooid showing its position within the test and relationship to the cloacal canals and symbiotic algae. F, direction of water flow; C, common cloacae; S, algal symbionts; T, test matrix; L, larva. (From Kott 1982).

obligátní symbiont, nelze ho kultivovat

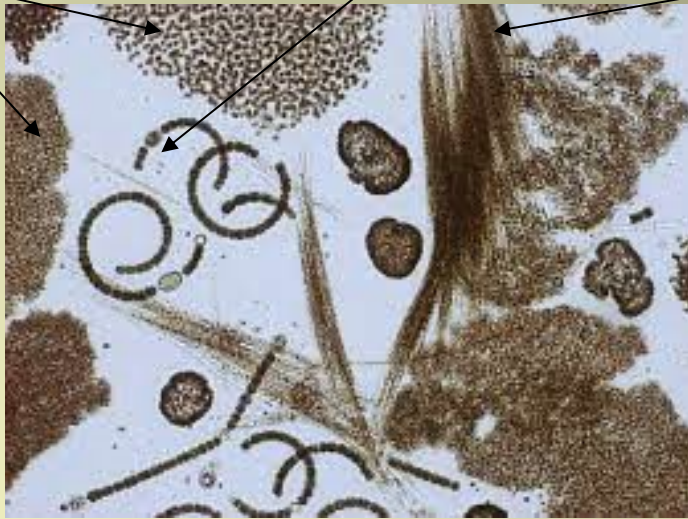
Prochloron + Didemnum (Chordata, Tunicata)



sinicové vodní květy (water blooms)

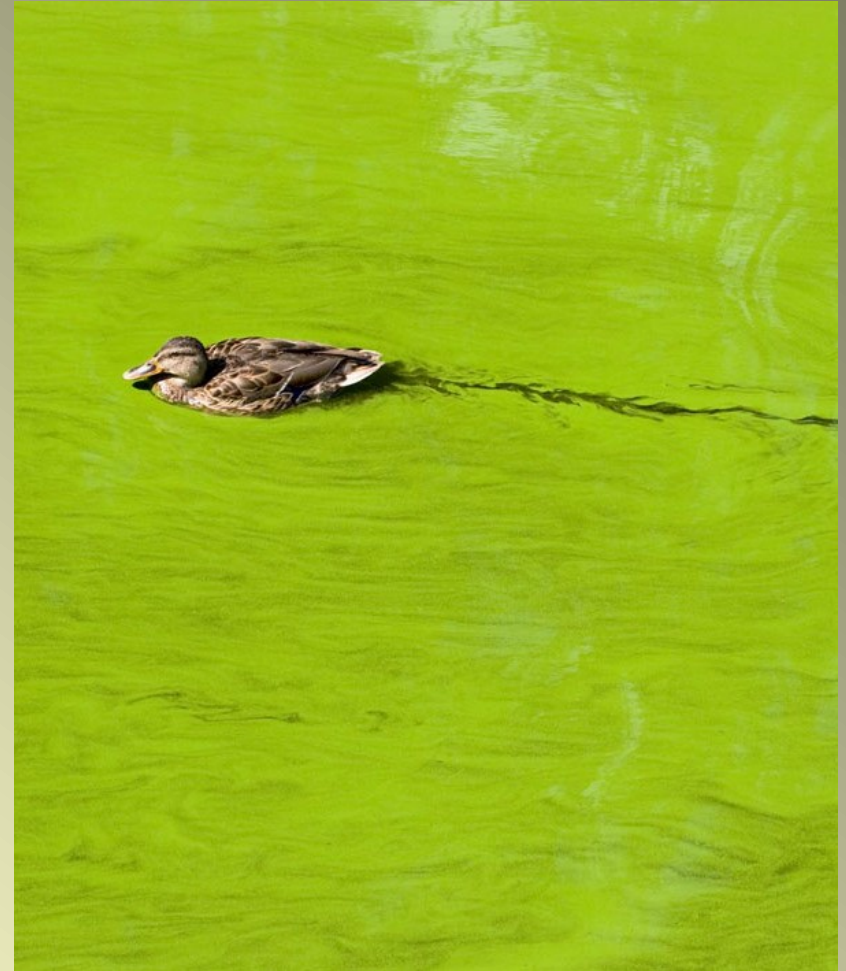
hlavně rody:

***Microcystis*, *Dolichospermum* (*Anabaena*), *Aphanizomenon*,**



anatoxiny, saxitoxiny – alkaloidní neurotoxiny
cylindrospermopsiny – alkaloidní hepatotoxiny
microcystiny – peptidické hepatotoxiny

limit WHO pro koncentrace microcystinů v pitné
vodě – max. $1,0 \mu\text{m.L}^{-1}$
ČR – vyhl. 252/2004 MZd

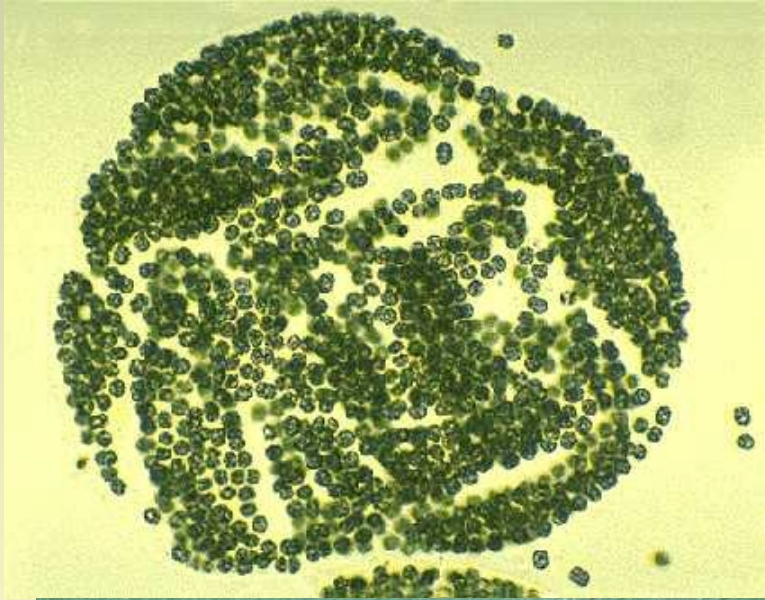


technologické prostředky „boje“ s v.k.:
bagrování sedimentů, použití algicidů,
umělé provzdušňování, srážení hlinitými solemi (PAX-18)

další info: www.sinice.cz (BÚ AV ČR)

- příčiny vzniku, ekologická dynamika,
- environmentální význam, cyanotoxiny

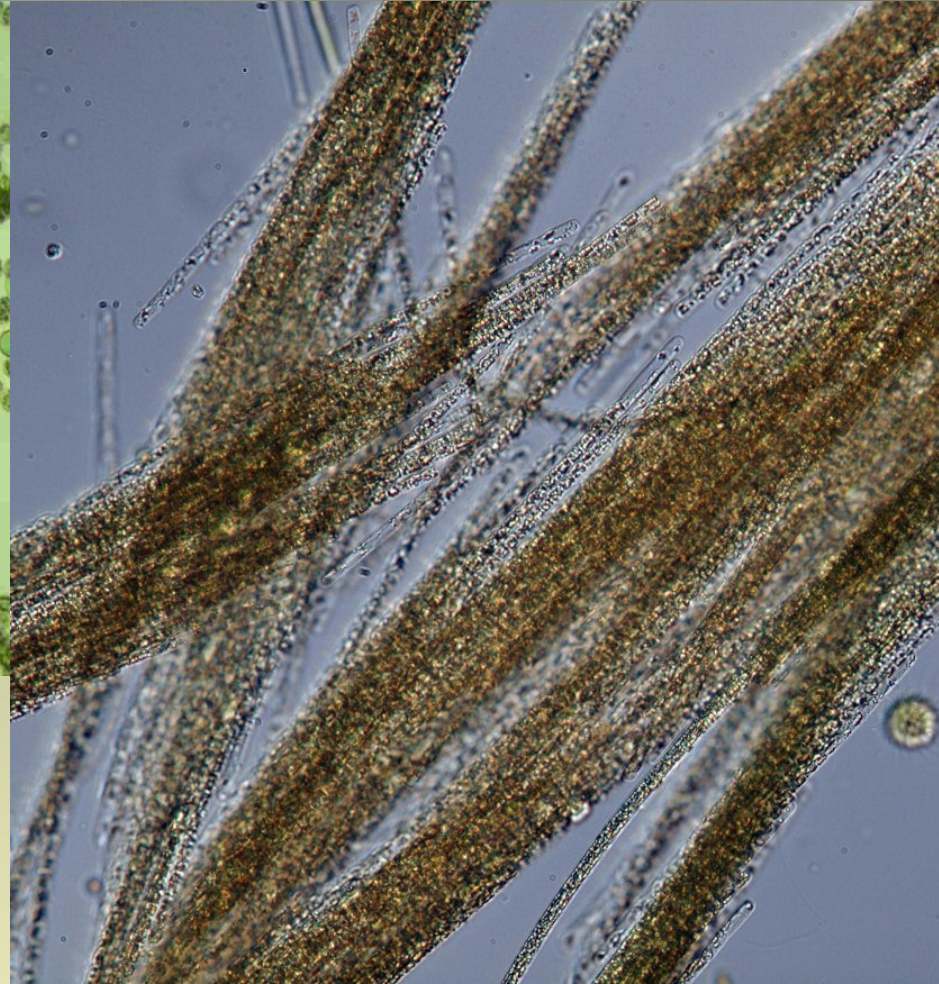
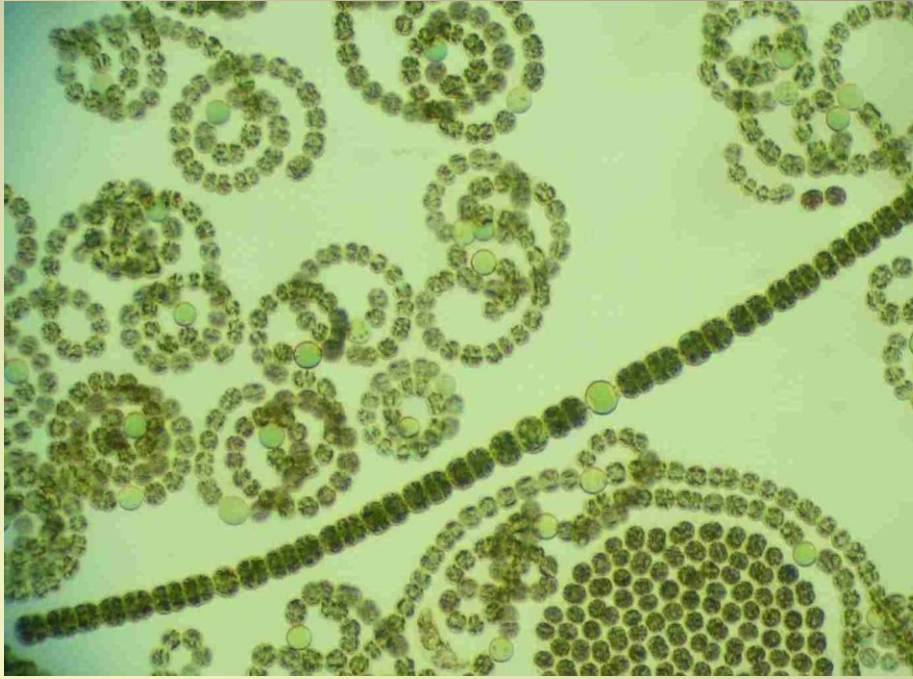
Microcystis



Orlík

součást vodních květů, producent cyanotoxinů, alergen

Dolichospermum, Aphanizomenon



(Cylindrospermopsis) Raphidiopsis raciborskii



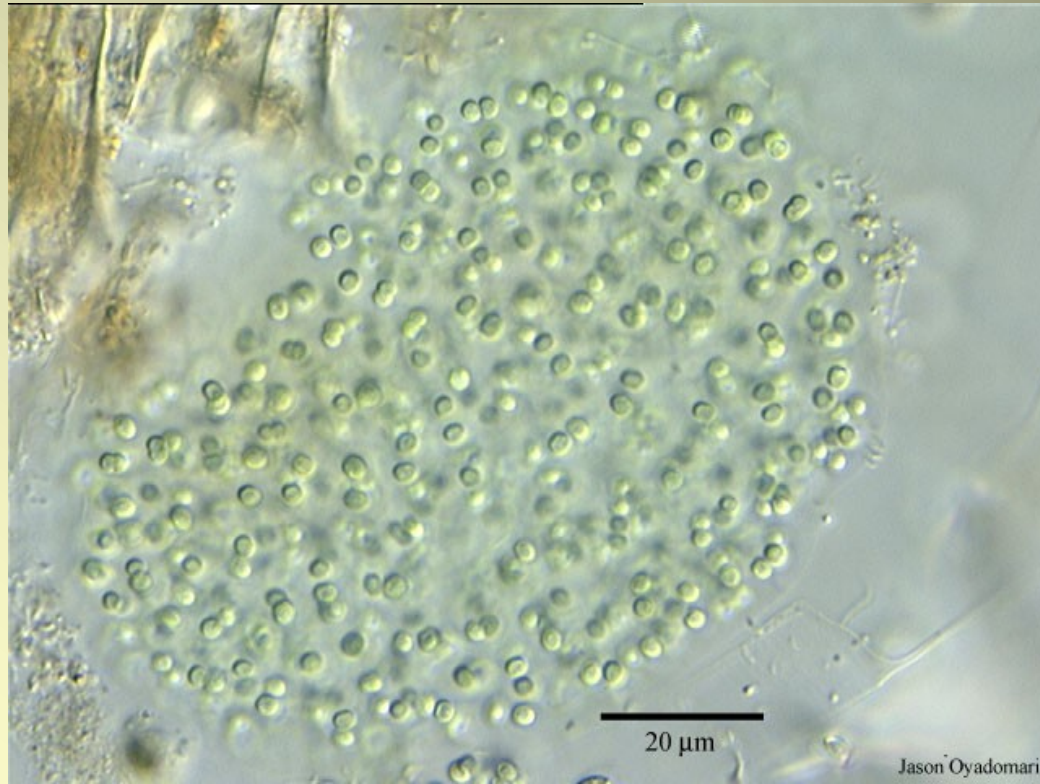
v.k. *R. raciborski* v severní Argentíně



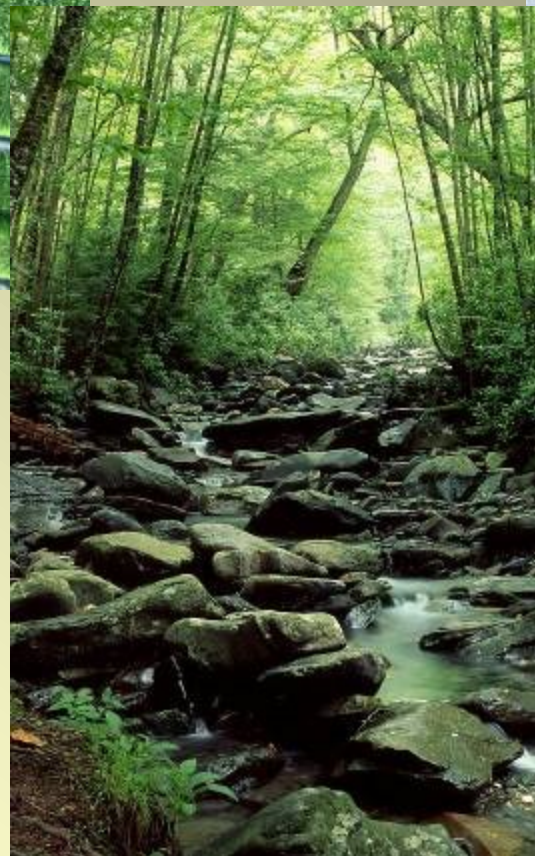
lake Erie Michigan USA

teplomilný toxický druh šířící se v posledních 20 letech do Evropy
obsahuje hepatotoxický cylindrospermopsin

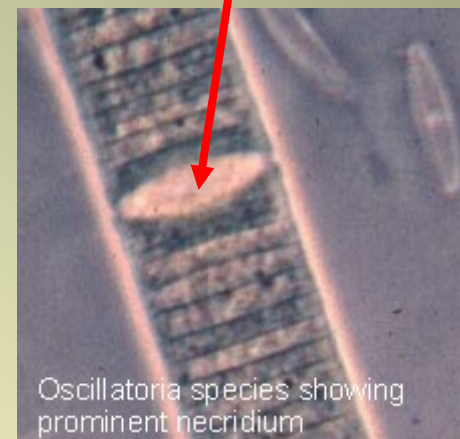
Aphanocapsa



Oscillatoria, Phormidium



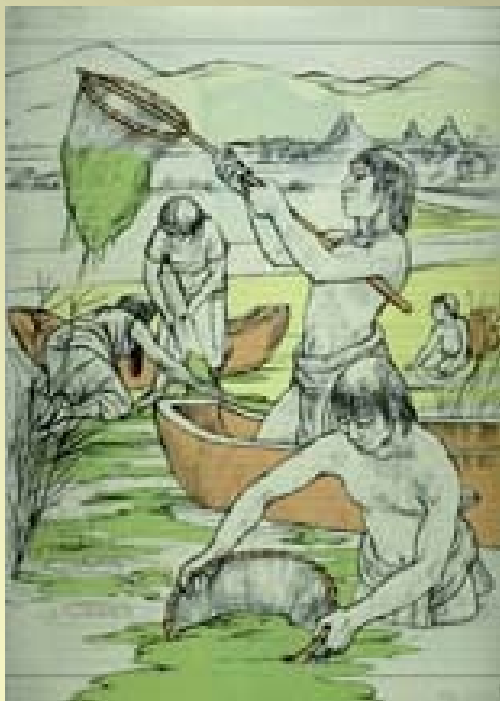
nekroidní buňka



hormogonie

geosminy – chuť pitné vody po blátě

Limnospira (dříve Spirulina, Arthrospira)



Aztekové sbírali
spirulinu na
hladině jezer
Valley of Mexico

Drawing in Human
Nature, March 1978.

