

# Nebezpečné vodní květy

 vesmir.cz/2014/07/16/nebezpecne-vodni-kvety/

Jaroslava Komárková

16/07/2014

**Neuvěřitelná přizpůsobivost sinic kdysi umožnila vznik organické hmoty na Zemi. Dnes bychom se přebujelého vodního květu na rybnících a přehradách rádi zbavili. Není to však snadné.**

Sinice žijí v každém prostředí po celé Zemi, najdeme je ve fytoplanktonu moří, v krustách na pouštích, v mladém porostu v deštných pralesích i v planktonu věčně zamrzlých antarktických jezer, uvnitř kamenů i na povrchu ledovců. Ve formě mořského pikoplanktonu, tvořeného jednotlivými buňkami menšími než dva mikrometry, produkuje značnou část světové produkce kyslíku.

Pro život na Zemi jsou sinice nesmírně důležité, v lidské společnosti však hrají i negativní roli. Jejich obdivuhodná přizpůsobivost jim totiž umožňuje nadprodukcí vodního květu v eutrofizovaných (na živiny bohatých) vodách.

## Sinice

### Jak lidé ovlivňují vznik vodního květu?

Žijeme uprostřed Evropy na území obývaném lidmi skoro po tři tisíciletí, s vyvinutým průmyslem a zemědělstvím. Dlouhodobý vliv této lidské činnosti na životní prostředí se projevil enormními koncentracemi forem dusíku v půdě i ve vodách. Prvkem, který má největší vliv na produkci rostlin v našem prostředí z hlediska minerální výživy, se stal fosfor, což platí i pro sinice a řasy ve vodách.

Optimální poměr dusíku a fosforu pro růst fytoplanktonu je 7:1 (ve váhových jednotkách). Dokud byly koncentrace fosforu nízké, vysoké koncentrace dusíku se nemohly uplatnit a naše vody byly čisté. S pokračující industrializací, nevhodným používáním umělých hnojiv a velkou spotřebou fosfátových pracích prášků koncentrace fosforu stoupala v celém ekosystému – v první řadě ve vodách, které přijímají jak splachy z půdy, tak odpady z průmyslu, z městských čistíren i nečištěné splašky.

Výskyt sinicových vodních květů v našich přehradních nádržích i rybnících je důsledkem této situace. V rybnících rybáři dokonce vysokou koncentrací živin uměle zvyšují, aby tak rybám přibývalo potravy.

