

Vplyv sinicových vodných kvetov na vodné hospodárstvo a ľudské zdravie

F. Hindák, A. Hindáková: Impact of Cyanophyte Water Blooms on Water Management and Human Health. Život. Prostr., Vol. 42, No. 4, p. 171 – 175, 2008.

Many cyanophytes are important members of phytoplankton of stagnant and running waters, whereas other form thick mats in a wide variety of benthic habitats. Certain planktic species are capable of forming water blooms, which in summer months may colour the water in green, dark green or reddish. Cyanophyte water bloom is welcome in fertilized fishponds because of the production of biomass and oxygen, while in lakes using for recreation purposes (swimming, water sport and games) or water supply are sources of nuisance. Some cyanophytes forming water blooms produce toxins and allergic compounds into the water.

Pred dvoma-troma desaťročiami bol termín sinice pre laickú verejnosť takmer neznámy. Bolo to obdobie hromadného nástupu automatických práčok a umývačiek riadu, do ktorých sa používali prášky obsahujúce fosfor. Odpadové vody z týchto nových pomocníkov v domácnosti spolu s inými odpadovými komunálnymi a priemyslovými vodami, ako aj so splaškami z intenzívne hnojených poľnohospodárskych plôch, výdatne prispievali k hromadeniu nutrientov vo vodách, k tzv. eutrofizácii. Zvýšenú ponuku nutrientov, najmä fosforečnanov a dusičnanov, využívali na svoj rast a produkciu biomasy fototrofné mikroorganizmy – sinice a riasy. Vody sa začali viac zeleňať, jazerá zapáchať a odrádzať tak od kúpania. Úprava vody z vodárenských nádrží sa stávala zdĺhavejšia a drahšia. Čoraz častejšie sa poukazovalo na narastajúce nebezpečenstvo globálneho znečisťovania životného prostredia, ktorého súčasťou bola aj nadprodukcia tzv. vodných kvetov siníc vo vodných nádržiach využívaných na rekreáciu a šport alebo ako rezervoáre pitnej vody. Prirodzene, eutrofizácia sladkovodných tokov mala za následok aj zhoršenie biologickej kvality morí, kam vtekali, a to najmä v plytších zátokách a pobrežných oblastiach. Začali kvitnúť aj moria, čo malo rovnaké symptómy a následky, ako kvitnutie sladkých vôd. V dôsledku toxínov, ktoré sinice produkovali, dochádzalo k otravám teplokrvných živočíchov a zdravotným problémom u ľudí. Postihnuté krajiny museli prikrčiť k finančne náročným opatreniam,

akými bola výstavba kanalizačnej siete a čistiacich staníc odpadových vôd, výroba bezfosfátových pracích prostriedkov, zavedenie chemického, bakteriologického a biologického monitoringu a pod. Vedci začali intenzívnejšie skúmať sinice a biologické procesy spôsobené ich masovým rozvojom.

