

# Krásivky — mikroskopické skvosty našich vod a mokřadů

Jiří Neustupa

Více než 5 000 druhů krásivek (*Desmidiatales*) patří bezesporu k nejpозорuhodnějším zástupcům rostlinné říše. V jejich případě skutečně můžeme s plným právem hovořit o pravých rostlinách, přestože jde většinou o jednobuněčné mikroorganismy, mezi nimiž i ty největší zástupce zahlédneme bez mikroskopu jen jako velmi drobné zelené vločky. Přesto jsou krásivky cévnatým rostlinám — třeba stromům nebo orchidejím — v podstatě velmi příbuzné; rozhodně jim jsou daleko bližší než obrovské mořské chaluhy, ruduchy a dokonce i než většina dalších zelených řas.

Podle současných pohledů na evoluci autotrofních — fotosyntetizujících — organismů můžeme totiž za rostliny považovat v zásadě zástupce těch skupin, které své chloroplasty získaly tzv. primární endosymbiózou. Tu si představujeme jako evoluční symbiotický proces, v němž dávný jednobuněčný heterotrofní organismus pohltil sinici — tedy vlastně autotrofní bakterii — a natrvalo ji „ubytoval“ ve svých buňkách. Potomky této sinice jsou všechny dnešní rostlinné chloroplasty. Podle současných názorů tento proces proběhl v evoluci nezávisle na sobě třikrát. V prvním případě vznikly ruduchy (*Rhodophyta*), ve druhém malá skupina *Glaucophyta* a ve třetím zelené řasy a všechny další cévnaté rostliny. Pravé rostliny, tzv. podříše *Viridiplantae*

zahrnuje pouze onen třetí a poslední případ; tedy organismy, které mají v chloroplastech jako hlavní pigmenty chlorofyly a a b a zásobní látky ukládají hlavně ve formě škrobu.

Do podříše *Viridiplantae* taxonomové řadí všechny zelené řasy — od nejprimitivnějších bičíkovců až po parožnatky, dále pak všechny mechorosty a cévnaté rostliny. Ale i v rámci této skupiny lze ještě nalézt dvě velké skupiny — oddělení *Chlorophyta* a *Streptophyta*. Liší se zdánlivě zcela okrajovým znakem — uspořádáním mikrotubulů při buněčném dělení, ale zdá se, že právě tento znak ukazuje na jejich dávné evoluční odlišení. *Chlorophyta* zahrnují většinu zelených řas, do oddělení *Streptophyta* patří cévnaté rostliny, mechorosty a několik skupin řas k cévnatým rostlinám evolučně nejbližších. A právě jednou z nich je i třída *Zygnematophyceae* s řádem *Desmidiatales* — krásivky. Jen pro pořádek je třeba dodat, že všechny ostatní skupiny (chaluhy, rozsivky, zlativky, různobrvky, obrněnky) rostlinami nejsou. Jejich chloro-

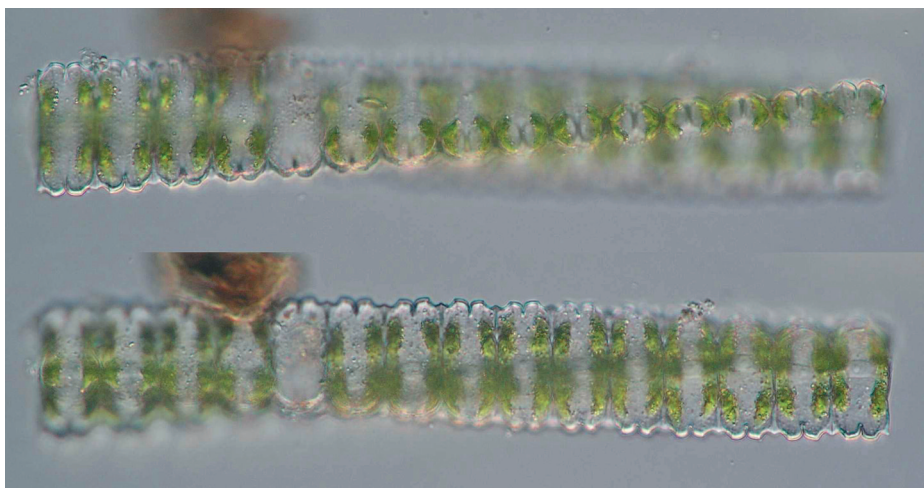
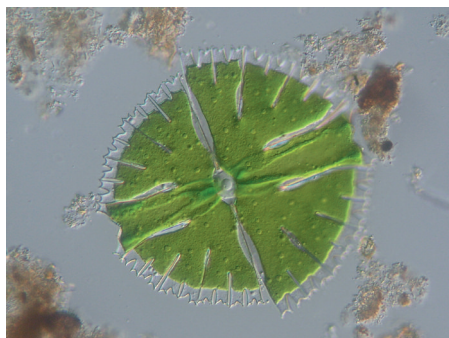
*Některé krásivky středoevropských mokřadů. Buňky krásivek jsou složeny ze dvou semicel — polobuněk. Nahoře vlevo buňka *Micrasterias crux-melitensis* ♦ Uprostřed rostoucí buňka *Micrasterias rotata* ♦ Dole trichální krásivka *Desmidium swartzii* se spirálně stočeným vláknem*

