



# Na začátku byla sinice! Jak sinice (a řasy) formovaly život na naší planetě?

*Sinice, skupina fotosyntetických bakterií, která v tuto chvíli čítá téměř 2 300 druhů ve zhruba 450 rodech, nás překvapí svou tvarovou různorodostí a ještě více svojí schopností osídlit prakticky všechna prostředí na Zemi, včetně těch extrémních, jako jsou termální prameny nebo polární oblasti. Ještě aby ne, vždyť na to měly kolem tří miliard let času. Za tu dobu hned několikrát zásadně zasáhly do evoluce života na Zemi.*

Sinice jako první „vynalezly“ oxygenní fotosyntézu, během které vzniká kyslík, tudíž fotosyntézu, jak ji známe u rostlin, což mělo zásadní vliv na změnu chemismu atmosféry. I v současné době drobné mořské planktonní sinice produkují zhruba 50 % kyslíku na planetě. Atmosféra v době jejich vzniku obsahovala především amoniak, vodík, metan a vodní páru. Právě uvolňováním kyslíku, jehož koncentrace postupně v atmosféře díky jejich činnosti narůstala, odstartovaly změnu složení atmosféry směrem k dnešnímu stavu. Tomuto časovému

období, kdy v zemské atmosféře a oceánu docházelo k prvnímu zvýšení obsahu kyslíku, říkáme velká oxidační událost (anglicky *Great Oxidation Event*) a bylo to přibližně před 2,4 až 2 miliardami let. Pro současný život je to pozitivum, protože se mohl vyvinout tak, jak jej známe, nicméně pro soupeřící sinice v té době měly tyto změny fatální následky. Mnoho tehdejších organismů nemělo vyvinuté fyziologické mechanismy spojené s kyslíkem, zjednodušeně tedy můžeme říct, že pro ně byl kyslík jedem. Opravdu tak došlo k masovému vymírání mnoha druhů organismů obývajících v té době naši planetu, proto se této události také někdy říká „Velká kyslíková katastrofa“. Množství vyhynulých druhů bylo zřejmě největší v dějinách naší planety, větší než na přelomu ordoviku a siluru (prvohory, odhadem vymřelo asi 57 % rodů) nebo při vymření dinosaurů (vymřelo asi 50 % rodů). Ale všechno zlé je k něčemu dobré. Zvýšený obsah kyslíku v atmosféře působil na přeživší organismy jako stresor – bylo potřeba se s ním do budoucna vyrovnat

---

Spájivá řasa rodu *Zygnema* s typickými hvězdicovitými chloroplasty v přírodě často, spolu s dalšími vláknitými rody, tvoří výraznou plovoucí zrnitost vláken. Z této skupiny řas zřejmě vzešel předek suchozemských rostlin.

Fotografie k článku Sbíрка CCALA.



▲ Zelená řasa rodu *Prasiola*, která v polárních oblastech tvoří poměrně výraznou biomasu, produkuje látky, které její buňky chrání před poškozením mrazem.

▲ Pohled do Sbirky autotrofních organismů (CCALA), která uchovává velkou kolekci sinic a řas, jež slouží pro výzkum i aplikované využití.

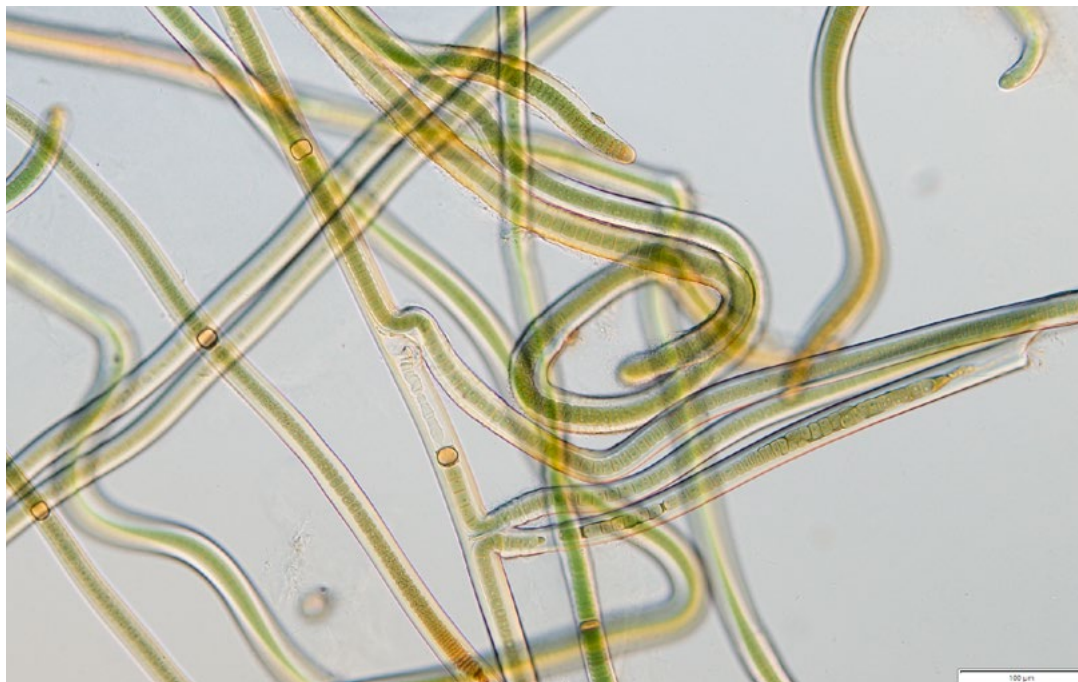
a naučit se s ním pracovat. K tomu v eukaryotických buňkách slouží speciální organely mitochondrie. Původně volně žijící bakterie schopné kyslík zpracovávat byly pozřeny eukaryotickou buňkou a zachovány v podobě organel. Tomuto procesu říkáme endosymbióza. Teď už byly organismy na kyslík „připravené“ a život se mohl znovu vyvíjet a diverzifikovat. Tento evoluční krok ukazuje, jak důležité mohou být v evoluci různé mutualistické vztahy, tedy ty pro oba partnery výhodné. Ve spojení se sinicemi (a později také řasami) se o nich ještě budeme zmiňovat.

