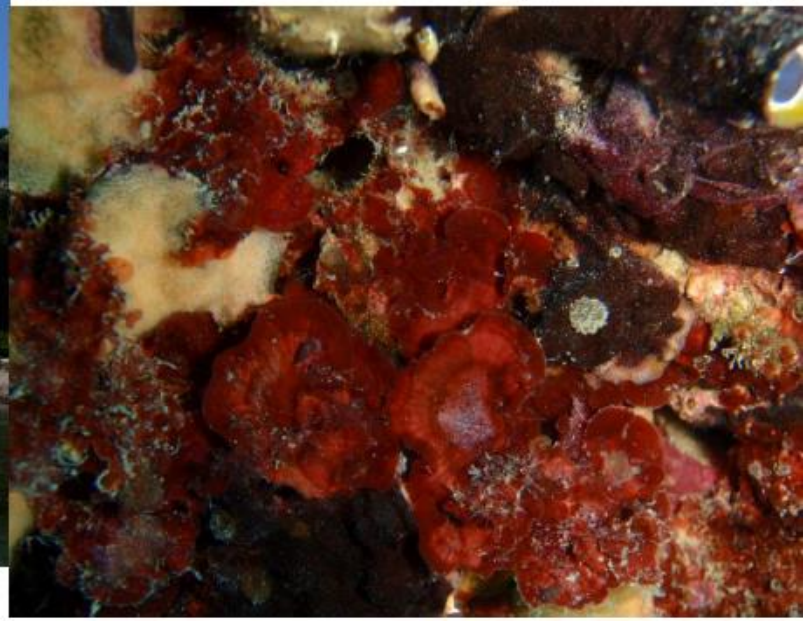
http://botany.natur.cuni.cz/algo/predmety.html

Kurz mořské algologie – Marine Phycology Course

(letní semestr 2018/2019; MB120T119)



Cena za ubytování na mořské stanici: nejvýše 3250 Kč
Doprava: individuální či ve skupině, např. autobusem nebo vlakem do Ljubljany, Koperu či Terstu

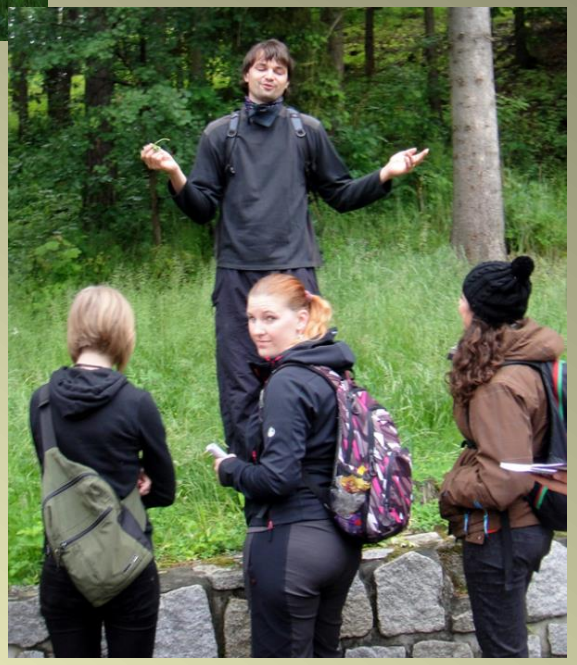
Náplní kurzu je

- práce v terénu na zápočtových projektech, tj. odběry a průzkum populací a společenstev v mediteránním litorálu (potápění na nádech - "šnorchlování" nebo přístrojové potápění (s licencí PADI/CMAS a využitím báze na biologické stanice)
- identifikace vzorků, mikroskopie, zpracování dat ve výukové laboratoři mořské biologické stanice
- společné pozorování mediteránního fytoplanktonu

Pozor! Počet míst v SISu je omezen!

Kde se s námi můžete seznámit?

DOBRONICE



MB120T61 Terénní cvičení z botaniky (Field course in Botany) 27.5.-1.6. 2019

Terénní demonstrace základních skupin řas, hub, lišejníků, mechorostů a cévnatých rostlin

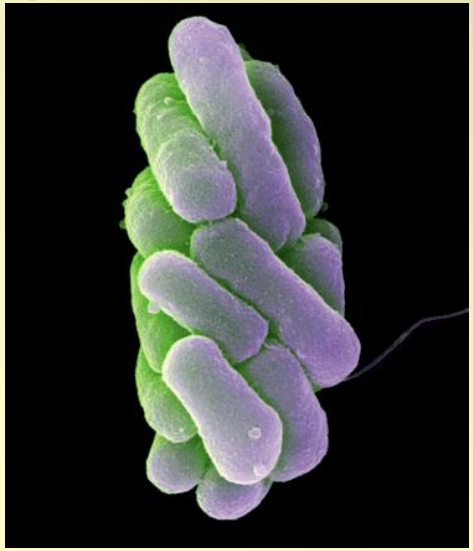
Kde v systému se nacházíme?

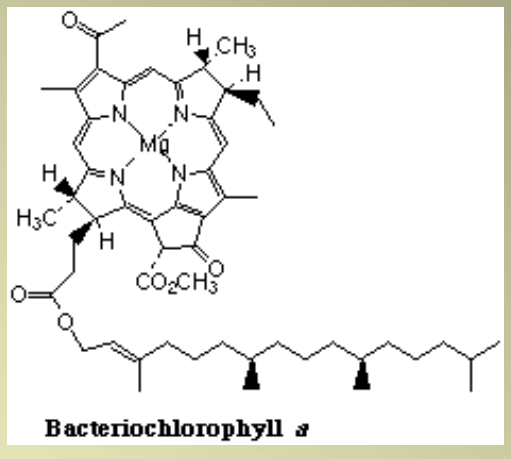
Impérium: *Prokaryota*
Říše: Baktérie – *Bacteria*
Oddělení: Sinice – *Cyanobacteria* (syn. *Cyanophyta*, *Cyanoprokaryota*)

zelené sirné bakterie a sinice měly pravděp. společného předka

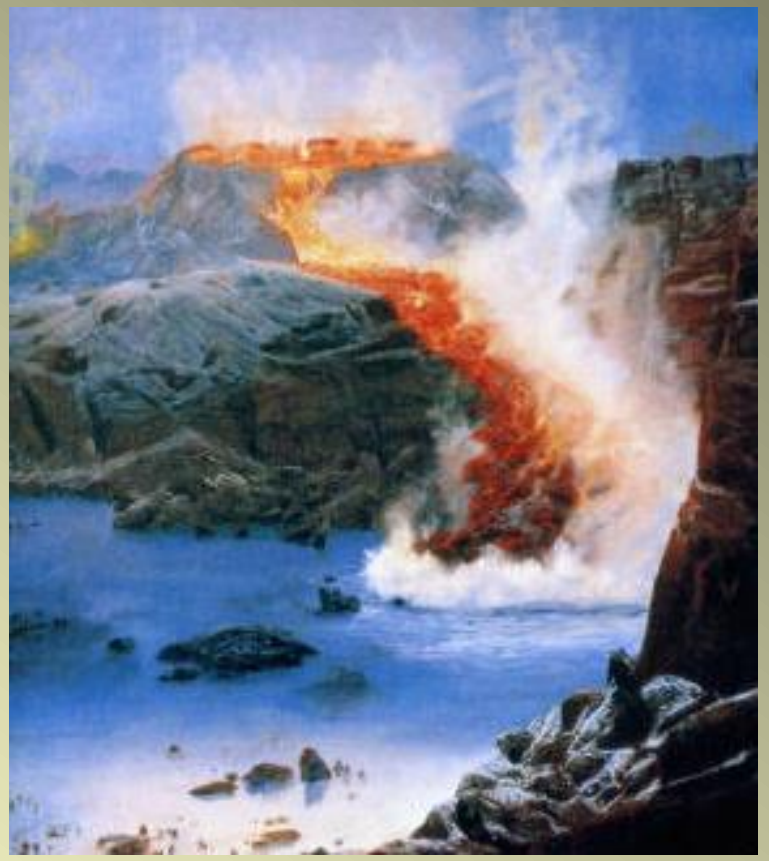
„procyanobacteria"

reakční centrum podobné PSI





bakteriochlorofyl a



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

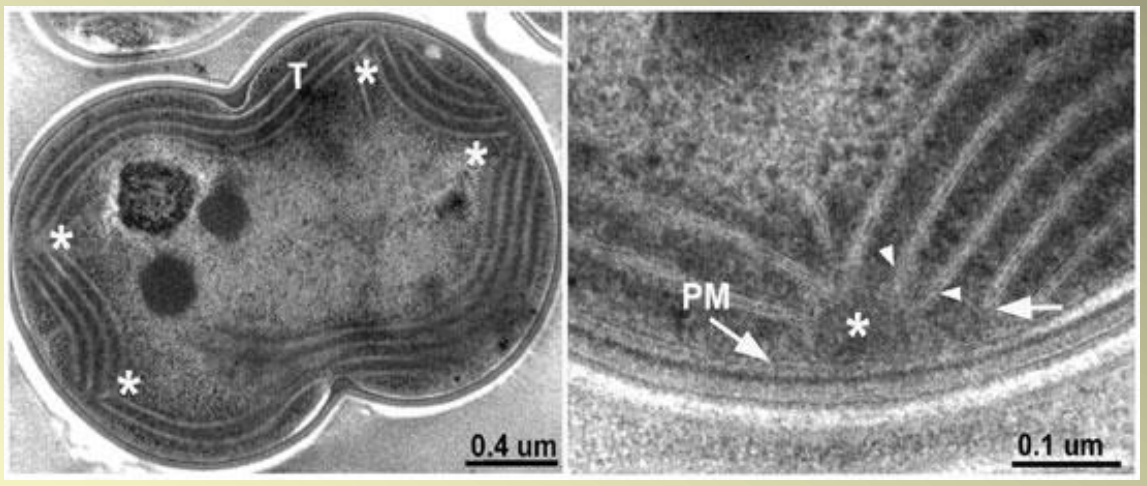
sulfurogenní fotosyntéza, anaerobní prostředí

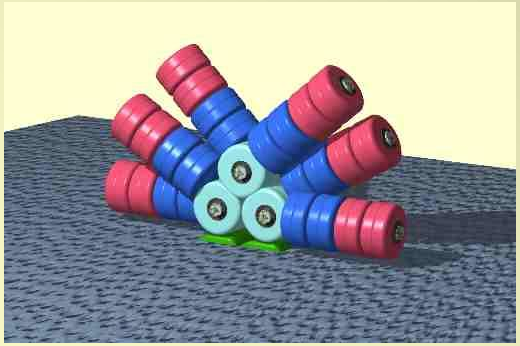
$$CO_2 + 2\ H_2S \rightarrow (CH_2O) + 2\ S + H_2O$$

Sinice - vynález thylakoidů a fykobilisómů

$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$

oxygenní fotosyntéza
(proto také *oxyfototrofní baktérie*)
(umějí ovšem i sulfurogenní fotosyntézu)





fykobilisóm

Fakultativní chemoautotrofové

mnoho druhů má schopnost fotosyntetizovat za aerobních i anaerobních podmínek

co je donorem elektronů?

aerobní podmínky donorem e^- ⇒ voda (produkce O_2)

$$2\ H_2O + CO_2 \rightarrow [CH_2O] + O_2 + H_2O$$

anaerobní podmínky donorem e^- ⇒ sirovodík (nevzniká O_2)

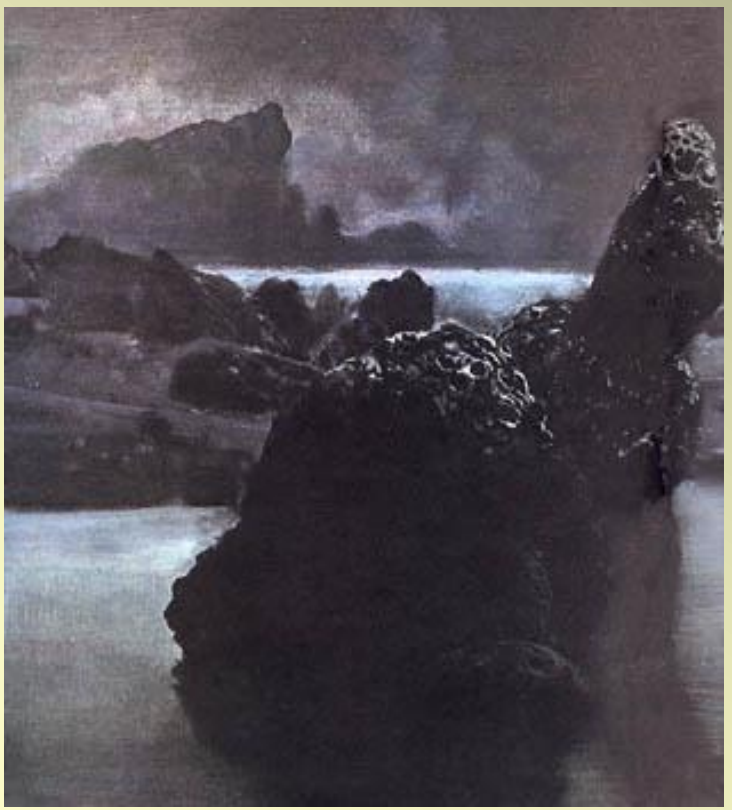
$$2\ H_2S + CO_2 \rightarrow [CH_2O] + 2S + H_2O$$

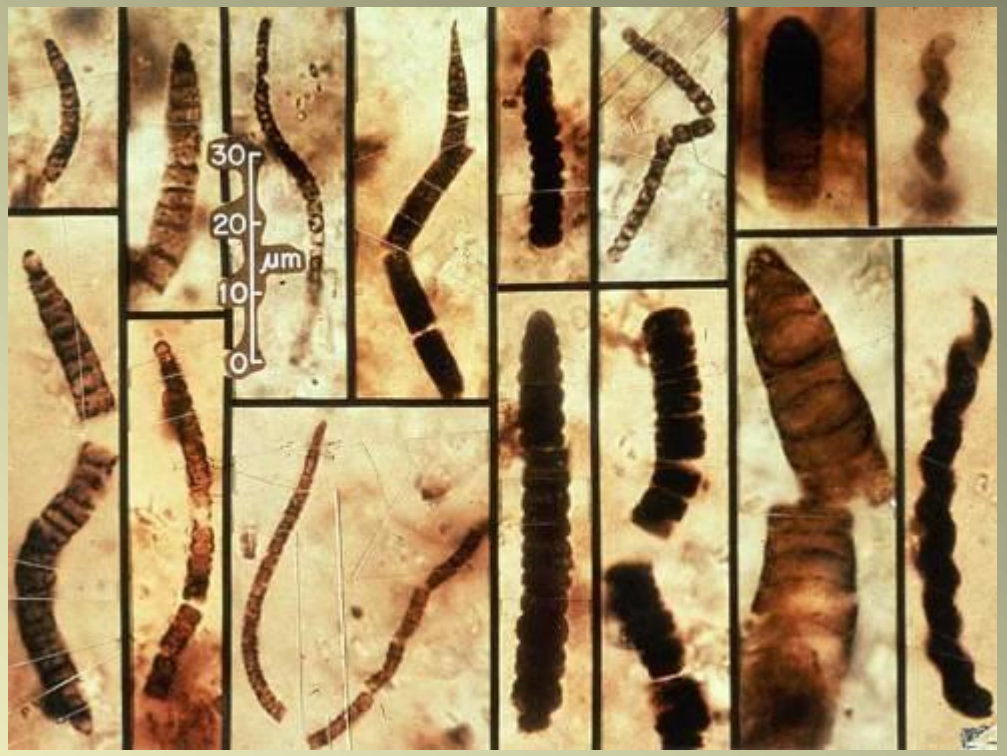
pouze PS I

All after Entwisle et al. (1997)