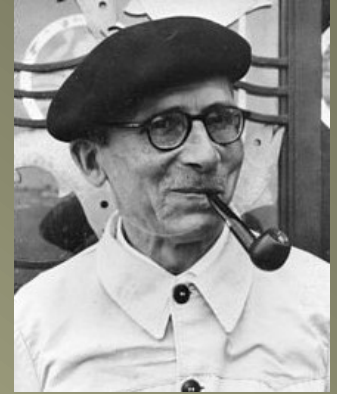
Ilustrace z
Florentínského
kodexu (1540 - 1585)
ukazující, jak
Aztékové sbírali
spirulinu (Limnospira)
z povrchu jezer
pomocí provazů



V roce 1500 španělští dobyvatelé dorazili to hl. města Aztéků
Tenochtitlánu, které bylo postaveno na ostrově na velkém jezeře
Texcocco



Koláče „dihe“ okolí jezera Čad



francouzský algolog Pierre Dangeard byl první kdo poznal spirulinu z koláčů „dihe,“ které vyráběli lidé z afrického kmene Kanembu ...



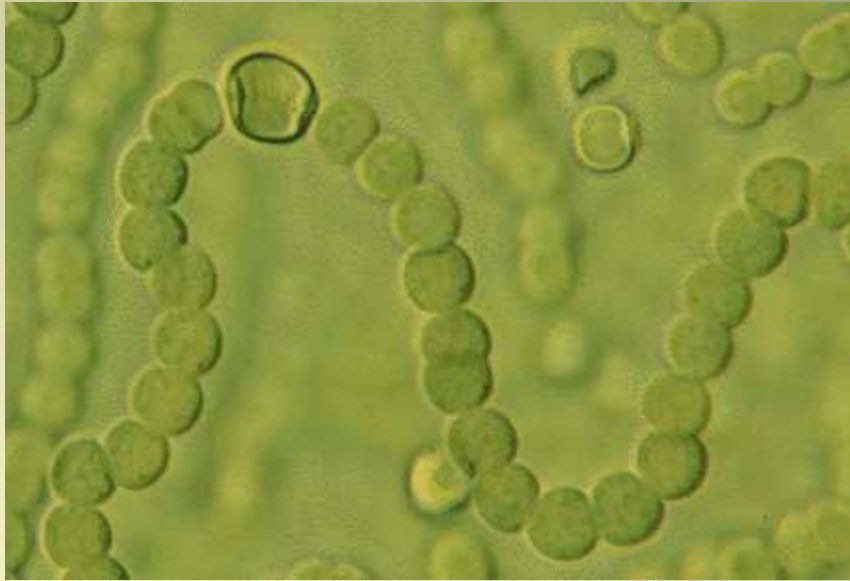


Indie

USA Hawai - Cyanotech



heterocytární sinice: *Nostoc*



sinice s heterocyty mají zásadní význam v symbiotických interakcích

Symbiotické interakce

- s houbami – lišejníky

Collema - Nostoc



Lobaria – cephalodium, Nostoc

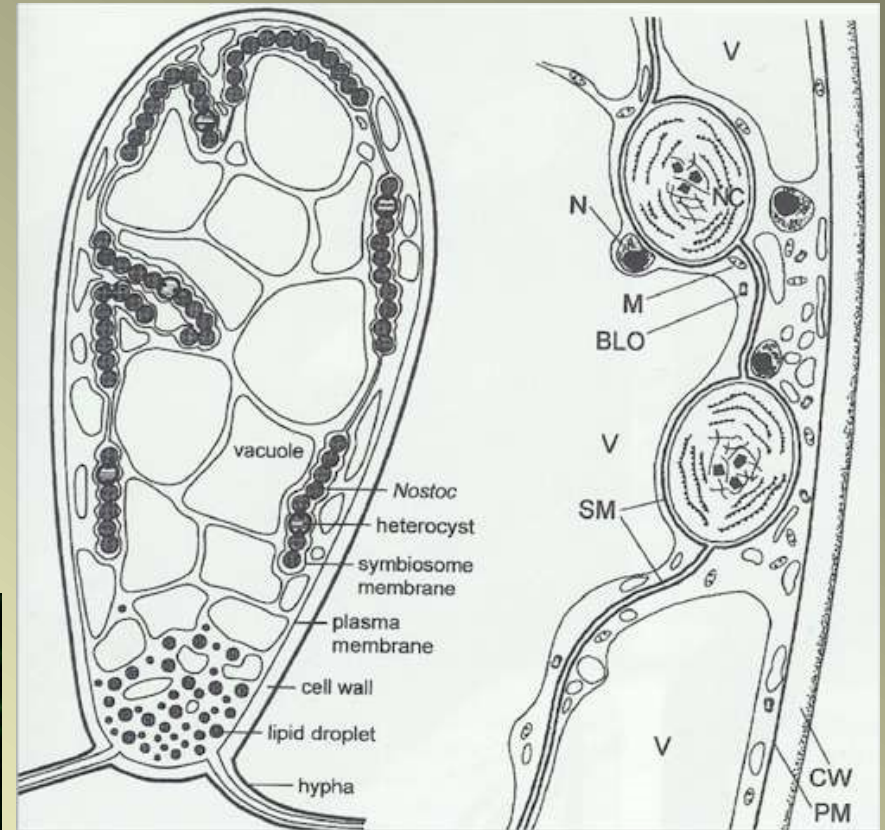
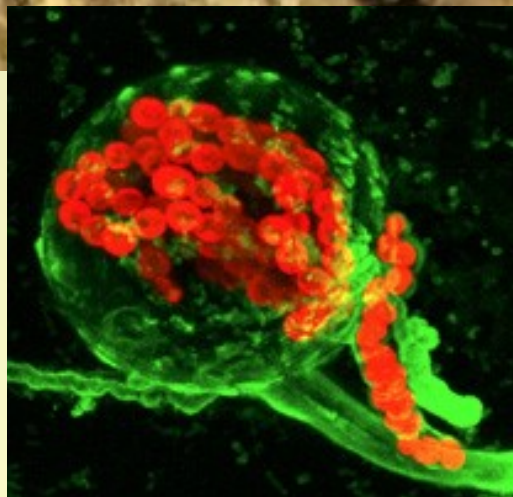


Peltula - Chroococcidiopsis

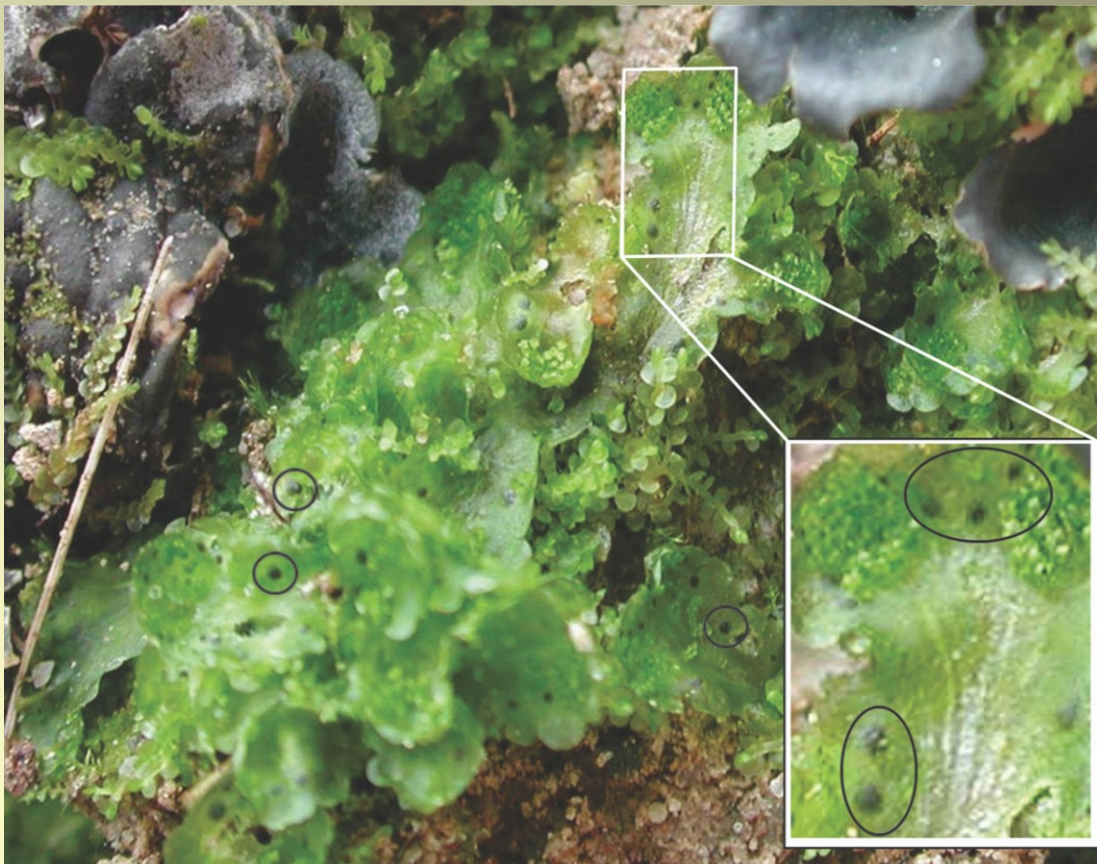


Symbiotické interakce

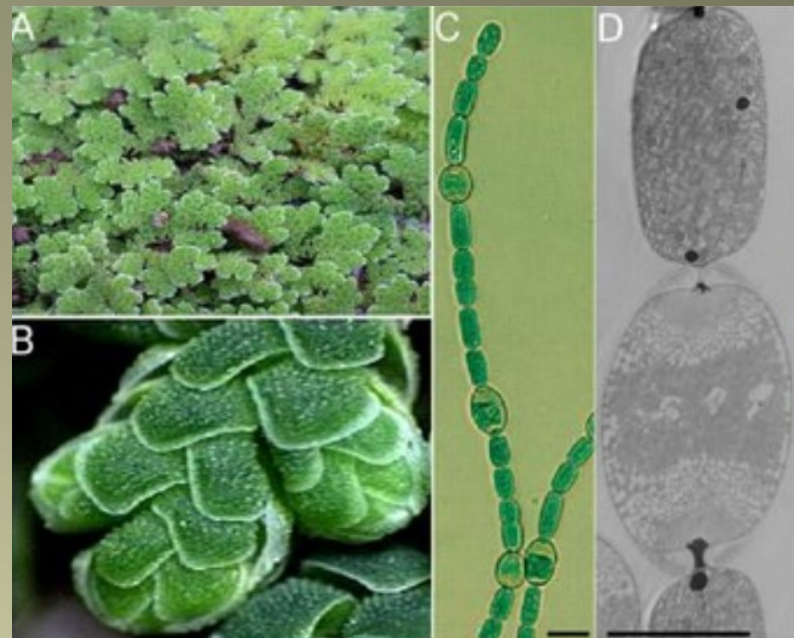
- s houbami – Geosiphon – vzácný, Glomeromycota



Další symbiotické interakce sinic



hlevíky - cephalodia

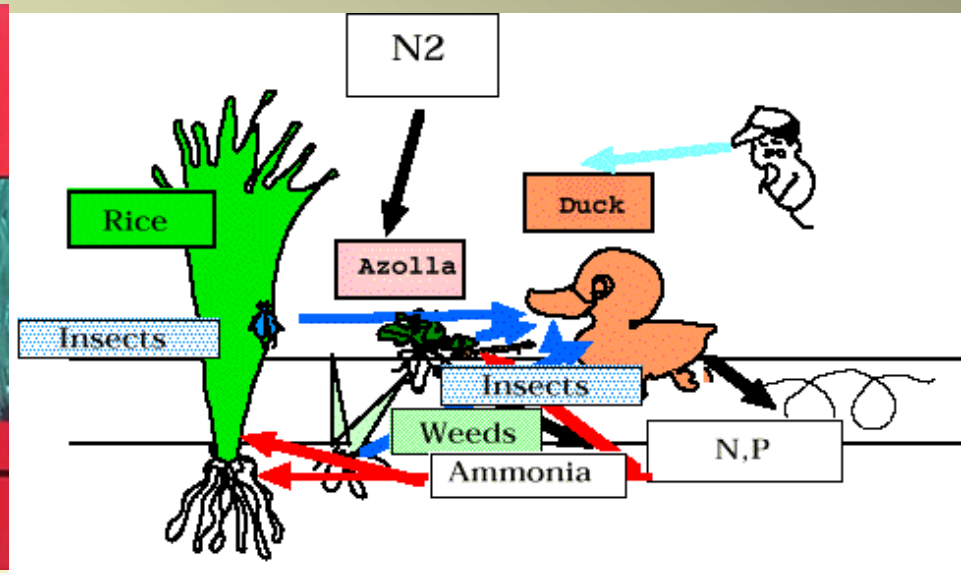
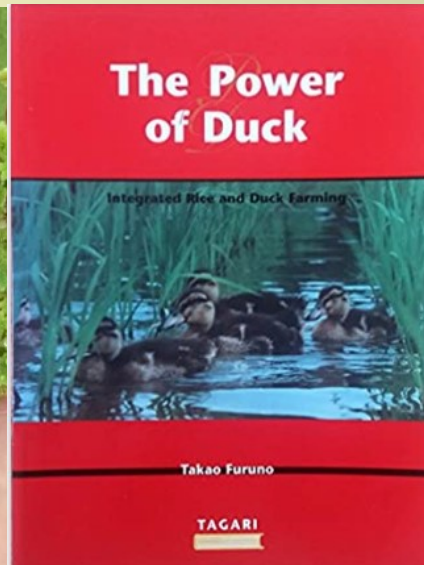


Azolla - kapradina



Cycas – korálkovité kořeny

Rýžová pole „hnojená“ kapradinou Azolla (nese symbiotickou sinici) – pěstování biorýže bez umělých hnojiv a pesticidů



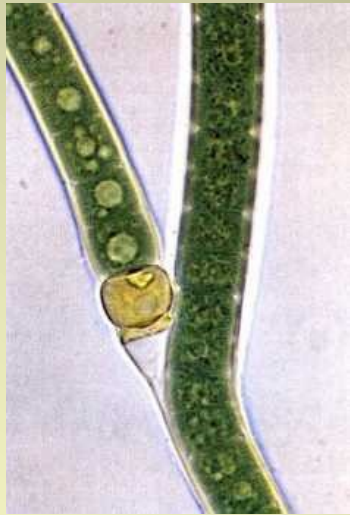
Azolla event



hypotetický scénář: střední
Miocén (před cca 49 mil.)
Azolla pokrývala celý Sev. ledový
oceán.

