

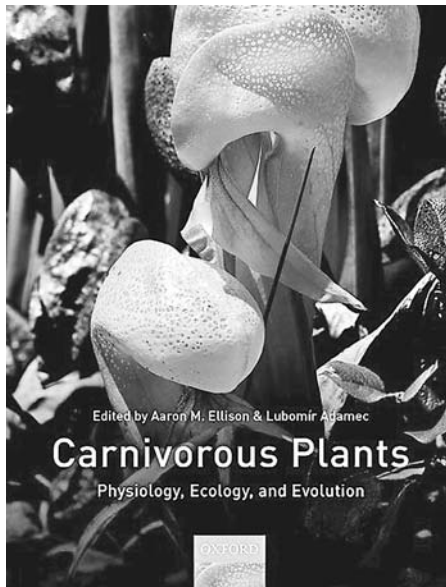
Aaron M. Ellison a Lubomír Adamec (eds.): Carnivorous Plants: Physiology, Ecology, and Evolution

Přemýšleli jste někdy nad tím, co jsou masožravé rostliny, nikoli ve smyslu spektakulárních pastí, pro které jsou známy, ale ve smyslu jejich vymezení vůči „normálním“, nemasožravým rostlinám? Kniha *Carnivorous Plants* s podtitulem *Physiology, Ecology, and Evolution* neukazuje líbivé fotografie a nenabízí návody pro přetěle. Šestašedesát autorů na více než 500 stranách představuje kompendium většiny probádaných aspektů vědeckého výzkumu rostlinných druhů, které splňují následující podmínky – polapí, usmrtí a stráví kořist, kterou vstřebají a využijí z ní uvolněné látky.

Kniha je koncipována jako soubor více-méně nezávislých kapitol, v podstatě odborných článků, tematicky sdružených do pěti částí. Logickým začátkem je již zmíněné vymezení masožravosti u rostlin, v současnosti jde asi o 800 rozeznávaných druhů. Příloha uvádí i jejich seznam, který navzdory tomu, že nevyhnutelně brzy zastará, může posloužit dalším autorům jako taxonomická reference.

Myšlenka, podle níž se masožravost jako unikátní adaptace vyvinula u rostlin pouze jednou a všechny jsou si příbuzné, vzala definitivně zaskvě s nástupem systematiky založené na metodách molekulární biologie. Je jisté, že k její evoluci došlo opakovaně v několika rádech, ale stejně tak se z původně masožravých rostlin mohou v průběhu vývoje stávat rostliny nemasožravé.

Druhá část knihy podrobně charakterizuje jednotlivé rody a jejich evoluční vztahy. Právě taxonomie uvnitř některých rodů byla v posledních letech problematická,



neboť fylogenetické stromy opakovaně ukazovaly jiné vztahy, než jaké předpokládal systém založený na tradičnějších znacích, často obtížně uchopitelných v důsledku nezvyklých adaptací spojených s masožravostí. Řešení, nebo alespoň jeho začátek, hodnotím jako velmi cenný příspěvek této publikace.

Na závěr druhé části editoři zařadili kapitolu o genomech masožravých rostlin. Není to jen velkou popularitou těchto rostlin mezi laiky i odborníky, pro intenzivní výzkum jejich genomů existují objektivní důvody. Jsou jimi speciální adaptace, které nezbytně musejí mít základ právě

v genomu, ale i velikost – především čeledi bublinatkovitých (*Lentibulariaceae*) je známa přítomností nejmenších genomů mezi krytosemennými rostlinami vůbec (viz také Živa 2015, 6: 286–288; 2016, 2: 61–63 a 3: 104–106). Většina této kapitoly se však věnuje překotně se rozvíjejícímu směru moderní biologie, sekvenování dlouhých úseků nebo rovnou celých genomů a transkriptomů. Nemohu se ubránit dojmu, že rozsah věnovaný této tematice je neúměrný prezentovaným výsledkům, neboť zatím tento přístup nepředkládá tolik přesvědčivých odpovědí, kolik otevírá nových otázek. Je to snad způsobeno stále ještě poměrně omezeným množstvím dostupných dat (zejména ve smyslu počtu prozkoumaných druhů), takže lze mluvit o štěstí nebo prozíravém výběru, pokud autoři porovnávají druhy alespoň ze stejného řádu.