Země před 3,5 miliardami let

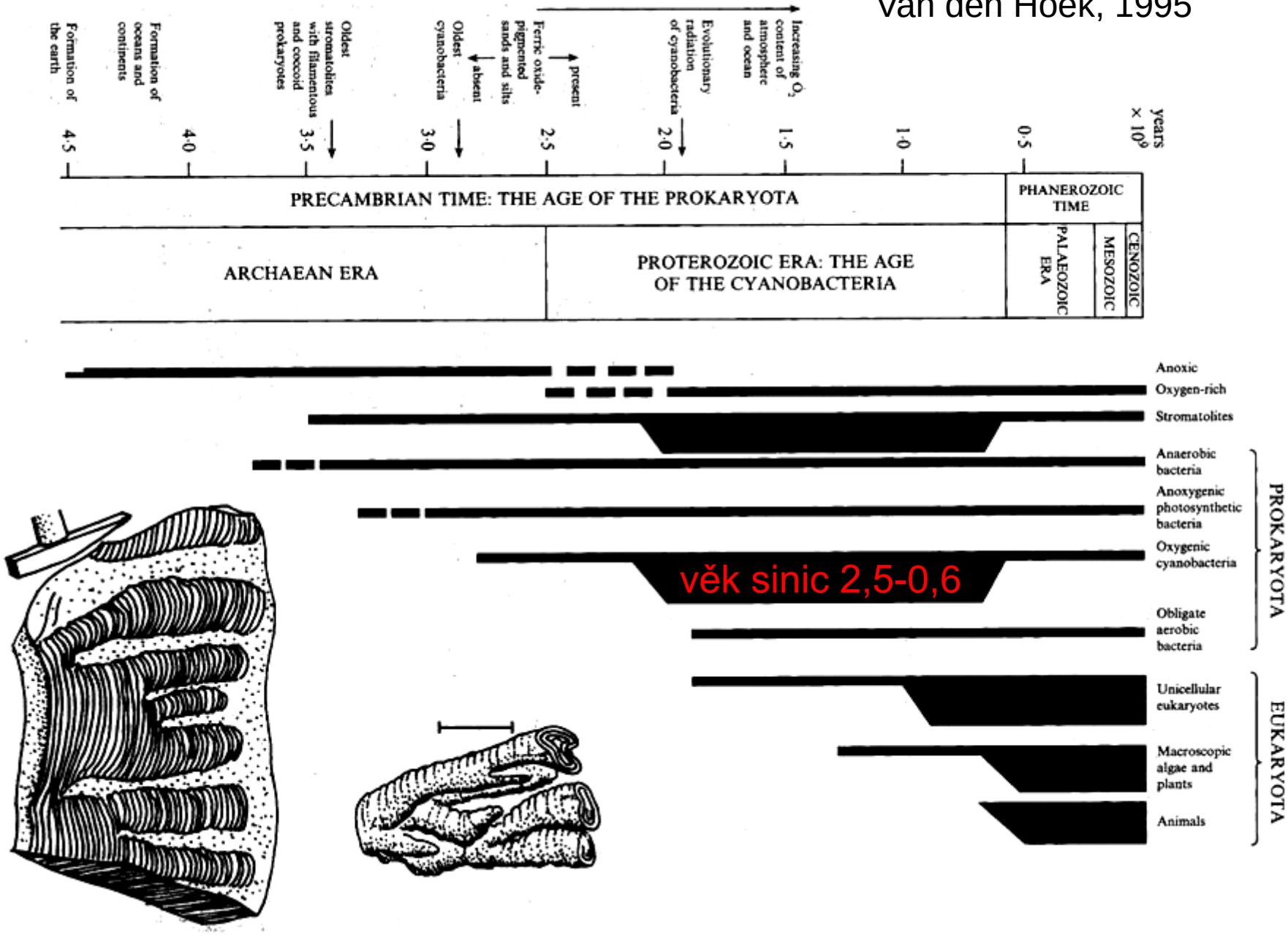
- atmosféra bez kyslíku, převážně oxid uhličitý
- život tvořený výlučně baktériemi



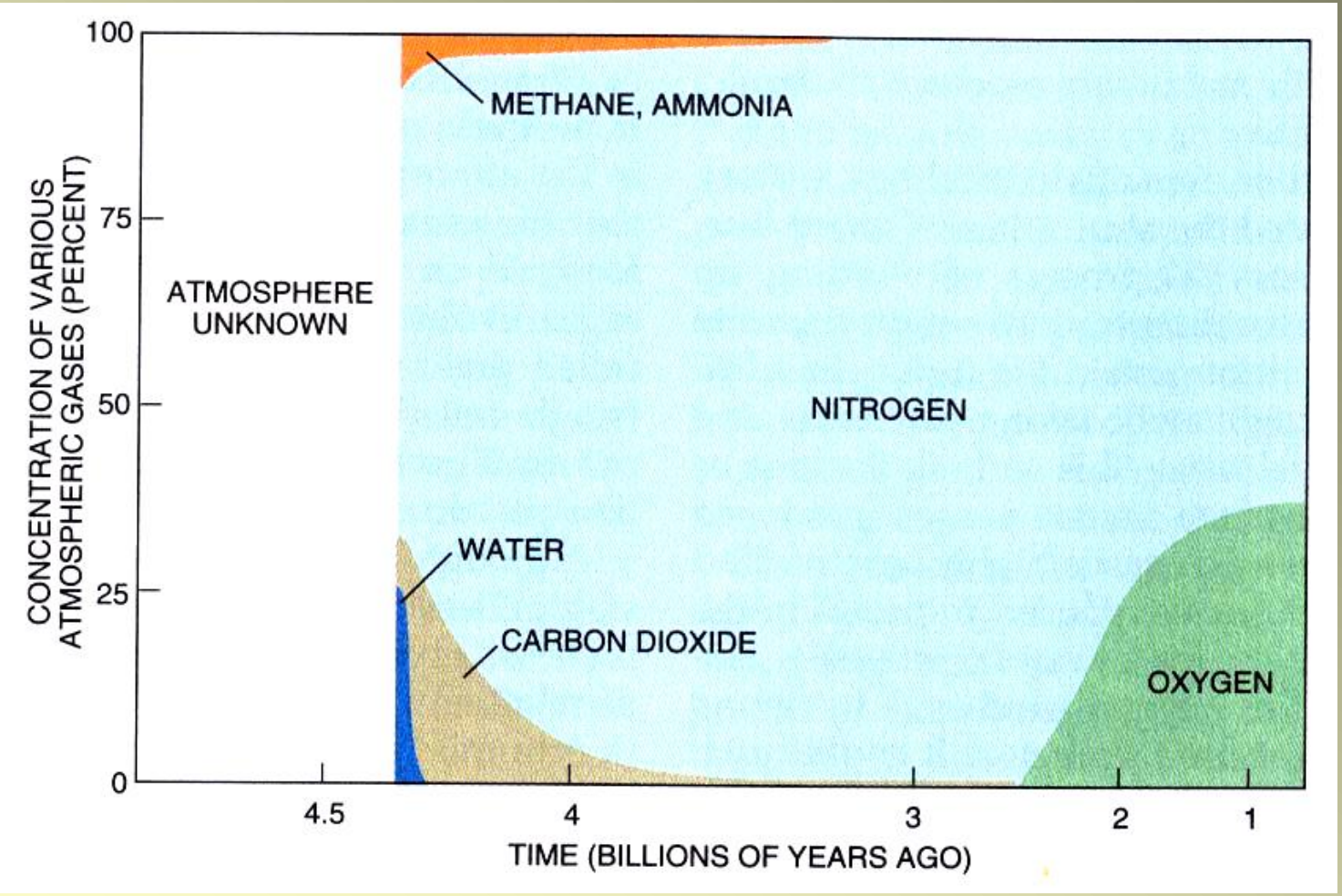


mezi nejstaršími fosiliemi vlákénka připomínající sinice řádu *Oscillatoriales* – 2,7 mld let)

Van den Hoek, 1995



Vývoj koncentrace plynů v atmosféře

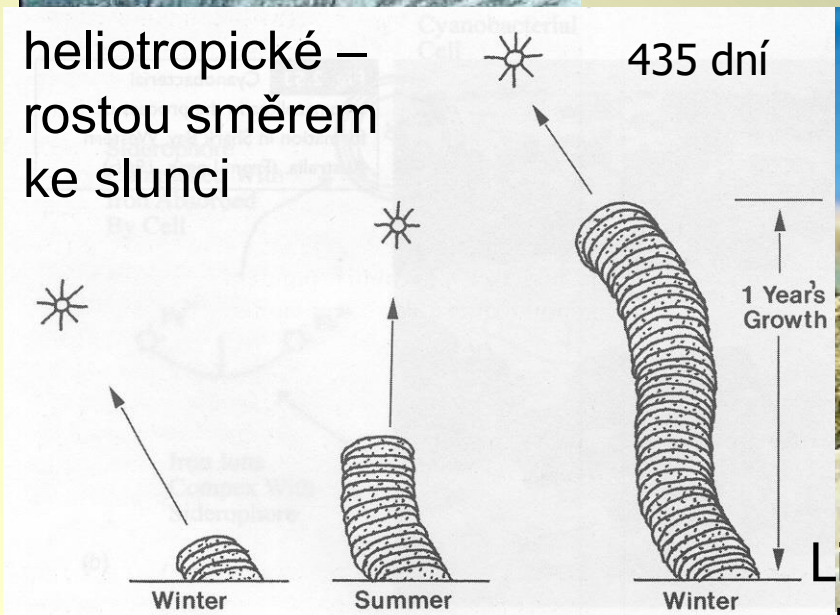


GEO – great oxidation event: 2,45-2,32 mld
vývoj mnohobuněčnosti sinic, vyšší rychlost diversifikace

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

Bahamy

heliotropické – rostou směrem ke slunci

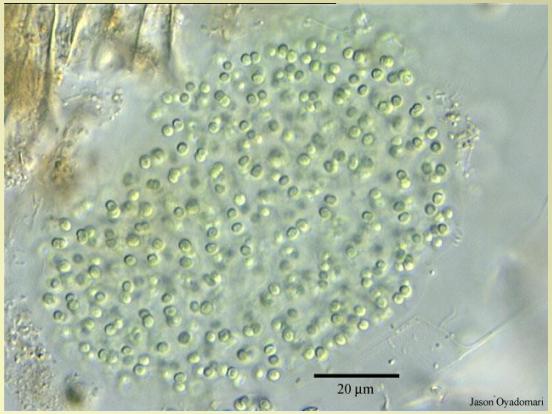


solární rok před 1 mld let – 435 dní

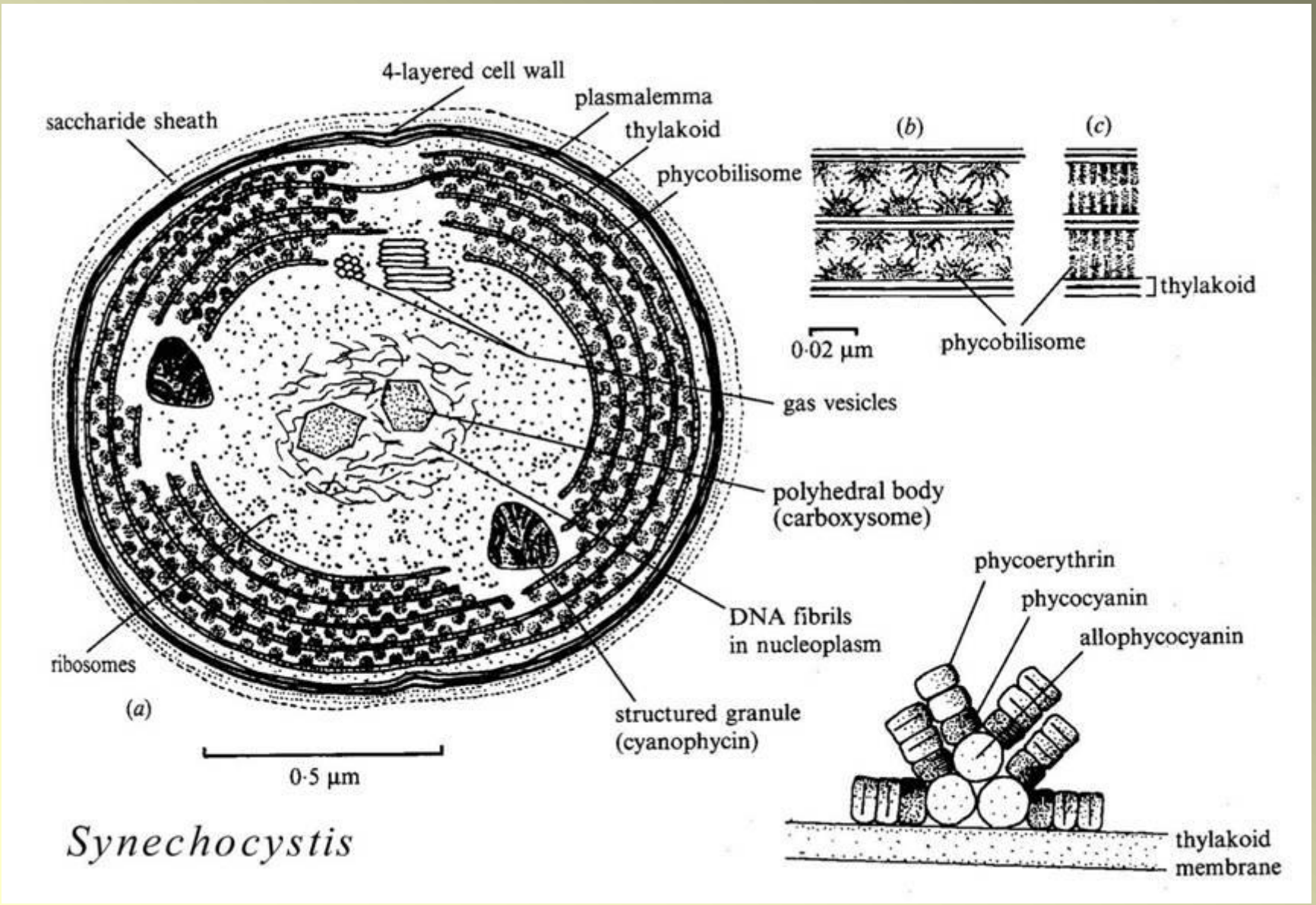
Li et al. 2012 chlorofyl f – nalezen ve stromatolitech, absorbce téměř v infra-red

Charakteristika sinic

- kokální (jednotlivě žijící či koloniální) nebo vláknité stélky
- samozřejmě bakteriální stavba buňky se vším všudy
- chlorofyl a (a někdy i b, c či d)
- u některých veledůležitá schopnost fixace vzdušného dusíku
- žijí úplně všude
- statická evoluce
- rozmnožují se dělením buněk, pohlavní proces nemají
- horizontální přenos DNA plazmidy



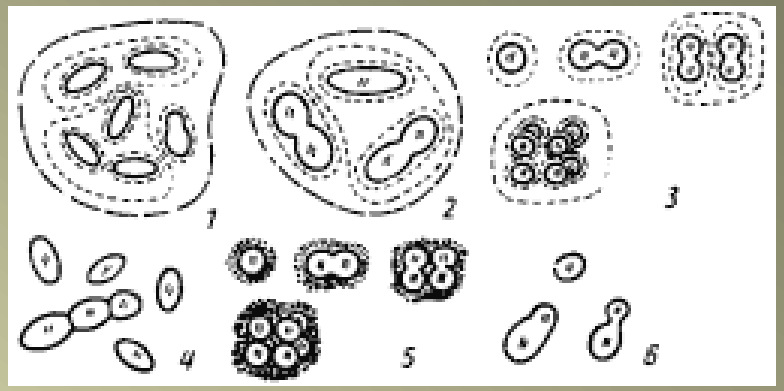
Sinice = G- bakterie



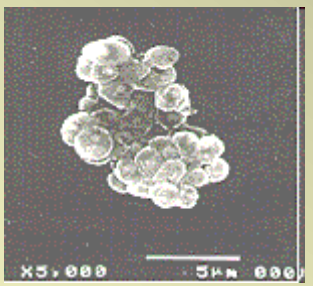
tři typy fotosyntetického aparátu sinic

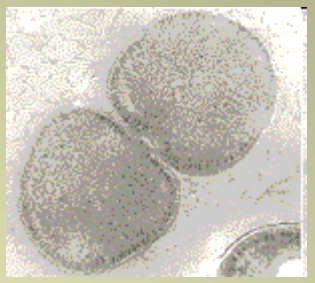
Gloeobacter violaceus

- bez thylakoidů, fykobilisómy a pigmenty na plasm. membráně



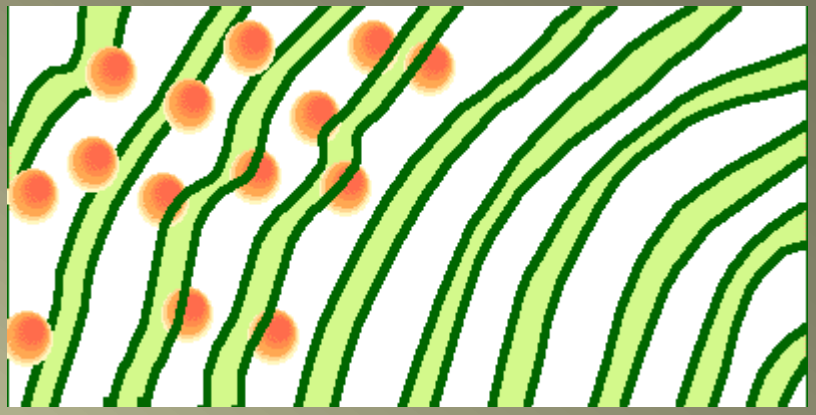
G. violaceus byl izolován z povrchu vápencové skály ve Švýcarsku
Je to pravděpodobně nejprimitivnější existující sinice, která představuje jejich nejpůvodnější typ.