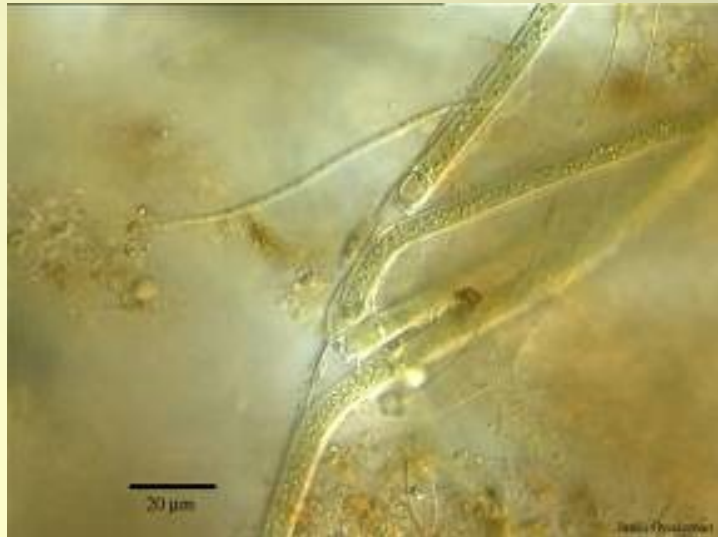
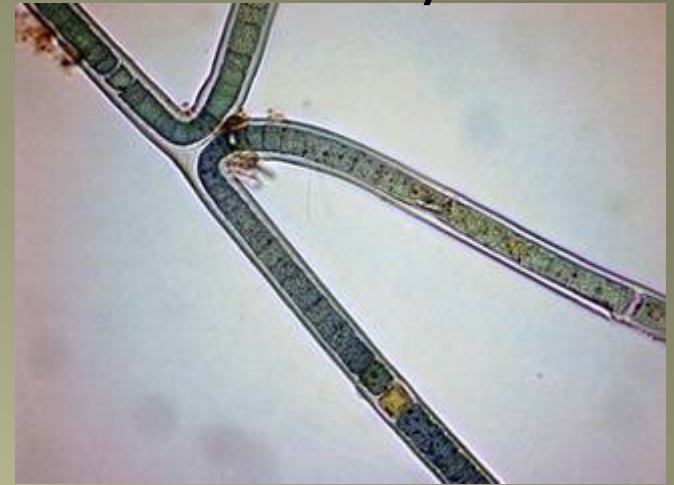
Na konci vegetačního období každoročně klesaly do sedimentu
po dobu 800,000 let – past na uhlík (sekvestrace CO₂ –
snížení koncentrace o 80% za méně než milion let; z 3500 ppm
na 650 ppm, dnes 421 ppm). Ochlazující vliv na klima Země

Tolypothrix



nepravé větvení =
trichomy spojeny
jen pochvou
(*Scytonema*, *Tolypothrix*)

Scytonema



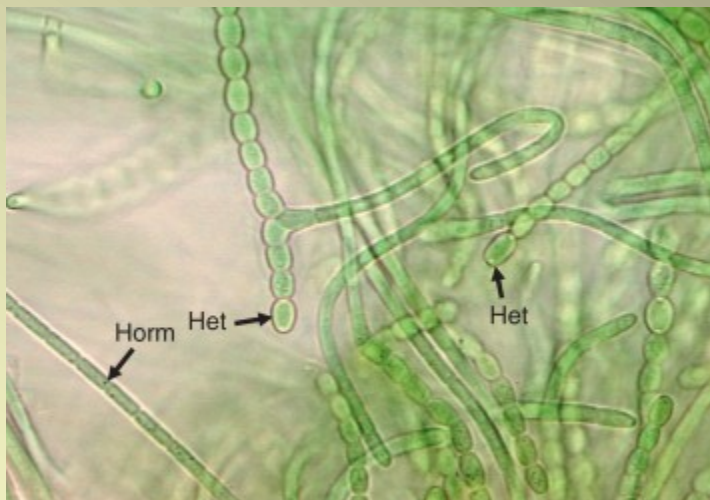
příklady nepravého větvení (a také umělého rodového členění)

„pravě“ větvené sinice: Hapalosiphon, Stigonema



■ **pravé větvení** = změna roviny dělení buňky (*Stigonema*, *Hapalosiphon*)

Mastigocladus laminosus



Thermus aquaticus Taq DNA polymeráza

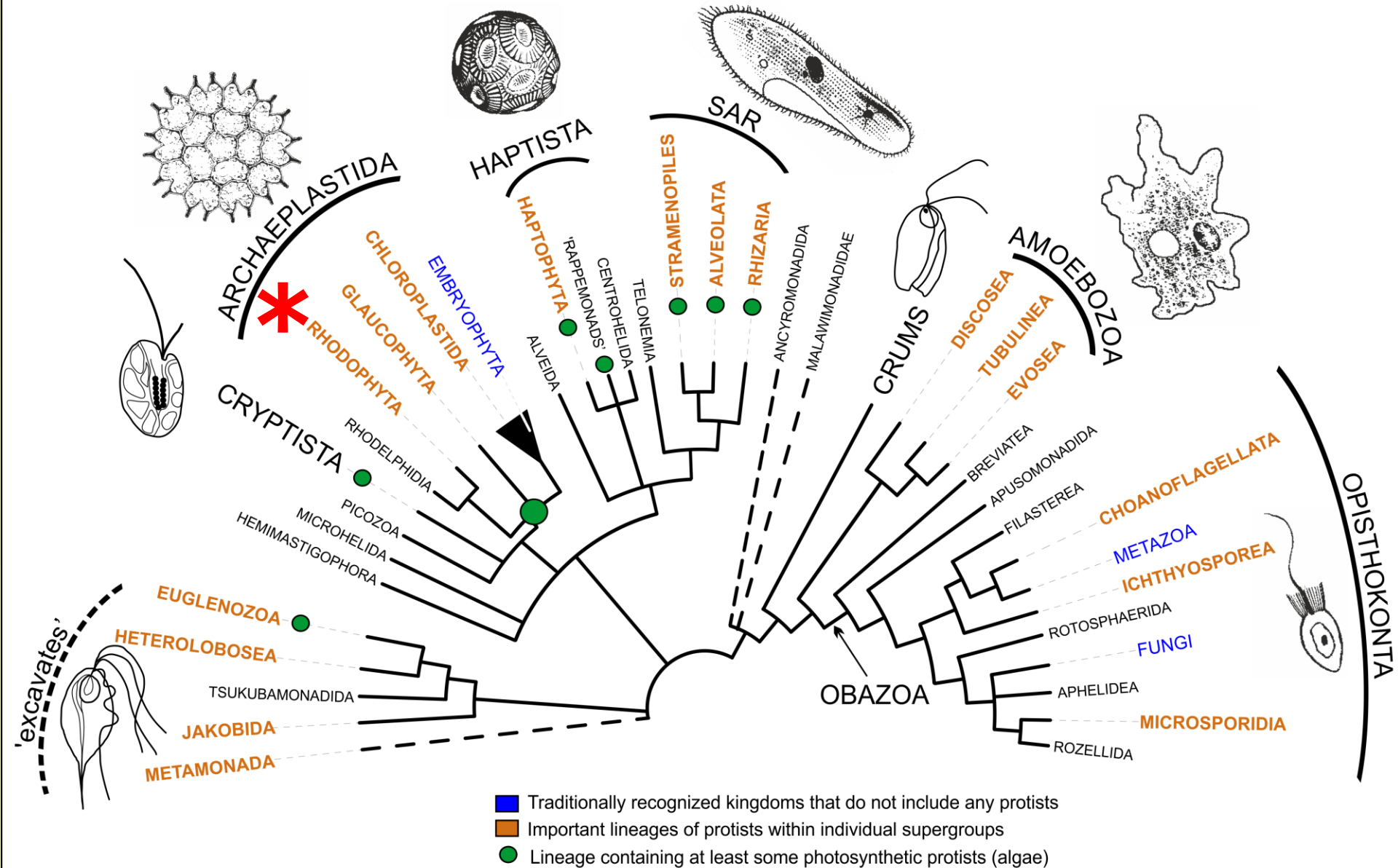
příklad extremofilní, termální sinice

příklad striktně ekologicky podmíněného geografického rozšíření

Proč jsou sinice důležité?

- jediná autotrofní prokaryota, která uvolňuje O_2 při štěpení vody ve světelné fázi fotosyntézy
- vůbec první terestrické organismy
- podílely se na vzniku kyslíkaté atmosféry
- předek sinic hlavním aktérem endosymbióz → chloroplast ostatních řasových skupin (včetně rostlin)
- nejjednodušší organismy s cirkadiálními biorytmy
- častým partnerem pro symbiózy

Archaeplastida: ruduchy (Rhodophyta)

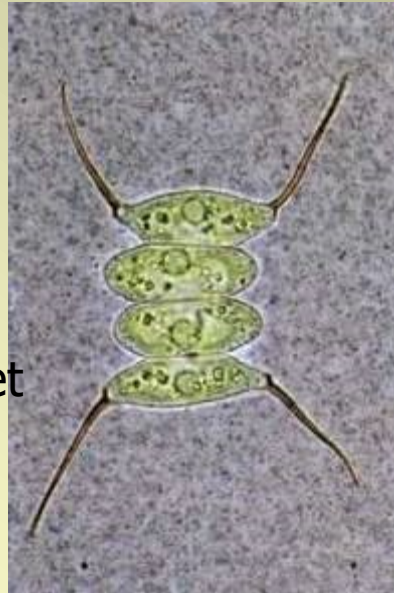


Kde v systému se nacházíme?

Eukaryota

Archaeplastida (rostliny, Plantae)

*Ruduchy, Glaucophyta a
Viridiplantae = Chloroplastida*



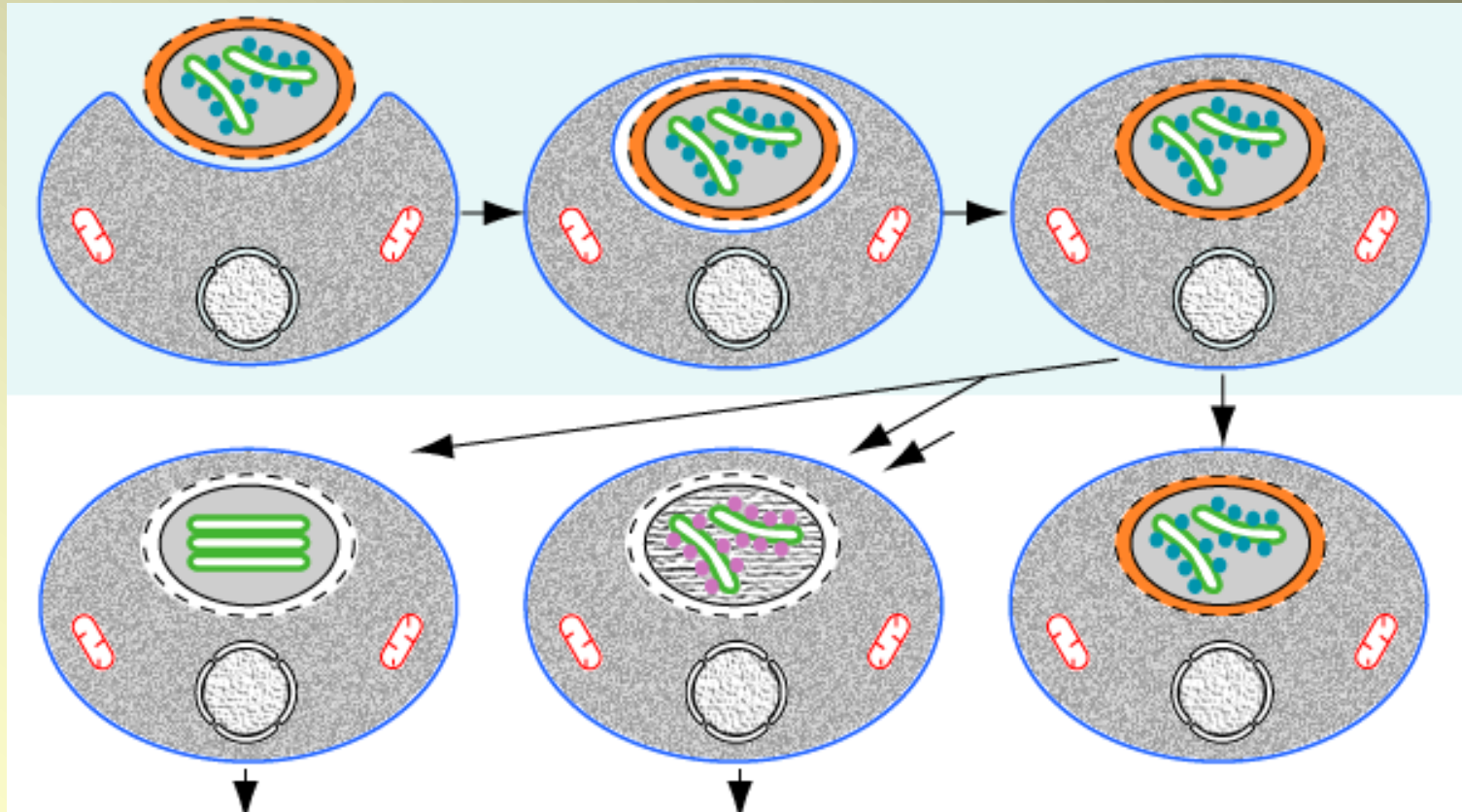
vznik - před více než 1,5 miliardou let

na souš - cca před 1 miliardou let

společné znaky rostlinných skupin

Primární endosymbióza

fagocytóza sinice sinice v potravní vakuole 2 vrstevná obálka chloroplastu



Chloroplastida – thylakoidy tvoří lamely (grana u streptofytní linie)

Rhodophyta
fykobilisómy

Glaucophyta
fykobilisómy
zachován peptidoglykan

Kde v systému se nacházíme?

Eukaryota

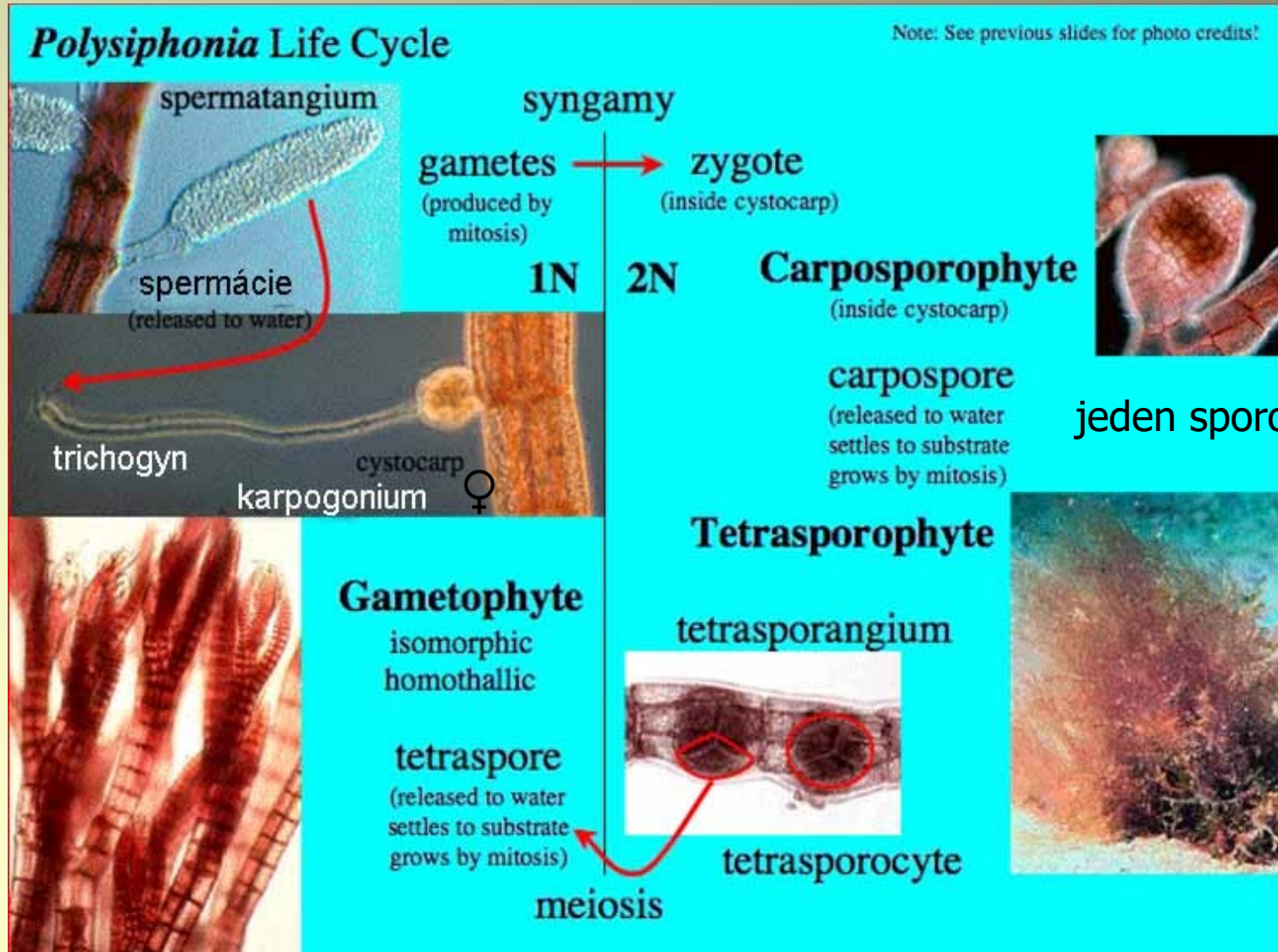
Archaeplastida

Rhodophyta

zatím známo přes 6000 druhů, většina mořských

typické znaky životního cyklu: absence bičíkatých stádií,
2 sporofytní stádia, oogamický pohlavní proces