Další důležitou roli v minulosti sehrály právě sinice při vzniku chloroplastů v buňkách řas a rostlin. Při něm se opět uplatňuje jistá spolupráce – koevoluce – eukaryotické buňky a bakterie, zde právě sinice jako jediného fotosyntetického organismu té doby. Opakuje se situace podobná získání mitochondrie – sinice je pohlcena eukaryotickým organismem, není však strávena a během společné evoluce se mění na organelu – chloroplast (plastid). K této události došlo v historii Země rovnou několikrát a právě toto nezávislé opakování vedlo k velké různorodosti řas. Naše aktuální poznání ukazuje, že z události spojené s pozřením sinice vzešly tři linie řas – zelené řasy, ruduchy a glaukofyty. Protože se jedná o původní proces, označujeme jej jako primární endosymbiózu. Na scénu přichází půvabná vynalézavost evoluce. Řasy z těchto tří linií totiž byly později pohlceny buňkami jiných organismů a následně jako celek použity pro výrobu plastidu během procesu tzv. sekundární endosymbiózy. Tento způsob dal vzniknout úplně novým liniím řas – krásnoočkům, hnědým řasám, skrytěnkám, obrněnkám nebo haptofytům. A na začátku toho všeho byla zase sinice!

Za prvními suchozemskými cévnatými rostlinami se musíme, na základě zachovalých fosilních záznamů, vypravit do období siluru (prvohory, před 439 až 408 miliony let). V příbřežních zónách jezer bychom našli relativně

malé, od jednotek po desítky centimetrů velké vidličnatě větvené rhyniové rostliny, například rody *Cooksonia* nebo *Rhynia*. Ve vodě bychom zase pozorovali až 1,5 metru dlouhé obojživelníky rodu *Ichtyostega*, zkratka pravěká idyla. A jak se vlastně rhyniové rostliny na souš dostaly? V tomto procesu sehrály důležitou roli řasy – víme, že původ suchozemských rostlin není v moři, ale ve sladké vodě a že zřejmě sdílely předka s řasami. Protože nevíme přesně, jak tento „mezičlánek“ mezi řasami a rostlinami vypadal, označujeme ho jako hypotetického předka suchozemských rostlin. Nesmíme si hned představovat vyvinuté cévnaté rostliny, první suchozemskou rostlinou byla zřejmě bezcévná rostlina podobná dnešním mechorostům. Rostliny se na souš nedostaly aktivně, netoužily po tom, vystoupit z vody a dobýt souš. Na souši se jejich předek začal objevovat díky kolísání vodní hladiny a postupně se ke svému životu na

Řasy, podobně jako sinice, představují obrovskou skupinu organismů, zahrnující drobné mikroskopické mořské zástupce měřící několik málo mikrometrů (tisícin milimetru) až po obří, desítky metrů velké mořské chalupy, které pod hladinou chladných moří tvoří rozsáhlé kelpové lesy. Odhady počtu druhů řas se pohybují mezi 30 000 a více než milionem, popsání diverzity těchto organismů je tedy stále obrovskou výzvou do budoucna. Díky svému evolučnímu stáří a přizpůsobivosti obsadily prakticky všechny biotopy na Zemi a hrají nenahraditelnou roli v globálních cyklech kyslíku, uhlíku, dusíku, křemíku nebo síry. Jsou důležitými primárními producenty a nezanedbatelnou součástí suchozemských, sladkovodních i mořských potravních sítí, vstupují do interakcí s jinými organismy – houbami, rostlinami i živočichy. A v neposlední řadě stály řasy samozřejmě u vzniku vyšších rostlin.