Tradičnější oblasti výzkumu genomu bohužel nejsou tak podrobně zpracovány, ať už jde o studie chromozomů (kterých bylo od vydání posledního podobného kompendia, Juniper a kol. 1989, publikováno nemalé množství), nebo o velikosti genomu jako celku. V knize zcela chybí zmínka o poměrně dobře probádaných chromozomech rosnatek (*Drosera*), u nichž jsou již dlouho známy chromozomy holokinetické (Rothfels a Heimburg 1968, Sheikh a kol. 1995), což má nezanedbatelné evoluční dopady. Tento typ chromozomů, vyskytující se např. u ostříc (*Carex*), motýlů (Lepidoptera) nebo již zmíněných rosnatek, totiž nemá lokalizovanou centromeru a dělicí vřetenko se během buněčného dělení upíná po celé délce chromozomu. Díky tomu se do dalších generací přenášejí i odložené fragmenty chromozomů (více viz např. Bureš a kol. 2013).

Procesem masožravosti u rostlin se zabývá třetí část, nazvaná *Physiology, form, and function*. Od nalákání kořisti do specializovaného orgánu (pasti) přes její polapení, usmrcení a strávení až po využití získaných živin popisují autoři makroskopické, mikroskopické i biochemické mechanismy, s jakými různé typy pastí pracují. Kromě procesu zpracování kořisti, který je velice různorodý a zčásti ho přibližují už kapitoly o jednotlivých rodech, se tato část zabývá i podstatou masožravosti. Proč je masožravých rostlin tak málo, jaké nevýhody omezují jejich evoluci? Cost/benefit model (model nákladů a výnosů) byl pro masožravé rostliny zpracován již v r. 1984 (Givnish a kol. 1984) a vysvětluje, proč je karnivorie výhodná pouze za určitých podmínek, především na chudých, vodou i světlem dostatečně zásobených místech. Je totiž nutné vzít v úvahu nejen zisk v podobě doplňkových živin, ale i náklady na tvorbu a provoz specializovaných pastí. Specifickou skupinu tvoří vodní masožravé rostliny, jejichž fyziologii intenzivně zkoumá jeden z editorů a předních odborníků na tuto problematiku (Lubomír Adamec) i u nás. Poslední kapitola mě osobně však trochu překvapila, ačkoli do knihy bezpochyby patří. Ne každý o maso-



1 Národní přírodní památka Swamp na Kokořínsku – typický biotop masožravých rostlin, kde je hojnost vody i světla, růst rostlin je však limitován nedostatkem živin. Foto A. Veleba

žravých rostlinách uvažuje jako o zdroji biotechnologické inspirace, ale využití některých druhů ve farmacii je dobře známo a biomimetické materiály (např. extrémně kluzké a hydrofobní povrchy založené na kluzkých zónách láček láchkovek – *Nepenthes*) mají před sebou nejspíš slibnou budoucnost.

Co podstatného ještě nebylo řečeno? Čtvrtý oddíl rozebírá interakce masožravých rostlin s vnějším prostředím a dalšími organismy – tedy ekologii. Kromě klasických vztahů mezi rostlinami navzájem a rostlinami a živočichy však u masožravek najdeme i méně obvyklé vztahy, typické spíše pro živočichy – objevují se potravní paraziti, komenzalové i symbionti. Těch i oněch mají hlavně pasti, nějakým způsobem nabízející malý uzavřený ekosystém, nemalé množství. Diverzita jeho obyvatel pak může zahrnovat pouze mikroskopické nebo i makroskopické organismy a dává vědcům vzácnou příležitost k ekologickým studiím. Zejména špirlice nachová (*Sarracenia purpurea*) s rozsáhlým areálem napříč Severní Amerikou je v tomto směru hojně využívána. Zajímavým aspektem masožravosti je také konflikt mezi lákáním kořisti a opylovačů. Rostliny ho řeší několika možnými způsoby – oddělením květu a pasti (v prostoru nebo čase) nebo odlišením signálů, které hmyzu vysílají.