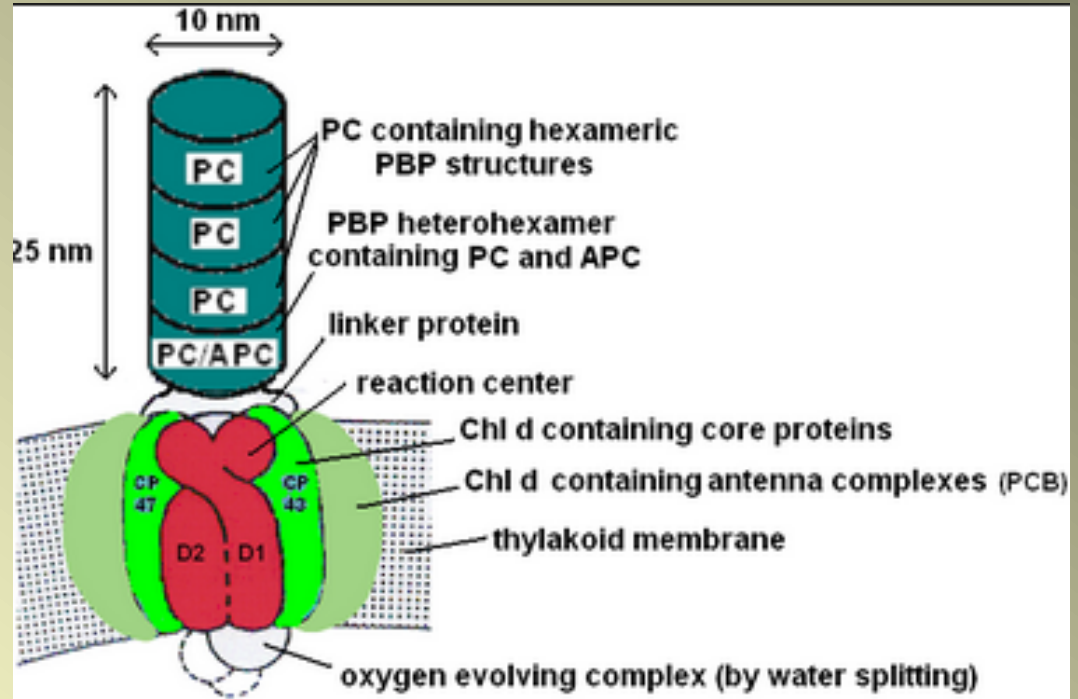
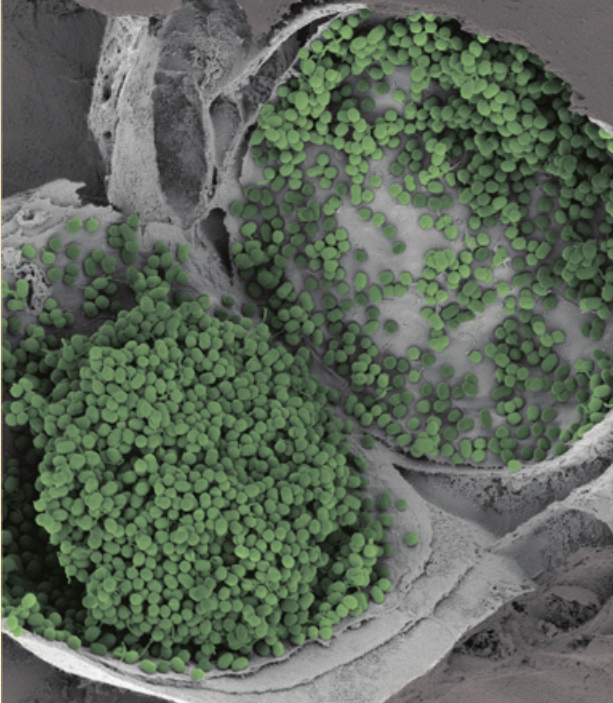
chlorofyl a



jeden sporofyt navíc

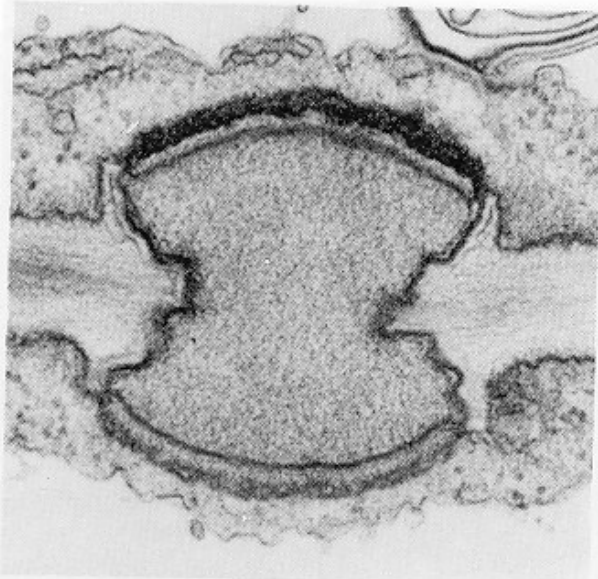
Chlorofyl *d* - objeven v malých množstvích u ruduch v r. 1943 – dnes považován za artefakt izolace

Potvrzen u *Acaryochloris marina* (sinice) Prochlorofyta

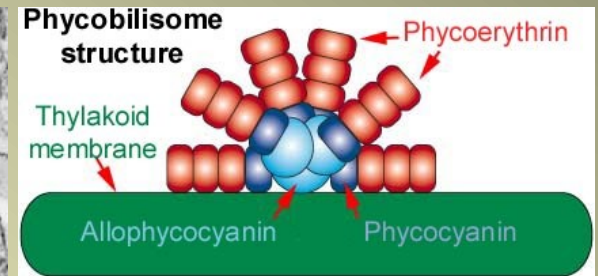
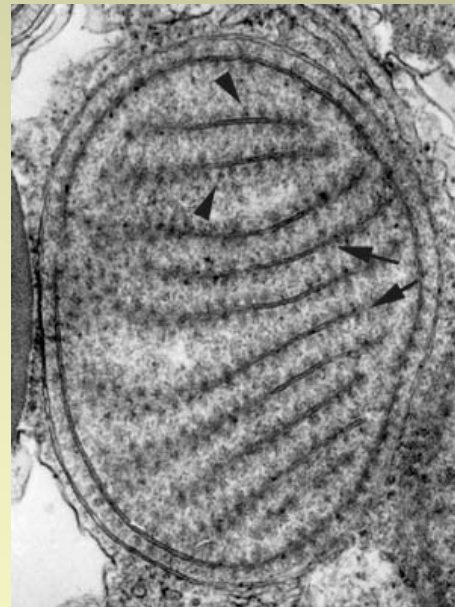
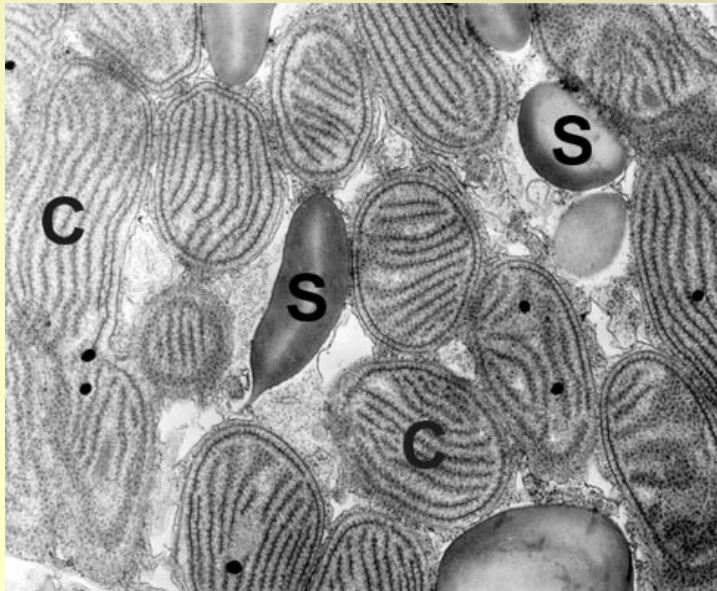
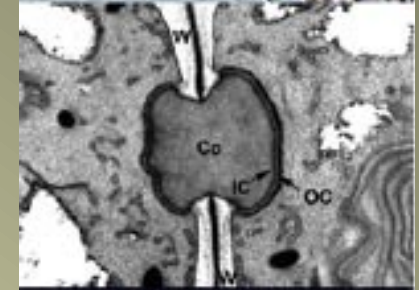
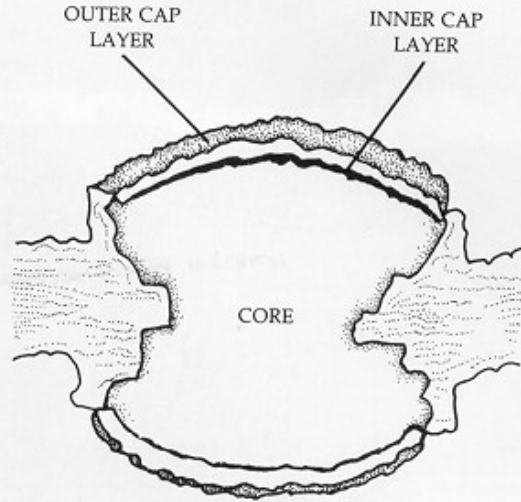


chlorofyl *d* detekovány u ruduch pocházel z epifytický žijící sinice, kde ve velkém množství ($a:d = 1:30$)

Pit – plugs (Florideophyceae)



0.2 μm

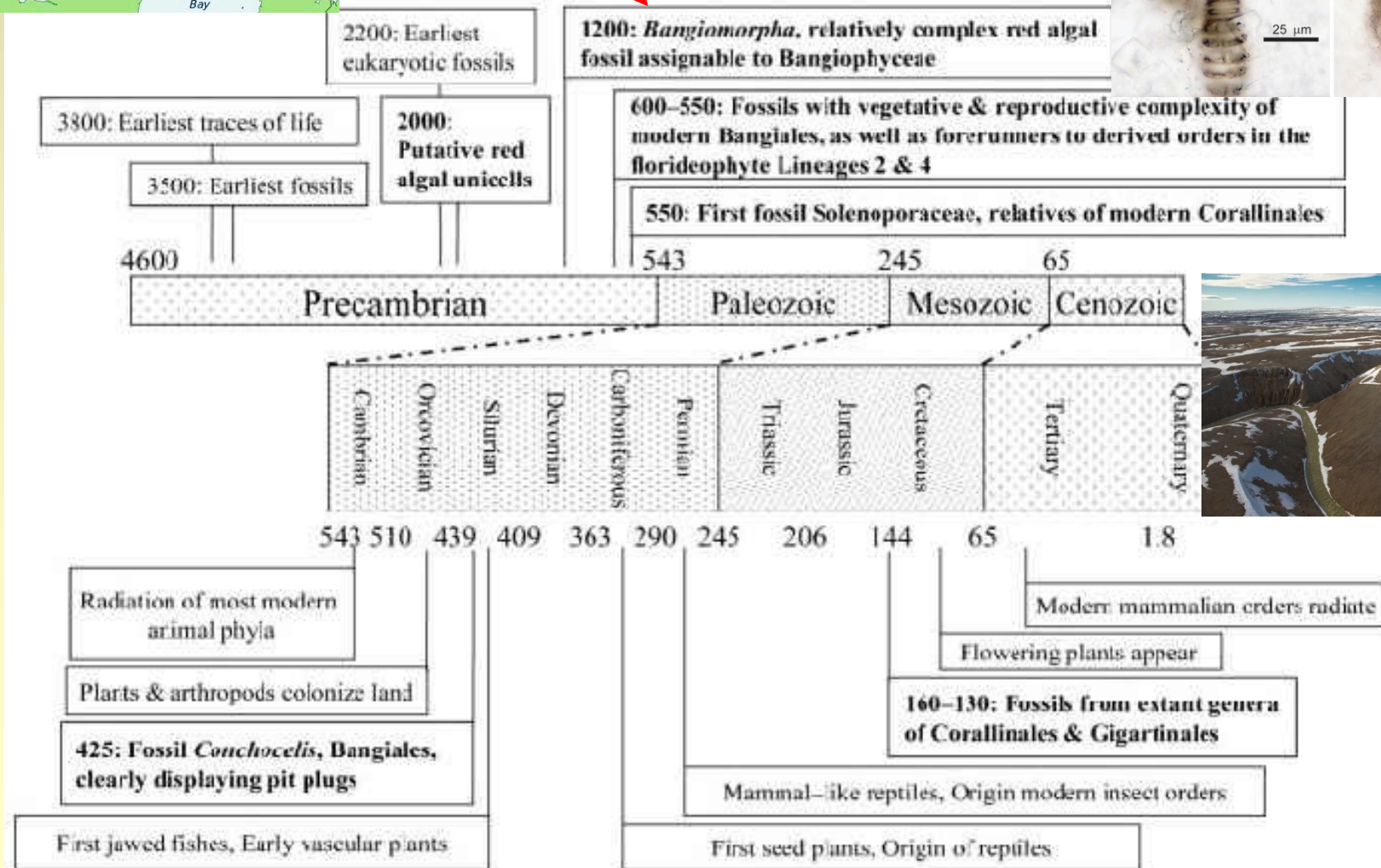


škrob v cytoplasmě



Bangiomorpha pubescens fosilie cca. 1,200 Ma
Hunting Formation, Somerset Island, arctic Canada.

and Perspective on the Geological Time Scale



Phylum RHODOPHYTA

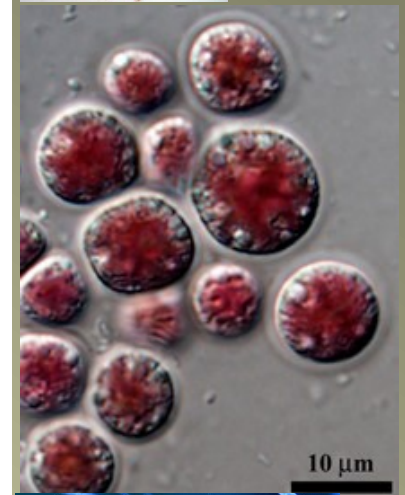
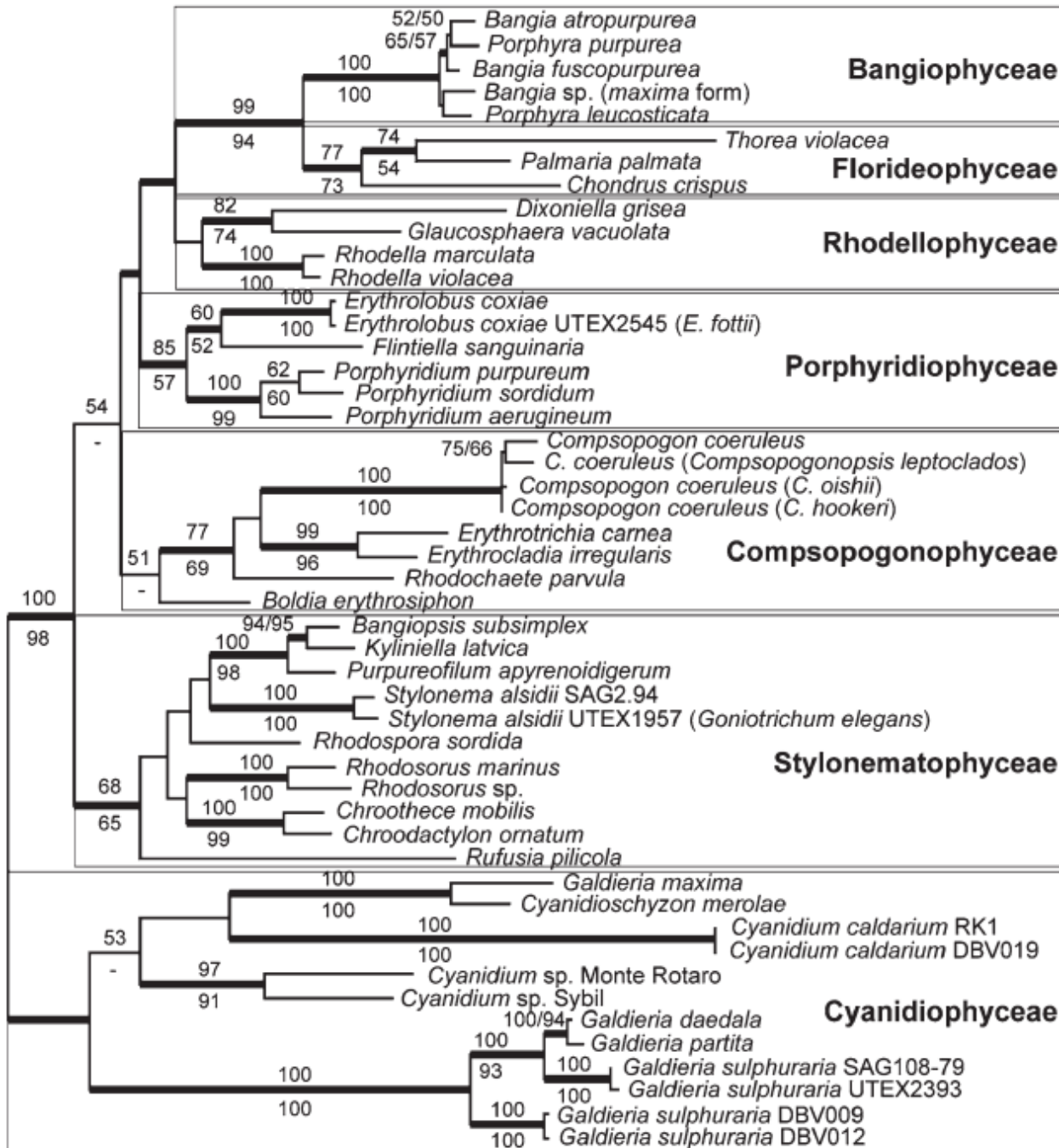
(Yoon et al. 2010)