Sinice rodu *Scytonema* je vázaná na terestrické prostředí. Ve svých slizových pochvách má specifický pigment, který ji chrání před poškozením slunečním zářením, jemuž je vystavena.

souši musel přizpůsobit. Již nebyl nadnášen vodou, a proto si musel vytvořit podpurná pletiva ke zpevnění stavby svého těla. Látky již nemohl přijímat rozpuštěné z vody, ale musel si vytvořit orgány pro příjem látek ze substrátu a zajistit jejich rozvod po svém těle. Musel se vypořádat s vysycháním kvůli expozici slunečnímu záření – vytvořením ochranné kutikuly, průduchů pro výměnu plynů a později vodivých pletiv. Musel toho zkrátka udělat hrozně moc, aby se později vyvinul do tak druhově bohaté skupiny, jako jsou vyšší rostliny. Nebyl na to ale sám – opět se v evoluci objevuje spolupráce – pomohly mu houby. Ukazuje se, že první rostliny byly zřejmě schopné vytvořit symbiotické (pro oba partnery výhodné) soužití s mikroskopickými houbami, zřejmě ze skupin Mucoromycotina a Glomeromycota. Tyto interakce s rostlinami vytvářejí i v současnosti, což potvrzuje i přítomnost genů pro přijímání signálů z hub prostřednictvím kořenů u současných mechorostů a krytosemenných rostlin. Environmentálním spouštěčem těchto interakcí byl zřejmě pokles koncentrace oxidu uhličitého v prostředí během prvohor. Co bylo biologickým spouštěčem, dnes s jistotou nevíme, víme jenom to, že to vedlo k úspěšné kolonizaci souše rostlinami.

Poměrně dlouhou dobu se diskutovalo a vlastně stále diskutuje o tom, z jaké skupiny řas vzešel (hypotetický) předek suchozemských rostlin. Panuje obecná shoda na tom, že náležel mezi odvozenou linii zelených řas označovanou jako Streptophyta. Shoda však nepanuje na tom, jaká skupina z této linie to byla. Dlouho se uvažovalo o parožnatkách. A není se čemu divit, jsou to makroskopické, několik desítek centimetrů velké sladkovodní řasy, které jsou podobné přesličkám a s vyššími rostlinami sdílejí dokonce i některé fyziologické znaky. V současné době převažuje názor, že se jednalo spíše o zástupce ze skupiny

spájivek. V této skupině nalezneme jednobuněčné řasy krásivky, které se často vyskytují v rašeliníštích a čistých vodách, a vláknité řasy, jako je třeba šroubatka, které často tvoří poměrně výraznou biomasu ve stojatých vodách (a také jsou velkým nepřítelem milovníků zahradních jezírek). Právě tyto řasy poměrně dobře snášejí vysychání, což mohlo být výhodou při střídání vysoké a nízké hladiny v době, kdy docházelo k přechodu rostlin na souš. Moderní výzkumy ukazují, že příbuznost vyšších rostlin, respektive jejich hypotetického předka, a spájivek sahá až na úroveň genetických a buněčných molekulárních mechanismů, čímž tuto teorii podporují.

Sinice a řasy, ač mnohdy přehlížené nebo spojované s negativními emocemi kvůli vodním květům na rybnících a přírodních koupalištích, zarůstání akvárií nebo zahradních jezírek, představovaly, představují a budou představovat důležitou skupinu pro procesy na naší planetě, skupinu, která přináší stále další výzvy pro výzkum, a skupinu s důležitým biotechnologickým potenciálem. Studium sinic a řas se dnes zaměřuje na všechny aspekty jejich biologie, ekologie, fyziologie, s vidinou jejich využití pro produkci léčiv, mastných kyselin, polysacharidů, barviv, proteinů a dalších pro člověka zajímavých látek.



Jako kurátor Sbírký autotrofních organismů (CCALA) se Josef Jurán věnuje otázkám kultivace sinic a řas, jejich udržování ve sbírkách a právnímu pozadí fungování sbírek, současně se také zajímá o roli sbírek v praktické druhové ochraně ex situ (mimo původní stanoviště).

**Mgr. Josef Jurán, Ph.D.**

Experimentální zahrada a genofondové sbírky Třeboň,  
Botanický ústav AV ČR, Třeboň  
[josef.juran@ibot.cas.cz](mailto:josef.juran@ibot.cas.cz)