Poslední část knihy je vážným zamyšlením nad budoucností masožravých rostlin ve světě pozmeněném člověkem. Autoři se pokoušejí odhadnout dopad globálních změn klimatu nebo přežití jednotlivých druhů ve stále se zmenšujících areálech narušených lidskou činností. U některých druhů však k vyhubení přírodních populací bohatě stačí nelegální sběr rostlin v přírodě. Jediné, co mě v této části opravdu zarazilo, je tvrzení, že dostatečná data o ochraně masožravých rostlin jsou dostupná pouze pro USA, jihozápadní Austrálii, a rod láchkovek. Věřím, že přinejmenším u nás v Evropě je toto téma také dostatečně probídané.

Co říci závěrem? Kniha má bezesporu vysokou odbornou hodnotu. Oba její editoři, A. M. Ellison a L. Adamec, patří ke světově známým odborníkům s mnohaletými zkušenostmi. Autorské týmy jednotlivých kapitol také skrývají zvučná jména vědců, kteří se úspěšně věnují některému z aspektů výzkumu masožravých rostlin. Čtenáři se zájmem o odbornější uchopení tématu se dovedí více, než očekávali. Může jít o poučené laiky i studenty specializovaných odborných kurzů, věřím však, že rovněž odborníci v knize v případě potřeby najdou jak přiblížení tématu, v němž se třeba obvykle nepohybují, tak množství cenných odkazů na další literaturu. Obrovské plus tohoto díla spatřuji ve srozu-

mitelném zpracování, stejně jako v mezioborové provázanosti informací v jednotlivých kapitolách. Zajímavý je rovněž nástin nejpálčivějších otázek čekajících na zodpovězení (Future research na konci každé kapitoly).

Na druhou stranu je v knize viditelná snaha o jistou nezávislost kapitol, jež vyústila v několikanásobné opakování některých informací. Neustále se opakující popisy zkoumaných druhů jsem přibližně v polovině knihy začal přeskakovat. Redukcí těchto odstavců na odkazy do úvodních kapitol by se text zkrátil bez ztráty výpovědní hodnoty, chápu však, že by pak bylo obtížnější věnovat se pouze vybrané kapitole. Stejně tak několik kapitol (např. o vlivu změn klimatu) obsahuje zbytečně mnoho metodických informací, které s tématem přímo nesouvisejí, a v jiných kapitolách byly řešeny spíše odkazy na příslušnou literaturu (v již zmíněné kapitole jde o popis metodiky modelování klimatu a reakce jednotlivých druhů na jeho změny). Odborné nedostatky ve smyslu chybějících nebo mírně zavádějících informací jsou pouhými výjimkami (viz příklady uvedené výše).

**Oxford University Press, 2018, 510 str.
Cena v internetových knihkupectvích
kolem 107 Euro / 95 britských liber**

Použitá literatura uvedena na webu Živý.

Lubomír Adamec

ZAUJALO NÁS

Masožravá mucholapka podivná využívá k respiraci aminokyseliny z kořisti

Masožravé rostliny získávají z rozložených živočišných těl minerální i organické látky a využívají je ke svému růstu. Všechny masožravé rostliny fotosyntetizují, a i proto je už přes 100 let přijímána tzv. minerální teorie masožravosti. Podle ní tyto rostliny osídlující minerálně chudá stanoviště získávají z kořisti pro růst limitující a nezbytné minerální živiny (především dusík – N a fosfor – P) jakožto hlavní ekologický přínos (benefit), zatímco případný příjem organických látek (uhlíku – C) se považuje za ekologicky nevýznamný. Z minerálních látek obsažených v těle živočišné kořisti (nejčastěji hmyzu) mohou masožravé rostliny jednoznačně získat nejvíce dusíku, protože kořist obsahuje v těle, přepočteno na sušinu, přibližně 10 % N, to je asi 5–12× více oproti hodnotám v sušině prýtlů těchto rostlin. Dusík se v kořisti vyskytuje ve třech hlavních formách – v proteinech, nukleových kyselinách a chitinu. Zatímco velmi účinný příjem N z proteinů a v malé míře i z chitinu byl již prokázán, paradoxně předpokládané účinné využívání N z nukleových kyselin nebylo dosud nikdy sledováno. U různých druhů masožravých rostlin a různé hmyzí kořisti byla ve skleničkových pokusech zjištěna celková účinnost příjmu N z kořisti 40–83 %. Z poku-