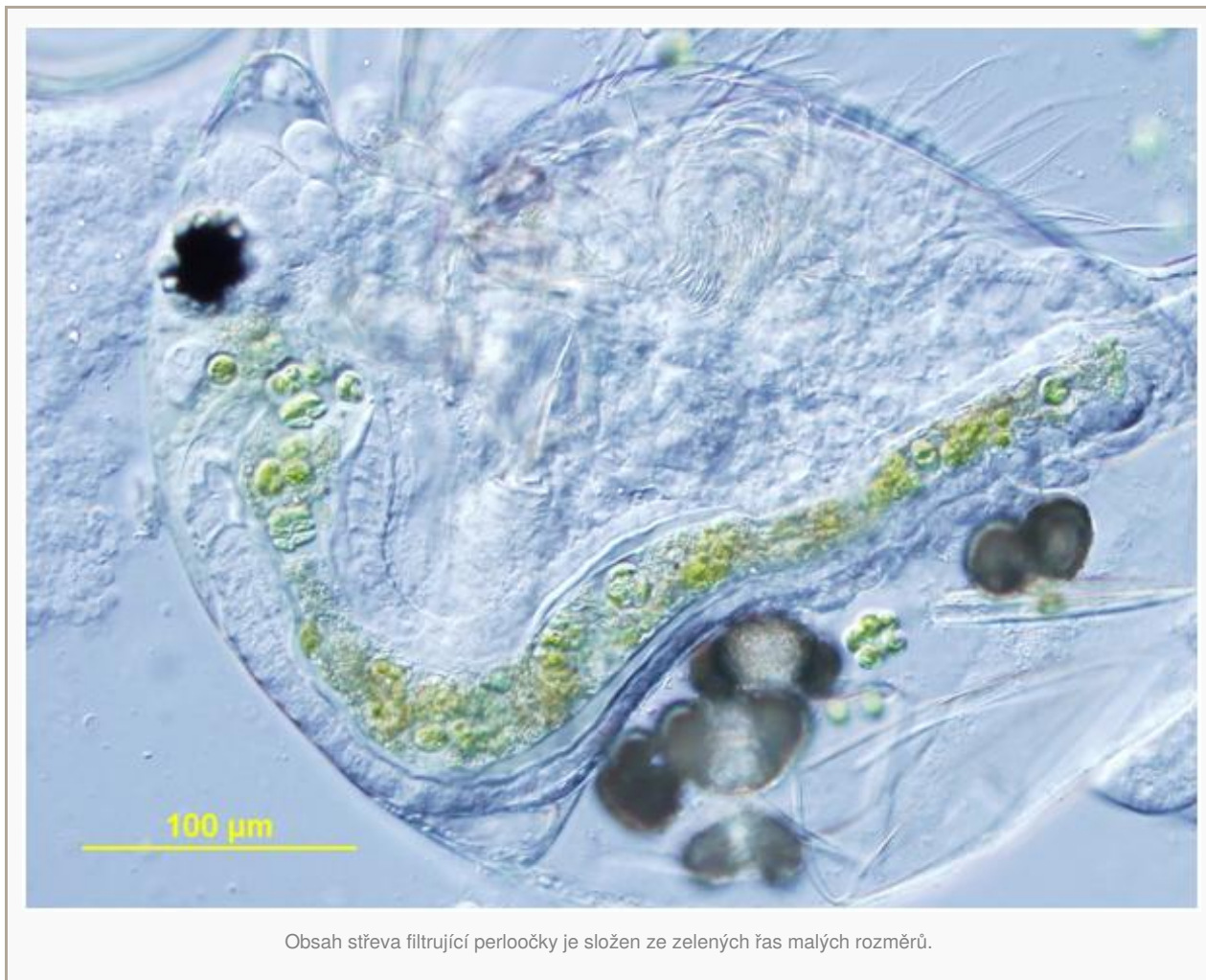
## Vodní květ

Vodní květy v rybnících narůstaly již za rybníkáře Šusty na konci 19. století. Ve dvacátém století začali rybáři rybníky přihnojovat i anorganickými hnojivy, čímž do vody dodali další a mnohem významnější zdroj živin. Rybník, ve kterých se intenzivně hospodaří a produkce kapra dosahuje 500-1000 kilogramů na hektar, jsou tak všechny vysoce eutrofní až hypertrofní.

V současné době se sice hnojení rybníků omezuje, avšak živiny zůstávají vázány v objemném bahně na dně a v okrajových oblastech (litorálu). K nadprodukcí řas a sinic přispívá i geomorfologie rybníka. Průměrná hloubka rybníků je 0,5-0,8 metru, nejhlubší místo, loviště, má jen asi o metr více. Voda v rybníce se takřka neustále míchá větrem i teplotní konvekcí, a tak se vysoké koncentrace živin průběžně doplňují z usazenin na dně. Jde vlastně o nepřetržitou kultivaci populací přítomných ve vodě. Na jedné straně zabezpečuje stálý přírůstek fytoplanktonu a tím dostatek potravy pro zooplankton a následně pro ryby, ale na druhé vede k těžké nadprodukcí fotosyntetizujících mikroorganismů, hlavně sinic, ve formě vodních květů.

## Potravní řetězec, aneb čím se kdo živí

Rybníky fungují jako uzavřené ekosystémy, protože až na výjimky, například rybník Rožmberk v jižních Čechách, mají v průběhu vegetační sezony velmi malý přítok a odtok. Lze v nich tak dobře sledovat vzájemné vztahy mezi jednotlivými hladinami jejich jednoduchého potravního řetězce. Živiny ve vodě se spotřebovávají při růstu a rozmnožování fytoplanktonu. Toto společenstvo různě velkých autotrofních organismů je základní potravou pro zooplankton, různě velké koryše obývající volnou vodu. Malé druhy fytoplanktonu (5-40  $\mu\text{m}$ ) jsou zdrojem potravy pro větší druhy perlooček.