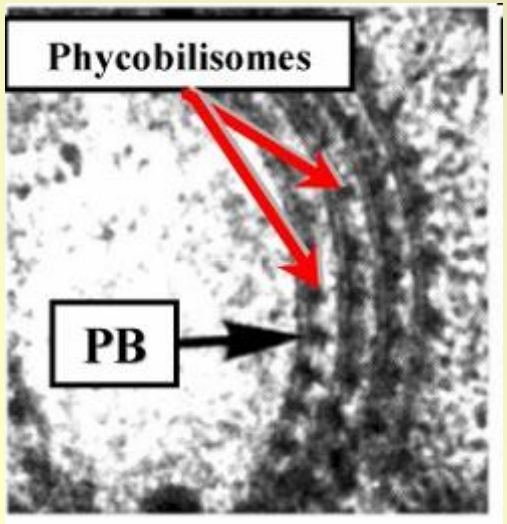


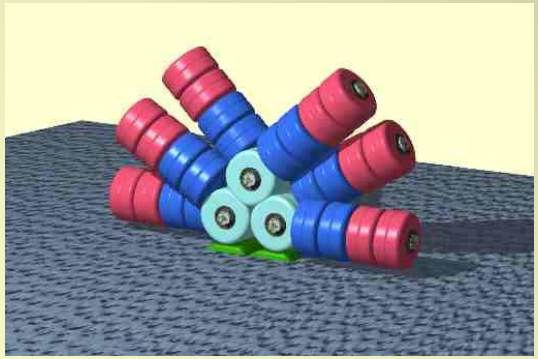


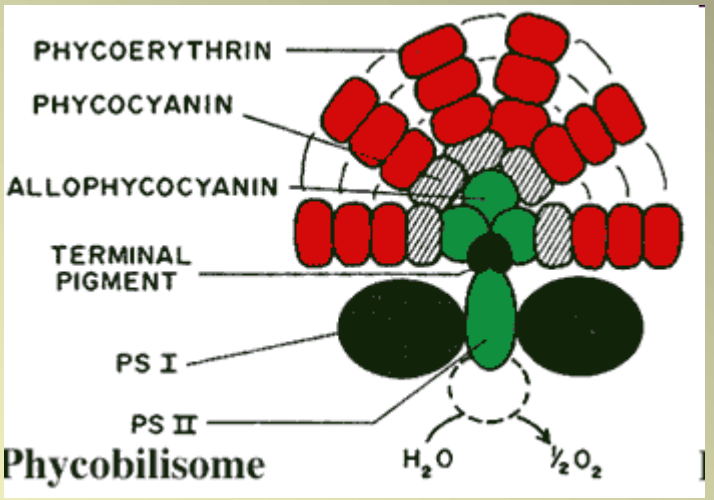
standardní stav (typ *Synechococcus*)

- thylakoidy, na nich fykobilisómy





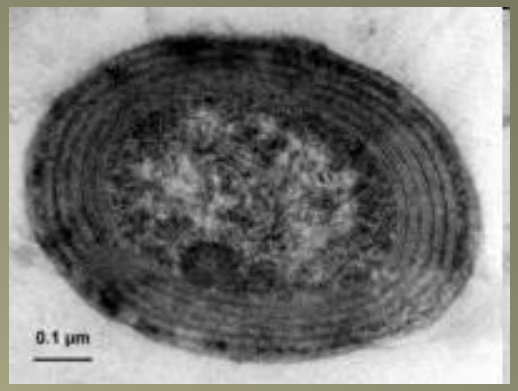


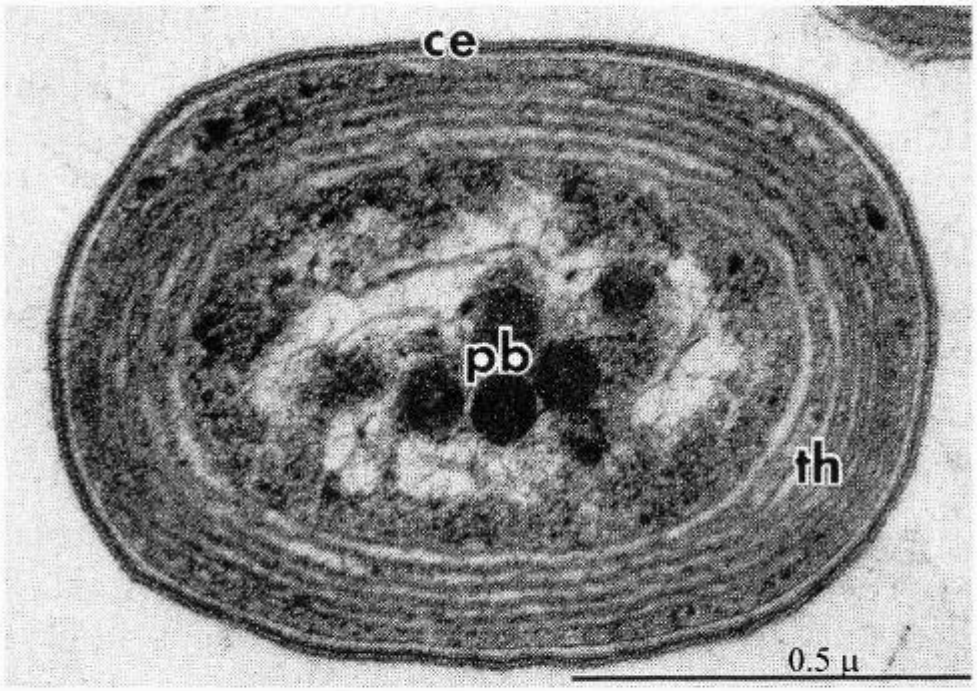


typ *Prochlorococcus*

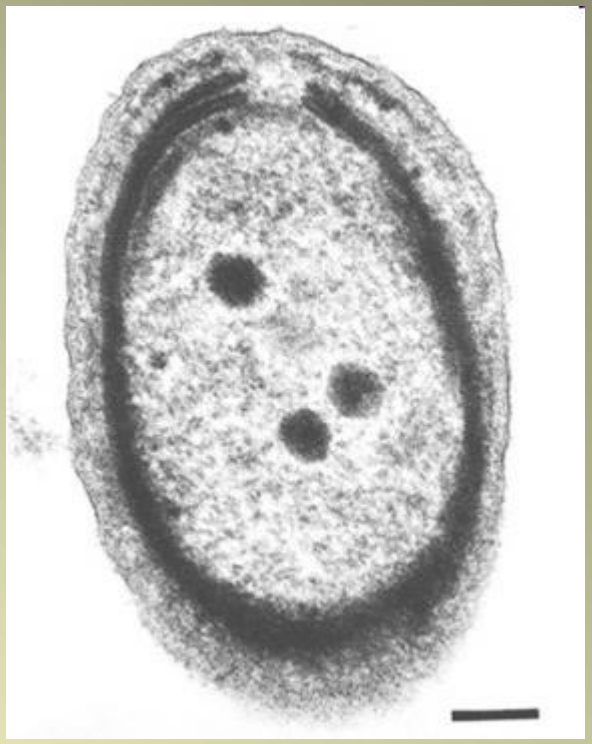
(*Prochloron, Prochloroccoccus, Prochlorothrix, Acaryochloris*)

- úplně bez fykobilisómů, s chlorofylem *b*





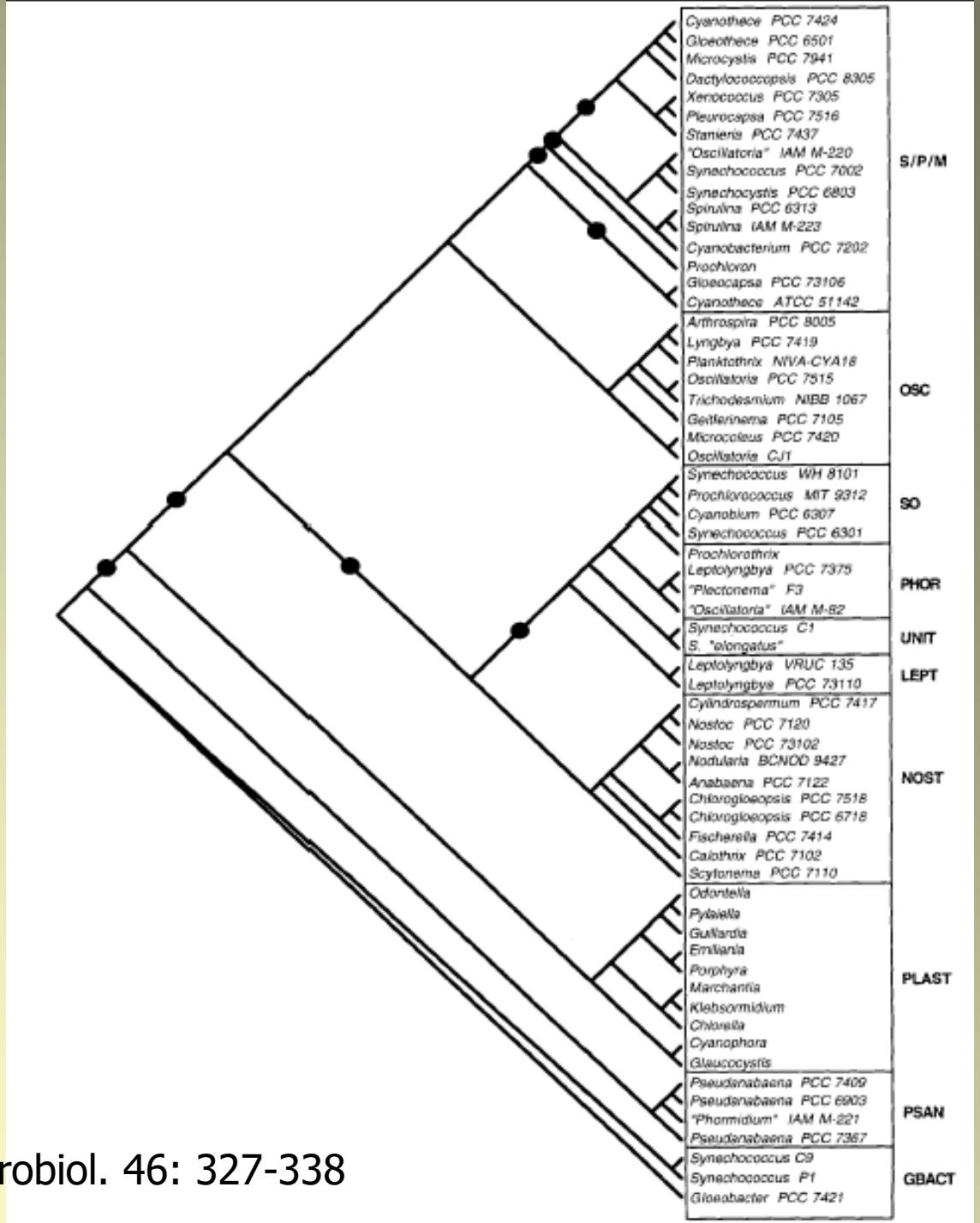
ce: Cell Envelope
pb: Polyhedral Bodies
th: Thylakoids



