

? ... řešení doplňující otázky/úkolů z pracovního listu

👁 ... doplňující informace k tomu, co žáci uvidí v mikroskopu a je vhodné je na to upozornit

📄 ...doplňující informace, vysvětlující některé z pojmů/procesů

📺 ...odkaz na videosekvenci na webu YouTube k doplnění dané úlohy

🗨 ... komentář k ekologii jednotlivých rodů

✂ ...metodická poznámka

? Co znamená, že jsou sinice prokaryotické organismy, jakou buněčnou součást v nich nikdy nenajdeme?

Nemají vytvořené jádro a od něj odvozené struktury, jako např. endoplazmatické retikulum nebo Golgiho komplex. Prokaryota mají vytvořen nukleoid – cirkulární DNA, která není ohraničená jadernou membránou a je umístěna v cytoplasmě.

(1) *Chroococcus*

✂ Slizové obaly rodu *Chroococcus* lze zvýraznit přidáním trochy tuše ke kapce kultury na podložním sklíčku před přiklopením krycího sklíčka.

🗨 Vyskytuje se ve sladkých vodách, především rašeliništích a to ve společenstvu dna – bentosu¹.



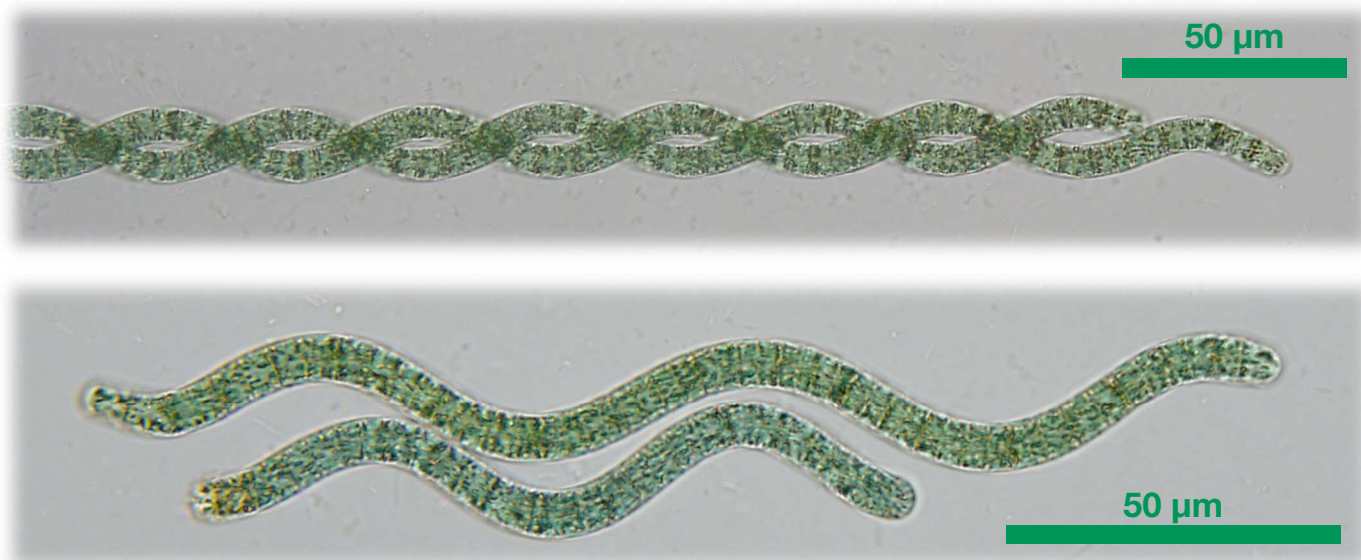
¹Pouze některé druhy rodu *Chroococcus* se nacházejí v planktonu stojatých vod, tyto druhy byly nově přeřazeny do rodu *Limnococcus*.

(2) *Arthrospira*

🌿 Několik zástupců toho rodu žije v bentosu sladkovodních biotopů. Planktonní zástupci žijí především v tropických anebo slaných (minerálních) jezerech a nádržích. Několik málo druhů bylo popsáno z mořských litorálních biotopů.


👁️ *Arthrospira* se pohybuje podobným způsobem jako *Oscillatoria*.

