

Ve švédských jezerech postižených kyselými dešti se biologická struktura obnoví až dlouho po chemismu



Okyselování (acidifikace) ovlivňuje nejen neživé (abiotické) prostředí, ale i organismy. Není žádným tajemstvím, že imisemi oxidu siřičitého ze zdrojů ve střední Evropě (včetně bývalého Československa; viz např. str. 165–167 tohoto čísla a Živa 2013, 5: 224–229) byla zejména v 70. a 80. letech 20. stol. významně postižena i skandinávská příroda.

Ve Švédsku se pro hodnocení kyselosti vodního prostředí používá model chemismu vody MAGIC (Model for Acidification of Ground water in Catchments), přičemž stav vodního ekosystému se považuje za

1 Ve Švédsku najdeme více než 90 tisíc jezer větších než 1 ha. Přírodní vodní nádrž u Odalgardenu na jihu země. Foto J. Plesník

dobrý jen tehdy, jestliže se hodnota pH snížila o méně než 0,4 vůči r. 1860, který se v Evropě běžně využívá jako referenční hladina. Před ní se na našem kontinentě nacházela lidskou civilizací, zejména průmyslem, málo narušená příroda. Nicméně kritici uvedeného přístupu upozorňují, že odráží jen úzkou část problému a zcela opomíjí biologické hledisko.

Výzkumný tým vedený Salarem Valinoui, působícím na Švédské univerzitě zemědělských věd v Uppsale, srovnal prognózy hydrogeochemického modelu MAGIC s údaji o obnově populace známé sladkovodní ryby plotice obecné (*Rutilus rutilus*). O tomto druhu víme, že je citlivý na aciditu prostředí: jestliže hodnota pH poklesne pod 5,4, přestává se rozmnožovat a celá populace následně vyhyne. Badatelé shromáždili data o výskytu plotice v 85 švédských jezerech v minulosti a porovnali je s údaji z let 1980 a 2010. V r. 1980 trpěly vodní plochy v zemi tří korunek silnou změnou pH. Naopak v r. 2010 se jezera již zotavovala, protože v r. 1979 byla sjednána Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států (CLRTAP), jejíž protokoly mimo jiné omezují depozici síry a dusíku.

V období let 1860–1990 zasáhlo okyselování všechna zkoumaná jezera. Model MAGIC předpokládal, že se v nich mezi roky 1980–2010 podařilo alespoň do určité míry obnovit chemismus vody. Do r. 2010 se skutečně zotavila polovina silně postižených přírodních vodních nádrží, a to v důsledku omezení emisí síry a dusíku. U 78 jezer nebyl tento model v rozporu s výskytem plotic. Nicméně kupř. u čtyř jezer nepředpokládal acidifikaci, ale zmínované sladkovodní ryby se v nich přesto v r. 1980 nevyskytovaly.

Po r. 1990 vykazovalo 7 jezer zařazených do vzorku nadále okyselenou vodu a jen do pěti ze 14 jezer, odkud plotice v minulosti vymizely, se vrátila rozmnožující se populace těchto vodních obratlovců. Uvedená zjištění naznačují, že obnova populací na kyselost prostředí citlivé plotice má ve srovnání s obnovou chemismu ve švédských jezerech určité zpoždění. Autoři proto připravili koncepční model založený na popsání studii, umožňující určit priority v úsilí o omezení dopadů lidské činnosti na fyzikální, chemické a ekologické vlastnosti vodních ekosystémů.

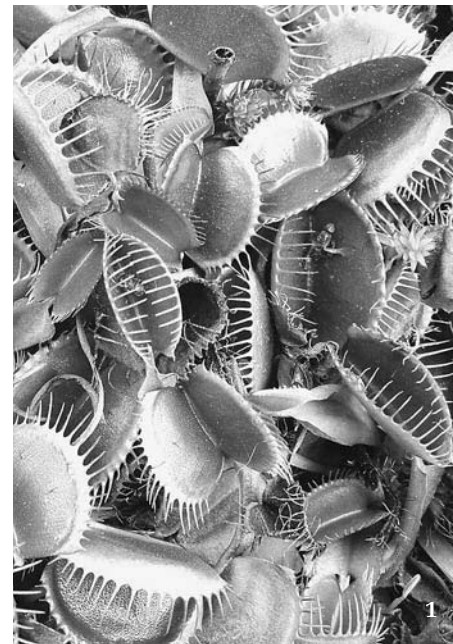
[Global Change Biology 2014, 20 (9): 2752–2764]