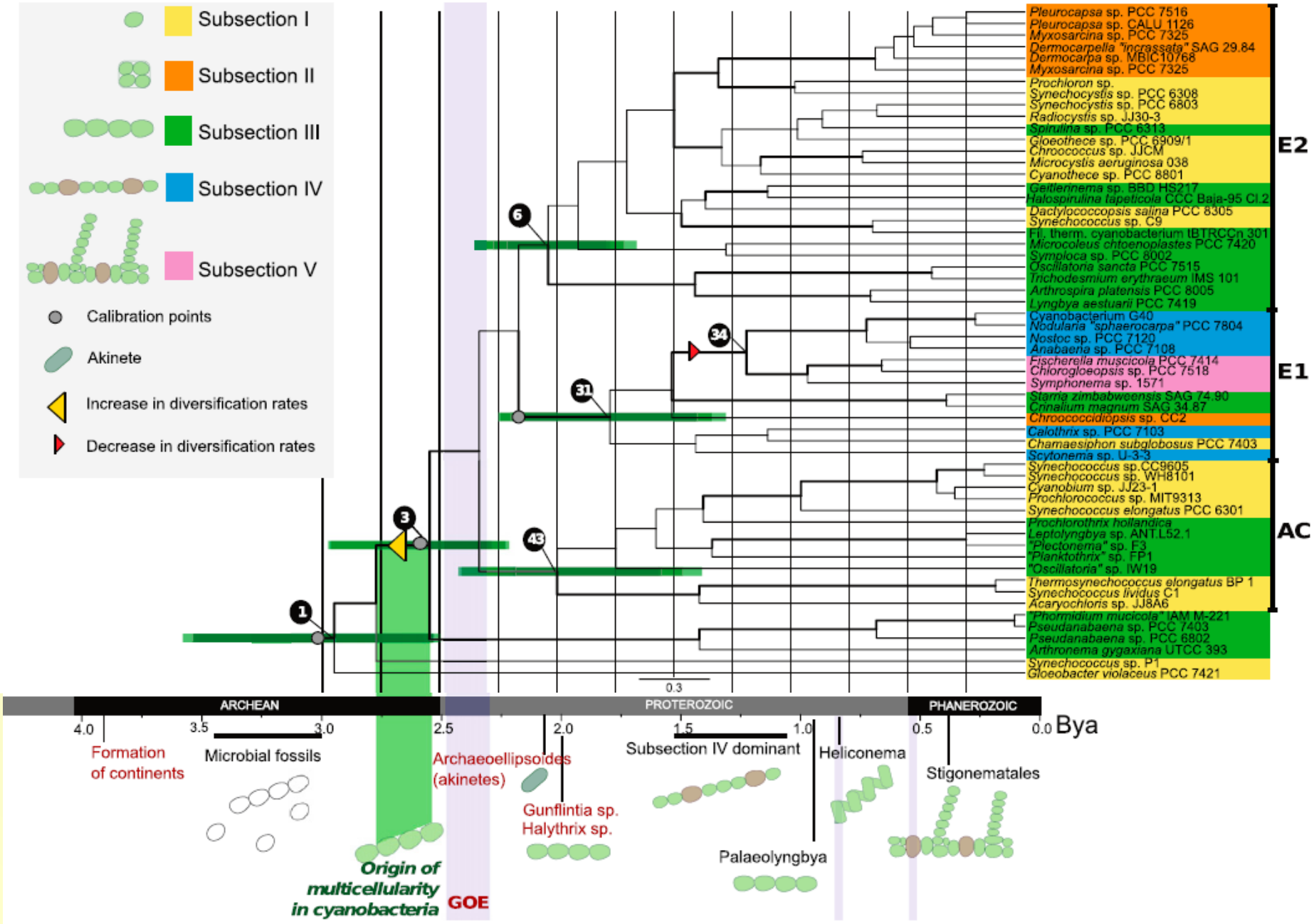
sinicová fylogeneze

16S rRNA – sinice a plastidy

sinice - předkem všech plastidů

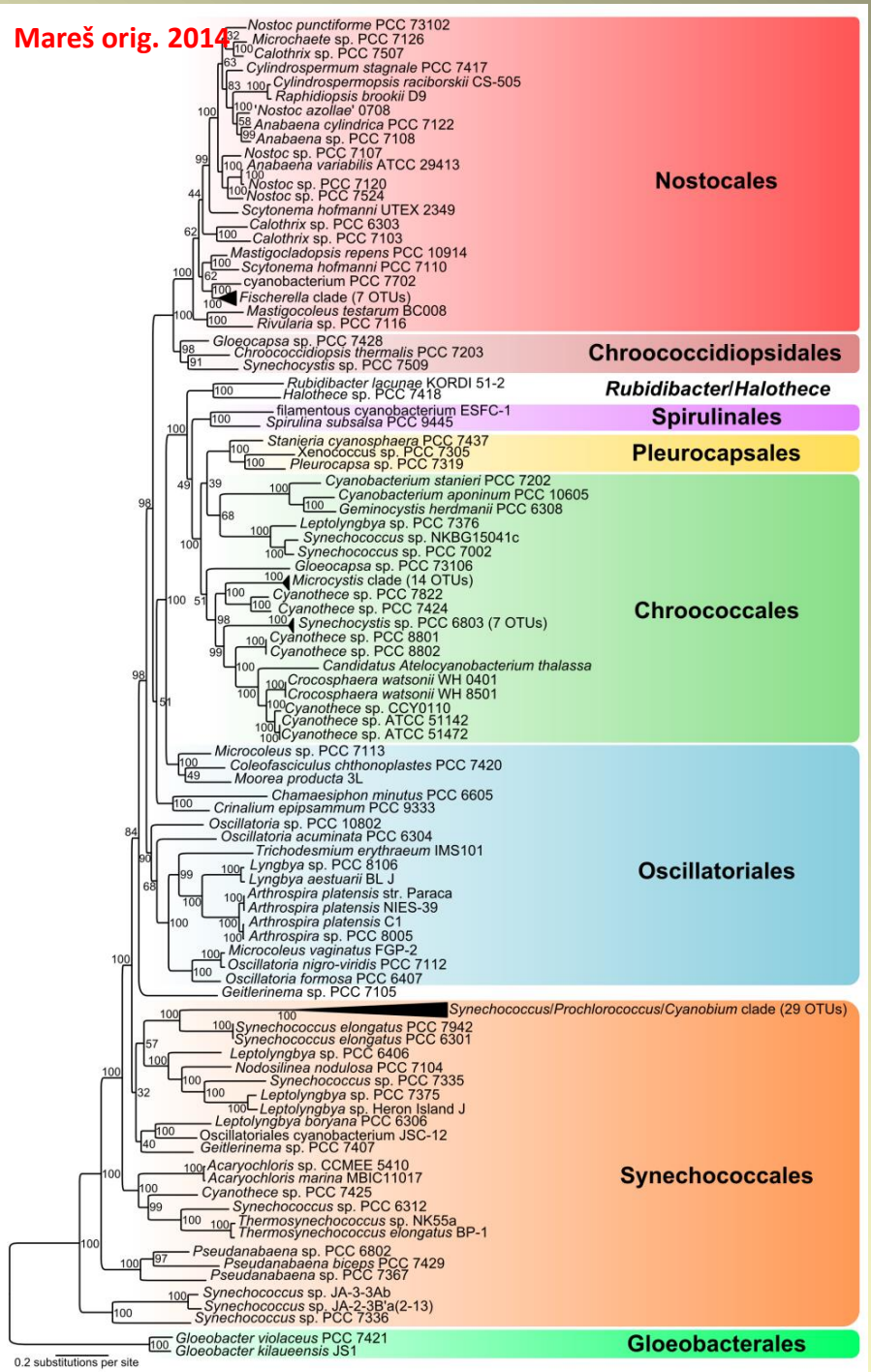


Turner et al, 1999, J. Euk. Microbiol. 46: 327-338



Schirrmeister et al. 2013 PNAS

Mareš orig. 2014



Filamentous types with complicated cytology and development of heterocytes, akinetes, resp. arthrospores. Facultative false or true branching.

Complicated coccoid types with baeocytes.

Coccoid; often baeocyte production.

Coccoid types with complicated cytology (incl. thylakoidal system).

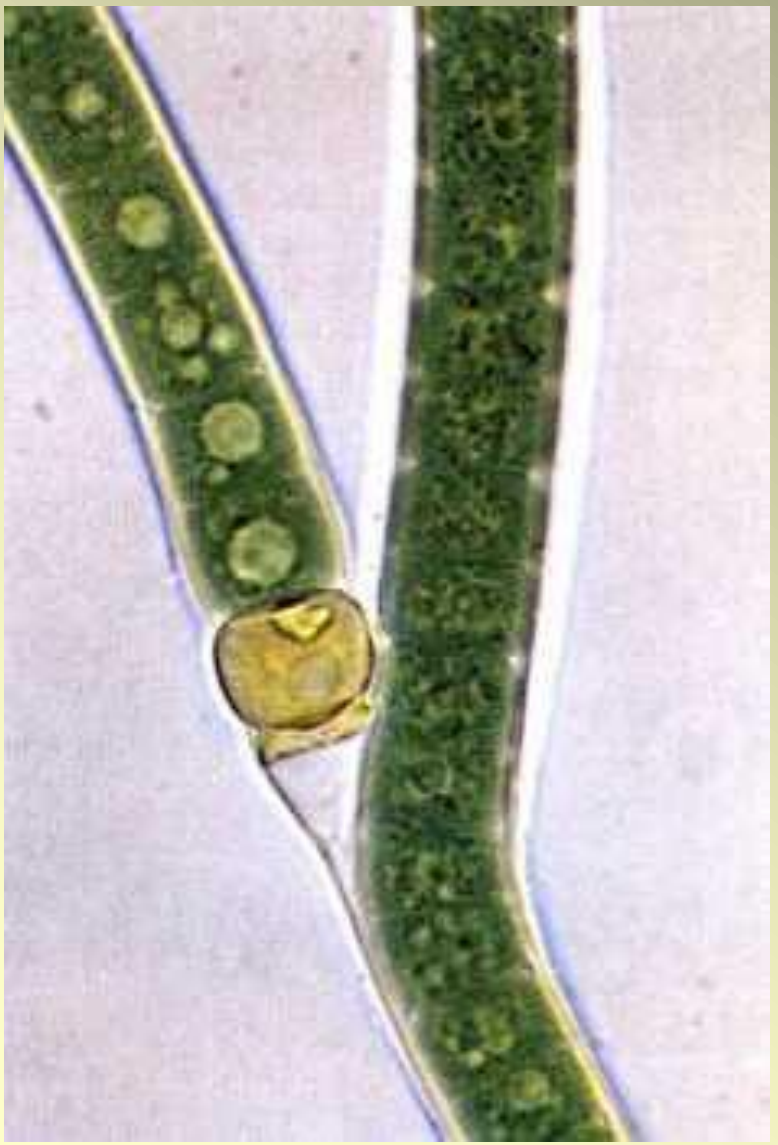
Filamentous types without heterocytes and akinetes; with complicated cytology, particularly thylakoidal system.

Simple coccoid and simple filamentous types with parietal arrangement of thylakoids.

Phylogenetic differences are indistinct.

Coccoid types with lacking thylakoids.

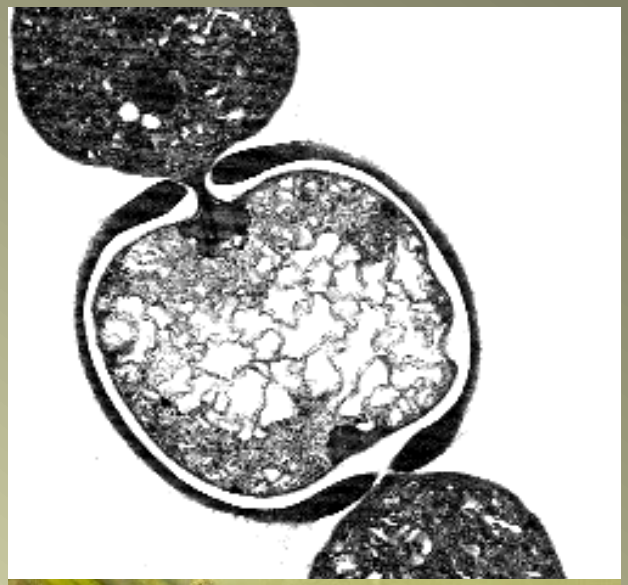
nepravé větvení (incl. in skupina **IV**)

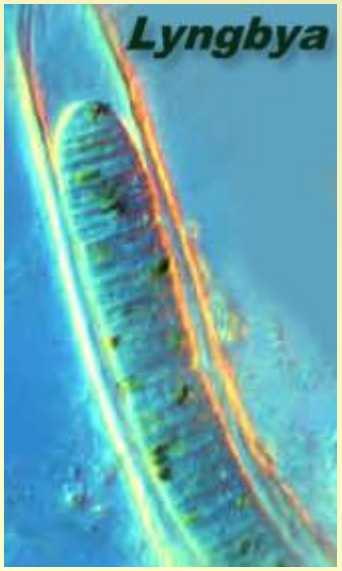


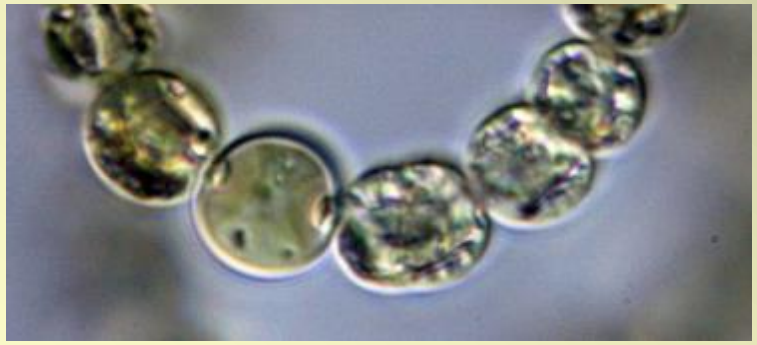
pravé větvení (skupina **V)**

nitrogenační schopnost sinic

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







Fixace vzdušného N_2

fixace = přeměna atmosférického N_2 (N≡N) na využitelnou formu dusíku (amoniak: NH_4^+)

$$N_2 + 8\ H^+ + 16\ ATP \rightarrow 2\ NH_3 + H_2 + 16\ ADP + 16\ P$$

N – limitující prvek v moři, nutný pro tvorbu aminokyselin

pouze sinice a bakterie mají schopnost fixovat N; sinice zároveň produkují O_2 → inaktivuje **nitrogenázu**

prostorová nebo časová separace obou aktivit

Energeticky nejnáročnější proces v biologii!!

Fig. 3. The geochemical record of atmospheric oxygen as it relates to nitrogen fixation and the evolution of heterocystous cyanobacteria

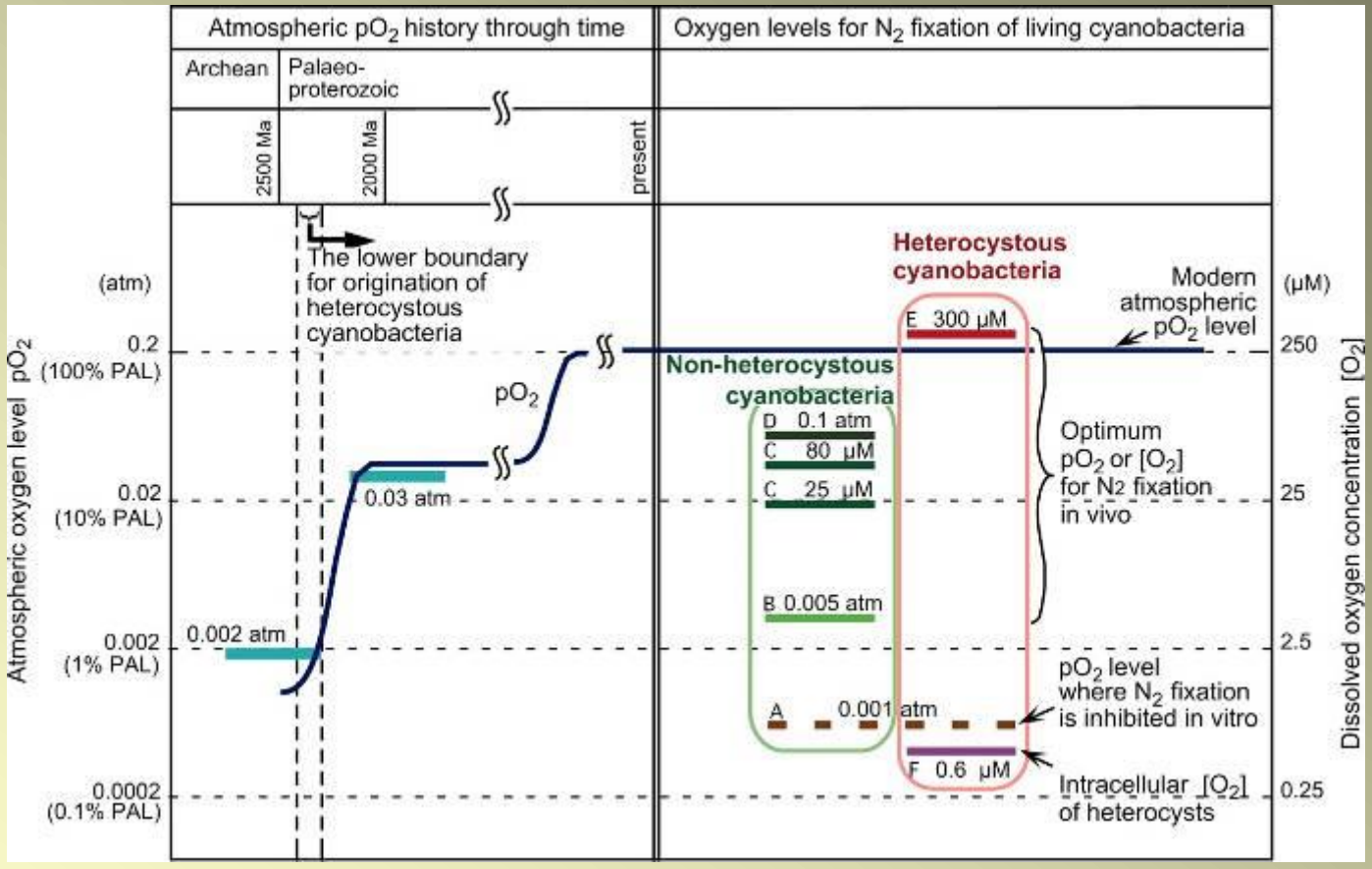


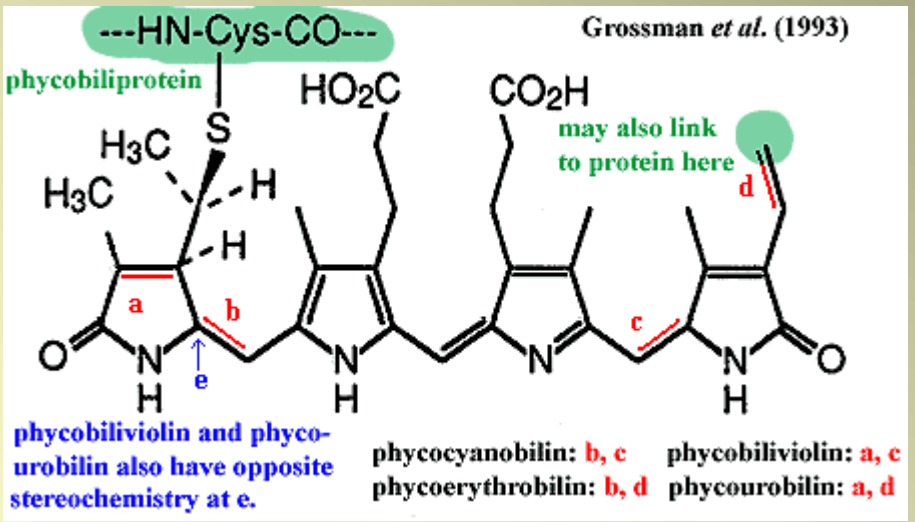
Fig. 3. The geochemical record of atmospheric oxygen as it relates to nitrogen fixation and the evolution of heterocystous cyanobacteria. The curve presents an estimate of atmospheric P_{O2} through time, as constrained by paleosol (42) and S isotopic (43, 44, 46) data. Numbers in *Right* indicate the P_{O2} level at which *in vitro* nitrogenase activity is inhibited in nonheterocystous *Plectonema* and heterocystous *Anabaena* (34) (A), and P_{O2} or $[O_2]$ optima for *in vivo* nitrogenase activity of *Plectonema* (36) (B), nonheterocystous *Gloeothece* (37) (C), *Trichodesmium* (38) (D), and *Anabaena* (39) (E). F indicates the intracellular $[O_2]$ of *Anabaena* heterocysts. The $[O_2]$ (the left vertical axis) corresponds to P_{O2} (right axis) when $[O_2]$ is 250 μM in air-saturated water. PAL, present atmospheric level.