sů prováděných již v 60. letech 20. stol. pomocí značení těžkým izotopem ¹⁵N se spolehlivě ví, že pasti masožravých rostlin účinně přijímají organické dusíkaté látky – aminokyseliny (případně oligopeptidy a močovinu) – a také amonné ionty. Masožravé rostliny tedy z kořisti získávají většinu dusíku v organické formě, ale ekologický ani fyziologický význam příjmu organického uhlíku z kořisti nebyl nikdy sledován a s výjimkou u vodních druhů je zřejmě malý. Pionýrská práce na špirlici nachové (*Sarracenia purpurea*) s aplikací dvojité značených aminokyselin (¹³C a ¹⁵N v jedné molekule) aromatického fenylalaninu a jednoduchého glycinu do pastí prokázala, že molekulu fenylalaninu rostliny přijímají celou, kdežto rychle metabolizovatelný glycin je při příjmu již rozložen (Karagatzides a kol. 2009; viz Živa 2010, 2: XXVIII).

Lukas Fasbender se spolupracovníky z univerzit ve Freiburgu a Würzburgu v Německu provedli na masožravé mucholapce podivné (*Dionaea muscipula*) komplexní pokus, při němž do pastí rostlin ve skleničku aplikovali kapičku dvojité značené (¹³C a ¹⁵N) koncentrované diaminokyseliny glutaminu (Gln) spolu s práškem z mletého hmyzu, a po 46 hod. trávení této umělé kořisti provedli celkové metabolic-

ké, proteomické a transkriptomické vyhodnocení biomasy rostlin. Výměnu oxidu uhličitého (celkový CO₂ i ¹³CO₂) na světle a ve tmě sledovali průběžně. Z nízké korelace současného příjmu ¹³C a ¹⁵N rostlinami se dalo odvodit, že dusík z molekuly glutaminu byl už v trávicí tekutině pasti částečně odštěpen před příjmem do rostliny. Většina značeného C a N z glutaminu přijatého rostlinami byla lokalizována v krmených pastech. Z ostatních orgánů rostlin se ukázaly nekrmené pasti silnějším úložištěm (sinkem) zejména pro ¹³C z Gln, naopak v kořenech se ukládalo relativně více ¹⁵N. Průkazné množství ¹³C z Gln bylo uvolněno respirací rostliny ve formě CO₂, přičemž se zvýšila hladina metabolitů respiračního rozkladu Gln a respiračních enzymů. Transkripční analýza odhalila v pastech trvalou (konstitutivní) aktivitu genů pro enzymy zahrnuté v metabolismu Gln – glutamin aminohydrolázy, asparagin syntetázy a také glutamát dehydrogenázy. Ta poslední dodává oxoglutarát do Krebsova cyklu, který řadou reakcí uvolňuje redukční látky později použité při oxidativní fosforylaci k syntéze adenosintrifosfátu (ATP) – hlavního energetického zdroje buňky.

Závěrem lze tedy shrnout, že aminokyseliny přijímané v pastech mucholapky přímo z kořisti jsou nejen stavebními dusíkatými látkami pro růst rostliny, ale dodávají pastem přechodné energie jako respirační substrát a také stimulují hladinu respiračních enzymů a energetický metabolismus. Fyziologický význam příjmu organického uhlíku v pastech z kořisti by tedy mohl být mnohem větší, než se dosud předpokládalo.

[New Phytologist 2017, 214: 597–606]