(Class)

(Subphylum)

RHODOPHYTINA

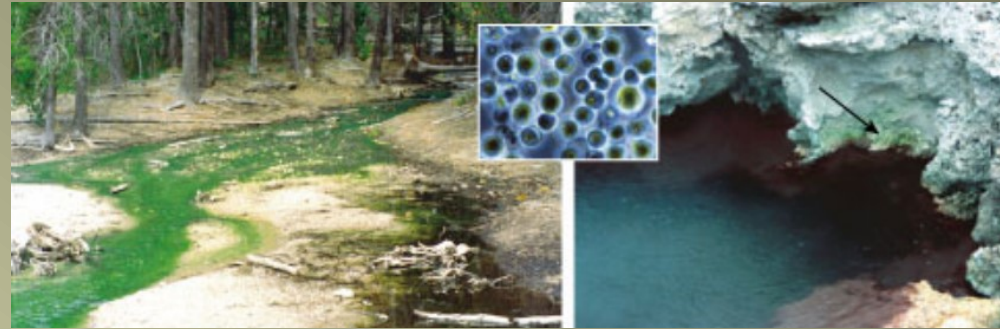
CYANIDIOPHYTINA



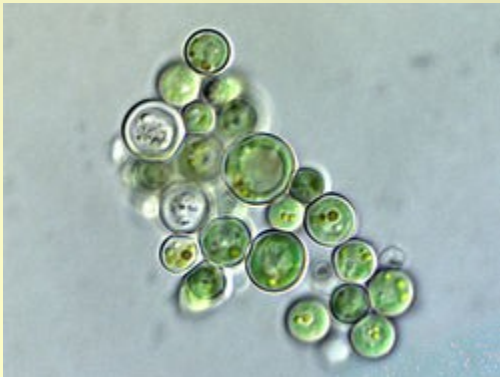
0.01 substitutions/site

Cyanidium

Iron spring



Norris Geyser Basin Yellowstone

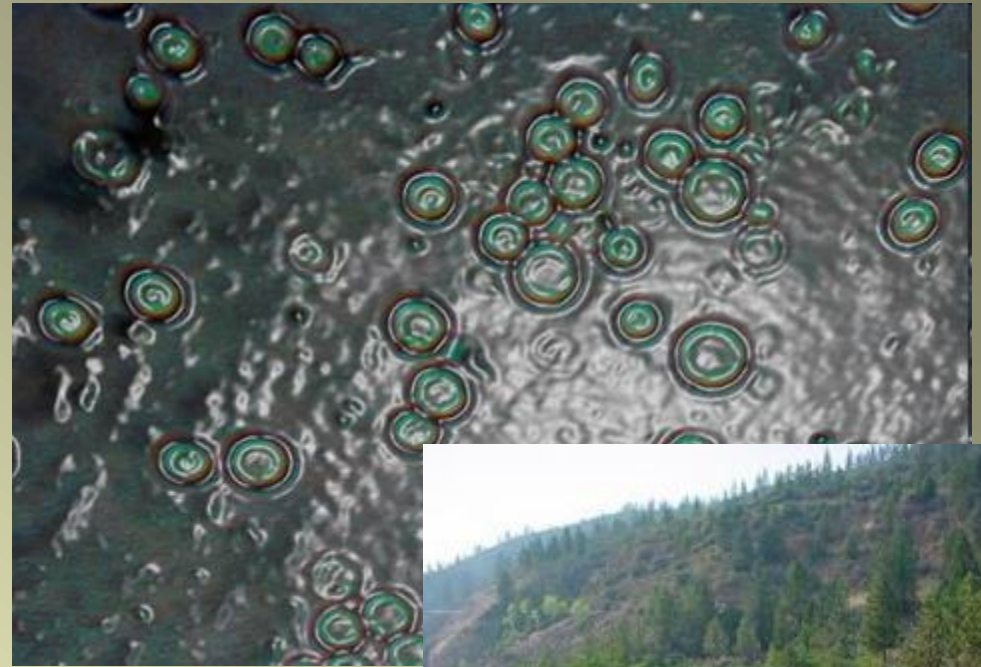
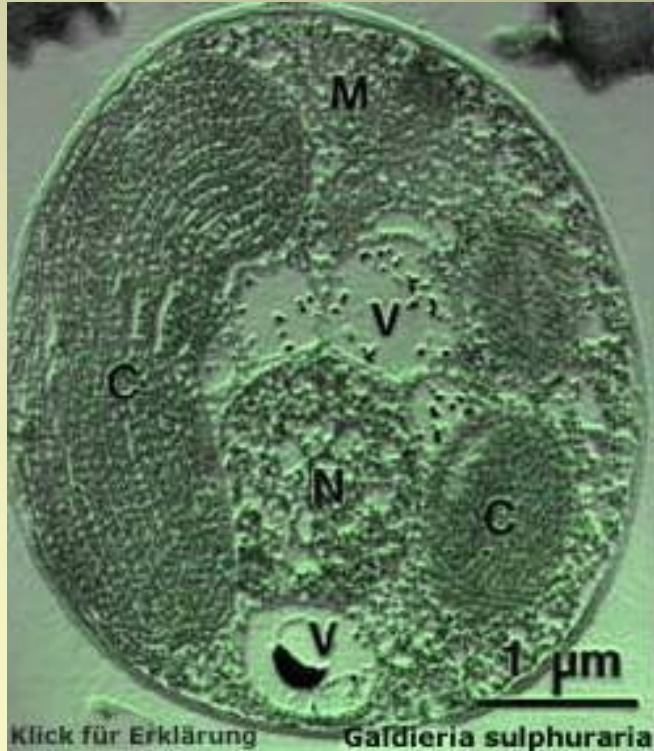


C. caldarium – extremofilní
jednobuněčná ruducha pH 3.3–3.5
and 42 °C

nejpodobnější předkům
červených chloroplastů?

Galdieria

Bakteriální Na⁺ pumpy, arsenové pumpy

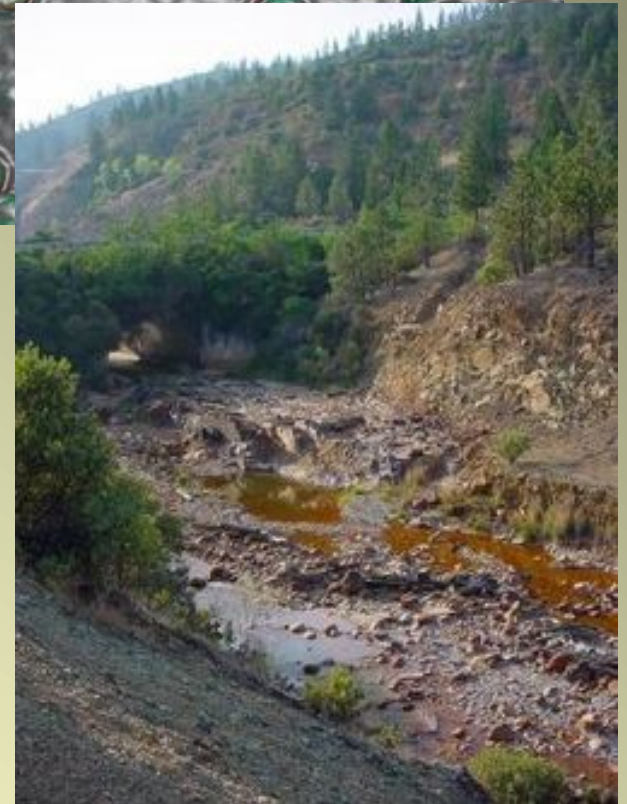


3-11 µm

5% proteinů
kódovaných geny
získanými z
bakterií a archeí
HGT

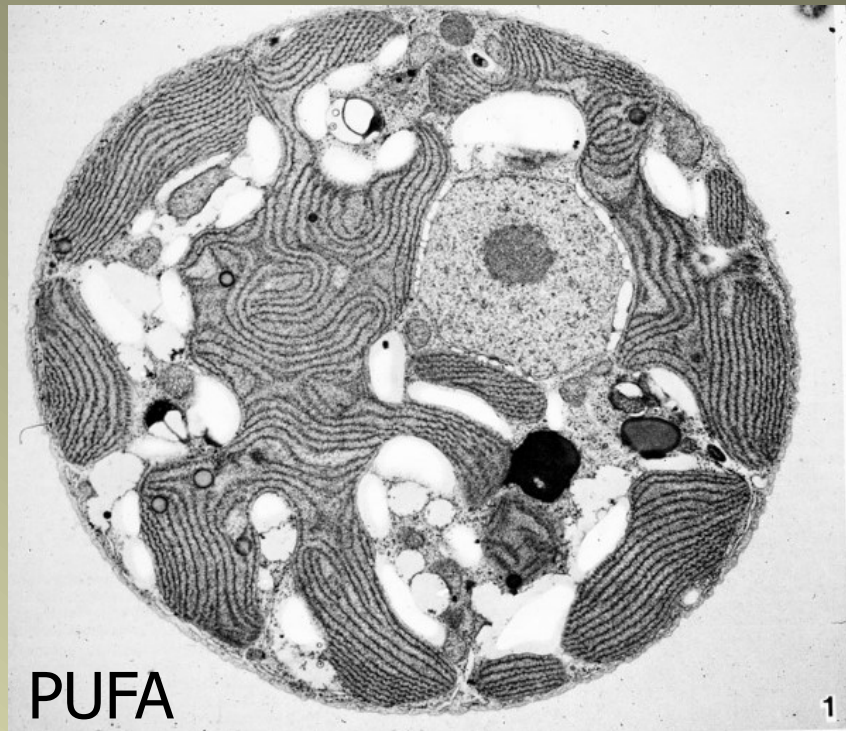
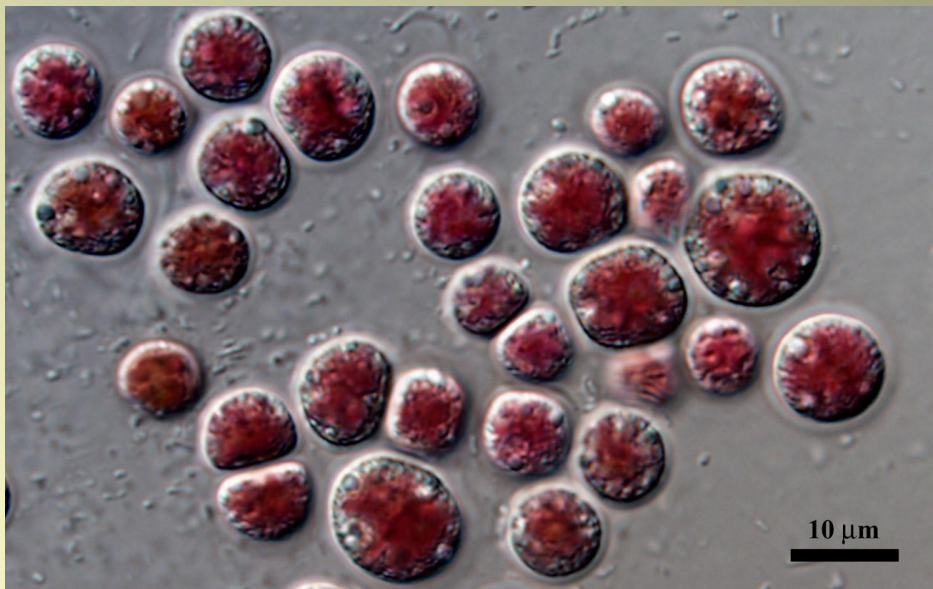


extrémně kyselé biotopy
pH 0,8 - 1, teplota do 56°C



In acidic thermal springs in Naples

Porphyridium



pouštní krusty, extrémní biotopy



terestrické ruduchy - *Chroothece*

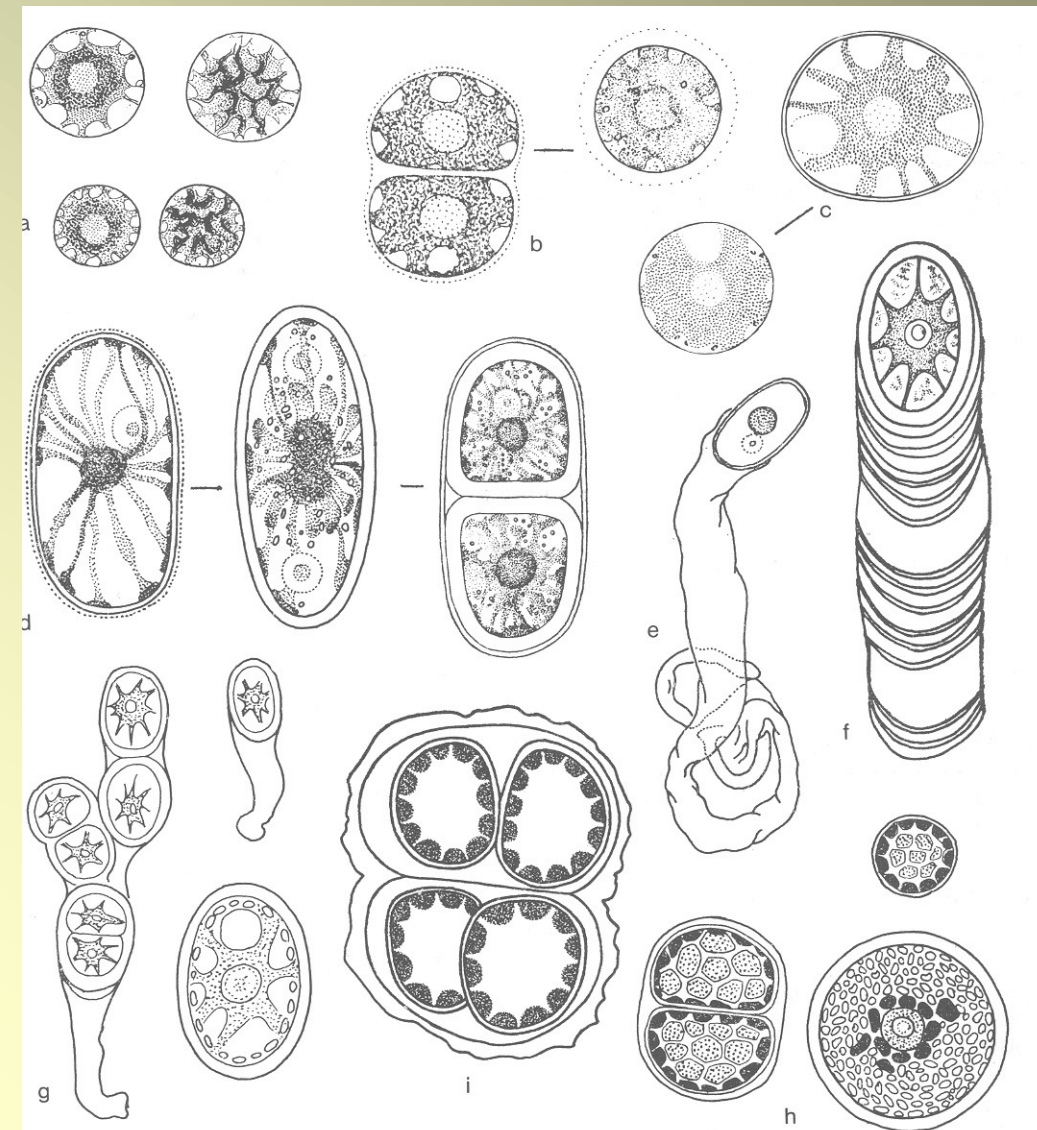


Fig. 2. a *Porphyridium purpureum*; b *P. aerugineum*; c *P. sordidum*; d, e *Chroothece mobilis*, e eine Zelle mit polar ausgeschiedener Gallerte; f *Ch. richteriana*; g *Ch. rupestris*; h, i *Rhodospira sordida*, i Autosporenbildung (a nach Vischer; b, c, h, i nach Geitler; d, e nach Pascher; f nach Hansgirg; g nach Israelson).