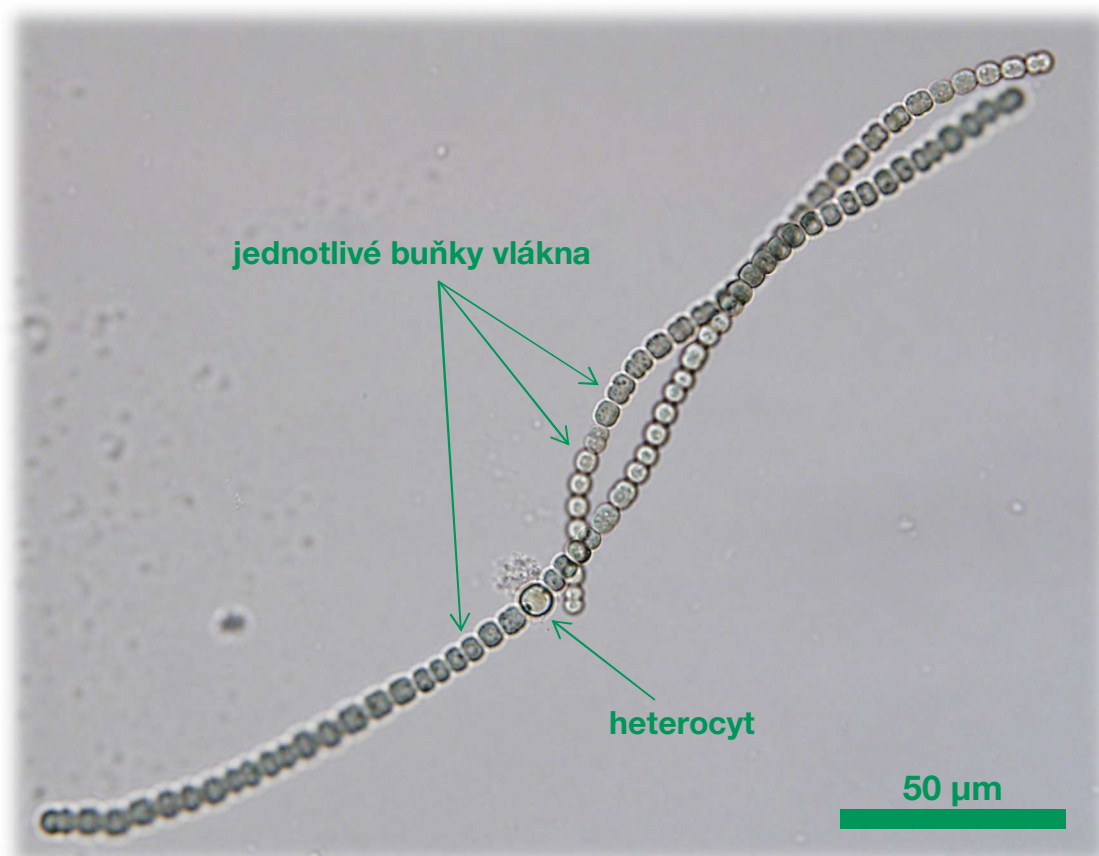
📖 Historie konzumace rodu *Arthrospira*² sahá hluboko do historie. Ve 14. století byla *Arthrospira* sklízena Aztéky z jezera Texcoco a velmi dobře doložené je využívání této sinice z jezera v africkém Čadu a to překvapivě už od 9. století před naším letopočtem až do současnosti. V současné době se *Arthrospira* pěstuje ve velkých venkovních nádržích v klimaticky příhodných oblastech, např. Havaj, Thajsko, Indie, Pákistán, Řecko nebo Čile. Po sklizení biomasy se využívá především pro výrobu potravinových doplňků. Kromě této sinice jsou komerčně pěstovány také některé zelené řasy – *Dunaliella* a *Haematococcus* jako zdroj přírodních barviv a asi nejznámější je *Chlorella*, která se díky svým obsahovým látkám (především bílkovinám) používá jako potravinový doplněk nebo při výrobě rozličné kosmetiky.



² Rodu *Arthrospira* je morfologicky podobný rod *Spirulina*, která je na rozdíl od rodu *Arthrospira* mnohem více navinutá a připomíná jakousi modrozelenou „pružinku“. To, že se pro tablety apod. výrobky z *Arthrospira* používá název *Spirulina*, je pouze marketingový tah.

(3) *Nostoc*

 *Nostoc* osidluje především terestrické biotopy – půda nebo její povrch. Často vstupuje do symbióz s houbami v lišejnících, s mechorosty anebo s vyššími rostlinami. Ve sladkých vodách můžeme najít jemu příbuzné rody, které se vyskytují v planktonu a vytvářejí tam často vodní květ (především druhy rodu *Dolichospermum*) nebo žijí na dně – druhy rodu *Anabaena*³.