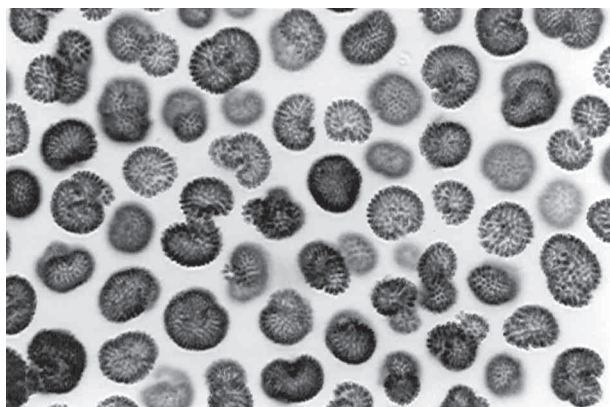
Čo sú sinice

Sinice (novšie sa volajú tiež cyanobaktérie alebo cyanoprokaryoty) patria spolu s baktériami, aktinomycétmi a rickettsiami do skupiny prvojadrových organizmov (*Prokaryota*), ktoré na rozdiel od eukaryotických organizmov (*Eukaryota*) nemajú morfológicky diferencované jadro, Golgiho aparát, mitochondrie, endoplazmatické retikulum, cytoskelet a plastidy. Ich bunky majú pevnú bunkovú stenu, ktorá svojim zložením znemožňuje farbenie protoplastu podľa K. Gramma, preto ich mikrobiológovia zaraďujú medzi gramnegatívne baktérie. S baktériami majú spoločné aj iné znaky, napr. mureín tvorí jednu zo štyroch vrstiev bunkovej steny, viaceré druhy majú plynové vakuoly, alebo fixujú atmosférický dusík, ale sa netvorí bičíkovité štádiá. S riasami ich spája rovnaký typ oxygéennej fotosyntézy, pri ktorej sa ako vedľajší produkt uvoľňuje kyslík. Sinice sú teda niektorými znakmi príbuzné s prokaryotickými baktériami, ale podobne ako riasy, sú primárnymi producentmi organickej hmoty a kyslíka, čím sa líšia od väčšiny baktérií, ktoré



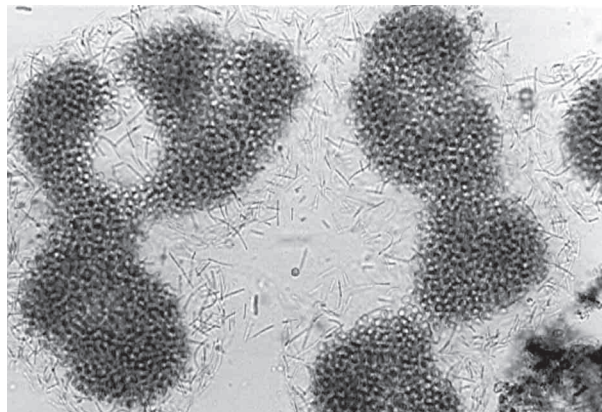
1. Sinice z rodov *Microcystis* (nepravidelné kolónie s drobnými bunkami), *Woronichinia* (guľovité až nepravidelné kolónie), *Aphanizomenon* (zväzочки dlhých vlákien) a *Anabaena* (jednotlivé dlhé vlákna) tvoriace v rybníkoch a na jazerách vodný kvet. Foto: F. Hindák

3. Populácia vodného kvetu zložená iba z guľovitých až nepravidelných kolónií sinice *Woronichinia naegeliana*. Foto: F. Hindák



sú heterotrofné a v ekosystéme majú funkciu deštruktentov organickej hmoty (Hindák ed., 1978; Komárek, Anagnostidis, 1989, 1998, 2005).

Historickú úlohu zohrali sinice pri evolúcii života na Zemi. Mikroskopické sinice spôsobili, že atmosféra našej planéty sa začala postupne meniť z pôvodnej bez kyslíka na atmosféru s kyslíkom, čo bol základný predpoklad vývoja a trvalej existencie iných organizmov a neskôr aj ľudí odkázaných pri dýchaní na kyslík. Bolo to vďaka ich schopnosti tvoriť pomocou fotosyntézy kyslík a organické látky. Odhaduje sa, že asi 90 % všetkého organicky vyprodukovaného kyslíka na našej planéte zabezpečili sinice a neskôr aj riasy a aj dnes ich podiel z celkovej produkcie kyslíka predsta-



2. Kolónie sinice *Microcystis aeruginosa*, u nás najčastejšieho zástupcu toxických vodných kvetov. Foto: F. Hindák

vuje približne 30 %. Podľa najstarších fosílií siníc nájdených v austrálskych horninách sa tento proces začal odohrávať už v raných prekambriických dobách pred viac ako tri a pol miliardami rokov. Zo siníc sa v priebehu dvoch miliárd rokov vyvinuli vyspelejšie eukaryotické organizmy s chloroplastmi – riasy. Chloroplasty vznikli podľa zástancov tzv. endosymbiotickej hypotézy tak, že niektoré pohltené bunky siníc (prípadne prvozelených rias) sa v bezfarebných eukaryotických organizmoch nestrávil, ale sa v nich adaptovali na symbiotický spôsob života.