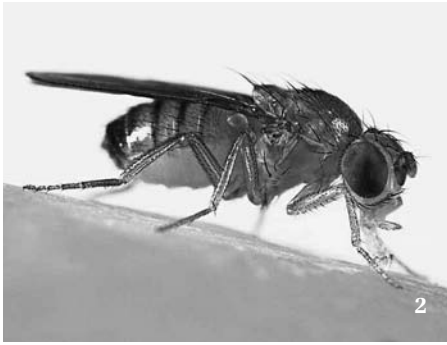
Mucholapka láká hmyz uvolňováním těkavých organických látek

Využívá masožravá mucholapka podivná (*Dionaea muscipula*) nějaký zvláštní mechanismus k lákání kořisti? Tuto otázku položil Ch. Darwin už před 140 lety, ale dosud zůstávala nezodpovězena. Před několika lety byl podán jasný důkaz pro lákání mušek octomilek *Drosophila melanogaster* a jednoho druhu mravence do nepohyblivých pastí láčkovky *Nepenthes rafflesiana* (Di Giusto a kol. 2010). Rostliny obecně uvolňují více než 1 700 těkavých organických sloučenin (VOC, Volatile Organic Compounds) z orgánů, jako jsou plody nebo květy. VOC často působí jako

signální molekuly pro interakci mezi rostlinami a živočichy nebo mezi rostlinami navzájem. Uvolňování těkavých vůní bývá často spojeno s generativním rozmnožováním rostlin, hlavně s lákáním opylovačů a k šíření semen. Květy typicky uvolňují směs asi 20–60 různých látek a výsledná vůně signalizuje opylovačům zralost květů a umožňuje jim i rozlišit různé druhy rostlin.

Jürgen Kreuzwieser se spolupracovníky z Univerzity ve Freiburgu v Německu ověřovali hypotézu, že mucholapka uvolňuje těkavé sloučeniny k lákání hmyzu jako





1 Pasti – listy masožravé mucholapky podivné (*Dionaea muscipula*).

Foto L. Adamec

2 Octomilka *Drosophila melanogaster* se při studiu masožravých rostlin často používá jako modelová kořist.

Foto A. Pospěch

kořisti. Autoři použili čichový (olfaktorický) biotest pro octomilku jako častý pokusný model mnoha studií na masožravých rostlinách. Dospělá mucholapka rostoucí v květináči na rašelině a umístěná v osvětlené kyvetě byla připojena k trubici ve tvaru Y, kterou byl prosáván kontrolní vzduch

bez VOC a do níž byly vypuštěny vyhladovělé octomilky. Ty mohly v čichovém testu reagovat na přítomnost signálních látek ve vzduchu vanoucím od rostliny a letět k ní. Rostlina přitom nebyla vidět, takže zrakový signál je vyloučen. Vzduch byl analyzován na přítomnost VOC plynovým chromatografem spojeným s hmotnostním spektrometrem.

Autoři zjistili, že v čichových testech zamířilo průměrně během tří minut 67–85 % octomilek obou pohlaví do ramene s rostlinou. Pokud byla část rostlin před testem krmena hmyzem a měla vyšší listový obsah dusíku, nemělo to na čichový test žádný vliv. Avšak účinnost lákání mušek rostlinami klesla mnohonásobně ve tmě. Moderní analytika odhalila ve vzduchu procházejícím kolem rostlin na světle nejméně 60 látek ze skupiny monoterpenů (C10 – tedy sloučenin s 10 atomy uhlíku), seskviterpenů (C15), aromatických a alifatických látek a organických kyselin uvolňovaných rychlostí desítky až desítky $\text{pmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (na jednotku listové plochy). V souladu s nízkou účinností lákání mušek ve tmě rostliny v průběhu celého dne produkovaly jednotlivé skupiny VOC několikanásobně méně ve tmě než na světle. Krmené rost-

liny s vyšším listovým obsahem dusíku také uvolňovaly řádově méně terpenoidů.

