

## Koloběh dusíku a biologická rozmanitost

Dusík (N) obsahují jak aminokyseliny a tím i bílkoviny, tak DNA a mnoho dalších organických látek a spolu s fosforem nejčastěji určuje růst rostlin. Uvedený biogenní prvek chemici popsali na konci 18. stol. a o 100 let později objevili biologickou fixaci dusíku. Řada organismů včetně všech živočichů nedokáže přijímat volný dusík z atmosféry, ale získává ho z organických sloučenin. Elektrickými výboji za bouřky (blesky), proletem meteoritů zemskou atmosférou a působením záření z vesmíru vzniká směs oxidů dusíku a z ní se v reakci se srážkovou vodou vytváří kyselina dusičná, která se na povrch půdy dostává ve vodním roztoku. Dusitany a dusičnany, produkované popsaným procesem, následně zpracovávají mikroorganismy na další látky přijímané rostlinami. Některé bakterie, sinice a řasy ale přímo okysličují dusík z ovzduší na dusičnany. Depozice dusíku biologickou fixací dosahuje ročně až 7 kg NO<sub>3</sub>/ha, v úrodných podmínkách dokonce až 200 kg.

Zásadní objev s klíčovou rolí při výživě lidstva představuje průmyslová syntéza čpavku z dusíku a vodíku: ze čpavku se vyrábí mimo jiné jednoduché hnojivo, kdysi široce využívané v zemědělství – dusičnan amonný. Nedostatek dusíku v půdách omezuje růst listů a dalších vegetativních částí rostlin a snižuje obsah chlorofylu a rychlost fotosyntézy. Na konci 20. stol. již bylo zřejmé, že do globálního koloběhu dusíku významně zasáhl člověk. Celkové množství dusíku se v období 1860–2005 řádově zvýšilo. Dusík do prostředí proniká v umělých hnojivech, spalováním fosilních paliv a biomasy (hlavně vypalování lesů a savan) a pěstováním luštěnin. Podle střízlivých odhadů byla polovina všech umělých dusíkatých hnojiv vyrobena a aplikována teprve v posledních 20 letech.

Na výsost aktuální otázku vzájemných vztahů mezi koncentrací dusíku a biologickou rozmanitostí se zabýval seminář Ukládání dusíku v prostředí, kritická zátěž a biodiverzita, který proběhl na konci r. 2009 v Edinburghu. Uspořádaly ho sekretariáty Úmluvy o biologické rozmanitosti (CBD) a Úmluvy o dálkovém znečišťování ovzduší přecházejícím hranice států (LRTAP), Mezinárodní iniciativa pro dusík (INI) a britské Středisko pro ekologii a hydrologii (CEH). Akce, kterou finančně podpořila Evropská komise prostřednictvím projektu COST 729 a americká Nadace Davida a Lusily Packardových, se ve skotské metropoli zúčastnilo 140 delegátů z 30 zemí všech kontinentů.

Dusík působí na biodiverzitu v mnoha směrech a v různém časovém měřítku. Pro výrobu potravin lidé využijí jen 10 % dusíku vznikajícího jejich činností, zbytek se dostává do prostředí. Není divu, že v severozápadní Evropě nebo ve východní Asii zůstává v prostředí následkem zemědělské činnosti a výroby energie 10–100× více