plasty pocházejí z tzv. sekundární endosymbiózy. Při ní došlo k dlouhodobé symbióze nějaké dávné rostliny, často zástupce glaukofyt či ruduch, s heterotrofním jednobuněčným organismem. Tato symbiogenetická událost se stala v evoluci mnohokrát a stále k ní u některých skupin, např. u obrněnek, často dochází.

Krásivky jsou tedy z evolučního hlediska blízkými příbuznými cévnatých rostlin, byť se zdá, že se z nich, ani z jim podobných organismů cévnaté rostliny v evoluci nevyvinuly. Třída *Zygnematophyceae* se dnes jeví spíše jako vedlejší rostlinná vývojová větev, kterou charakterizuje mnoho unikátních vlastností a znaků, jež se u žádných jiných rostlin nevyskytují. V rámci této třídy je dnes známo asi 6 000 druhů. Z nich asi 900 patří do řádu *Zygnematales* — spájkivky, které mají většinou vláknitou nevětvenou stélku. Zbylých asi 5 100 druhů jsou krásivky. Přestože jsou *Zygnematophyceae* skupinou vývojově izolovanou, můžeme vidět, že rozhodně nejsou zatím evolučně neúspěšné — alespoň co do počtu recentních druhů.

Nejtypičtějším znakem celé skupiny je unikátní způsob pohlavního rozmnožování, tzv. spájení. U dvou vegetativních buněk se celý protoplast změní na améboidní gametu (což je mimochodem jediný známý výskyt améboidní organizace stélky u zelených řas), obě buňky se k sobě přiblíží, vytvoří se mezi nimi kopulační kanálek a jedna z gamet (améb) se přesune kanálkem ke druhé a společně vytvoří zygotu (viz obr.). Zygota je většinou kulovitá, má velmi často tlustou a strukturovanou buněčnou stěnu a je schopna přežít i poměrně dlouhou dobu a nepříznivé podmínky (např. zmrznutí), než z ní vyklíčí nová vegetativní buňka či vlákno.

*Micrasterias thomasiana* patří rovněž k druhům vyskytujícím se v mokřadech střední Evropy, nahoře ♦ Několik buněk různých druhů rodu *Closterium*, dole