Tomitani, Akiko et al. (2006) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 103, 5442-5447

Copyright ©2006 by the National Academy of Sciences

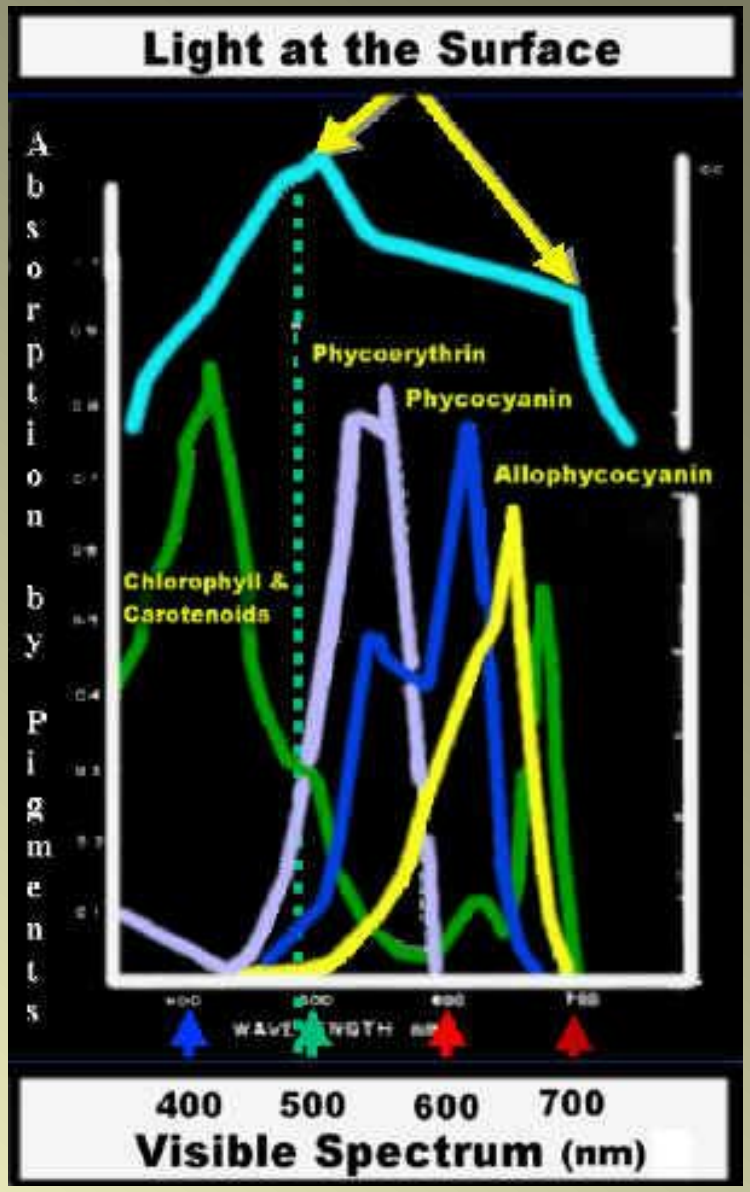
Pigmenty

chlorofyly, karotenoidy



fykobiliproteiny

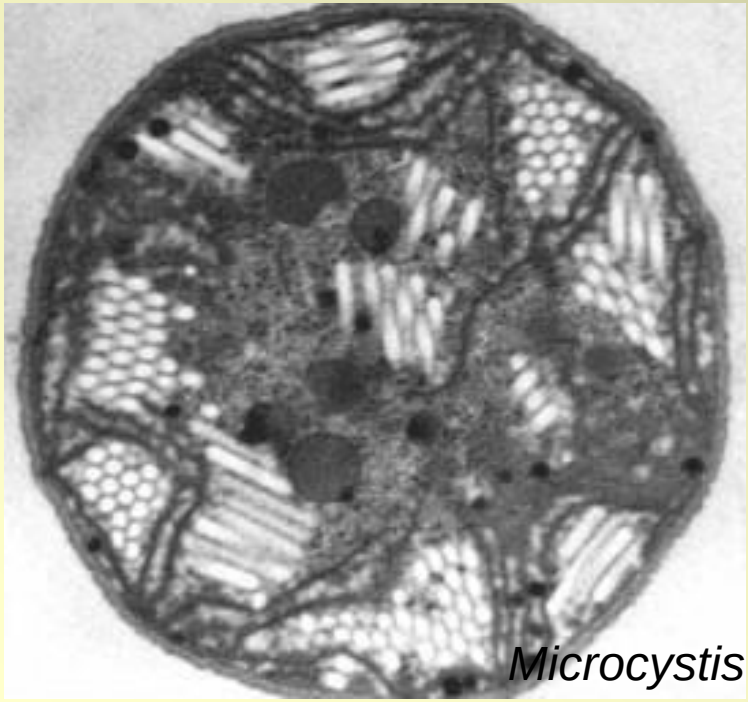
fykobiliproteiny vyplňují „mezeru“ v absorbčním spektru chlorofylů a karotenoidů



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

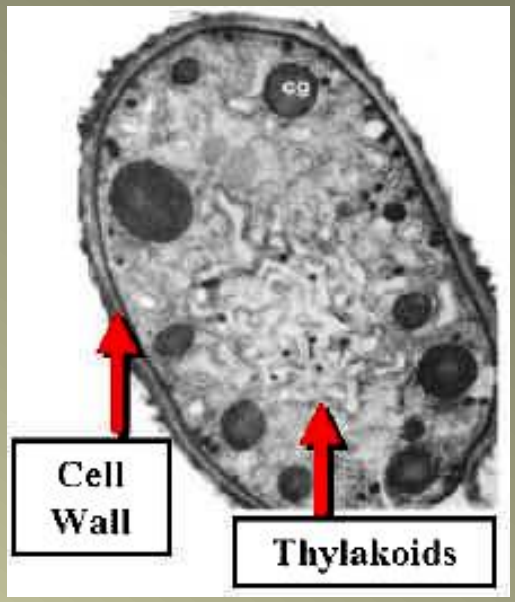


Microcystis

Odpočívající stádia - akinety

- vznik z 1 či více veget. b., velké, odolné
- ztlustá BS, především zásobní látky
- známé znovuoživení po 86 letech

Anabaena



Anabaena - klíčení

Aphanizomenon

Kolik je vlastně druhů sinic?

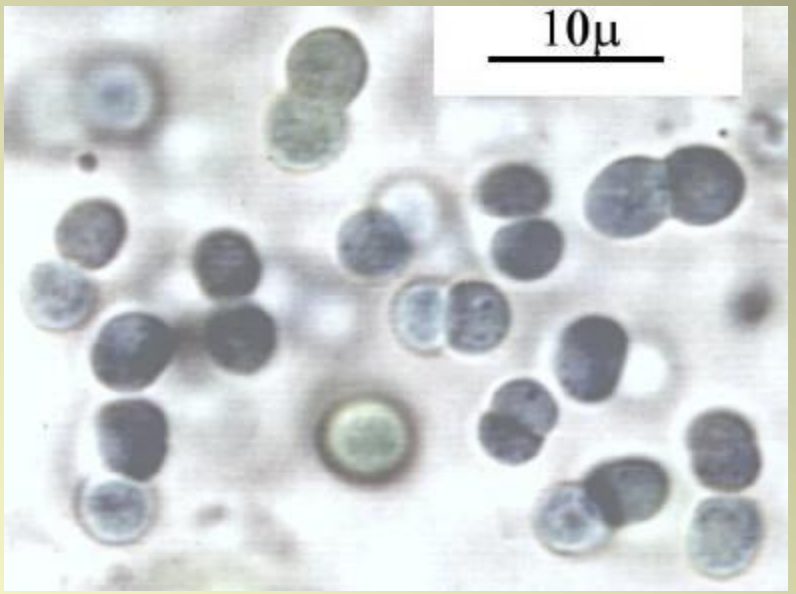
- van den Hoek et al. (1995): 2000 druhů ve 150 rodech
- Castenholz (1992): sinice žádné druhy nemají
- Komárek & Anagnostidis (1999): desetitisíce druhů

Proč se to tak liší?
Problémy s pojetím prokaryotického druhu, problémy s fenoplasticitou, problémy se statickou evolucí.

HGT- horizontální genový transfer

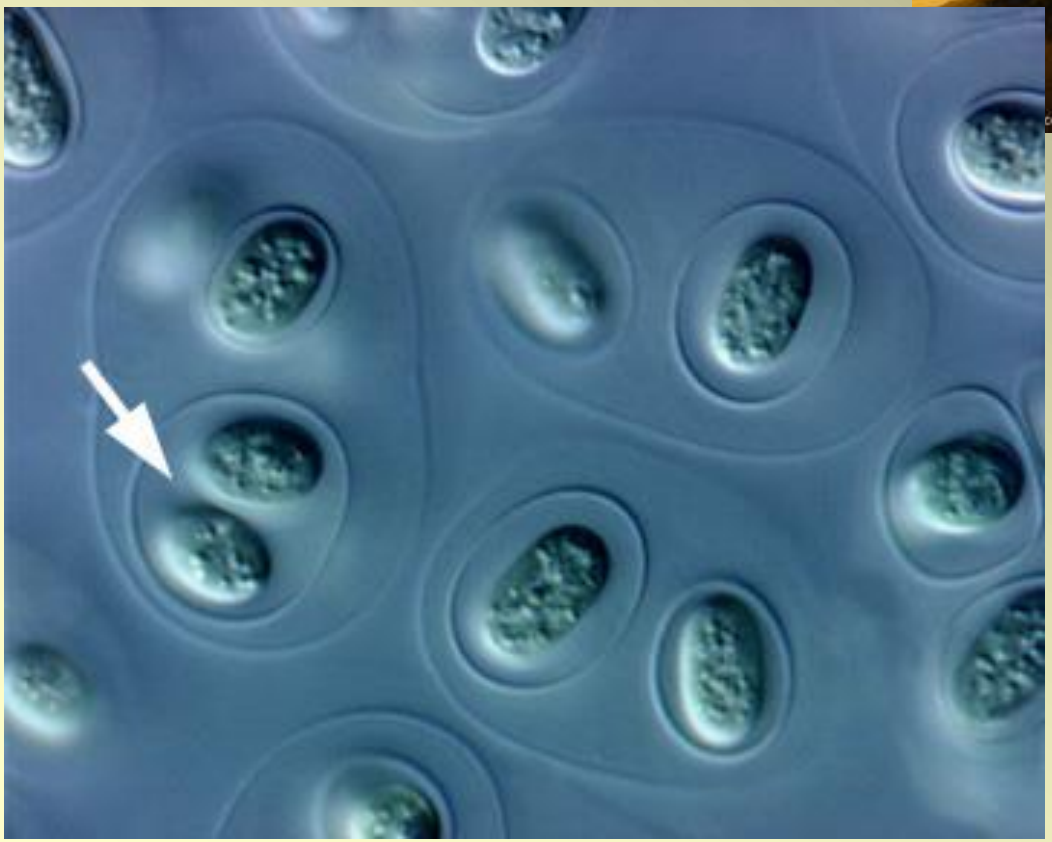
druh = co lze unikátně definovat vztahem k prostředí a ostatním druhům, případně unikátní morfologie