Chuchelské lázně

Dnes již zaniklé chuchelské lázně vznikly před rokem 1729. Léčivým zdrojem přitom byl pramen vyvěrající výše v Čertově rokli, kterému byly dokonce prisuzovány zázračné účinky (více o pramenu na zastavení č. 2).

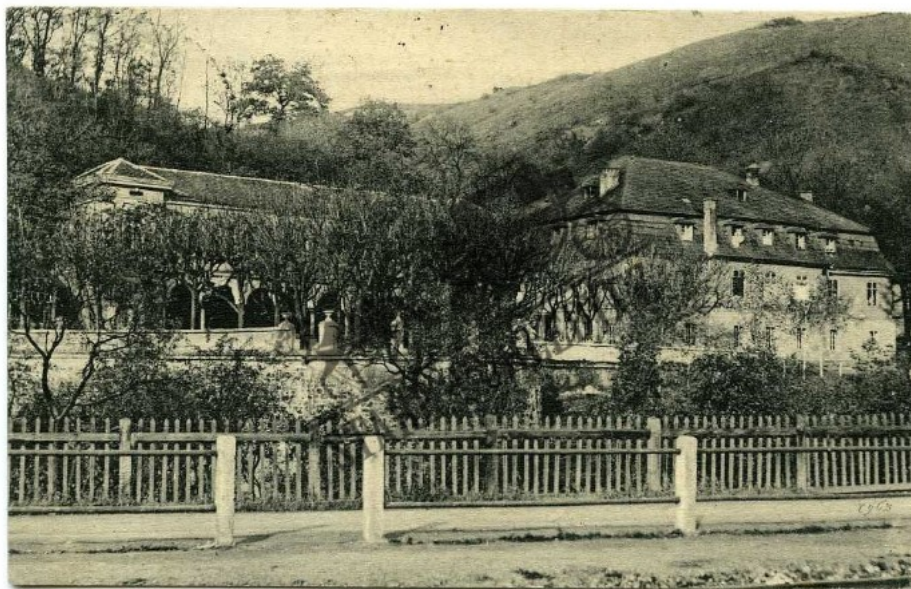
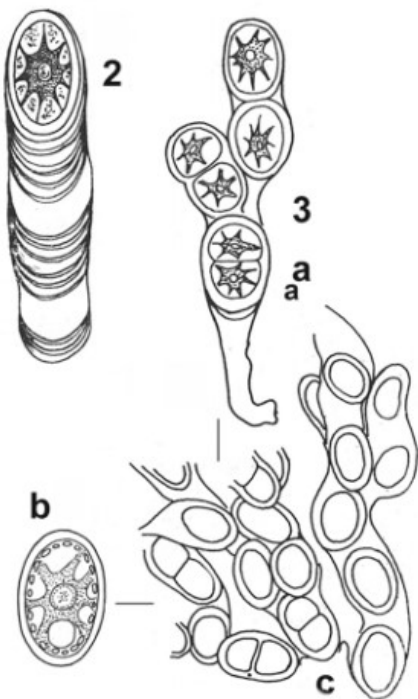
O rozvoj lázní se zasloužili i opati Zbraslavského kláštera, kterému od roku 1292 Malá Chuchle patřila až do jeho zrušení v roce 1785.

Léčení spočívalo v koupelích a pitných kúrách. V době své největší slávy sloužily v Chuchli lázeňským účelům tři budovy. Později byla sice léčivost vody zpochybněna, ale z Malé Chuchle se stalo malebné výletní místo.

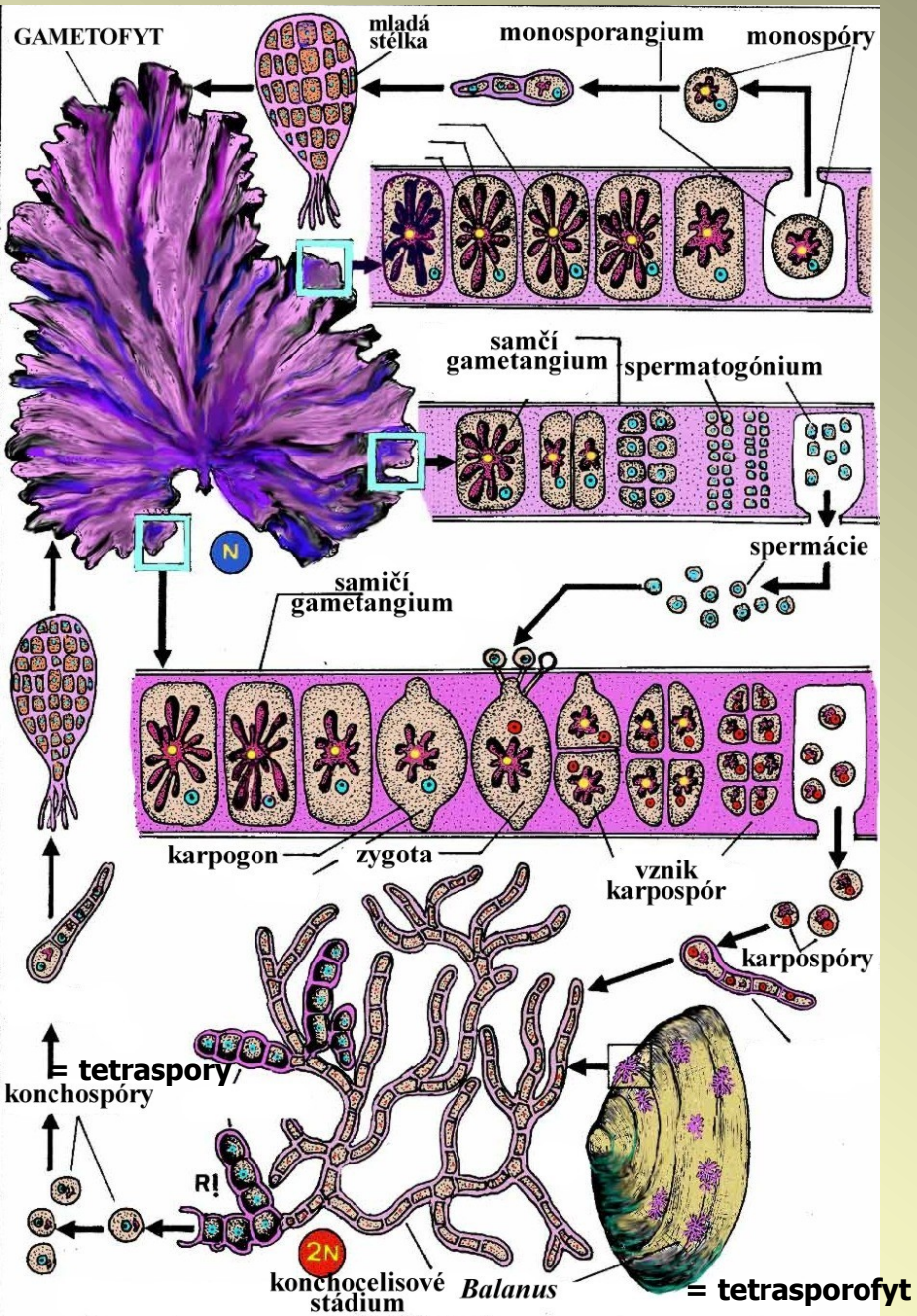


romantický pohled na chuchelské lázně
z roku 1887 od A. Liebshera

Chroothece rupestris Hansgirk 1886



Porphyra/Pyropia



sklizeň porphyry v marikultuře

Dr Kathleen Drew-Baker (1901-1957)

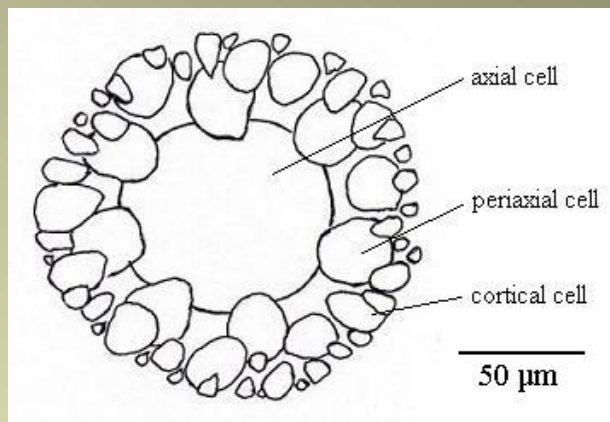


Kumamoto Prefecture
Uto City

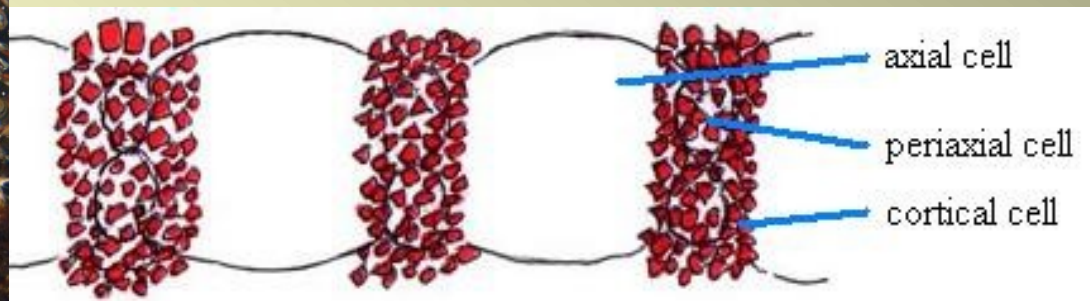


<http://www.bbc.co.uk/programmes/b04g7rd5>

Ceramium

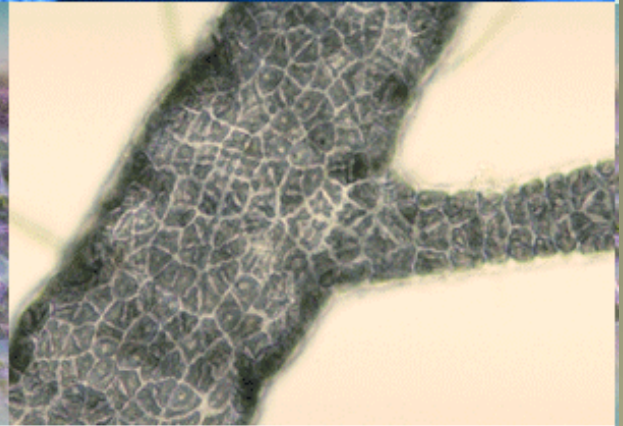
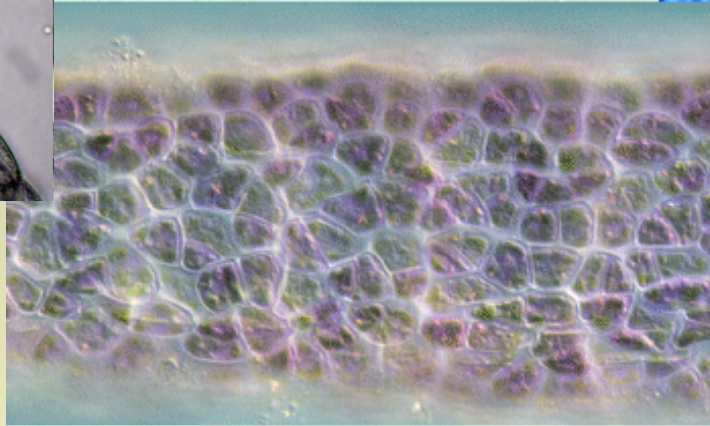
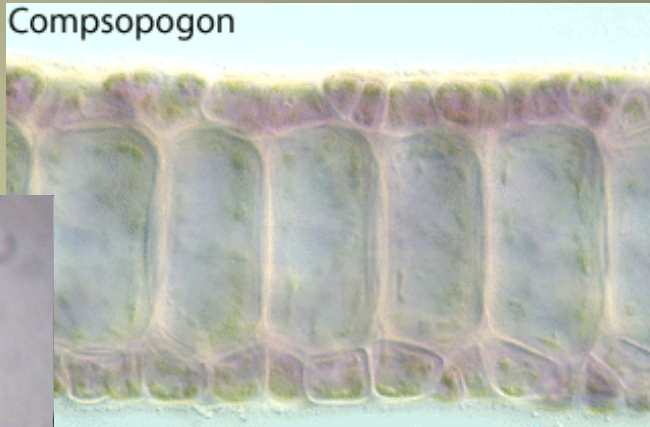


jeden z mála rodů žijících i v Baltu

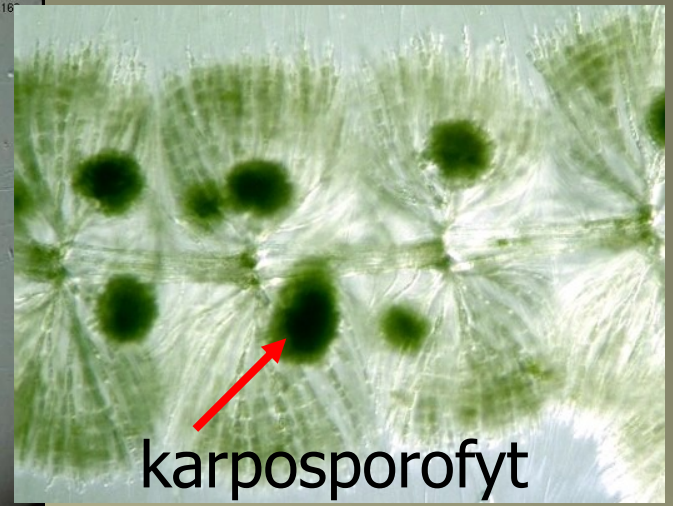
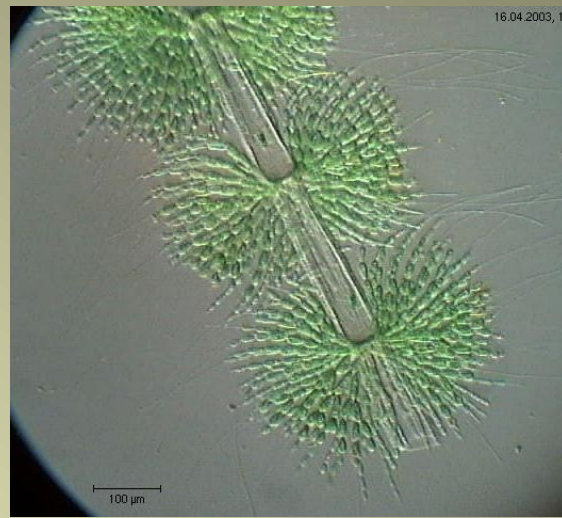