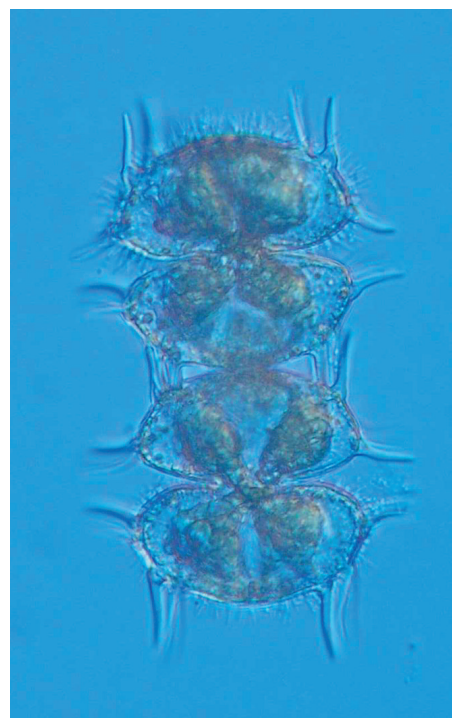
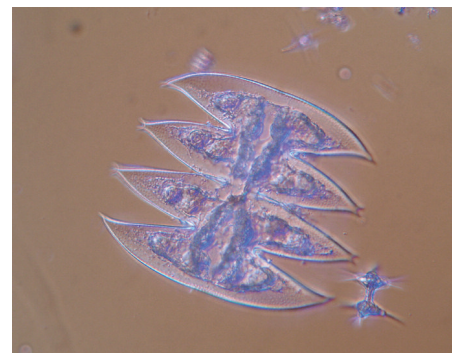
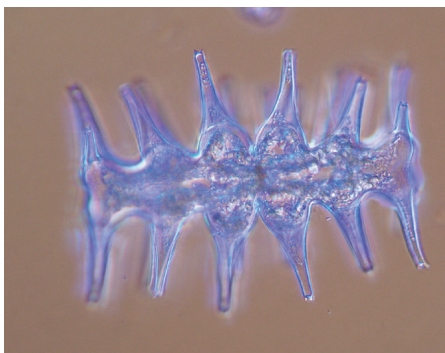
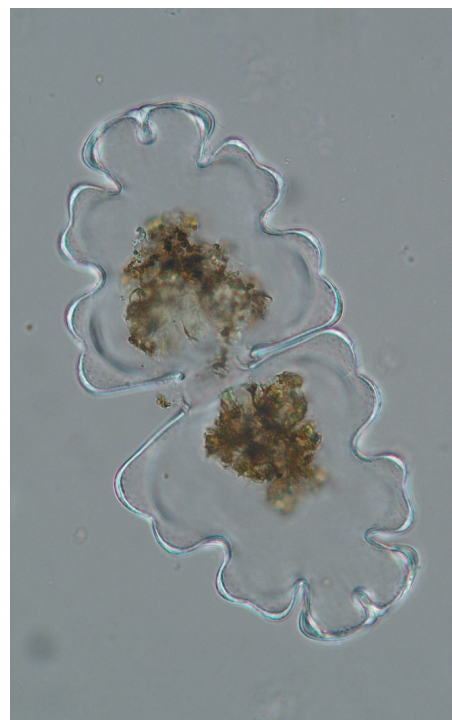
Další z krásivek středoevropských mokřadů *Euastrum oblongum*, nahoře vlevo ♦ Prázdná buněčná stěna rozpadající se buňky *E. oblongum*, nahoře vpravo ♦ Uprostřed vlevo *Micrasterias muricata*, endemický druh amerického kontinentu ♦ Vpravo uprostřed *M. laticeps*, tropický a subtropický druh

V celém životním cyklu se jako u jediné skupiny v rámci zelených řas nevyskytuje žádné bičíkaté stadium.

Krásivky jsou na rozdíl od spájívek většinou jednobuněčné, byť několik desítek druhů je vláknitých. Žijí výhradně ve sladkých vodách, v sladkovodních mokřadech, vzácně i mimo vodní prostředí (subaericky) ve vlhkých slizových nárůstech na skalách či kůře stromů a v půdách. Zatím žádné krásivky nebyly nalezeny v mořích. Jejich buňka je rozdělena na dvě polobuňky — semicely, které jsou u vývojově pokročilejších rodů krásivek odděleny zúženým můstkem — isthmem (viz obr.). (Název řádu *Desmidiiales* pochází z řeckého desmós, tj. svazek, vazba, spojení; právě podle spojení dvou semicel úzkým buněčným můstkem.) V isthmus se nachází jádro. Každá ze semicel obsahuje jeden nebo i větší počet chloroplastů, v nichž se často vyskytují kulovitá tělíska (pyrenoidy) obsahující enzym Rubisco, podílející se na temnostní fázi fotosyntézy. Krásivky se vedle pohlavního spájení mohou rozmnožovat — a většinou také rozmnožují — nepohlavním dělením. Buňky se dělí právě v rovině isthmus; po dělení dorůstá druhá semicela do dospělé velikosti. V přírodě se tak lze často setkat s čerstvě rozdělenými jedinci s nestejně velkými semicelami (viz obr.).