Autoři učinili závěr, že velkou většinu sloučenin VOC uvolňovaných mucholapkou na světle tvoří rozšířené látky obsažené v květních vůních více než poloviny čeledi semenných rostlin. Mucholapka tedy láká svou kořist napodobením květních vůní („květní vonné mimikry“). V uvedené studii uvolňovaly pasti láčkovky také podobné spektrum více než 50 sloučenin VOC. Nabízí se proto otázka, jestli za lokalizaci takového potravního zdroje pro hmyz odpovídají jednotlivé sloučeniny VOC, anebo zda rozhodují poměry těchto látek – v každém případě však hmyz musí rozlišit „svou“ hostitelskou rostlinu i proti „pozadí“ VOC uvolňovanému jinými rostlinami. Přes určité výjimky se zdá, že většina hmyzu rozpoznává specifickou směs univerzálních VOC uvolňovanou jeho hostitelskou rostlinou. Hmyz živící se zralými nebo hniječnými plody je přednostně lákán kyslíkatými VOC, kdežto květní opylovači reagují hlavně na terpenoidy. Mucholapka ale uvolňuje obě skupiny VOC, takže může lákat a lovit obě skupiny hmyzu.

[Journal of Experimental Botany 2014, 65: 755–766]

Kontaktní adresy autorů

Lubomír Adamec

Botanický ústav AV ČR, v. v. i.
Dukelská 145
379 82 Třeboň
e: adamec@butbn.cas.cz

Jan Andreska

Pedagogická fakulta UK
M. D. Rettigové 4
110 00 Praha 1
e: janandreska@centrum.cz

Jan Běťák

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu
a okrasné zahradnictví, odd. ekologie lesa
Lidická 25/27
602 00 Brno
e: jenek.betak@gmail.com

Anna Černá

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

Martina Čtvrtlíková

Hydrobiologický ústav BC AV ČR, v. v. i.
Na Sádkách 7
370 05 České Budějovice
e: sidlatka@email.cz

Tomáš Grim

Katedra zoologie PFF UP
17. listopadu 50
771 46 Olomouc
e: tomas.grim@upol.cz

Vladimír Hanák

Varšavská 40
120 00 Praha 2
e: vhanak.chir@seznam.cz

Karel Hudec

Hluboká 5
639 00 Brno
e: karelhudec@seznam.cz

Petr Klimeš

Entomologický ústav BC AV ČR, v. v. i.
Branišovská 31

370 05 České Budějovice
e: klimes@entu.cas.cz

David Kopecký

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.
Šlechtitelů 31
783 71 Olomouc – Holice
e: kopecky@ueb.cas.cz

Jan Krekule

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.
Na Karlovce 1a
160 00 Praha 6
e: krekule@ueb.cas.cz

Tomáš Kučera

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

Ivan Literák

Ústav biologie a chorob volně žijících zvířat
FVHE VFU
Palackého 1/3
612 42 Brno – Královo Pole
e: literaki@vfu.cz

Vojen Ložek

Nušlova 55/2295
158 00 Praha 13

Zuzana Musilová

Katedra zoologie PFF UK
Viničná 7
128 44 Praha 2
e: zuzana.musilova@natur.cuni.cz

Pavel Pečáček

Katedra filosofie a dějin přírod. věd PřF UK
Viničná 7
128 44 Praha 2
e: pavel.pechacek@gmail.com

Jan Plesník

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
Kaplanova 1931/1
148 00 Praha 11
e: jan.plesnik@nature.cz

Jan Pluháček

Zoo Ostrava
Michálkovicá 197
710 00 Ostrava
e: pluhacek@zoo-ostrava.cz

Jan Ponert

Botanická zahrada hlavního města Prahy
Trojská 800/196
171 00 Praha 7
Katedra experiment. biologie rostlin PFF UK
Viničná 5
128 44 Praha 2
e: ponert@natur.cuni.cz

Jaroslav Ponikelský

Správa národního parku Podyjí
Podmolí 90
669 02 Znojmo
e: ponikelsky@nppodyji.cz

Tomáš Rothrockl

Správa národního parku Podyjí
Na Vyhliďce 5
669 02 Znojmo
e: rothrockl@nppodyji.cz

Marian Solčanský

Gymnázium K. V. Raise
Adámkova tř. 55
539 01 Hlinsko
e: solcma@centrum.cz

Pavel Šebek

Entomologický ústav BC AV ČR, v. v. i.
Branišovská 31
370 05 České Budějovice
e: pav.sebek@gmail.com

Jan Šumpich

Entomologické oddělení Národního muzea
Cirkusová 1470
193 00 Praha 9
e: jansumpich@seznam.cz

Milan Švestka

Výzkumný ústav lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.
Dvořákova 21
669 02 Znojmo
e: svestka.zn@seznam.cz

Kateřina Vodičková Kepková

Ústav živočišné fyziol. a genetiky AV ČR, v. v. i.
Rumburská 89
277 21 Liběchov
e: kepkova@gmail.com