Compsopogon

Compsopogon

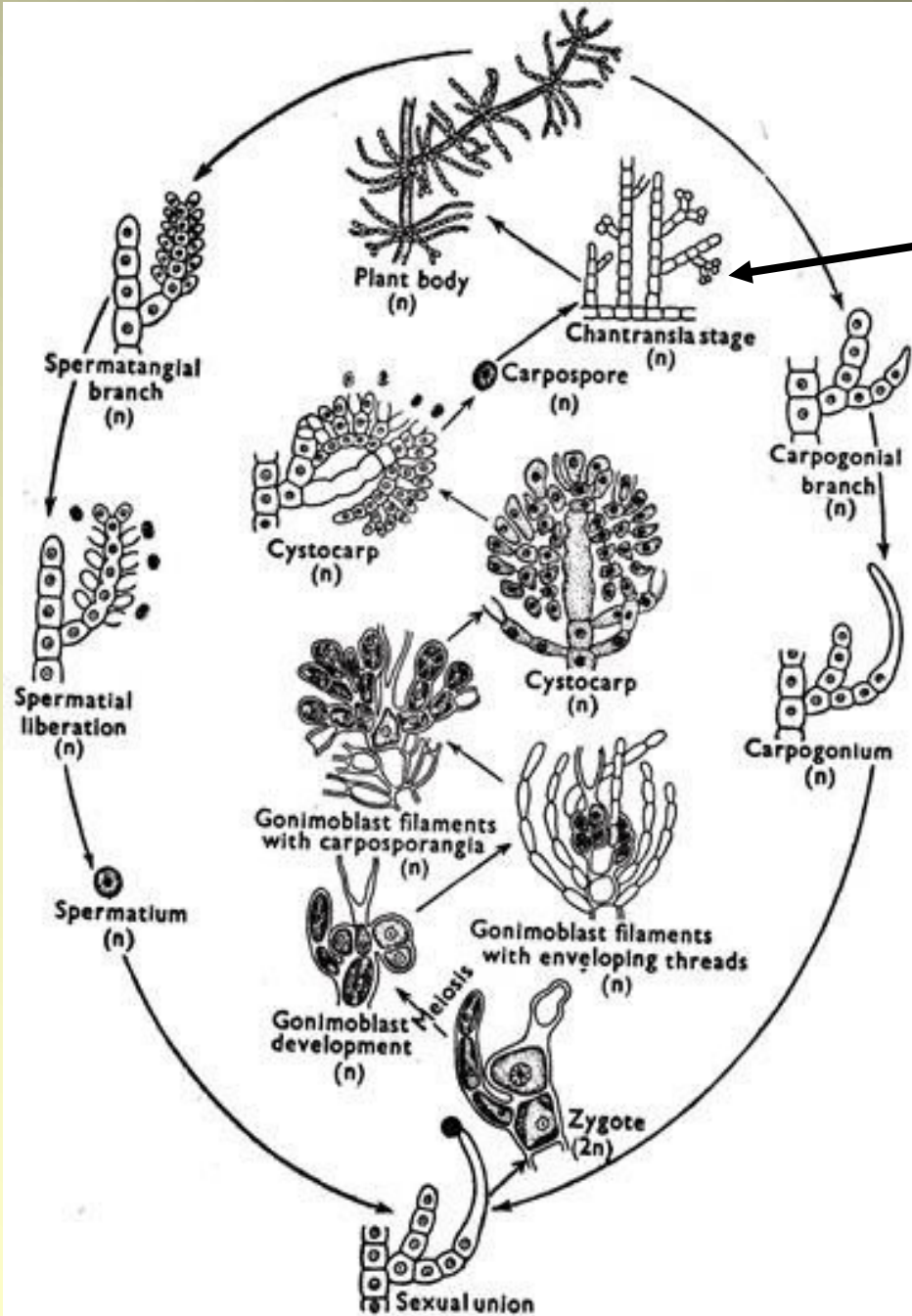


Batrachospermum



žabí sémě





stádium
Chantransia

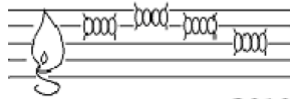
Fig. 121. Sexual cycle of *Batrachospermum* sp.

Chantransia (Audouinella)

- gametofytní stádia r. *Batrachospermum* a *Lemanea*

Vážený lide algologický,
milé studenstvo,
spřátelení kolegové,

Chantransia



2010

na vědomost se tímto dává, že letošní 21. ročník proslulého česko-slovenského sinico-
řasového kursu

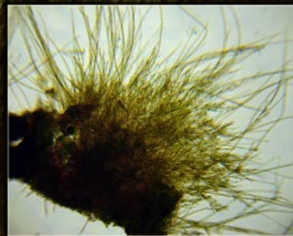
Šedavý jemný hustý povlak



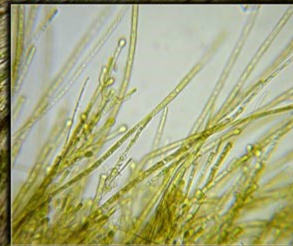
40x



100x



100x

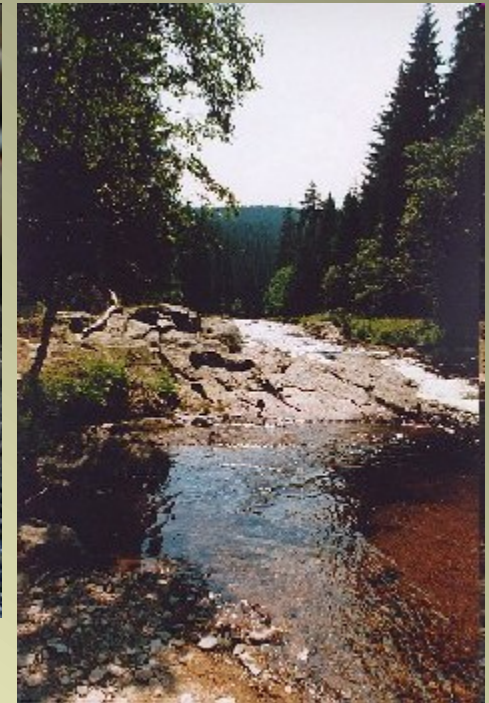


400x



20 µm
© Dr. R. Wagner

Lemanea



Hildenbrandia rivularis

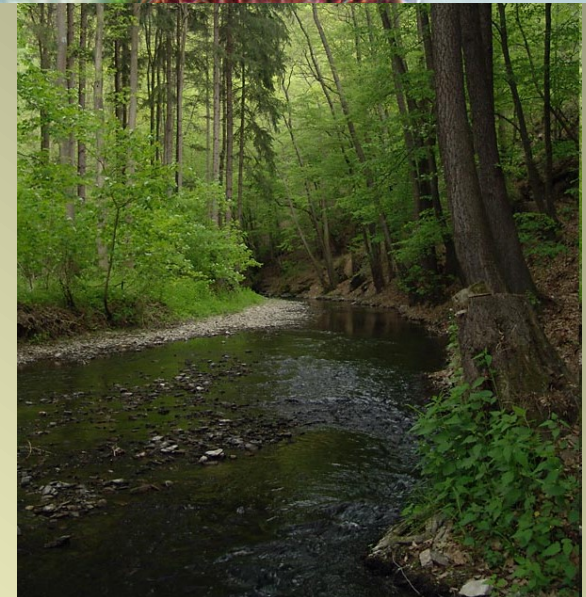


sladkovodní ruduchy - bioindikátory
oligosaprobních a oligotrofních zón
vodního prostředí

Co to je saprobita? Intenzita hnilobných
procesů ve vodním ekosystému.

Saprobní index - číselná hodnota
saprobní hodnoty vycházející z druhového složení

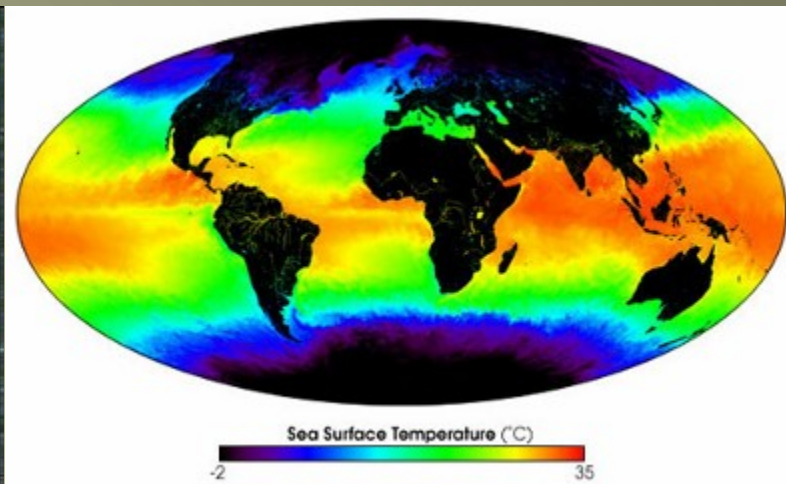
Saprobní zóny - xenosaprobita, oligosaprobita, beta-mesosaprobita (klimax ve středních
a dolních tocích temperátních ekosystémů), alfa-mesosaprobita, polysaprobita



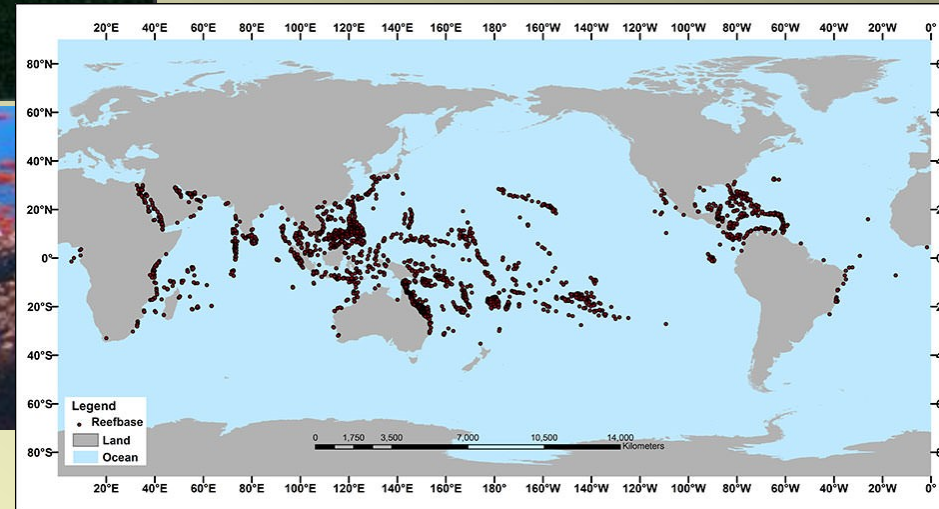
Corallinales – „korálové ruduchy“



koralinová pláž - Hawaii



Kde nenajdeme korálové útesy?



kalcifikace, rhodolity

význam ruduch v ekosystémech korálových útesů

Co tvoří korálový útes?

- koráli nesoucí *Symbiodinium*
- koralinní ruduchy, primární producent, transport C, K-stratégové
- ryby (predátoři)

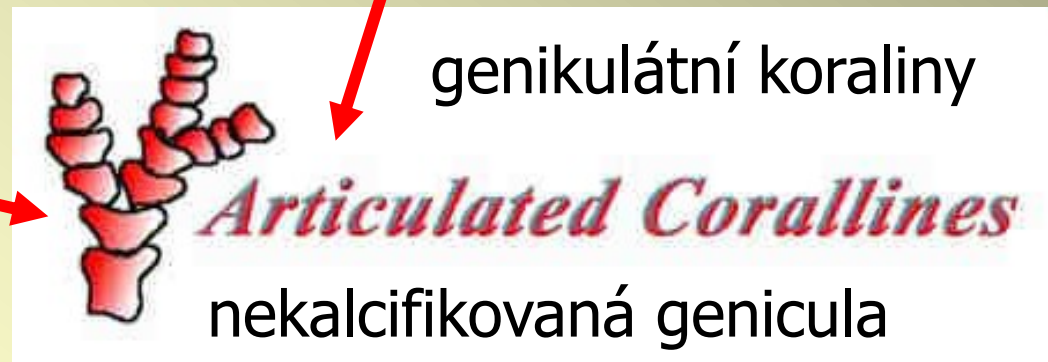
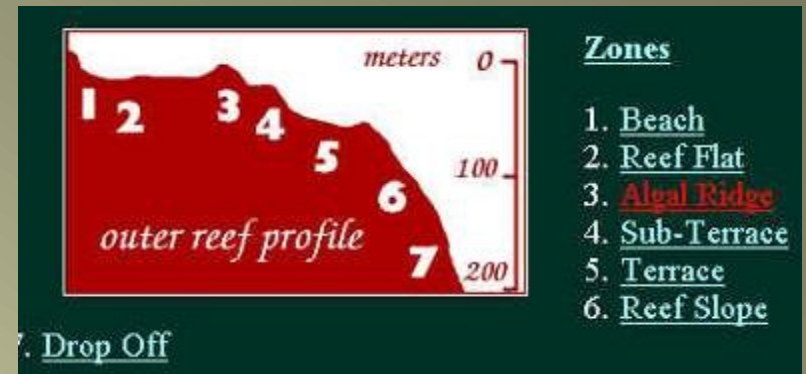
klimaxové společenstvo, náchylné na disturbance (např. eutrofizace)



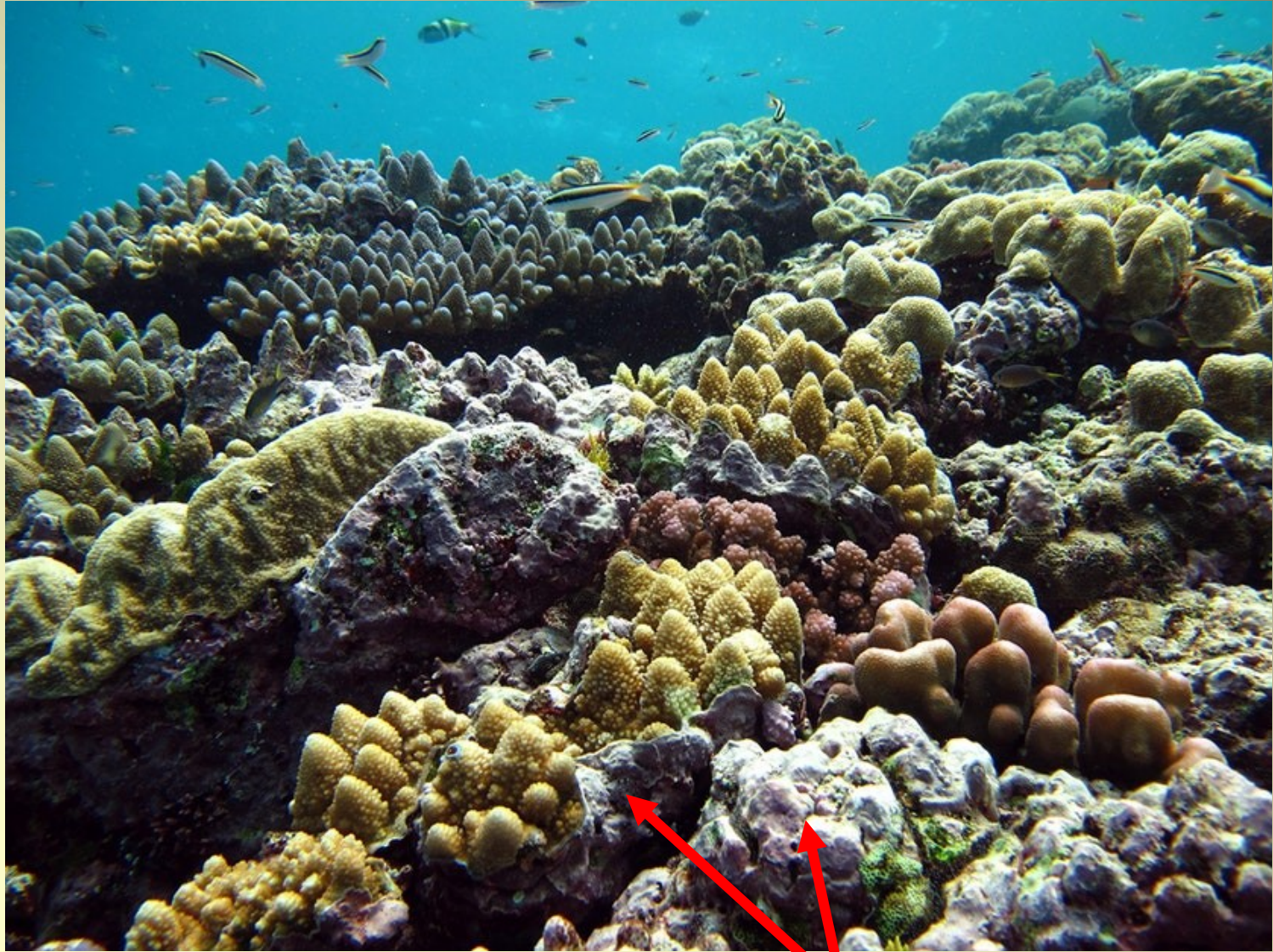
negenikulátní (krustózní) koraliny



intertidální zóna



Krustózní koralinní řasy - zpevňování korálového útesu, redukce eroze (Velký bariérový útes)



CREDIT: GUILLERMO DIAZ-PULIDO.