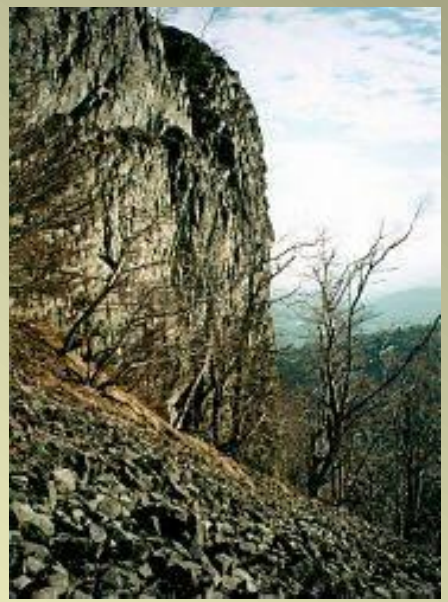
kokální sinice: Synechocystis



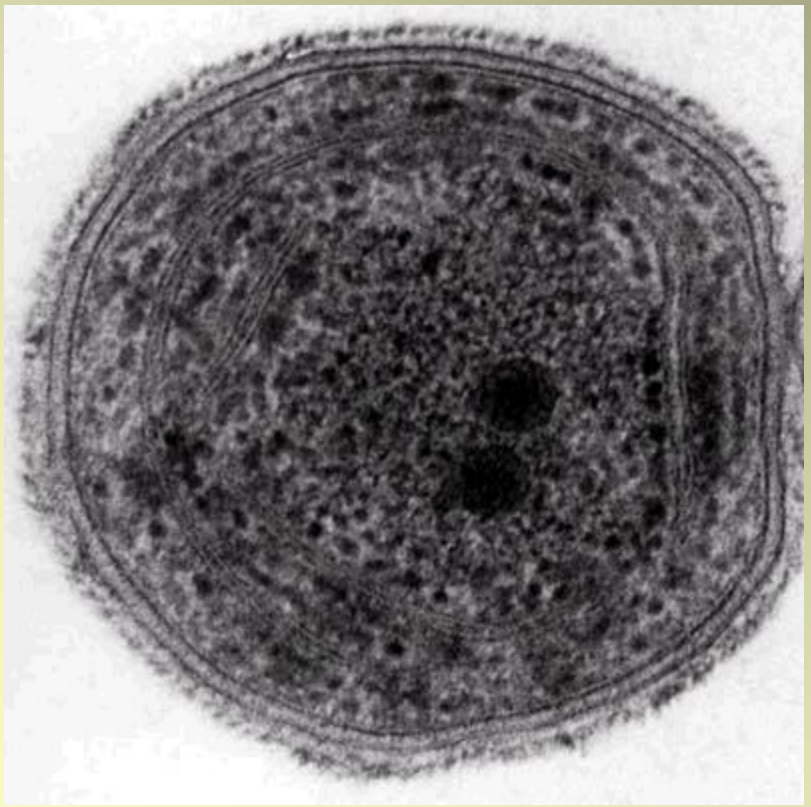
Chroococcus

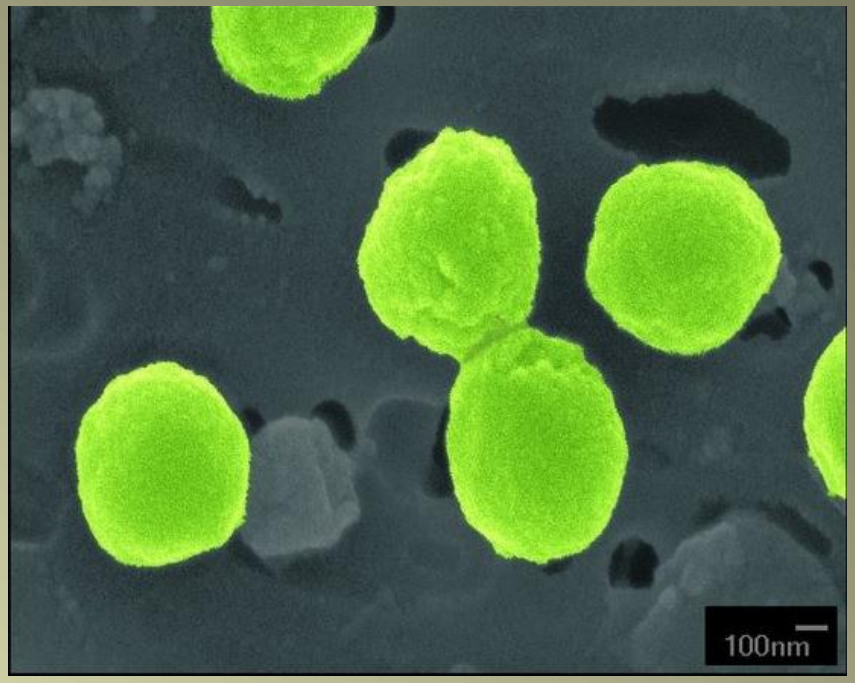
Gloeocapsa





Prochlorococcus

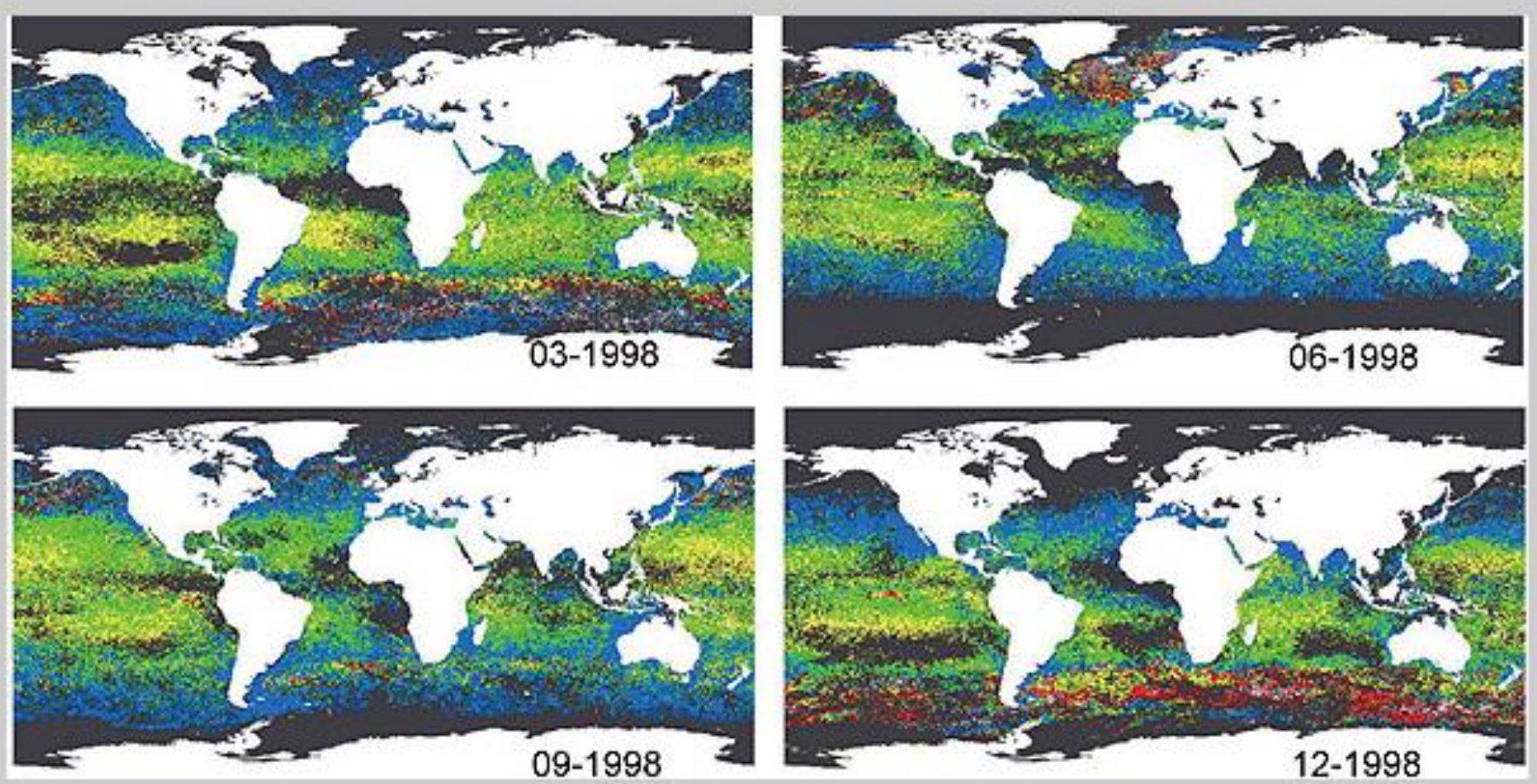




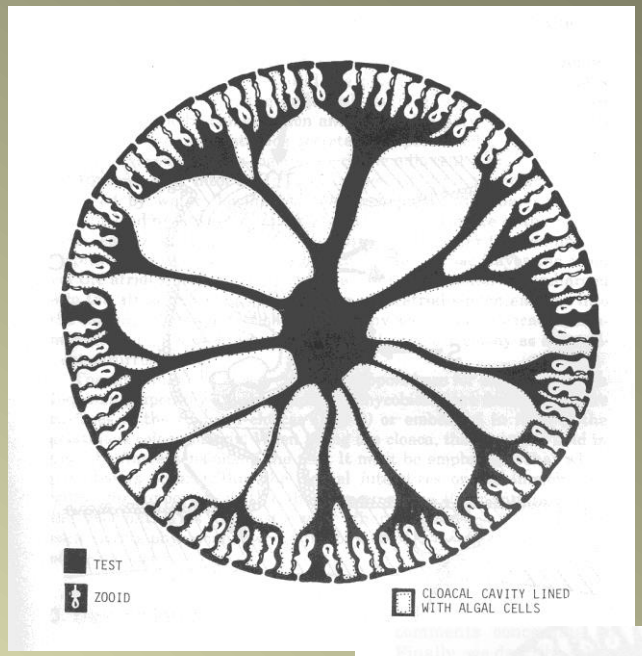
dominanta oceanického fytoplanktonu, až 50% primární produkce oceánů, příklad pikoplanktonního organismu

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.



Prochloron



symbioza se sumkami

(Chordata, Tunicata)

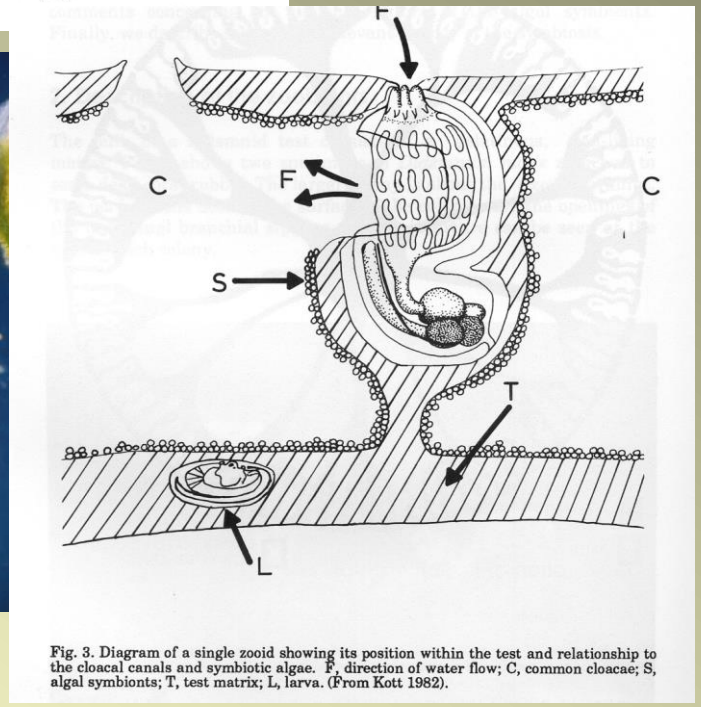
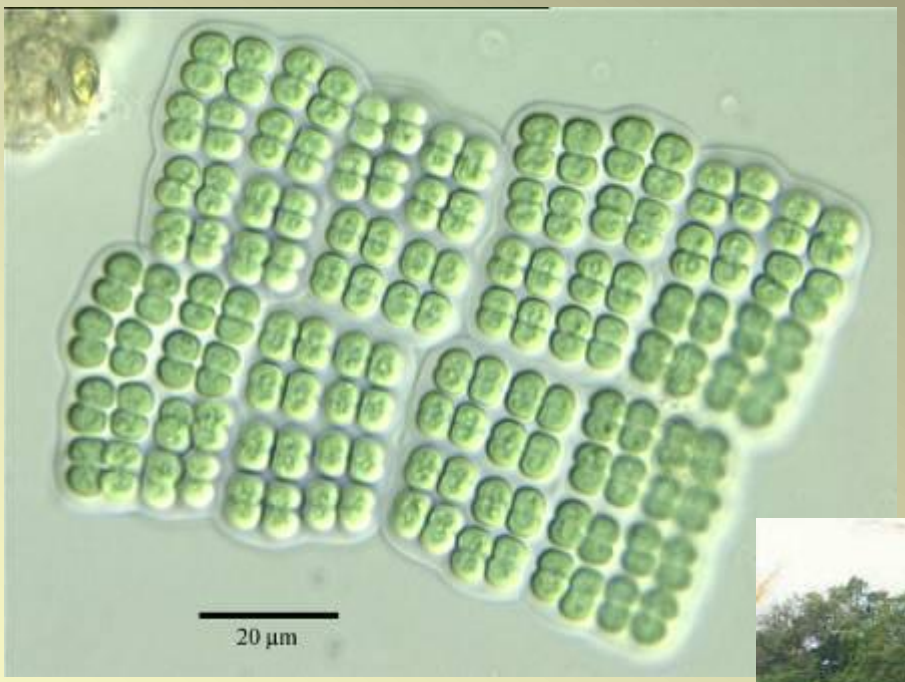


Fig. 3. Diagram of a single zooid showing its position within the test and relationship to the cloacal canals and symbiotic algae. F, direction of water flow; C, common cloacae; S, algal symbionts; T, test matrix; L, larva. (From Kott 1982).

obligátní symbiont, nelze ho kultivovat

Prochloron + Didemnum (Chordata, Tunicata)

Merismopedia

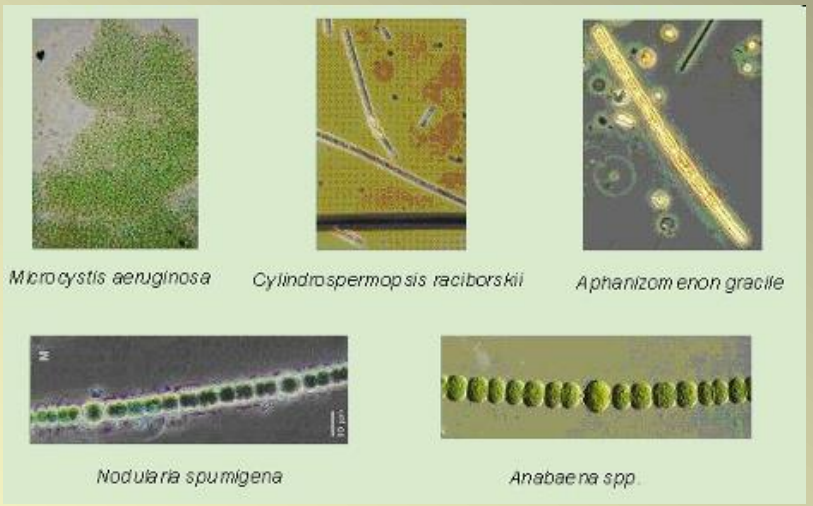


fytobentos stojatých sladkých vod

sinicové vodní květy (water blooms)

hlavně rody:

***Microcystis**, Planktothrix, **Dolichospermum, Aphanizomenon**, Cylindrospermopsis, Nodularia*

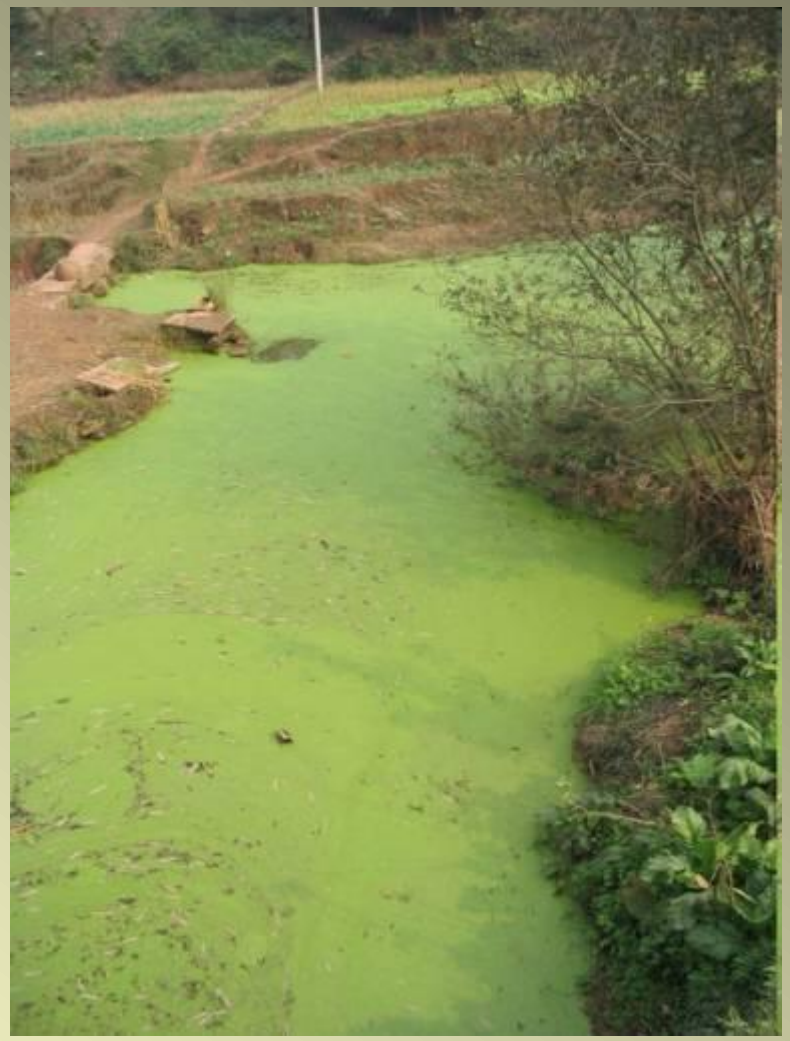


anatoxiny, saxitoxiny – alkaloidní neurotoxiny
cylindrospermopsiny – alkaloidní hepatotoxiny
microcystiny – peptidické hepatotoxiny

