

Ekologický pohled na masožravost rosnolistu lusitánského: jaký je prospěch z kořisti?

U drtivé většiny suchozemských masožravých rostlin se uznává, že masožravost vznikla jako adaptace na minerálně chudé a současně zamokřené půdy rašelinišť, slatinišť či mokřin písků. Velmi málo je však známo o evoluci a ekologii masožravosti u suchomilných druhů. Endemický rosnolist lusitánský (*Drosophyllum lusitanicum*), který se vyskytuje dnes už jen na nevelkém území jižního Španělska, středního Portugalska a severního cípu Maroka, je skutečnou zvláštností mezi masožravými rostlinami. Jde o jediný suchomilný druh – na jeho slunných stanovištích v létě obvykle neprší více než tři měsíce a odpolední teploty vzduchu a půdy dosahují i 40 °C. Jihoafrické chejlavy (*Roridula*), rosnolistu částečně podobné, rostou vždy v mírně vlhké půdě a australské hlízkaté rosnatky (*Drosera*) nebo mexické horské vápnomilné tučnice (*Pinguicula*) přežívají sice část svého sezonního cyklu v suché půdě, ale pro

růst vyžadují značně vlhkou půdu. Ve vyprahlé půdě v létě kořeny rosnolistu nepřijímají vodu ani živiny a rostliny jsou plně závislé na získávání vody z ranních mlh, která kondenzuje na slizových hlavičkách tentakulí a rostliny ji neznámým způsobem využívají. Rosnolist však splňuje všechny podmínky tzv. masožravého syndromu.

Laura Skates z univerzity v australském Perthu s mezinárodním týmem spolupracovníků se snažili stanovit obsah celkového dusíku a podíl těžkých izotopů ¹⁵N v listech rosnolistu na třech jihošpanělských lokalitách s odlišným obsahem živin. Autoři tak prověřovali hypotézu, že největší ekologický přínos masožravosti bude u rosnolistu v nejhudší půdě. Metodicky vycházeli ze srovnání podílu ¹⁵N v listech rosnolistu a okolních nemasožravých rostlin, a také ve skupinách hmyzu jako potenciální kořisti. Hmyz má totiž výrazně jiný podíl ¹⁵N než rostliny. Na

všech třech lokalitách byl rosnolist průkazně obohacen ¹⁵N ve srovnání s okolními nemasožravými druhy. Podíl ¹⁵N se sice lišil mezi lokalitami, ale nekoreloval s obsahy dusíku, fosforu nebo draslíku na lokalitách. Sezonní podíl příjmu N z kořisti se lišil mezi lokalitami a na jednotlivých lokalitách dosahoval přibližně 36 %, 54 % a 75 %. Tyto hodnoty byly nepřímou úměrně celkovému obsahu půdních živin, takže se prokázalo, že lapání kořisti má větší ekologický význam právě v chudších půdách. Podobné hodnoty mezi 20 a 75 % N získaného z kořisti jsou často uváděny v literatuře pro mnoho rodů a druhů vlhkomilných suchozemských masožravých rostlin z různých kontinentů. Ukazuje se tedy, že masožravost může být velmi výhodná živinová strategie i v aridních podmínkách. U rosnolistu se výrazně projevila také v hodnotách celkového obsahu („koncentrace“) N v jeho listech – v listech měl 2–3× vyšší obsah N než okolní nemasožravé druhy a přibližně polovina tohoto dusíku byla odvozená z kořisti. Autoři však uvádějí v listech rosnolistu v rozporu s literárními údaji nezvykle vysoké hodnoty obsahu N (2,7–3,9 % v sušině!), obvykle jde o 1,6–1,9 %, což vede k domněnce, že místo procent zřejmě chybně uvádějí milimoly listového obsahu dusíku. [Annals of Botany 2019, 124: 65–75]

Biofyzikální pohled na funkci nasávacích pastí u vodních druhů masožravých bublinek: jsou výkonnější než ryby?