Krásivky se v přírodě vyskytují hlavně v prostředí s nižším pH, tedy v kyselějších vodách. Největší druhové rozmanitosti dosahují v prostředí pH 4,5–6,5. Nejtypičtějším biotopem krásivek jsou bentická a nárostová společenstva, tedy dna tůňek, mikrobiální porosty na ponořených kamelech nebo rostlinách. Řada z nich také produkuje velké množství slizu a vytváří slizovité kolonie. Některé menší druhy se vyskytují i v planktonu řek, přehradních nádrží nebo čistších rybníků. Centrum biodiverzity krásivek ovšem jednoznačně leží v biotopech s malým množstvím živin, tedy hlavně organických látek, dusíku a fosforu. Eutrofizace vodního prostředí (zvyšování koncentrace živin), která v našich podmínkách probíhá převážně činností člověka, populace krásivek decimuje a vede často k jejich lokálnímu vyhynutí. Dánský hydrobiolog Nygaard dokonce na základě počtu druhů sinic, centrických rozsivek a kokálních zelených řas (tedy skupin žijících většinou v eutrofním prostředí) ku počtu druhů krásivek vytvořil obecný index bioindikace eutrofie vodních ekosystémů.

Příkladem škodlivého vlivu eutrofizace způsobené lidskou činností je jihočeská NPR Řežabinec. V posledních 30 letech tam z tůň a mokřadů vymizela více než polovina druhů krásivek, včetně některých velmi vzácných taxonů, které nebyly známy z žádné jiné středoevropské lokality. Jiným vážným rizikem likvidujícím společenstva krásivek v naší přírodě je acidifikace. Ta se projevuje hlavně v horských rašelinných ekosystémech, kde vlivem kyselých dešťů může dojít k dlouhodobému snížení pH, což vede k vyhynutí valné části mikrobiálních druhů, včetně krásivek. Příkladem mohou být horská subalpínská



Zygota krásivky *Micrasterias rotata* se dvěma prázdnými buňkami (vlevo). Foto S. Nováková ♦ Dvě dceřiné buňky spojené po proběhlém nepohlavním dělení převážně severoamerické krásivky *Xanthidium antilopaenum* var. *polymazum*. Snímky J. Neustupy, pokud není uvedeno jinak

a alpská rašeliniště v našich sudetských pohořích (Krušné hory, Krkonoše, Jizerské hory), kde dnes kvůli acidifikaci přežívají pouze nejodolnější druhy krásivek. Mezi nejcennější lokality s největší biodiverzitou krásivek v ČR patří např. PR Borkovická blata na Táborsku či oblast Modravských

slatí v NP Šumava. Na těchto lokalitách je možné v jediné rašelinné tůňce při jediném odběru nalézt až 50 druhů krásivek. Celkem je ze střední Evropy známo téměř 600 druhů.

Globální centrum evoluce krásivek leží ovšem v tropech. Z tropických mokřadů jsou popsány téměř dvě třetiny dnes známých druhů. Díky jejich atraktivnímu vzhledu jsou v současnosti jednou z nejprozkoumanějších skupin. Můžeme se domnívat, že nezbyvá snad více než 20 % neobjevených druhů. Díky dobré znalosti rozšíření jednotlivých druhů se podařilo vymezit i několik biogeografických areálů s typickou flórou

krásivek. Více než 10 % druhů se vyskytuje jen na jednom kontinentu. Velmi bohatou flóru krásivek má indomalajská a australská oblast i tropická část Jižní Ameriky. Směrem k pólům rozmanitost druhů ubývá, ale Arktida je daleko bohatší než Antarktida, kde kvůli geografické izolaci a extrémním podmínkám žije jen 8 nejotužilejších druhů.

Krásivky jsou opravdu velmi krásnými rostlinami. Symetrické a komplikovaně strukturované tvary mnoha rodů a druhů je řadí k nejpozoruhodnějším příkladům buněčných morfologií vůbec. Zástupci r. *Micrasterias* jsou v poslední době využíváni jako modelové organismy pro studium

buněčné morfogeneze. Tvar buněk je dán způsobem růstu buněčné stěny. Její ontogenetický vznik se v průběhu růstu buněk řídí především provazci cytoskeletárních mikrotubulů, které přinášejí materiál pro syntézu a ovlivňují její odlišnou rychlost růstu buněčné stěny v různých částech buňky. V současnosti neexistuje žádná ucelená teorie, která by vysvětlovala případný adaptivní význam takto složitých buněčných tvarů v evoluci. Krásivky se v každém případě vedle např. květů orchidejí, kreseb motýlích křídel či tvarů a ornamentací hlubokomořských plžů řadí mezi nejkrásnější jevy v živé přírodě vůbec.