1 Eutrofizace vodního prostředí se nejčastěji projevuje tvorbou vodního květu. Foto J. Plesník

dusíku než před stoletím. Koncentrace dusíkatých látek v prostředí pochopitelně zvyšuje dostupnost tohoto prvku. Nejznámějším příkladem eutrofizace (hromadění živin, zejména sloučenin dusíku a fosforu, takže přestávají být limitujícím činitelem) zůstává vytváření tzv. vodního květu v tekoucích i stojatých vodách jako odpověď na splach živin z polí a v případě fosforu i na působení splaškových vod. Tvoří ho některé druhy řas a sinic, které se hromadí u vodní hladiny. Masové odumření vodního květu způsobí nedostatek kyslíku ve vodě, zejména u dna, kde ho spotřebovává tlení biomasy. Následně dochází k úhynu ryb a dalších organismů, především druhů žijících u dna (bentosu). Pokračující uvolňování živin do prostředí vyvolané na prvním místě intenzifikací zemědělské výroby, spolu s předpokládaným dalším rozvojem oblastí podél vodních toků a na březích přirozených a umělých vodních nádrží mohou nejen ohrozit sladkovodní ekosystémy, ale vyvolat i trvalý nedostatek pitné vody a ryb. Ohroženy nejsou jen sladkovodní ekosystémy. Eutrofizace dnes postihuje více než 400 oblastí pobřežních moří zabírajících celkem na 250 000 km<sup>2</sup>. V některých částech světového oceánu, jako je Mexický záliv nebo Baltské moře, se vodní květ objevuje jen část roku.

V suchozemském prostředí ovlivňuje nadbytek dusíku vzájemné působení rostlinných druhů. Některé dokáží využívat dusík z prostředí účinněji než jiné, rostou rychleji a vytěsňují z ekosystémů méně úspěšné konkurenty. Protože bývají vyšší, mohou využívat lépe i další zdroje, jako jsou ostatní živiny, voda nebo sluneční energie. V eutrofizovaném suchozemském

ekosystému proto může převládat několik málo dominantních rostlinných druhů. Značná dostupnost dusíku podporuje zarůstání přírodních a přírodě blízkých biotopů ruderalní vegetací. Změny v druhové bohatosti (počtu druhů neboli alfa-diverzitě) rostlinných společenstev (fytoocenóz), zaznamenané např. v travinných porostech na zásaditých půdách v Nizozemsku, působí zpětně na koloběh dusíku. Nicméně údaje z Velké Británie naznačují, že při nadbytku dusíku nemusí vždy docházet ke změně druhového složení fytoocenóz nebo k úbytku přítomných rostlinných druhů. Účinek dusíku na rostlinné druhy a společenstva bývá často významně ovlivněn dalšími půdními činiteli, jako je množství a dostupnost fosforu. U rostlin se může při zvýšeném obsahu dusíku v prostředí snižovat odolnost vůči patogenním organismům a hmyzím škůdcům: např. býložravci brouci snadněji pronikají do souvislých porostů vřesovišť. Zvýšený obsah dusíku v rostlinách může způsobit intenzivní spásání vegetace býložravci, protože části rostlin bohaté na dusík jsou pro ně významným zdrojem energie, a jeho vysoká koncentrace v prostředí mění i aktivitu mikroorganismů a rostlin regulujících tok skleníkových plynů, v poslední době tolik diskutovaný. Ukazuje se, že dusík podporuje propad uhlíku v lesích, nikoli v zemědělské krajině. Propadem uhlíku máme na mysli proces, při němž dochází k pohlcování oxidu uhličitého z atmosféry zejména zelenými rostlinami a půdou a k vázání mořskými organismy v uhličitánové formě. V lesích mírného pásu či v tajze má zvýšená depozice dusíku na svědomí rychlejší růst stromů, které bývají náchylnější k mechanickému poškození větrem, námrazou nebo mokřým sněhem.

Průměrná hodnota celkové depozice dusíku v České republice se pohybuje v rozmezí 10–20 kg na hektar za rok a kritická zátěž je překročena na velké části území našeho státu. Jako kritickou zátěž prostředí dusíkem označujeme nejvyšší přísun tohoto prvku, který dlouhodobě nepoškozuje k němu nejcitlivější složku ekosystému. V Evropě je kritická zátěž dusíku překročena nejvíce v širokém pásu táhnoucím se od francouzské Bretaně přes Nizozemsko, Belgie, větší část Německa a Dánska a západ ČR do středního Polska. Naopak nejméně zasahuje eutrofizace severní část Velké Británie, skandinávské státy, Estonsko a jižní Itálie.