Pastí masožravých bublinek (*Utricularia*) jsou velikostí nejmenší, ale přesto stavěbně i funkčně nejdokonalejší mezi pastmi všech masožravých rostlin a zahrnují mnoho pozoruhodných zvláštností. Z celkového počtu asi 240 druhů bublinek tvoří vodní či obojživelné druhy jen kolem 50 druhů, ale u nich byly zvláštnosti pastí studovány nejvíce (viz Živa 2015, 6: 286–288), kdežto u pozemních druhů víme o funkci pastí velmi málo. Pastí vodních bublinek jsou asi 1–6 mm dlouhé, oválné duté a ploché měchýřky s pružnou stěnou tvořenou nejčastěji dvěma vrstvami buněk a s pohyblivými dvířky, která se mohou otevírat dovnitř pastí. Pastí jsou osazeny dvěma typy žlázek a obsahují tekutinu se složením odlišným od okolní vody. Jejich typickým funkčním znakem je, že trvale vyčerpávají vodu z pastí ven. Tím uvnitř udržují záporný tlak (podtlak) asi -16 kPa (-0,16 bar), nezbytný pro lapání kořisti. Náročné fyziologické funkce jsou spojeny s velmi intenzivním energetickým metabolismem. Pastí s vytvořeným podtlakem mohou buď po mechanickém podráždění citlivých chlupů na vnější straně dvířek, nebo občas i samovolně nasát až 40 % svého objemu vody a s ní i kořist. Spuštění pastí představuje nejrychlejší pohyb u živých rostlin a v posledním desetiletí se

použitím ultrarychlé kamery prokázalo, že celý proces od otevření po uzavření trvá jen 3–5 ms. V několika posledních letech se na pastí vodních bublinek zaměřili i rostlinní biofyzici (např. Poppinga a kol. 2017, Westemeier a kol. 2017), kteří se snažili změřit zejména dobu otevření pastí, rychlost nasávání kořisti ve vodě a velikost zrychlení. Celý funkční cyklus je z fyzikálního pohledu pestrý a zahrnuje čtyři typy energie jako výborný učebnicový příklad přeměny energie v živých systémech: poměrně dlouhou přípravou fázi (více než 30 min), při níž je za spotřeby chemické potenciální energie adenosin trifosfátu (ATP) z pastí vyčerpávána voda pro dosažení podtlaku; tím je uvolněná energie uchována po dobu obvykle mnoha hodin ve formě elastické potenciální energie v pružných stěnách pastí. Při spuštění pastí se tato energie během pouhých 1–2 ms mění na kinetickou energii vtoku vody dovnitř, což je doprovázeno určitými ztrátami v podobě tření, čímž se uvolní jako potenciální energie teplo. Po nasátí vody se ale během několika sekund veškerá kinetická energie vodního proudu opět přemění na teplo.

Biofyzik Otto Berg s týmem kolegů z Kalifornské státní univerzity ve Fresnu (USA) se snažili důkladně popsat z fyzi-

kálně-energetického hlediska proces spuštění pastí drobné vodní bublinatky *U. gibba*, která měla průměrnou délku pastí jen 1,0 mm (mohly mít objem jen asi 160 nl). Autoři zjištěním přesné hmotnosti pastí před a po spuštění ukázali, že v průměru nasály po spuštění jen asi 16 nl vody (kvůli malým rozměrům pouze 10 % svého celkového objemu). S využitím ultrarychlé kamery snímající 50× za milisekund a mikroskopických částic rozptýlených ve vodě změřili maximální rychlost vtoku vody 5,2 m.s⁻¹ s neuvěřitelným počátečním zrychlením 33 km.s⁻² a pomocí fyzikálních modelů a předpokladů (např. uvažováním podtlaku -15 kPa) i mechanických simulací stanovili energetickou bilanci spuštění pastí. Past připravená spustit teoreticky obsahovala elastickou energii v průměru asi 0,2 μJ (maximum až 0,6 μJ), která se modelově uvolňovala výkonem 0,5 mW. Energetické ztráty při nasávání vody dané třením a vedoucím k uvolnění tepla tvořily jen 17 % z celkové hodnoty elastické energie. Průměrná past vážila jen asi 0,16 mg, což znamená, že pracuje se špičkovým výkonem asi 3 000 W.kg⁻¹ své hmotnosti. Autoři v diskuzi srovnávali tento obří výkon při spuštění maličké pastí bublinatky vztažený na jednotku hmotnosti s výkonem, který podávají některé ryby při nasávání kořisti rozevřením tlamy: 10 až 4 000 W.kg⁻¹ při maximální rychlosti nasátí vody 5–7 m.s⁻¹ (Carroll a Wainwright 2009). Pastí bublinek tedy dosahují samé horní hranice známé u těchto ryb. Ve shodě se závislostí výkonu na hmotnosti těla ryb je i u malých pastí bublinek požadavek na vysoký výkon při spuštění. Pasti vyřešily tento požadavek tím, že dlouhou dobu (více než 30 min) hromadí elastickou energii, aby ji potom bleskurychle během asi