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

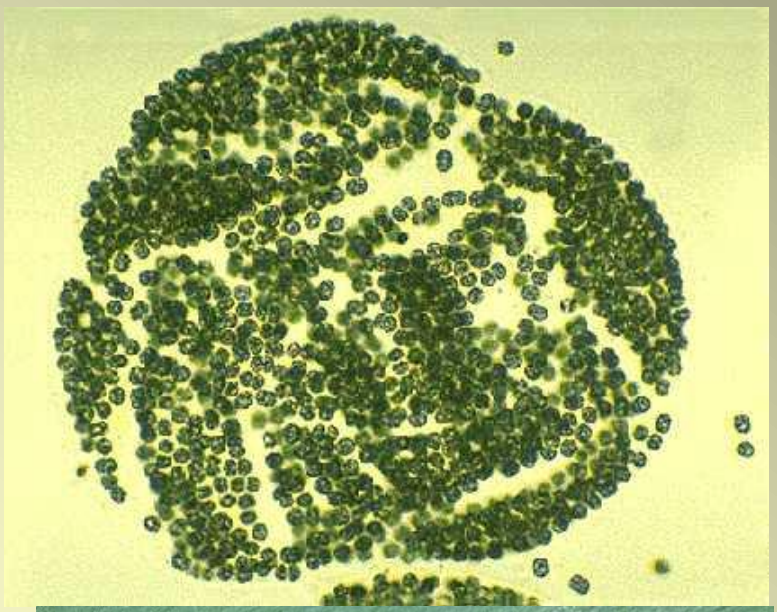
technologické prostředky „boje" s v.k.:
bagrování sedimentů, použití algicidů,
umělé provzdušňování, srážení hlinitými solemi (PAX-18)

další info: www.sinice.cz (BÚ AV ČR)



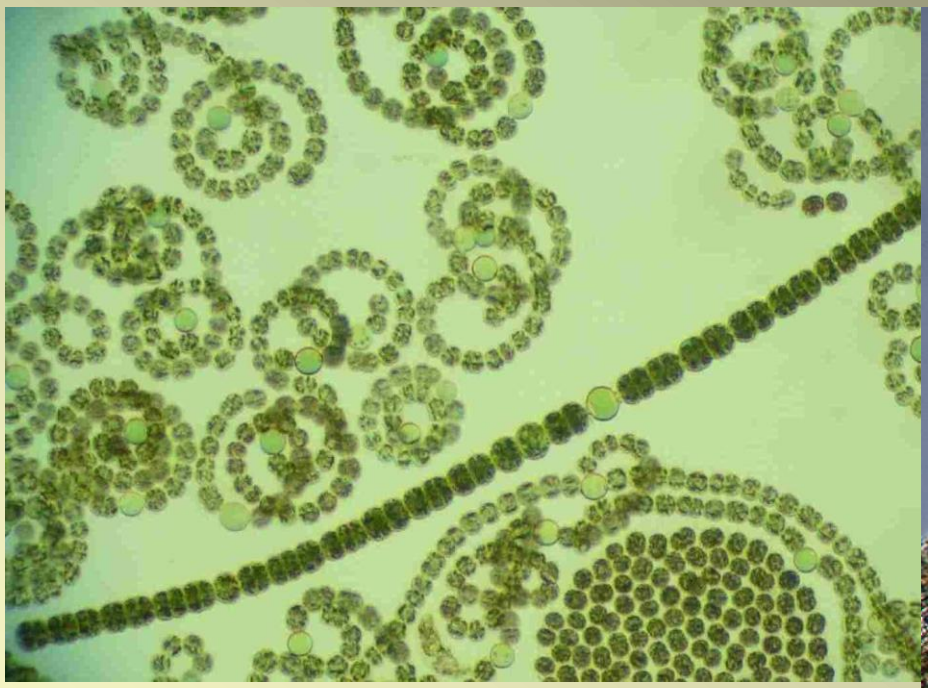
- příčiny vzniku, ekologická dynamika,
- environmentální význam, cyanotoxiny

Microcystis



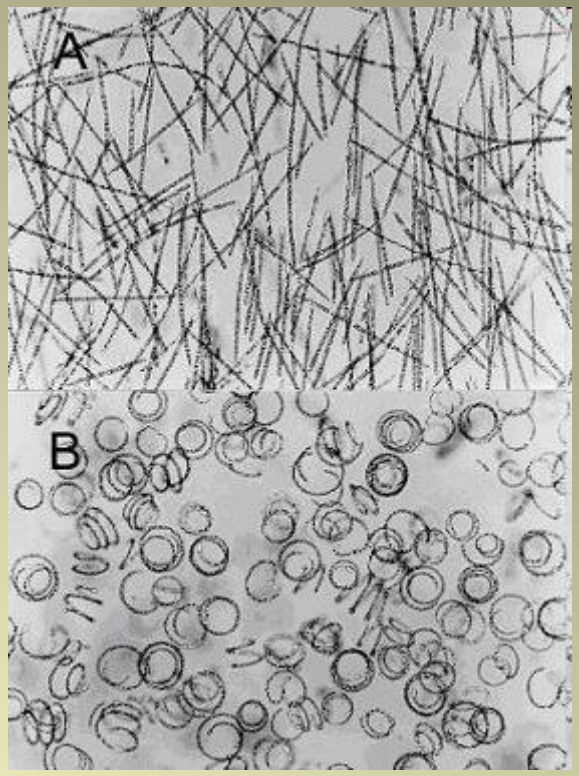
součást vodních květů, producent cyanotoxinů, alergen

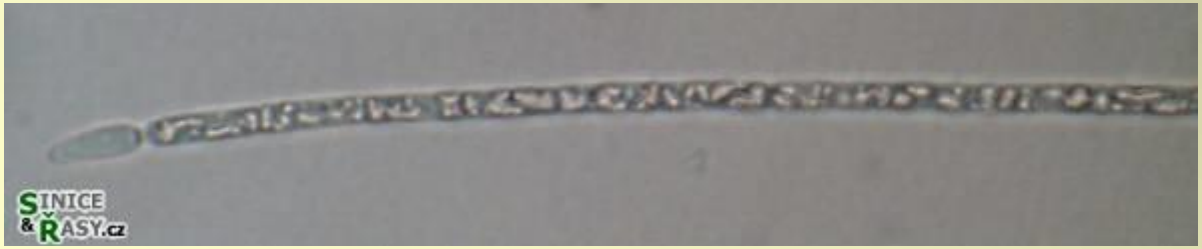
Dolichospermum, Aphanizomenon



Cylindrospermopsis raciborskii

v.k. C. raciborski v severní Argentině



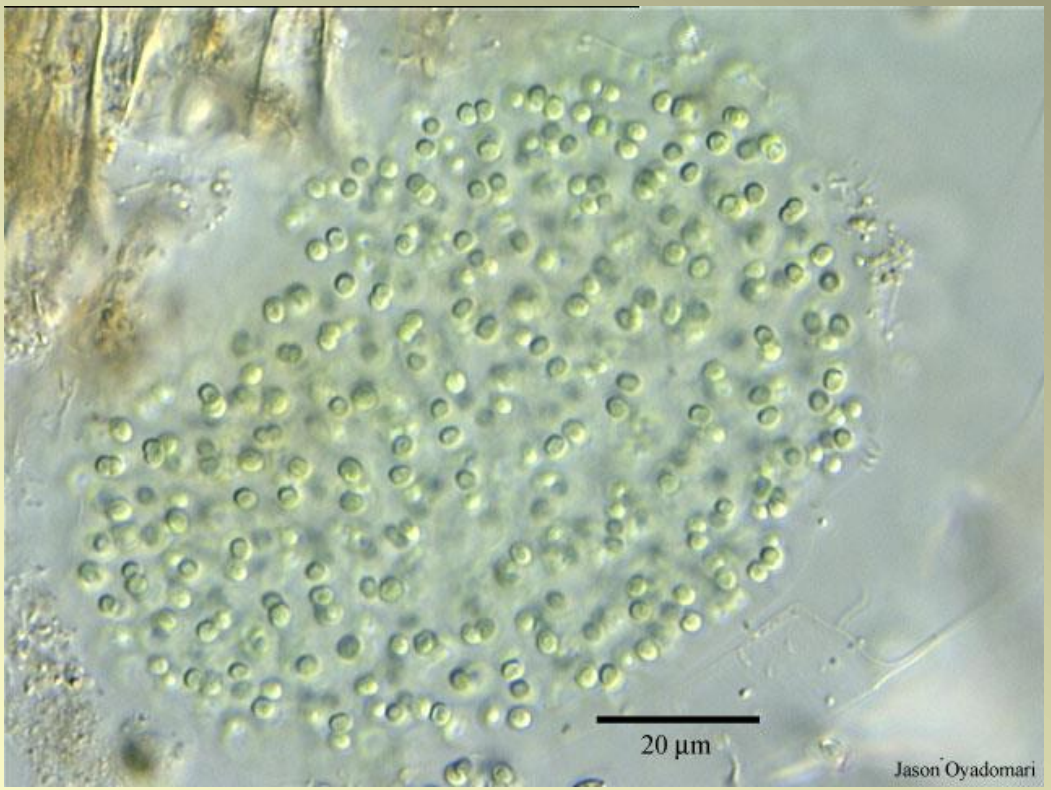


teplomilný toxický druh šířící se v posledních 20 letech do Evropy

obsahuje hepatotoxické cylindrospermopsin

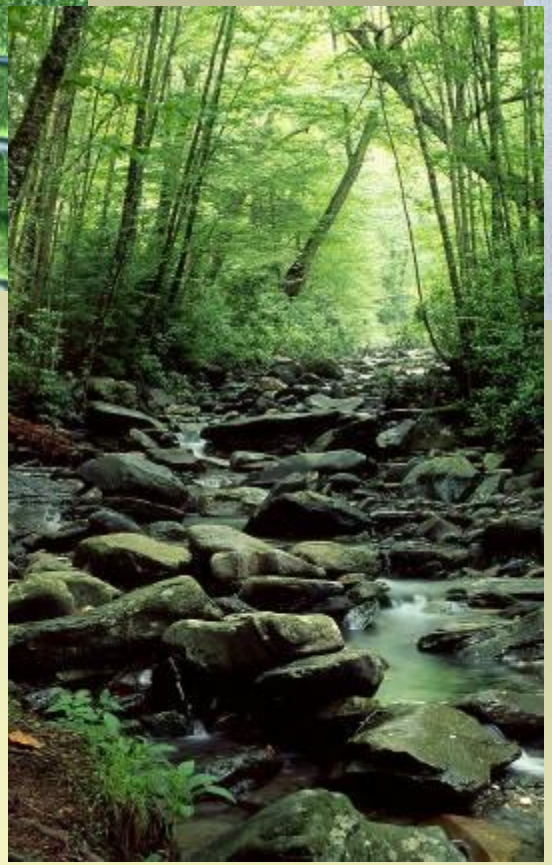
Woronichinia

Aphanocapsa

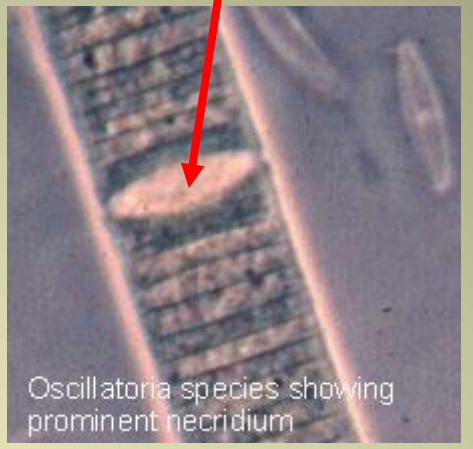


Oscillatoriales: Oscillatoria, Phormidium

nekroidní buňka



hormogonie



Leptolyngbya

příklad rodu *bez druhů* a s ubikvitním rozšířením

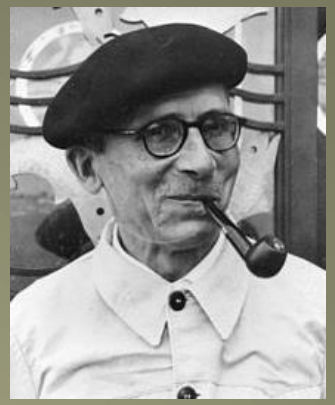
Arthospira

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

Aztekové sbírali spirulinu na hladině jezer Valley of Mexico

Drawing in Human Nature, March 1978.

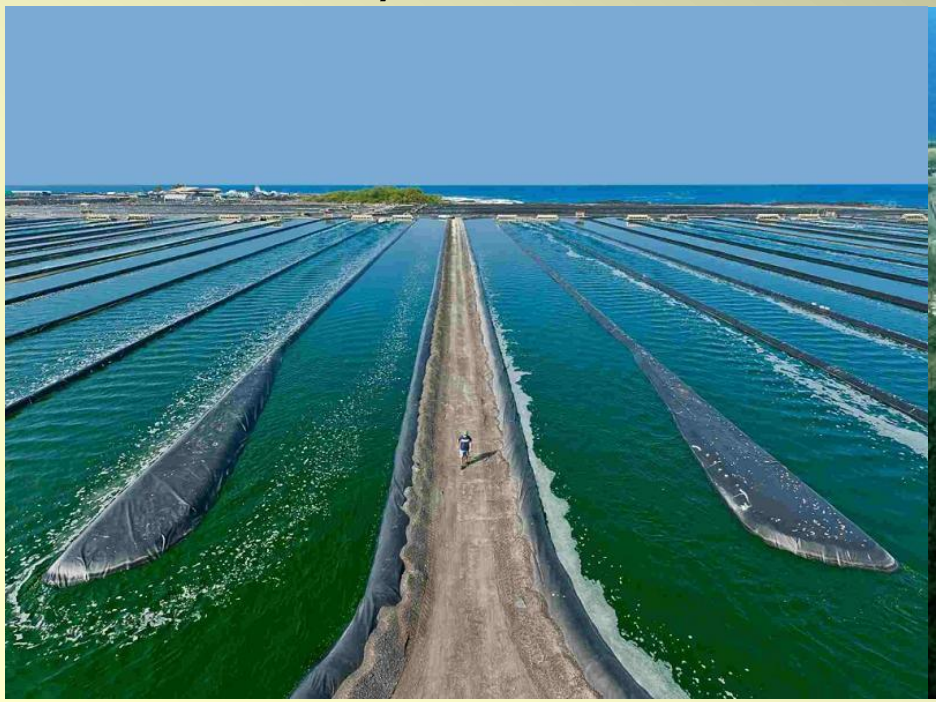
Koláče „dihe“ okolí jezera Čad



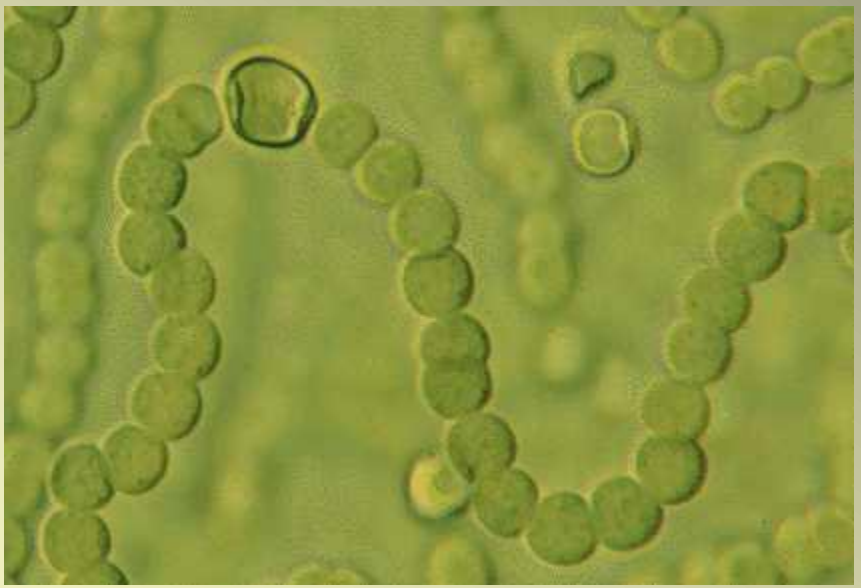
francouzský algolog Pierre Dangeard byl první kdo poznal spirulinu z koláčů “dihe,” které vyráběli lidé z afrického kmene Kanembu ...