Úbytek biologické rozmanitosti v důsledku eutrofizace prostředí může být závažnější, než jsme donedávna usuzovali, hlavně v tajze, ekosystémech středomořského typu a v některých tropických savanách a horských lesích. Na nadbytek dusíku reagují také lokality vysychající určitou část roku. Třicet čtyři horkých míst světové biodiverzity (biodiversity hotspots) dnes dostává průměrně o polovinu více dusíku, než byl celosvětový průměr suchozemských ekosystémů ještě před 20 lety. Mezi horká místa globální biodiverzity řadíme území s vysokou druhovou bohatostí, s velkým počtem endemických druhů, především cévnatých rostlin, a přinejmenším se 70% podílem zničených přírodních biotopů. A předpověď budoucího vývoje není příznivější, spíš naopak. V příštích 50 le-

tech se množství dusíku nahromaděného v horkých místech celosvětově biologické rozmanitosti může zdvojnásobit, což nepříznivě ovlivní druhové složení tamějších ekosystémů.

V Nizozemsku vedlo naplňování národní legislativy a zákonodárství Evropských společenství na ochranu životního prostředí, především směrnice č. 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů a č. 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod, k 30–40% snížení množství dusíku přítomného v krajině. K obdobnému kroku se proto chystají také v USA.

V oblastech s nedostatkem dusíku, které se nacházejí zejména v Africe a Latinské Americe, odebírá pěstování plodin z prostředí více živin, než dodávají hnojiva, což vede k velkoplošnému vyčerpání půdních živin a následnému poškozování půd.

Sledování koloběhu dusíku naráží i na metodické problémy. Při vyčíslování množství dusíku v prostředí většinou kombinujeme výsledky měření s matematickými modely. Modely zahrnují různá časová

a prostorová měřítka: popisují jak šíření dusíku v bezprostřední blízkosti zdroje, tak globální procesy jeho dálkového přenosu. Většina údajů o působení dusíku v lesích byla získána u dlouhověkých stromů, nikoli v podrostu, kde dochází k rychlé obměně uvedeného prvku. Nová zjištění neurčitost ve vyčíslování dusíkového cyklu ještě zvyšují. Přitom mezinárodní projekt GLOBIO-3 navržený nizozemskými, britskými a norskými vědci zůstává jediným modelem budoucího vývoje naší planety, který bere v úvahu spolu s dalšími činiteli také ukládání dusíku v prostředí.

Pracovní tým francouzských a belgických vědců vypracoval nedávno postup umožňující prostřednictvím infračerveného senzoru umístěného na družici měřit emise čpavku v průběhu celého roku. Získané údaje porovnali s dlouhodobými matematickými modely atmosféry, určili v globálním měřítku klíčová místa s vysokou koncentrací plyných čpavkových emisí a určili nesrovnalosti mezi údaji z družice a odvozenými z globálních modelů. Vysoký obsah čpavku v ovzduší na jižní Sibiři, se-

veru Číny, v Jižní Americe a ve východní, západní a jižní Africe bezpochyby souvisí s rozsáhlým vypalováním vegetace. Téměř všechna ostatní klíčová místa čpavkových emisí se nacházejí v zemědělských oblastech Severní Ameriky, Evropy a Asie. Zvláště velké rozdíly mezi naměřenými údaji a hodnotami z modelů byly zjištěny ve Střední Asii, např. v oblasti kolem nechalně proslulého vysychajícího Aralského jezera, kde se při pěstování pšenice a bavlníku stále používají vysoké dávky průmyslových hnojiv.

V období 2007–13 se realizuje rozsáhlý projekt, a to Evropské hodnocení dusíku (ENA), v němž se část aktivit zabývá vlivem uvedeného biogenního prvku na vybrané složky biologické rozmanitosti.

Eutrofizace prostředí je jedinou hnací silou způsobující úbytek biodiverzity, kterému až dosud věnovala Úmluva o biologické rozmanitosti jen okrajovou pozornost. Situace se nezměnila ani po 10. zasedání konference smluvních stran CBD, které se uskutečnilo v říjnu 2010 v japonské Nagoji (viz Živa 2011, 2: XXX–XXXI).