① Sinice, podobně jako některé bakterie, jsou schopny vázat vzdušný dusík (v podobně dvouatomových molekul, N_2 , s velice pevnou trojnou vazbou). Sinice jsou schopny díky speciálním buňkám – **heterocytům**– tento vzdušný dusík vázat a složitými energeticky náročnými pochody jej přeměňovat a dusíkaté organické látky, které předávají okolním buňkám. Hlavní roli v tomto procesu hraje enzym nitrogenáza. Protože celý proces musí probíhat za nepřítomnosti vzduchu, neprobíhá v heterocytech fotosyntéza (resp. v buňkách je přítomen jen fotosystém I, který neprodukuje kyslík), organické látky jim dodávají okolní buňky.

Zjednodušená rovnice fixace vzdušného dusíku:



Tento systém získávání dusíkatých látek dává sinicím konkurenční výhodu a je také důvodem, proč často vstupují do rozličných symbióz (s houbami v lišejnících, v korálových kořenech cykasů, ve vodních kapradinách rodu *Azolla* apod.).

³ Rod *Anabaena* tradičně uváděný v učebnicích se v současné době, díky studiím podložených daty získaných sekvenováním DNA, rozpadnul na několik dalších rodů. Z nichž právě rod *Dolichospermum* představuje planktonní zástupce původního rodu *Anabaena*.

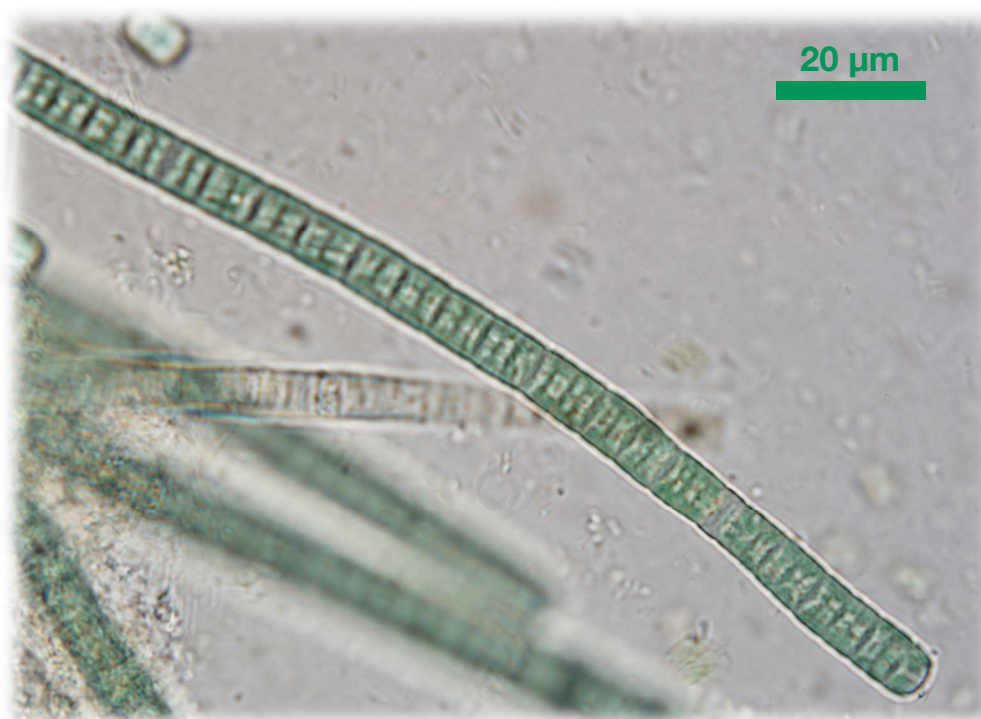
👁 Někdy je možné na vlákně sinice *Nostoc* vidět třetí typ buněk, odlišný od heterocytů a vegetativních buněk. Tato buňka se nazývá **akineta** slouží sinici k přežívání nepříznivých podmínek.

? V přírodě umějí vzdušný dusík fixovat také bakterie rodu *Rhizobium*. Tyto bakterie často vstupují do symbiózy s jednou z čeledí krytosemenných rostlin v hlízkách na kořncích. Rostlina dodává bakterii energii, bakterie rostlině dusíkaté organické látky. O jakou čeleď rostlin se jedná? Zakroužkujte.

hvězdnicovité – miříkovité – **bobovité** – lipnicovité – brukvovité

(4) *Oscillatoria*

👉 Rod *Oscillatoria* představuje především zástupce žijící v bentosu na dně rybníků. Někdy se může starší kolonie ze dna utrhnout a vyplout na hladinu v podobě modrozeleného koláče velkého až několik desítek centimetrů.