Úloha siníc v prírode

Sinice majú v prírode nezastupiteľný význam a plnia tú istú funkciu ako ostatní primárni producenti biomasy, t. j. sú potravou pre živočíchy a výživným substrátom pre baktérie. Okrem toho produkujú kyslík, ktorý je potrebný na oxidačné procesy, teda aj na dýchanie všetkých rastlín a živočíchov vrátane človeka. Preto tvoria spolu s riasami a inými zelenými rastlinami základňu trofickej pyramídy v prírodných ekosystémoch.

Hoci bunky siníc merajú iba niekoľko stotín či dokonca tisícín milimetra, ich biomasa je nesmierna. Voľným okom ich vidíme len vtedy, keď sa masovo rozmnožia, napríklad v podobe povlakov a nárastov na dne kaluží, na povrchu vlhkej pôdy, na mokrých skalách, prípadne ako drobné chumáčiky, granuly alebo ihličky v stojatých a tečúcich vodách. Od ich fyziologickej aktivity a metabolizmu závisí život iných organizmov, celých spoločenstiev, nielen mikroorganizmov, ale aj makroorganizmov vrátane vodných živočíchov a vtákov. Na ilustráciu posledného prípadu môžu slú-



4. Snopčekovité kolónie vlákien sinice *Aphanizomenon flos-aquae* sú viditeľné v rybníkoch v podobe ihličiek, dlhých až 0,5 – 1 cm. Foto: F. Hindák

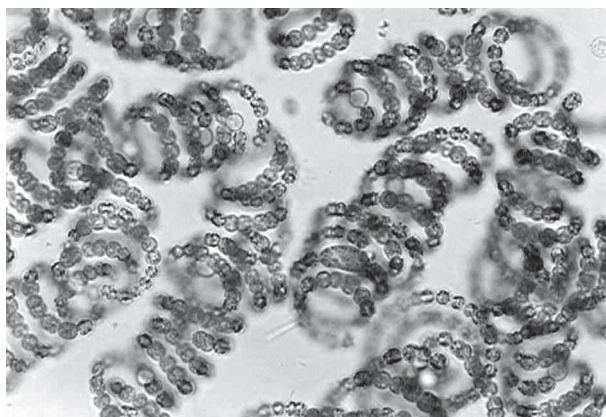
žiť plameniaky žijúce v slaných vulkanických jazerách v Afrike, ktoré sa živia predovšetkým vláknami siníc z rodu *Arthrospira* (Hindák, 2001).

Sinice sa počas svojho neobyčajne dlhého fylogenetického vývoja prispôbili takmer všetkým ekologickým podmienkam a osídlili najrozličnejšie biotopy na Zemi. Ako príklad môžeme uviesť stanovištia s extrémnymi teplotami. Kým eukaryotické zelené riasy hynú vo vodách s teplotou okolo 45 – 50 °C, sinice spolu s pravými baktériami rastú alebo prežívajú v termálnych žriedlach horúcich až 82 °C. Na druhej strane, sinice sa môžu masovo rozmnožiť aj v povrchových vrstvách letného snehu vo vysokohorských polohách alebo v chladných polárnych oblastiach, a tak spôsobovať jeho zafarbenie do modra („modrý sneh“).