Dafnie jsou zase důležitým zdrojem potravy zejména pro plůdek a malé ryby, potřebují je ale i ryby starší. Pokud je ekosystém v rovnováze, produkce fytoplanktonu právě stačí pro růst dostatečného počtu planktonních koryšů a následně výživu ryb. Starší kaprovité ryby se živí i bezobratlými žijícími v bahně a v okrajových porostech.

Vztahy mezi jednotlivými produkčními hladinami ve vodním ekosystému a vliv různé obsádky na složení zooplanktonu poprvé prostudoval již v padesátých letech náš přední hydrobiolog, docent Jaroslav Hrbáček.

Podmínky pro vznik vodního květu lze sledovat při dvouletém (dvouhorkovém) cyklu obhospodařování rybníků.

### První rok v rybníku

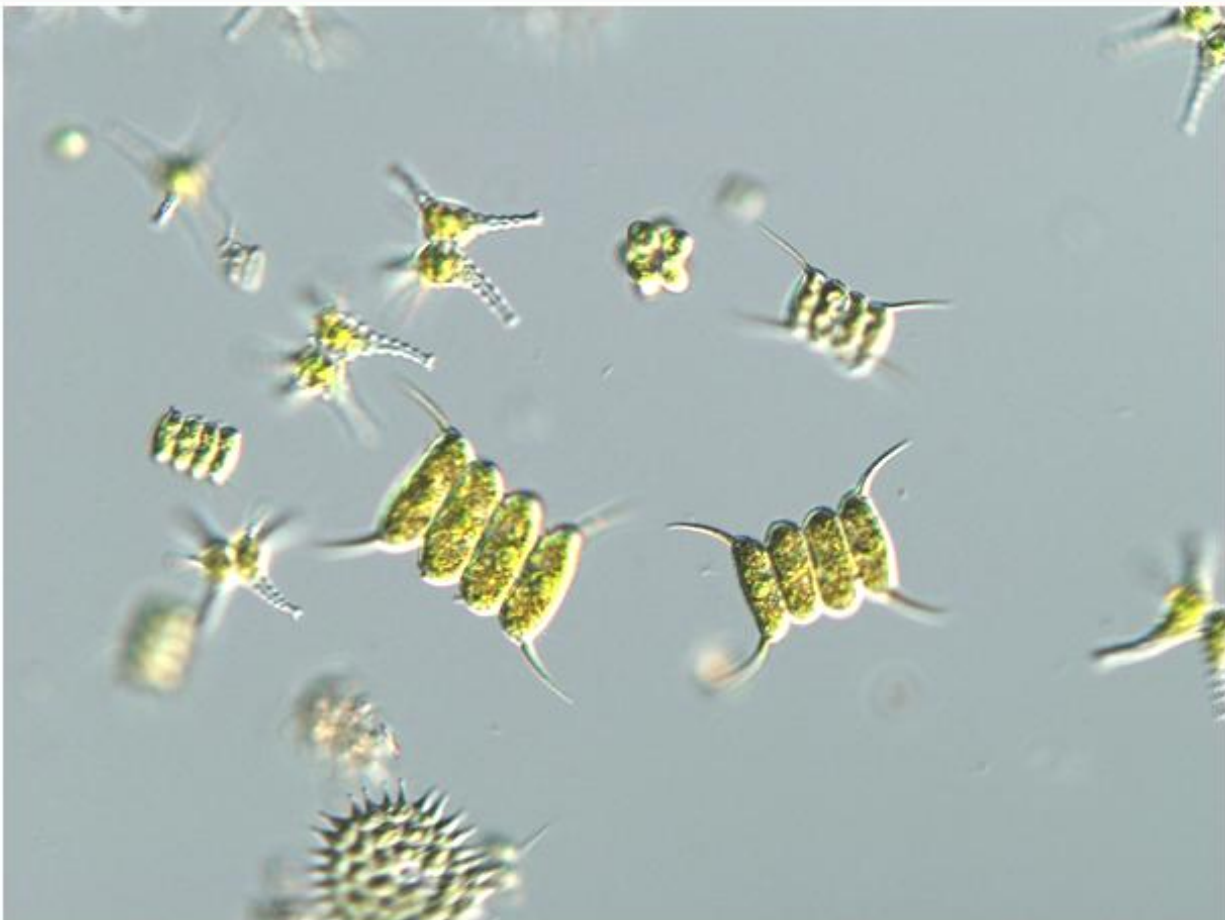
V prvním roce rybáři do rybníka nasadí velký počet malých jedinců jednoletého, případně i mladšího kapra. Tato obsádka nestačí zlikvidovat všechny velké dafnie (*Daphnia magna*, *D. pulicaria*, *D. galeata*). Zbylé dafnie sežerou drobné řasy a bičíkovce, kteří vytvářejí vegetační maximum po jarním tání ledu.