📌 U některých sinic a řas nemůže dojít k pohybu, pokud nejsou v kontaktu s pevným substrátem. Jedná se o klouzavý pohyb (angl. gliding) a vyskytuje se kromě sinic také u ruduch (rod *Porphyridium*), rozsivek a krásivek. K tomuto pohybu nejsou vytvořené žádné speciální orgány, je dán pouze fyziologicky. Ze sinic jsou v tomto pohybu nejefektivnější zástupci rodů *Oscillatoria*, *Arthrospira*, *Spirulina* nebo *Phormidium*, kteří mohou dosahovat rychlosti až $10 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při pohybu oscilují kolem své osy, sinice rodu *Oscillatoria* má své latinské i české jméno odvozené od svého výrazného pohybu (česky drkání, proto drkalka).



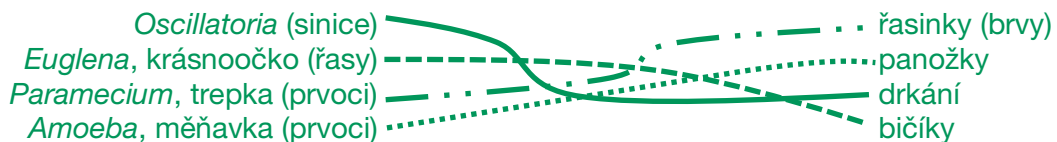
CCALA

Culture Collection
of Autotrophic Organisms

👁️ Na serveru YouTube se dají najít videa ukazující pohyb sinice rodu *Oscillatoria*, tzv. drkání. Těmito videosekvencemi je možné tento pohybu žákům demonstrovat.

- https://www.youtube.com/watch?v=ICm_UZd8IKk(název videa: 7 oscillatoria)
- <https://www.youtube.com/watch?v=IP4ir0wumpw>(název videa: Oscillatoria in motion)

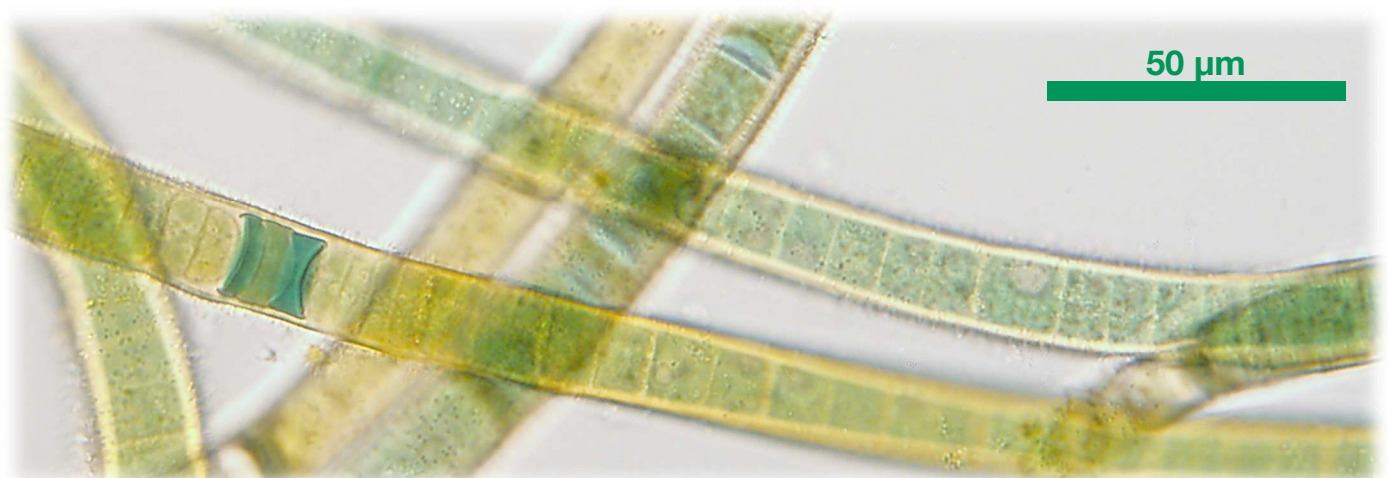
? Ostatní organismy se na rozdíl od *Oscillatoria* pohybují poněkud odlišnými způsoby, většinou s využitím speciálních struktur. Spojte jednotlivé zástupce s příslušným způsobem pohybu.



(5) *Scytonema*

👉 Centrum druhové bohatosti rodu *Scytonema* je především v tropech. Druhy tohoto rodu žijí především aerofyticky – kůra stromů, kameny, povrch půdy apod. Někdy je možné tyto druhy najít v tropických sklenících. U nás je běžný druh *Scytonema hoffmanii*, žijící v půdě.

