

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 mokřáků 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 chejlavky (*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 nepřímě úměrné 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 adenosintrifosfátu (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

1 ms uvolnily. To znamená, že doba „nabíjení“ pasti je asi $10^7 \times$ až $10^8 \times$ delší než doba uvolnění energie. Ze starších studií (např. Joyeux a kol. 2011) vyplývá, že podstatně větší pasti bublinek (kolem 3 mm) mohou uvolnit elastickou energii až 11 μ J. Co to ale znamená pro nasávací funkci pastí?

Ze všech těchto biofyzikálních studií můžeme zobecnit, že čím je past menší, tím nasává jen menší podíl svého objemu vody, ale toky jsou rychlejší (až 5,2 m.s⁻¹). Větší pasti mohou nasávat vodu až do 40 % svého objemu, ale nižší rychlostí (jen 1,6 m.s⁻¹). Více nasáté vody u objemnějších pastí spolu s větším průměrem hrdla pod dvířky pastí však umožňuje lovit i podstatně větší kořist než v případě malých pastí, takže při dostatku rozměrnější kořisti dává těmto rostlinám adaptivní výhodu.

[Integrative and Comparative Biology 2019, 6: 1597–1608]

Kontaktní údaje pro předplatitele

SEND Předplatné, s. r. o.

P. O. Box 141
140 21 Praha 4

tel.: 225 985 225; fax: 225 341 425
sms: 605 202 115; e-mail: send@send.cz;
www.send.cz

Roční předplatné (Živa 1–6): 354 Kč
Včetně elektronické verze: 414 Kč –
je třeba dodat e-mailovou adresu distribuční
firmě SEND Předplatné, s. r. o.,

na kontakt: dana@send.cz.

Prodejní cena Živy mimo předplatné: 79 Kč
Nově firma SEND Předplatné, s. r. o., nabízí
roční předplatné na Slovensku (Živa 1–6):
498 Kč (je možné platit v eurech),
včetně elektronické verze: 558 Kč.

Kalendář biologa

Ornitolog na drátě – on-line pořad České společnosti ornitologické. Vysílán je každou druhou středu v měsíci. Na stránce <https://www.birdlife.cz/ornitolog-na-drate/> najdete záznamy odvysílaných dílů a informace k připravovaným pořadům.

4.–6. června 2021: Entomologické dny v CHKO Český les. Blíže <https://www.entospol.cz/uncategorized/entomologicke-dny-2021-cesky-les/>

Živa v roce 2021

1	11. 2.
2	15. 4.
3	17. 6.
4	12. 8.
5	14. 10.
6	16. 12.

613 00 Brno
e: zdenek.lastuvka@mendelu.cz

Martin Mazuch

Ústav geologie a paleontologie PFF UK
Albertov 6
128 43 Praha 2
e: mazuch@natur.cuni.cz

Alena Nováková

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.
Vídeňská 1083
142 00 Praha 4
e: alena.novakova@biomed.cas.cz

Petr Pokorný

Centrum pro teoretická studia
Jilská 1
110 00 Praha 1
e: pokorny@cts.cuni.cz

Frederick Rooks

e: fred@fredrooks.com

Daniel Sojka

Parazitologický ústav BC AV ČR, v. v. i.
Branišovská 31
370 05 České Budějovice
e: sojka@paru.cas.cz

Miloslav Šimek

Ústav půdní biologie BC AV ČR, v. v. i.
Na Sádkách 7
370 05 České Budějovice
e: simek@bc.cas.cz

Helena Štorchová

Ústav experiment. botaniky AV ČR, v. v. i.
Rozvojová 135
165 02 Praha 6
e: storchova@ueb.cas.cz

Ija Trebichavský

Skuherského 588
517 73 Opočno
e: trebichavsky@tiscali.cz

Vladimír Vrabec

Katedra zoologie a rybářství FAPPZ ČZU
Kamýčká 129
165 00 Praha 6 – Suchdol
e: vrabec@af.czu.cz

Viktor Žárský

Ústav experiment. botaniky AV ČR, v. v. i.
Rozvojová 135
165 02 Praha 6
e: zarsky@ueb.cas.cz

Kontaktní adresy autorů

Lubomír Adamec

Botanický ústav AV ČR, v. v. i.
Dukelská 135
379 82 Třeboň
e: lubomir.adamec@ibot.cas.cz

Jan Andreska

Katedra biologie a environ. studií PedF UK
Magdaleny Rettigové 4
116 39 Praha 1
e: jan.andreska@pedf.cuni.cz

Zdeněk Blahník

e: blahnik@post.cz

Anna Černá

Ústav pro jazyk český AV ČR, v. v. i.
Letenská 4
118 51 Praha 1
e: cerna@ujc.cas.cz

Jan Černý

Katedra buněčné biologie PFF UK
Viničná 7
128 00 Praha 2
e: jan.cerny@natur.cuni.cz

Albert František Damaška

Katedra zoologie PFF UK
Viničná 7
128 00 Praha 2
e: aldamaska@gmail.com

Josef Fanta

e: jfanta@gmail.com

Martin Flajšhans

Fakulta rybářství a ochrany vod JU
Zátiší 728/II
389 25 Vodňany
e: flajsh@frov.jcu.cz

Libor Grubhoffer

Biologické centrum AV ČR, v. v. i.
Branišovská 31
370 05 České Budějovice
e: libor.grubhoffer@bc.cas.cz

Tomáš Hermann

Katedra filosofie a dějin přírod. věd PFF UK
Viničná 7
128 00 Praha 2
e: tomas.hermann@natur.cuni.cz

Marina Hofmanová

e: luzvarova01@gmail.com

Tomáš Holer

Katedra ekologie FŽP ČZU
Kamýčká 129
165 00 Praha 6 – Suchdol
e: holer@fzp.czu.cz

Marcel Honza

Ústav biologie obratlovců AV ČR, v. v. i.
Květná 8
603 65 Brno
e: honza@brno.cas.cz

Jiří Hulcr

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.
Vídeňská 1083
142 00 Praha 4
e: hulcr@ufl.edu

Lucie Juříčková

Katedra zoologie PFF UK
Viničná 7
128 00 Praha 2
e: Lucie.Jurickova@seznam.cz

Klára Koupilová

e: koupilova.klara@gmail.com

Pavel Kovář

Katedra botaniky PFF UK
Benátská 2
128 00 Praha 2
e: kovar@natur.cuni.cz

Tomáš Kučera

Katedra biologie ekosystémů PFF JU
Branišovská 1760
370 05 České Budějovice
e: kucert00@prf.jcu.cz

Antonín Kusbach

Lesnická a dřevařská fakulta MENDELU
Zemědělská 3
613 00 Brno
e: kusbach@mendelu.cz

Zdeněk Laštůvka

Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie
a včelařství AF MENDELU
Zemědělská 1