## Zveme vás na výstavu ZOO pod drobnohledem

30. 7. 2011 proběhne v Zoo Praha neobvyklá vernisáž. Na velkoformátových snímcích spatříte krásu zvířat žijících v této zoo, která je většinou zcela skryta. Výstava potrvá do poloviny září 2011 a bude k vidění v Gočárových domech v Zoologické zahradě hl. m. Praha. Autorem fotografií je student Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze Petr Jan Juračka.

## Kontaktní adresy autorů

**Luboš Beran**  
AOPK ČR Správa CHKO Kokořínsko  
Česká 149  
276 01 Mělník  
e: lubos.beran@nature.cz

**Helena Božková**  
Sekretariát Biologické olympiády  
Česká zemědělská univerzita  
Kamýcká 129  
165 21 Praha 6  
e: sekretariatbio@rektorat.czu.cz

**Petr Horák (a kolektiv)**  
Katedra parazitologie PřF UK  
Viničná 7  
128 44 Praha 2  
e: petrhorak@petrhorak.eu

**Josef Fanta**  
Ke Králům 1109  
252 29 Dobříchovice  
e: jfanta.cz@gmail.com

**Oldřich Fejfar**  
ul. Květnové revoluce 227  
267 27 Běleč – Liteň  
e: fejfar@natur.cuni.cz

**Radim Hédl (a kolektiv)**  
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.,  
odd. ekologie  
Poříčí 3b  
603 00 Brno  
e: radim.hedl@ibot.cas.cz

**Jaroslav Kadrnožka**  
Fakulta strojního inženýrství VUT  
Technická 2  
616 69 Brno  
e: kadrnozka.jaroslav@seznam.cz

**Filip Kolář (a kolektiv)**  
Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: filip.kolar@gmail.com

**Pavel Kovář**  
Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: kovar@natur.cuni.cz

**Vladimír Krečmer**  
Na loukoti 20  
160 00 Praha 6  
e: v.krecmer2@seznam.cz

**Miroslav Kulfan**  
Katedra ekologie PrF Univerzity Komenského  
Mlynská dolina, pavilon B2  
842 15 Bratislava  
e: lkulfan@fns.uniba.sk

**Ivan Literák**  
Ústav biologie a chorob volně žijících zvířat  
Fakulta veterinární hygieny a ekologie VFU  
Palackého 1/3  
612 42 Brno  
e: literaki@vfu.cz

**Jan Macek (a kolektiv)**  
Kukelská 904  
198 00 Praha 9 – Lehovec  
e: macjan@seznam.cz

**Jiří Moravec (Helena Kulíková)**  
Národní muzeum  
Zoologické oddělení PM  
Cirkusová 1740  
193 00 Praha 3 – Horní Počernice  
e: jiri\_moravec@nm.cz

**Karel Nepřaš (Roman Kroufek)**  
Oblastní muzeum v Litoměřicích  
Dlouhá 173  
412 01 Litoměřice  
e: CarliNepras@seznam.cz

**Jan Plesník**  
Agentura ochrany přírody a krajiny ČR  
Nuselská 39  
140 00 Praha 4  
e: jan.plesnik@nature.cz

**Jan Pluháček**  
Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.,  
odd. etologie  
Přátelství 815  
104 00 Praha – Uhřetíněves  
e: janpluhacek@seznam.cz

**Karel Prach (a kolektiv)**  
Katedra botaniky PřF JU  
Braníšovská 31  
307 05 České Budějovice  
e: prach@prf.jcu.cz

**Roman Slaboch**  
Doležalova 1048  
198 00 Praha 9  
e: slaboch@chello.cz

**Zbyšek Svoboda**  
Roháčova 73/1067  
130 00 Praha 3  
e: zbysvob@seznam.cz

**Petr Šíma**  
Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.  
Vídeňská 1083  
142 20 Praha 4  
e: sima@biomed.cas.cz

**Jakub Těšitel**  
Katedra botaniky PřF JU  
Braníšovská 31  
370 05 České Budějovice  
e: jakub.tesitel@prf.jcu.cz