## Systemy vodivých pletiv cévnatých rostlin

Vladimír Vinter, Michaela Sedlářová

Cévnaté rostliny (*Tracheophyta*) představují skupinu vyšších rostlin, u nichž v ontogenetickém vývoji převažuje sporofyt (nepohlavní, většinou diploidní generace produkující spory) nad gametofytem (pohlavní, většinou haploidní generace produkující gamety). Pro fylogenetický vývoj cévnatých rostlin je charakteristický postupný ústup gametofytu až k jeho úplné závislosti na sporofytu, jak je tomu u rostlin, které dosáhly vývojového stupně semennosti (*Spermatophyta*). Sporofyt cévnatých rostlin (kormus) se rozlišuje na vegetativní a generativní orgány, které jsou tvořeny systémy pravých pletiv. Jednotlivými orgány probíhají vodivá pletiva vytvářející vodivý (vaskulární) systém rostliny.

Evoluce cévnatých rostlin je úzce spjata s přechodem rostlin z vodního prostředí na souš. Za předky suchozemských tracheofytů se považují semiakvatické zelené řasy, nepravděpodobněji z příbuzenstva r. *Coleochaete* nebo z příbuzenstva obdobných hypotetických vyhynulých typů. Nejstarší dosud známé suchozemské rostliny, jež lze snad již považovat za rostliny cévnaté, doložené nálezy spor a makrofosíli (úlomky telomů, tj. koncových prýtů nesoucích sporan-

gium), jsou zástupci r. *Cooksonia* (oddělení *Protracheophyta*) ze středního siluru (420 mil. let). Kolonizace souše tracheofyty byla spojena s mnoha anatomicko-morfologickými a fyziologickými adaptacemi na zcela nové ekologické podmínky prostředí: atmosférické sucho, přímé sluneční záření, odlišný způsob příjmu uhlíku, minerálních látek a vody, zvýšené působení gravitace (rostliny již nebyly nadnášeny vztakovou silou vody) a rozmnožování v odlišných podmínkách (Živa 2003, 4: 153–156). K upevnění rostlin k substrátu a čerpání živin sloužily nejstarším suchozemským cévnatým rostlinám specializované orgány telomového původu, tzv. rhizomoidy. Povrch rostlin kryla pokožka (epidermis) s kutikulou (tenká vrstva nepropustná pro vodu). Tyto povrchové struktury bránily vysychání rostlin a sloužily k ochraně před slunečním zářením. V epidermis byly již diferencovány průduchy (stomata), které zajišťovaly regulovanou transpiraci a tím i řízené hospodaření s vodou (cévnaté rostliny jsou až na výjimky homoiohydričné = hydrostabilní). Transpirace také vytvářela hnací sílu vzestupného transpiračního proudu a zajišťovala účinnou termoregulaci (ochlazování) pletiv.

Jednou ze zásadních anatomických adaptací, které umožnily cévnatým rostlinám osídlit rozsáhlé oblasti pevnin (včetně oblastí aridních) ve velmi rozmanitých životních formách, byl vznik specializovaných vodivých pletiv. Tato pletiva zajišťovala v rostlině transport vody, anorganických a organických látek na delší vzdálenosti. Vytvořila také zpevňující mechanický skelet umožňující rostlinám odolávat povětrnostním vlivům. V evoluci mechanických pletiv byla vysoce významná syntéza ligninu, který impregnoval celulózní buněčné stěny původních tenkostěnných parenchymatických pletiv (především dřevních elementů).

Následující text podává stručnou charakteristiku dřevních a lýkových vodivých elementů. Upravení použitých anatomických termínů lze nalézt v Základním slovníku rostlinné anatomie I–VI (Živa 2001, 1–6).

### Cévní svazky

Vodivá pletiva vytvářejí v rostlinných orgánech cévní svazky (fasciculi vasorum), které sestávají z části dřevní (xylém, hadrom, část vazální), vedoucí vzestupný transpirační proud, a části lýkové (floém, leptom, část kribrální), vedoucí sestupný asimilační proud. Cévní svazky jsou tvořeny

*Vodivé elementy xylému. 1— tracheidy protoxylému brukve zesílené kruhovitě a šroubovitě, 2 — schodovitě zesílená tracheida metaxylému hasivky orličí, 3 — dvůrkaté tracheidy deuteroxylému jehličnanů na radiálním řezu (abietoidní typ), 4 — schodovitě perforovaná trachea metaxylému u hasivky orličí, 5 — síťovitě zesílená trachea deuteroxylému tykve, 6 — síťovitě zesílená trachea metaxylému kukuřice, 7 — schodovitě perforovaná deska tracheje deuteroxylému dubu*