Nastává období „čisté vody“, rybník je průhledný až na dno. Je-li rybník skutečně málo (méně než 40 kilogramů na hektar), rybník zůstane čistý, plný velkých perlooček, které vodu filtrují. Po čase však může takový rybník zarůst vyššími ponořenými rostlinami. Proto udržují rybáři určitou obsádku u všech rybníků, které chtějí nadále využívat. U příliš nízké obsádky a příliš vysoké koncentrace živin, hlavně fosforu, nastoupí s oteplením sinice, které vytvářejí velké kolonie (*Microcystis*, *Aphanocapsa*), nebo velká vlákna (*Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Anabaenopsis*).

Velké stélky zooplankton není schopen konzumovat, sinice jsou pro něj nestravitelné. S dalším oteplením v létě populace sinic přirůstají, vyhovuje jim zvýšená teplota vody, mohou asimilovat i anorganický uhlík ve formě bikarbonátu a vyhovuje jim tedy i zvýšené pH. Plynové měchýřky sinicím umožňují využívat všechny možnosti světelného spektra a koncentrace anorganického uhlíku, které rybník nabízí. Pokud nastanou nevhodné podmínky (příliš zásaditá voda, vysoká koncentrace kyslíku a nedostatek CO<sub>2</sub>, inhibice fotosyntézy vysokým zářením), může nastat kolaps celé populace. Dojde k rozkladu vodního květu, vyčerpání kyslíku, vzniknou vysoké koncentrace amonných iontů až čpavku. Účinky na rybí populaci jsou dostatečně známy.

## Druhý rok v rybníku

Ve druhém roce hospodaření v rybníce žijí již starší ryby, které čeká na podzim výlov. Musí tedy dosáhnout tržní váhy kolem dvou kilogramů. Silný žrací tlak velkých ryb způsobí, že se přirozená potrava rychle vyčerpá a v planktonu „dojdou“ velké dafnie, které do té doby intenzivně konzumovaly menší řasy. Ryby je nutno uměle dokrmovat. Zelené drobné řasy a bičíkovci rychle dorůstají, voda se jejich vlivem pěkně zazelená. Fytoplankton tvoří drobné druhy od 0,5-40 mikrometrů, hlavně zelené řasy (*Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Desmodesmus*, *Monoraphidium*, *Coelastrum*, *Staurastrum*).



Drobný fytoplankton konzumovatelný velkými dafniemi.

Zelené řasy v současné době extrémně vysokých obsádek doprovází výskyt sinic rodů *Anathece* a *Aphanocapsa*. Takový úkaz nazýváme vegetačním zákalem či vegetačním zbarvením vody.

Vztah fytoplankton-zooplankton-ryby jsme vysvětlili na dvouletém hospodaření na kaprovém rybníce. Stejně vztahy však platí vždy, když je rybník málo (rybník je tzv. podsazen při množství ryb 30-200 kilogramů na hektar), nebo příliš mnoho (200-1000 kg/ha), ať už je věk a velikost ryb jakákoli. Jaká se v rybníce pěstuje obsádka, poznají rybáři v letních měsících podle barvy a vzhledu vody.