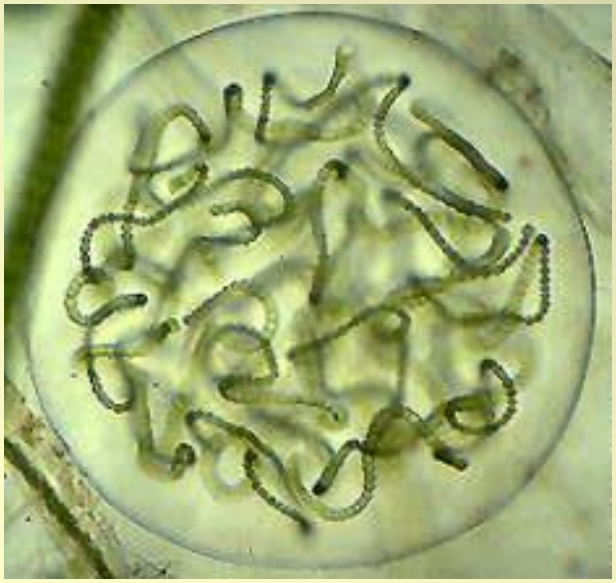
Indie

USA Hawai - Cyanotech



heterocytární sinice: Nostoc



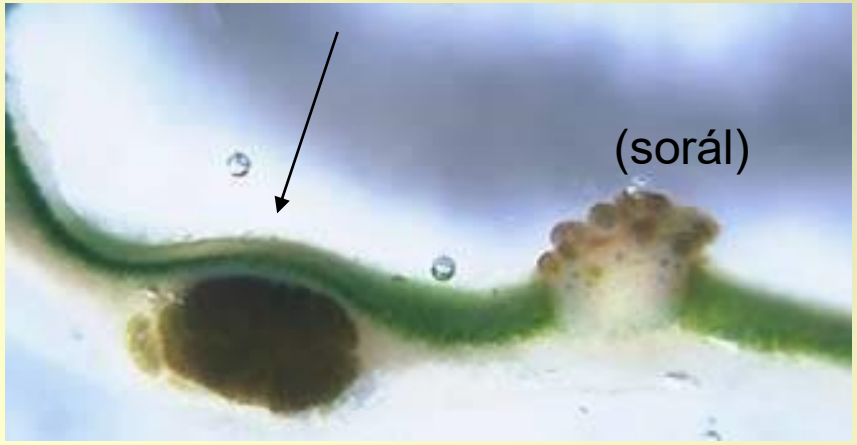


sinice s heterocyty mají zásadní význam v symbiotických interakcích

Symbiotické interakce

- s houbami – lišejníky

Lobaria – cephalodium, *Nostoc*

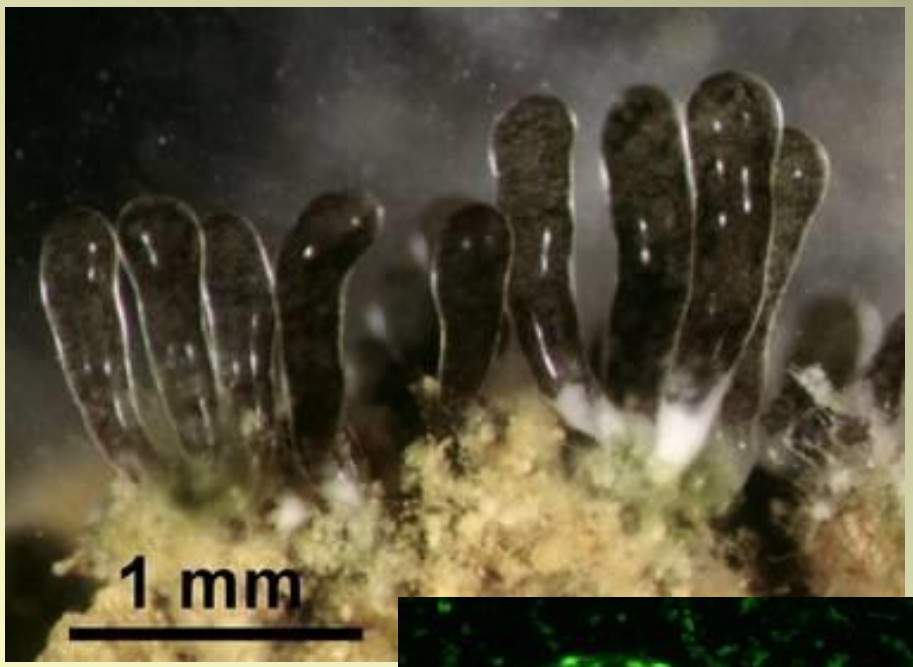


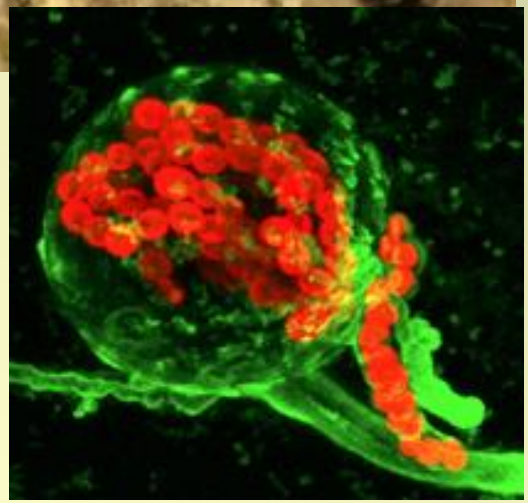
Collema - Nostoc

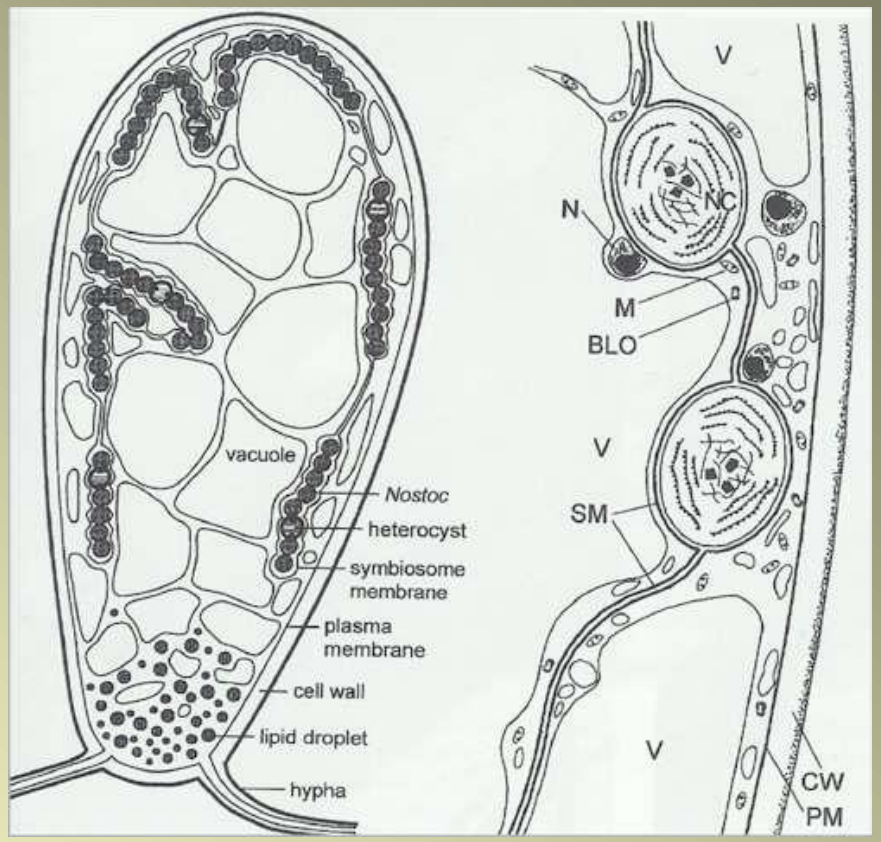
Peltula - Chroococcidiopsis

Symbiotické interakce

- s houbami – Geosiphon – vzácný, Glomeromycota



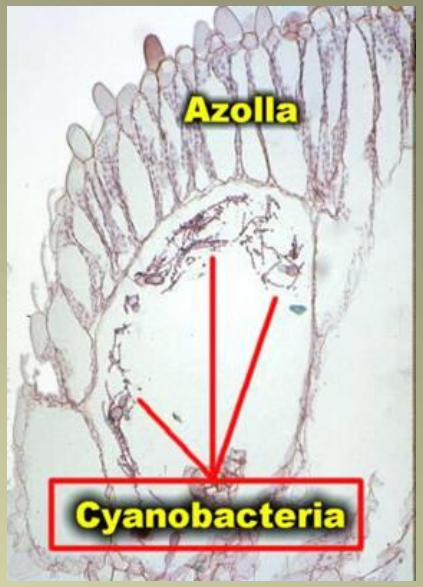




Další symbiotické interakce sinic

rozsivky

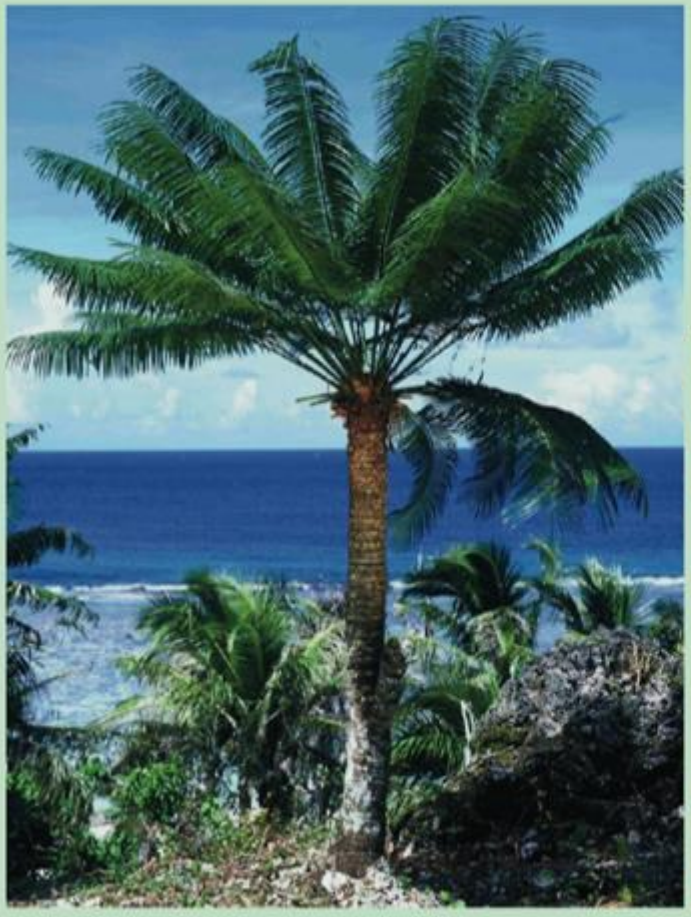
Azolla

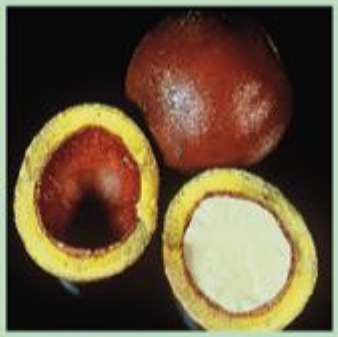


hlevíky

Cycas

Neurotoxin BMAA produkovaný sinicí *Nostoc*

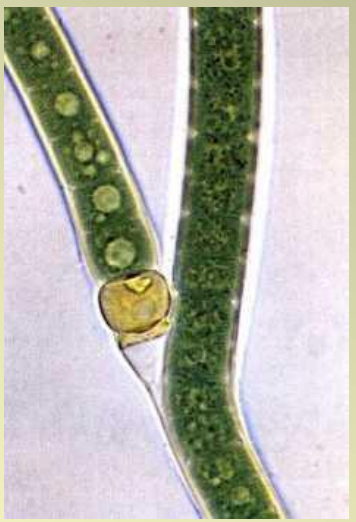




beta-methylamino L-alanin

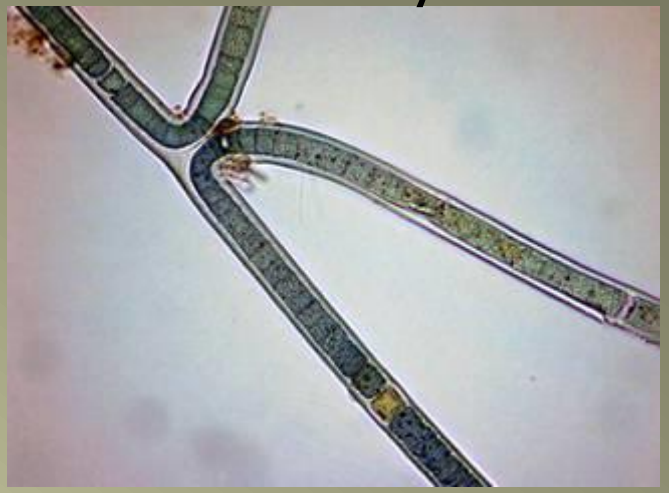
BMAA: Do Cyanobacteria Contribute to Neurodegenerative Disease?
indigenous Chamorro people of Guam

Tolypothrix



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

Scytonema

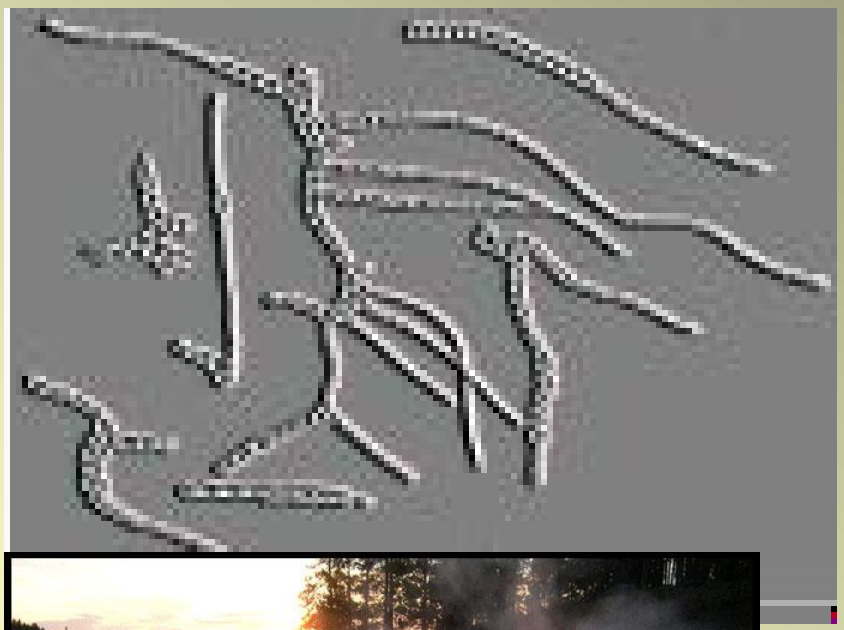


příklady nepravého větvení (a také umělého rodového členění)

„pravě" větvené sinice: Hapalosiphon, Stigonema

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

Mastigocladus laminosus



příklad extremofilní, termální sinice

příklad striktně ekologicky podmíněného geografického rozšíření

Proč jsou sinice důležité?

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