Vodné kvety siníc a vodné hospodárstvo

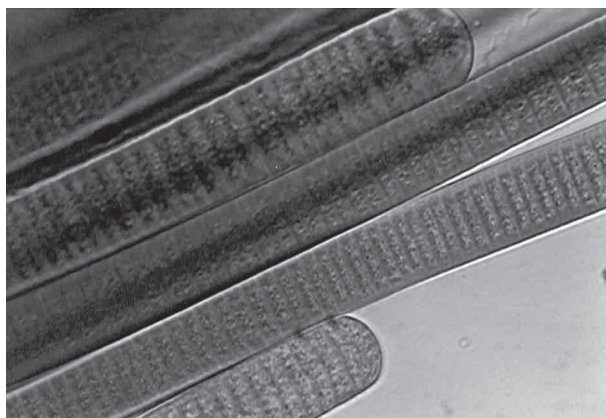
Sinice sa často a hojne vyskytujú v sladkých aj slaných vodách voľne v planktóne alebo prichytené v litoráli na rozličnom substráte. Naakumulovanú biomasu siníc možno vidieť aj voľným okom, akoby voda „kvitla“. Vodné kvety siníc nijako nesúvisia s kvetmi makroskopických rastlín. Tento termín sa zaviedol vo vodnom hospodárstve na označenie stavu, keď sinice svojou biomasou zmenili pôvodne priezračne čistú vodu jazier a nádrží do zelena, tmavozelena, hnedá alebo hnedočervena až červena. Niektorí vedci pokladajú za spodnú hranicu vodného kvetu obsah chlorofylu-*a* v 1 l vody viac ako 15 µg, prípadne ak biomasa siníc a rias prevyšuje 10 gm³. Tieto hodnoty sú však pre územie Slovenska pomerne nízke.

Poznáme dva hlavné typy vodného kvetu: planktonový a bentosový. Ako už názvy prezrádzajú, odlišujú sa

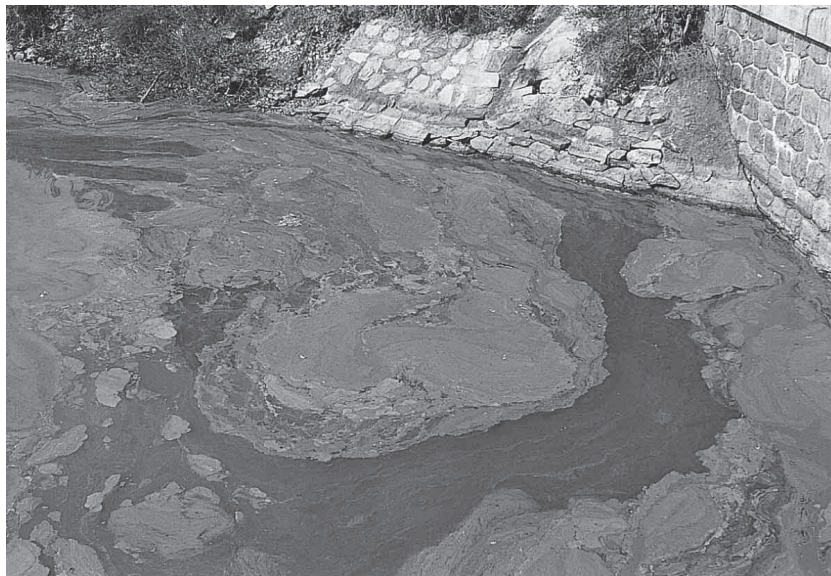


5. Skrutkovito stočené vlákna sinice *Anabaena flos-aquae* s oválnymi akinetami a guľovitými heterocytmi. Foto: F. Hindák

6. Vlákniť sinica *Oscillatoria limosa* tvorí makroskopické plávajúce koláčovité masy v litoráli jazier a kanálov. Foto: F. Hindák



pôvodom, ekológiou, ako aj druhovou skladbou. Prvý typ sa tvorí vo voľnej vode – v planktóne. Kolónie alebo vlákna siníc možno vidieť vo vode aj voľným okom v podobe zrníčok, vločiek, ihličiek, drobných chumáčikov. Na pokojnej hladine sa môže masový rozvoj siníc prejavíť ako lesklá a výrazne zafarbená povrchová blanka, ktorá pripomína rozliatu olejovú farbu. Farba vody závisí od farby dominantného druhu sinice alebo ich spoločenstva. Na Slovensku vodný kvet v rybníkoch a štrkoviskových jazerách spôsobujú najčastejšie kolónie chrookokálnych siníc z rodov *Microcystis* (obr. 1, 2, 8), *Woronichinia* (obr. 3), *Snowella*, *Aphanocapsa* a *Aphanothece* a vlákna siníc z rodov *Aphanizomenon* (obr. 4), *Anabaena* (obr. 5), *Planktothrix* a *Anabaenopsis* (Hindák, 2001).