Poznání zákonitostí vztahů trofického řetězce ve vodách pak umožnilo vypracovat metodu ovlivnění množství a kvality fytoplanktonu ve vodách regulací složení a velikosti rybí obsádky. Biomanipulace spočívá ve zvýšení obsádky dravých druhů ryb, které pak snižují počty konzumentů zooplanktonu. Dalším nutným krokem je omezit přísun živin do nádrže. Kombinace těchto metod se osvědčila zejména v jezerech severovýchodních států, v Německu a v USA. Vždy šlo o mnohaleté, velmi nákladné akce, které ovlivnily celá povodí regenerovaných jezer. Musely se zároveň odstranit i sedimenty, které zadržují obrovské zásoby živin, shromážděné po staletí existence jezer.

V našich přehradách podobné pokusy o regulaci výskytu vodních květů biomanipulací rybí obsádky ztěžuje silný vliv řek, nicméně intenzivní výzkum této metody stále probíhá a na řadě vhodných nádrží byla rybí obsádka regulována. Na těchto aktivitách se podílí i náš ústav.

## **ČTĚTE TAKÉ: [Jak potkávám ryby](#) – rozhovor s hydrobioložkou Marií Prchalovou (nejen) o biomanipulacích**

### **Proč si dát na vodní květy sinic pozor**

Vodní květ sinic je nebezpečný, neboť buňky mnoha druhů sinic obsahují cyanotoxiny (hepatotoxiny, neurotoxiny, anatoxiny atd.), které přecházejí zčásti i do vody a mohou způsobit alergie a zažívací, nervové a imunologické potíže. Cytotoxiny jsou uloženy uvnitř buněk, zvláště nebezpečná jsou tedy období, kdy se vodní květ rozkládá. Výskyt vodních květů v rybnících není příliš estetický, ale pro lidskou populaci není až tolik nebezpečný, protože cyanotoxiny nejsou toxické pro studenokrevné živočichy, tedy ryby, které konzumujeme (pokud se ovšem v rybnících nekoupeme).

Sinice v našich přehradách však představují vážné riziko, protože přehrady často využíváme jako zdroje pitné vody. Nejvíce rozšířené jsou cyanotoxiny microcystiny, napadající játra. Jsou obsaženy hlavně v buňkách vodního květu *Microcystis*, ale i rodu *Dolichospermum* nebo *Planktothrix*. Dosud bylo objeveno několik desítek forem tohoto toxinu. V rámci Programu podpory cíleného výzkumu AV ČR S601 7004 „Řízení kvality vody v úrodních nádržích“ jsme v našem ústavu v letech 2003-2004 studovali složení fytoplanktonu a vodních květů na našich důležitých přehradách (Znachor et al. 2006). Z výsledků vyplývá, že vodní květ se vyvinul na všech osmnácti sledovaných přehradách, lišila se jen jeho koncentrace. Devadesát procent těchto vodních květů obsahovalo sinici *Microcystis aeruginosa*, v 65 procentech byla *Microcystis* dominantní. V nefiltrované vodě s vodním květem bylo přítomno v průměru okolo 20, v maximu ale až 125 µg.l<sup>-1</sup> microcystinů. Maximální rozvoj vodního květu byl u všech přehrad zaznamenán v srpnu, a to jak v biomase sinic, tak v koncentraci microcystinů. V letech odběrů na tom byly nejhůře přehrady Brněnská, Sedlice u Želivi, Vranov, Skalka u Chebu, Orlík a Nové Mlýny.