📌 Vzhledem k tomu, že druhy rodu *Scytonema* osidlují především aerofytické biotopy, musejí se bránit poškození svého fotosyntetického aparátu. Proto ve svých buňkách obsahují pigment, **scytonemin**, s absorpčním spektrem 325-425 nm, který slouží k pohlcování nebezpečného UV záření.



nepravé větvení

(6) Sinice vodního květu

Tvrzení, že...	Ano	Ne
...sinice vodního květu patří nejčastěji do rodů <i>Microcystis</i> a <i>Dolichospermum</i> .	✓	
... všechny sinice vodních květů produkují toxiny nebezpečné pro člověka ¹⁾		✓
... rozvoj vodních květů souvisí s vysokým obsahem dusičnanů ve vodě ²⁾	✓	
... nikdo tak úplně neví, k čemu sinice mají svoje toxiny ³⁾	✓	
... velká biomasa sinic neovlivňuje pH vody v rybníce během dne ⁴⁾		✓
... při odumření a hnití velké biomasy vodního květu může dojít k vyčerpání kyslíku ve vodě a k úhynu ryb ⁵⁾	✓	
... rozvoj vodních květů sinic souvisí s eutrofizací ²⁾	✓	
... mají v sobě obsažené olejové krůpěje, které jim umožňují vznášení se ve vodním sloupci ⁶⁾		✓

¹⁾ Toxiny, které produkují sinice, jsou především hepatoxiny, neurotoxiny, případně látky s karcinogenním potenciálem. Toxiny produkované nejběžnější složkou vodních květů v ČR – sinicemi rodu *Microcystis* – představují skupinu hepatotoxinů. Člověku však mohou způsobit především podráždění pokožky, případně vyvolat alergickou reakci u citlivějších jedinců. Není dosud dokumentován případ otravy člověka sinicemi na území ČR, ani ve světě.

²⁾ Proces eutrofizace souvisí především se zvyšováním obsahu dusíku a fosforu ve stojatých vodách.

³⁾ Vzhledem k tomu, jak jsou sinice staré organismy a jak staré jsou jejich geny, které kódují tvorbu toxinů. O jejich přesném významu se vedou vědecké diskuze. Toxiny jsou sice jedovaté pro teplokrevné obratlovce, avšak, v době, kdy se „objevily“ geny pro sinicové toxiny, žádní teplokrevní obratlovci ne žili. Mnohem pravděpodobnější jsou teorie, že sinice toxiny využívají svoje toxiny k potlačení růstu řas a sinic ve svém okolí a snížit tak konkurenční boj (o živiny, světlo apod.). Případně mohou toxiny působit přímo algicidně a někteří autoři tvrdí, že toxiny slouží sinicím ke vzájemné komunikaci.

⁴⁾ Vzhledem k tomu, že hodnota pH souvisí s množstvím rozpuštěného oxidu uhličitého ve vodě a tento plyn je úzce spjat s fotosyntézou a respirací, dochází během dne k poměrně velkým výkyvům v hodnotách pH. Ráno je ve vodě rozpuštěno velké množství oxidu uhličitého, který vzniknul respirací organismů, vč. sinic, během dne se tento oxid uhličitý v procesech fotosyntézy spotřebovává, jeho koncentrace ve vodě klesá a pH roste. Nejvyšších hodnot pH dosahuje v poledních hodinách, kdy v rybnících s vodním květem může dosahovat až hodnot kolem 9. V průběhu odpoledne a večer fotosyntetická aktivita klesá a vzrůstá opět respirace.

⁵⁾ Sinice představují pro rybářství zásadní problém především z těchto důvodů: (1) masový úhyn vodního květu a jeho rozklad opravdu může vést k vyčerpání kyslíku ve vodě a úhynu ryb; (2) jak bylo uvedeno výše, při velké biomase vodního květu dochází ke změnám pH, pokud je pH vyšší než 9, může dojít k uvolnění amoniaku (který je při nižším pH ve vodě v podobě amonných iontů, NH_4^+), který je pro ryby toxický.

⁶⁾ Sinice vodního květu v sobě obsahují plynové měchýřky (aerotopy), což jsou struktury podobně včelím plástvím. Tyto struktury jsou naplněny vzduchem a umožňují sinicím pohyb ve vodním sloupci. Díky tomu, že si je sinice vytvářejí a plní vzduchem, potom plavou u hladiny, anebo je nechají „popraskat“ a ve vodním sloupci klesnou ke dnu.



autor pracovních a metodických listů

Mgr. Josef Juráň

Centrum pro algologii, Botanický ústav AV ČR & Sběrka autotrofních mikroorganismů

Dukelská 135, Třeboň, 379 82

josef.juran@ibot.cas.cz