7. Sinicový vodný kvet v rybníku Svět v Třeboni. Foto: F. Hindák

Druhým typom vodného kvetu je tzv. *Oscillatorietum*, ktoré dostalo meno podľa dominantných vláknitých siníc z rodu *Oscillatoria* (obr. 6). Tvorí sa v plytkých stojatých vodách a pomaly tečúcich tokoch (najmä v kanáloch) celkom osobitým spôsobom. Na jar alebo začiatkom leta, keď je voda pomerne čistá a s malým množstvom fytoplanktónu, vlákna siníc sa spolu s inými sprievodnými druhmi mikroorganizmov masovo rozmnožia na dne a v litoráli, kam dopadá priame slnečné žiarenie. V dôsledku tvorby kyslíka sa tieto povlaky z dna odtrhávajú spolu s rozličným detritom na povrch hladiny, kde tvoria plávajúce, nie príliš vzhľadné slizovité chumáče alebo až súvislé kobercovité masy. Rozkladajúca sa biomasa siníc môže spôsobiť úplné vyčerpanie kyslíka vo vode, a tým smrť iných organizmov, najmä rýb. V spoločenstve *Oscillatorietum* žijú okrem siníc a baktérií aj mnohé riasy a drobné živočíchy, ktoré sú dôležitou potravou iných vodných živočíchov, najmä rybej mlade.

Vo vodnom hospodárstve je prístup k hodnoteniu masového rozvoja siníc rozdielny a závisí od charakteru a poslania vodnej nádrže. Kým v obhospodávaných rybníkoch (obr. 7) je premnoženie siníc ako primárnych producentov biomasy do istej miery vítané, a podporuje sa hnojením, vo vodárenských nádržiach je nežiaduce, lebo odstraňovanie biomasy siníc vyžaduje zvýšené finančné náklady pri úprave vody na pitnú. V štrkoviskových jazerách na juhu Slovenska, ktorých voda sa používa v poľnohospodárstve na závlahy, možno utvorenú biomasu siníc a rias pokla-

dať za organické hnojivo. Mnohé sinice majú schopnosť viazať atmosférický dusík, čím podobne ako niektoré baktérie obohacujú svoje prostredie o tento dôležitý biogénny prvok. Pri vláknitých siniciach proces fixovania dusíka prebieha v anaeróbných podmienkach v špecializovaných bunkách – heterocytoch (obr. 5). Tento poznatok sa v praxi využíva v krajinách, kde sa pestuje ryža. Do zaplavených polí sa pridávajú v kultivačných zariadeniach napestované sinice, ktoré sa potom v ryžovisku hromadne rozmnožia a zabezpečia produkciu istej časti dusíka pre pestovanú plodinu. Takouto jednoduchou biomanipuláciou sa výrazne znižujú náklady na umelé hnojivá.

Vodné kvety siníc v rekreačných nádržiach

Kvitnutie vody v rekreačných nádržiach a bazénoch využívaných na kúpanie a šport nie je žiaduce, a to z viacerých dôvodov. Hromadný výskyt planktónových siníc mení pôvodne priehľadnú a čistú vodu na zelenú, neskôr hustú až kašovitú hmotu a voda začína postupne nepríjemne zápachať. Toto zhoršenie biologickej kvality vody prináša so sebou ešte jedno vážne nebezpečenstvo, a to je tvorba toxínov. Mnohé sinice pri svojom rozklade, ako aj zaživa, vylučujú do okolitého vodného prostredia toxické látky, najmä neurotoxíny a hepatotoxíny (Maršálek, Kiršner, Marvan, eds., 1996). Cyanotoxíny sú nebezpečné pre iné živé organizmy vrátane človeka, ktorému môžu spôsobiť rozličné zdravotné problémy, najčastejšie podráždenie pokožky, sliznice a očí, alebo po napití hnačkové ochorenia. Sú známe aj otravy teplokrvných živočíchov, najmä psov a vtákov, ba dokonca aj hovädzieho dobytku, ktorý sa z takejto vody so sinicami napojil. Pre tieto dôvody pracoviská Úradu verejného zdravotníctva SR pravidelne monitorujú vybrané rekreačné vody v letnej sezóne aj na cyanotoxíny a získané výsledky uverejňujú na internete.