Porolithon

korálové útesy, atoly - zejména Pacifik a Karibské moře



i epizoické



Lithophyllum

korálové útesy, atoly - zejména Pacifik a Karibské moře

Corallina

subtropická a tropická moře
všude na světě



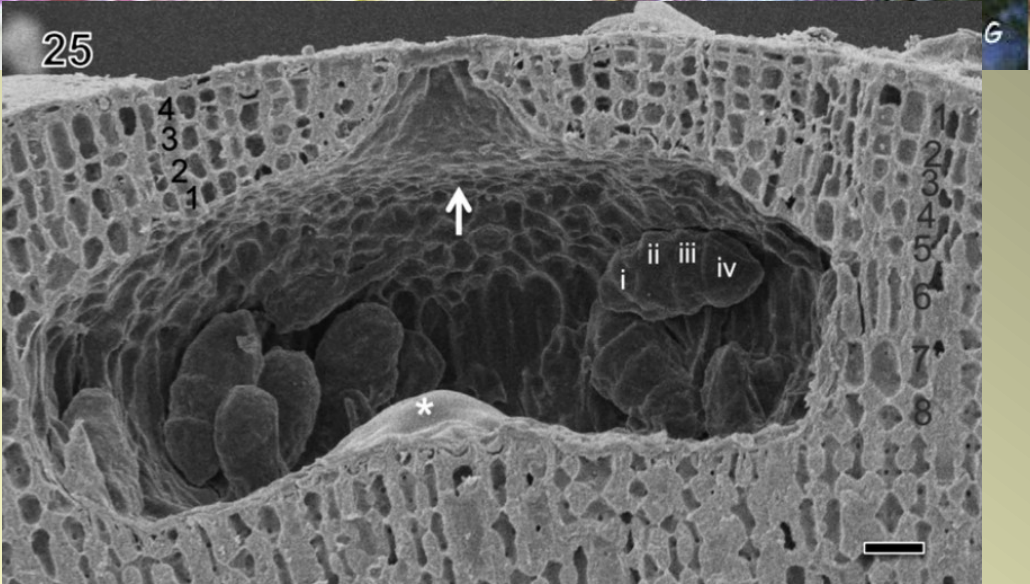
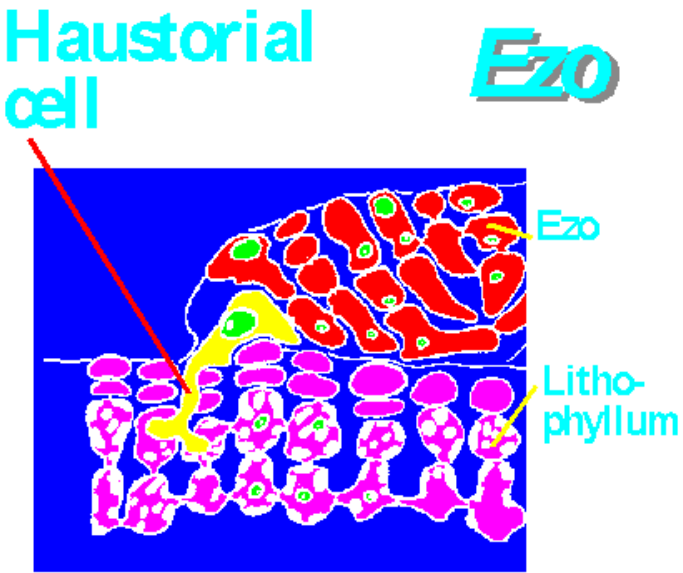
konseptákula („light
bulbs“) na vrcholu
větviček



Lithophyllum a Ezo



parazitická ruducha



rhodolith beds (maerl) – „ruduchové dno“



Phymatolithon
Lithothamnion



Asparagopsis taxiformis



bromoform
(CHBr_3) reaguje s
 B_{12} , brání
metanogenním
bakteriím v
produkci metanu
(inhibice methyltransferázy)



Limu kohu -
Hawai

Gracilaria



agar



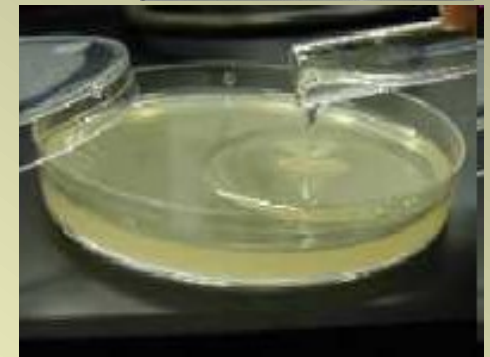
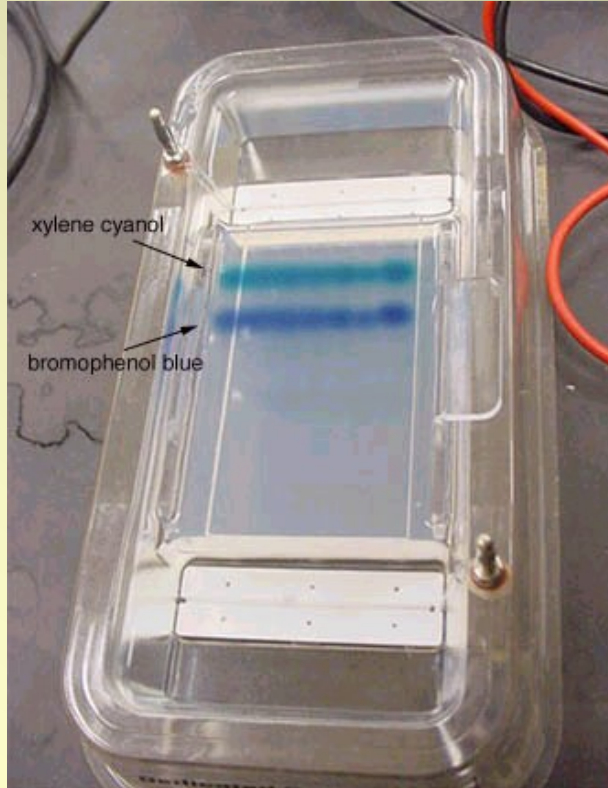
Gelidium



Agar a agaróza

agarové misky

agarózový gel pro elektroforézu



agar, karagen



agar nedílnou součástí asijské kuchyně



Gulaman - Filipíny



Kyauk kyaw - Barma



Thạch - Vietnam

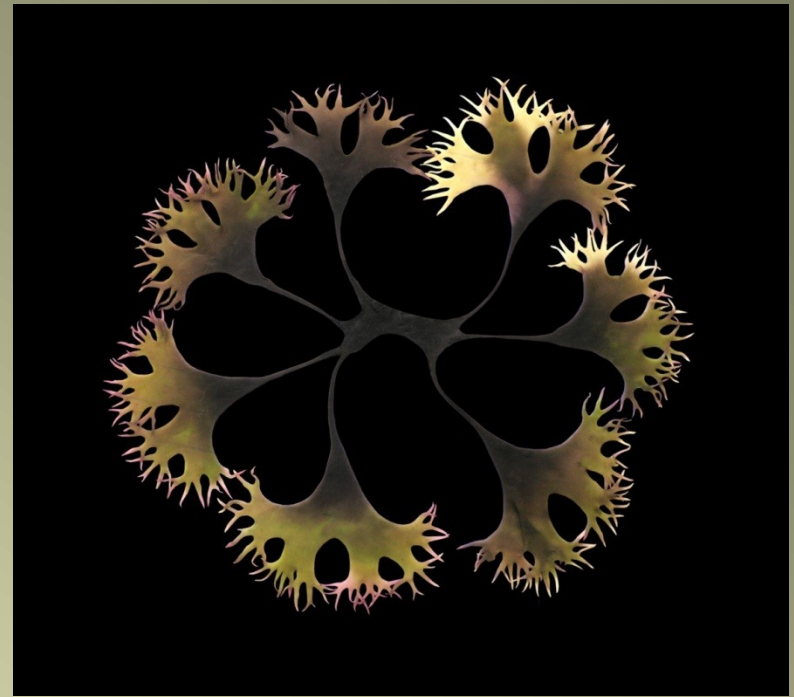


Molekulární gastronomie



Chondrus – zdroj karagenu

centrum rozšíření
mimo tropy

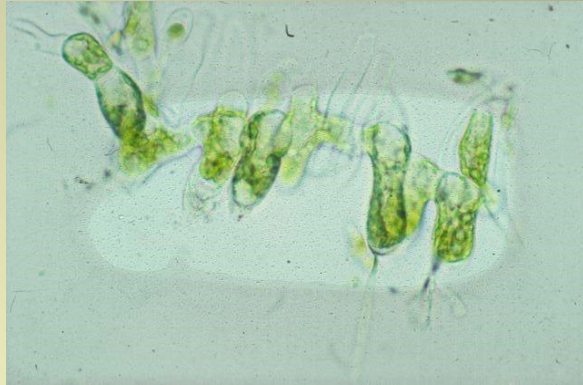


„irský mech“ (atlantické pobřeží Evropy,
temperátní a subtropická moře) - karagen

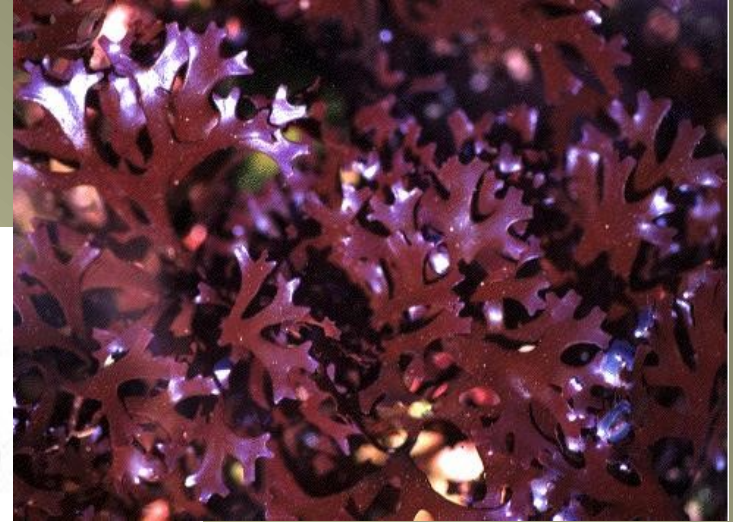
Prince Edward Island, Canada



virulence *Acrochaete* ovlivněna složením BS hostitele (*Chondrus*)

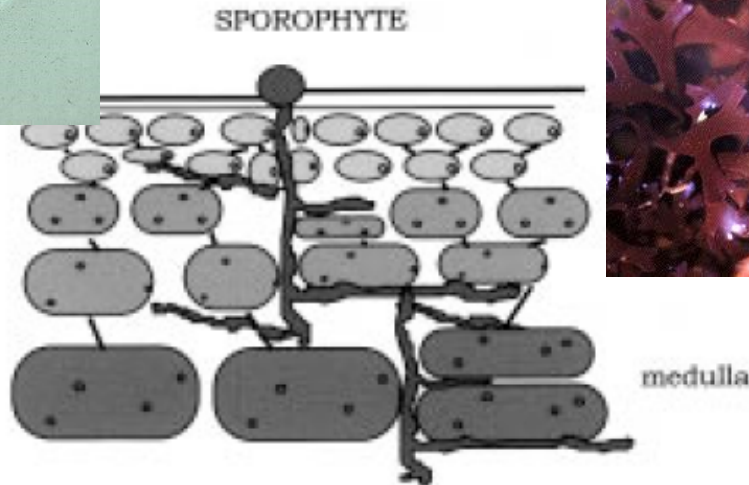


Ulvophyceae



Lambda-carrageenan
= virulence signal

náchylný

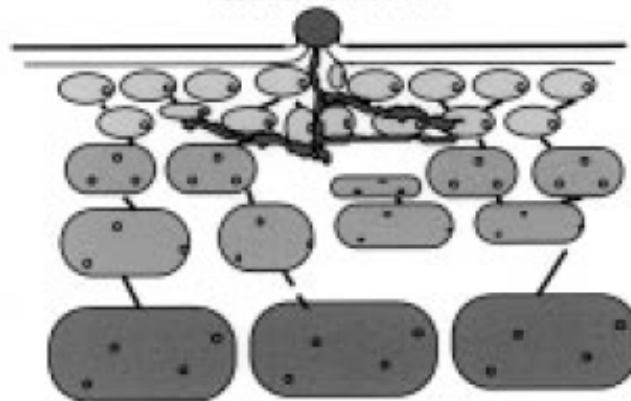


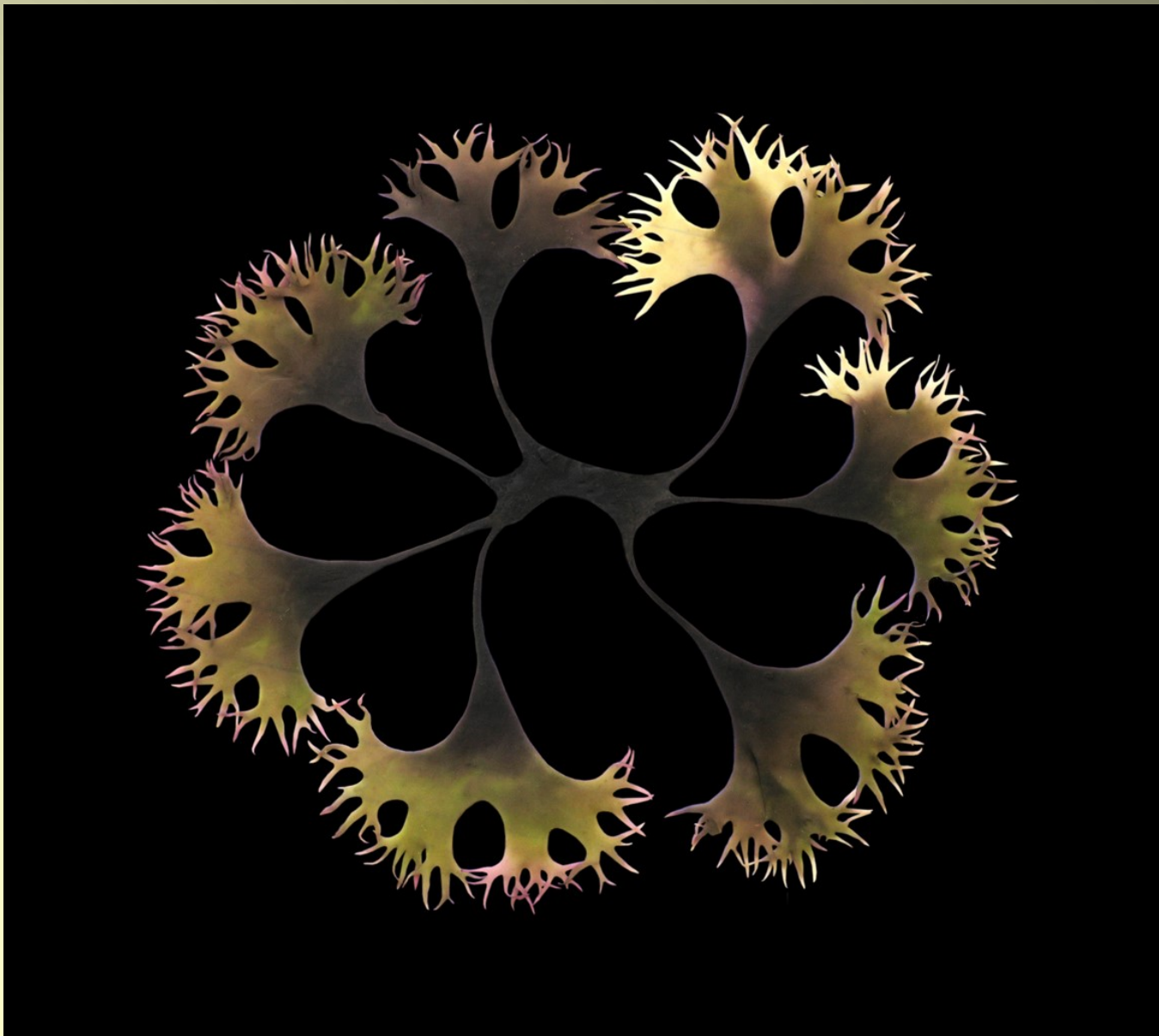
GAMETOPHYTE

Iota-carrageenan
= virulence signal

Kappa-carrageenan
= avirulence signal

rezistentní





SPECIES INTERACTIONS

Pollinators of the sea: A disc fertilization in seaweed

E. Lavaut¹, M.-L. Guillemin^{1,2}, S. Colin^{3,4}, A. Faure¹, J.