*Můžeme si být jisti, že naše pitná voda vyhovuje normě. Nicméně nestanovitelná stopová množství toxinů mohou působit dlouhodobě, v tělech teplotokrevných organismů se mohou akumulovat a později působit jako kancerogeny nebo mutageny.*

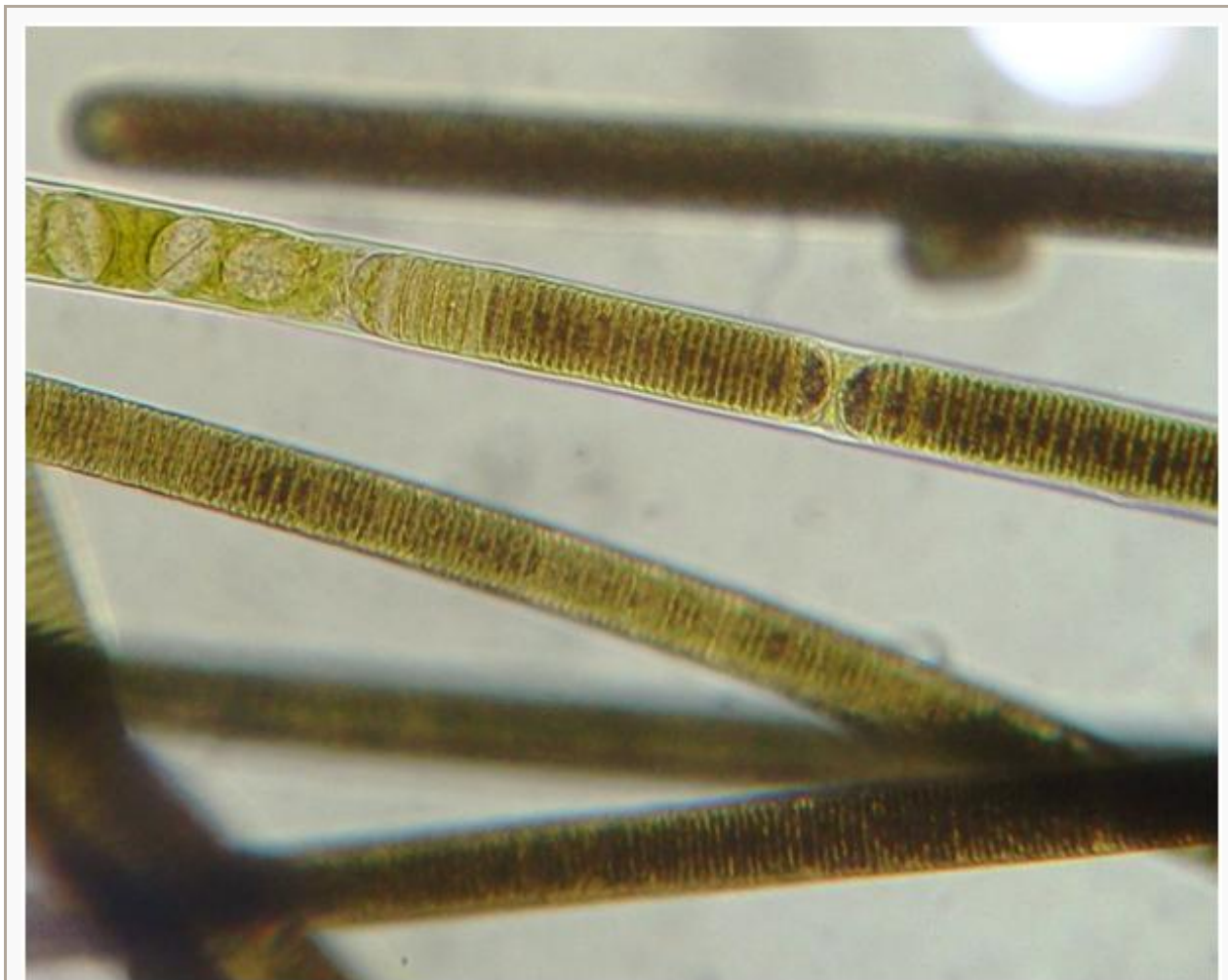
Limit koncentrace microcystinů v pitné vodě je stanoven na 1 µg na litr. Kontrola našich pitných vod je na světové



úrovni, takže si můžeme být jisti, že naše pitná voda vyhovuje normě. Nicméně nestanovitelná stopová množství těchto toxinů mohou působit dlouhodobě, v tělech teplokrevných organismů se mohou akumulovat a později působit jako kancerogeny nebo mutageny. Snížení koncentrace živin, zvláště fosforu, v našich vodách je tedy nanejvýš žádoucí.