Na Slovensku sa problematikou vodných kvetov siníc zaoberajú viaceré pracoviská. Biodiverzitu siníc, ako aj rias, študujú na oddelení nižších rastlín Botanického ústavu SAV v rámci projektov zameraných na flóru Slovenska (Hindák, Hindáková, 2003) Uverejnilo sa viacero čiastkových floristických a taxonomických prác (Hindák, 2004a, b), ako aj knižná publikácia *Fotografický atlas mikroskopických siníc* (Hindák, 2001). Sinice ako súčasť fytoplanktónu a fyto-bentosu tečú-

cich a stojatých vôd študujú v Ústave zoológie SAV, na Prírodovedeckej fakulte UK a vo Výskumnom ústave vodného hospodárstva.

Na príklade siníc možno konštatovať, že aj organizmy, ktoré môžu byť za istých podmienok škodlivé pre človeka, majú na našej planéte svoje miesto, funkciu a význam. Iba preto, že sinice v lete znepríjemňujú kúpanie v jazerách a produkujú toxíny, nemôžeme ich existenciu vôbec pokladať za škodlivú, práve naopak. V prírode sú významnými producentmi biomasy a kyslíka. Predstavujú bohatstvo rozmanitých druhov, ktoré sa už dnes využívajú v biotechnológiách, najmä v potravinárskom a farmaceutickom priemysle, ale aj na výrobu kozmetických krémov a voňaviek. Na Zemi by bez siníc nebol život v takej forme, ako ho poznáme dnes. Nežiaducej tvorbe vodných kvetov siníc a ich cyanotoxínov, čo je vo vodných nádržiach zväčša dôsledkom antropogénnej eutrofizácie, môžeme predchádzať, aj keď cena potrebných opatrení nie je nízka. Napríklad alpské krajiny to pochopili už dávnejšie a problémy sinicových vodných kvetov v rekreačných jazerách majú pod účinnou kontrolou.

Podporené VEGA 2/7069/27, APVT 51009102 a APVV-0566-07.

Literatúra

Hindák, F. (ed.): Sladkovodné riasy. Bratislava: SPN, 1978, 728 s.

Hindák, F.: Fotografický atlas mikroskopických siníc. Bratislava: Veda, 2001, 128 s.

Hindák, F.: Sinicové vodné kvety – ich úžitok a škodlivosť. Biológia, ekológia, chémia, 2004a, č. 9, s. 11 – 14.

Hindák, F.: Diverzita planktónových sinicových vodných kvetov na Záhorí. Bulletin Slov. bot. spol., 2004b, Suppl. 10, s. 69 – 73.

Hindák, F., Hindáková, A.: Cyanophytes and Algae of Gravel Pit Lakes in Bratislava, Slovakia. Hydrobiologia, 2003, č. 1, p. 155 – 162.

Komárek, J., Anagnostidis, K.: Modern Approach to the Classification System of Cyanophytes, 4 – Nostocales. Arch. Hydrobiol. Suppl., 82, 1989, No. 3, p. 247 – 345.

Komárek, J., Anagnostidis, K.: Cyanoprokaryota, 1. Teil Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Jena – Stuttgart – Lübeck – Ulm, 19/ 1, 1998, p. 548.

Komárek, J., Anagnostidis, K.: Cyanoprokaryota, 2. Teil Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Elsevier, Spektrum. Heidelberg: Akademischer Verlag, 2005, 19, 759 p.

Maršálek, B., Kiršner, V., Marvan, P. (eds.): Vodní květy sinic. Brno: Nadatio flos-aquae, 1996, 142 s.

Prof. RNDr. František Hindák, DrSc.

frantisek.hindak@savba.sk

Mgr. Alica Hindáková, PhD., *alica.hindakova@savba.sk*

Botanický ústav SAV, Dúbravská cesta 14, 845 23 Bratislava

8. Sinicový vodný kvet druhu *Microcystis aeruginosa* v jazere Stará Morava v Devíne v podobe olejovitého povlaku na hladine. Foto: F. Hindák