## A kam dál?

Jednou z dalších otázek je, proč kolonie a vlákna planktonních sinic dominují nad objemnými buňkami a koloniemi jiných fototrofních planktonních druhů. Vždyť zelené řasy využívají živiny a sluneční energii mnohem účinněji než sinice. Je to způsobeno několika faktory. Sinice jsou nenáročné na světlo, rostou i v zastíněných vrstvách vodního sloupce, kde mohou vytvořit i značnou biomasu (např. *Planktothrix agardhii*). Řada druhů roste sice pomaleji, než je tomu u zelených řas, ale ve vodě vytrvávají mnohem déle. Sinice mají ještě další výhody – jsou schopny vzplývat a fixovat vzdušný dusík, což využívají zejména v letním období, kdy může ve vodě nastat nedostatek dusičnanových iontů. Tato schopnost u zvláštní sinice *Limnорaphis robusta* umožnila vznik těžkého vodního květu v atraktivním, téměř oligotrofním jezeře Atilán v Guatemale, kde jsme se také podíleli na výzkumu. Nedostatek dusíku nedovolil růst fytoplanktonu, což je v tropických vodách časté, ale zvýšený přísun fosforu umožnil této poměrně objemné vláknité sinici fixovat plynný dusík a opatřit si jeho přísun. Následkem toho vznikl v jezeře silný hnědý vodní květ, ačkoli celkové koncentrace živin byly velmi nízké. Jak jsem již napsala, přizpůsobivost sinic je neobyčejná.



*Limnорaphis robusta*, sinice způsobující vodní květ v oligotrofním tropickém jezeře Atilán v Guatemale. Šířka vláknů až 20  $\mu\text{m}$ .

Současný výzkum v oblasti vodních květů se ubírá dvěma směry. V ekologickém směru se vědci snaží porozumět dokonale vztahům mezi jednotlivými hladinami potravního řetězce včetně jeho základu – zdrojům a přeměnám živin

v prostředí, uvolňování živin z usazenin na dně, jejich spotřebou a způsobem přijímání fytoplanktonem, a to jak celým společenstvem, tak jednotlivými druhy, které společenstvu dominují.

Vodní květy se vyznačují často jednodruhovým složením. Ověřuje se proto také hypotéza, že taková populace produkuje látky, které omezují rozvoj jiné populace.

Druhý směr spočívá v moderním přístupu k taxonomickému hodnocení diverzity druhů a rodů sinic v jednotlivých biotopech. Molekulární analýzy genomů ukázaly na genu 16S rRNA, že příbuznost a rozlišení druhů a rodů sinic je zakódováno jinak, než jsme si představovali. Už jsou známy i geny řídící produkci cytotoxinů. Jsou vždy přítomny u všech populací produkujících toxiny, avšak ne vždy jsou tyto geny aktivní. Další výzkum tímto směrem by přinesl důležité informace pro vodohospodářskou praxi a v budoucnu snad i možnost regulace toxicity u nebezpečných populací sinic vytvářejících vodní květy.

## Sinicové vodní květy

### Více o sinicích

### Literatura

Titulní foto: Přemnožené sinice na řece Deûle ve francouzském Lille. Foto: CC-BY-SA/LAMIOT <https://creativecommons.org/>

### Další články tématu

## Voda

- Voda 0

### I pitná voda může škodit

- Voda 0

### OBRAZEM: Ať víte, s kým se koupete

- Voda 0

### Voda: pozoruhodná molekula, ohrožený zdroj

- Voda 0

### Kdo chce žít v loužích, musí žít rychle

- Voda 1

### Voda virtuální, přesto skutečná

- Voda 0

### Když se rozpouští elektron



- Voda 0

## Dobrodružství vody ve vesmíru

- Voda 0

## Hon na bathynellu

- Voda 1

## Struktura a anomálie vody

- Voda 1

## Cesty k odmoření vod

- Voda 0

## O čem mlčí ryby

- Voda 0

- Voda 0

## Varovné poselství studánek

- Previous

- Next

- 11

