

LIŠEJNÍKY A EUTROFIZACE

Lichens and eutrophication



Iva Jadrná

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, katedra botaniky, Benátská 2, CZ-128 01 Praha 2, e-mail: jadrnai@natur.cuni.cz



Abstract:

Eutrophication is the process of nutrient enrichment of an ecosystem. The chemicals most responsible for eutrophication are compounds of nitrogen and phosphorus. The effect of nitrogen compounds in the air and their combination with phosphorus on epiphytic lichens is considered. It is universally acknowledged that with a rising concentration of nitrogen there is gradual decrease in the number of acidophytes and increase of nitrophytes. In extreme cases, with increasing concentrations of nitrogen even the nitrophytes will be adversely impacted and eventually there will be a complete loss of a lichen cover. However a balanced supply of nitrogen and phosphorus compounds can lead to a higher growth of cyanolichens. Good indicators of eutrophication include the lichens *Physconia grisea*, *Phaeophyscia orbicularis* and *Xanthoria parietina*.



Key words: ammonium ions, epiphytes, nitrogen oxides, phosphorus.

Úvod

Epifytické lišejníky získávají živiny pouze atmosférickou depozicí a borkou tvořenou odumřelými buňkami, které brání přístupu živin z proudícího floému (Barkman 1958). Jsou proto uznávány jako vhodné bioindikátory kvality vzduchu. Dříve byly využívány při monitoringu koncentrace oxidu siřičitého ve vzduchu (cf. Hawksworth & Rose 1970, Nimis et al. 1990, Bates et al. 2001) a dnes se uplatňují spíše při stanovení vzdušných koncentrací amoniaku a amonných iontů, jejichž vlivem na epifytické lišejníky se začali zabývat van Dobben & ter Braak (1998). Na rozdíl od oxidu siřičitého mají sloučeniny dusíku na ekosystém komplexnější vliv, na prostředí působí jako hnojivo, obohacují jej a způsobují eutrofizaci. Oxidy dusíku, amonné ionty a dusičnany zároveň mohou způsobovat i acidifikaci – okyselování prostředí. Fosfor, druhý hlavní prvek způsobující eutrofizaci, není běžnou součástí atmosféry a sloučeniny na jeho bázi jsou obvykle pevné látky. Proto vliv kombinace dusíku a fosforu na epifytické lišejníky není často zkoumanou problematikou.

Eutrofizace

Eutrofizace je procesem obohacování prostředí o živiny, zejména o dusík a fosfor. Časté používání termínu rozšířilo jeho význam z procesu nadměrného přísunu živin i na účinky obohacení ekosystému (Richardson & Jørgensen 1996).

Eutrofizace vede ke zvýšené primární produktivitě a má mnoho dopadů na dynamiku, strukturu a fungování ekosystémů, které jsou ovlivněny i po desítky let. Nixon (1995) navrhl klasifikační schéma popisující čtyři trofické stavy (oligo-, meso-, eu- a hypertrofický stav) pro mořské pobřeží a ústí řek, které je založeno na probíhající primární produkci a množství uloženého organického uhlíku.

Studie následků eutrofizace se rozvíjely především v souvislosti s vodním květem a ve sladkovodní a mořské biologii (Schindler 1974, 2006, Howarth & Marino 2006, Troost et al. 2013).

Vliv sloučenin dusíku na společenstva lišejníků

Van Herk (1999) vymezil tři ekologické skupiny lišejníků (nitrofyty, neutrofyty a acidofyty) podle jejich preferencí týkajících se především dusíku, jeho sloučenin a hodnoty pH.

Nitrofyty rostou na bazických substrátech, jejich množství pozitivně koreluje s hodnotami amoniaku, amonných iontů i oxidu dusného (Gadsdon et al. 2010). Daří se jim na místech prasklin v borce, na borce znečištěné trusem (van Herk 1999) nebo vysušené a hypertrofizované prachem (Fрати et al. 2007). Někteří autoři (Wolseley et al. 2006, Svoboda et al. 2010, 2011, Nash 2008) ještě rozlišují mezi nitrofilny a nitrofyty. Nitrofilny (nitrofilní druhy) vyžadují eutrofizovaný substrát, zatímco nitrofyty (nitrofytní druhy) jsou lišejníky, které jej primárně nepotřebují a někdy rostou i na substrátu na živiny chudém (M. Seaward, ústní sdělení).

Další skupina, neutrofyty, nachází své životní optimum při středním zatížením ekosystému eutrofizací. Zato acidofyty vyžadují přirozeně kyselou borku a nízké hodnoty depozice sloučenin dusíku.

Amoniak silně ovlivňuje kolonizaci nového substrátu a hraje významnou roli při změně druhového složení epifytů na stromech. Způsobuje přechod od acidofytických k nitrofytickým druhům. Například van Herk (2001) udává hraniční průměrnou roční koncentraci vzdušného amoniaku $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, kdy všechny acidofyty mizí.

V Evropě je kritická úroveň pro dlouhodobou průměrnou koncentraci amoniaku v atmosféře $8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, pro lišejníky a mechorosty je navržena kritická koncentrace $1 \mu\text{g NH}_3\cdot\text{m}^{-3}$ (Cape et al. 2009). Depozice amoniaku nepůsobí na lišejníky kvůli toxicitě nebo zvýšené dostupnosti dusíku a amonných iontů, ale přes zvyšování hodnoty pH borky (van Herk 1999, van Herk et al. 2003, Frати et al. 2008).

Oproti tomu Larsen et al. (2007) nezjistili vztah mezi úrovní znečištění oxidy dusíku a pH borky. Ty okyselují borku zřejmě až při vysokých koncentracích (Sparrius 2007). Vliv oxidů dusíku na změnu pH borky je obtížné určit také kvůli jejich kombinovaným účinkům s oxidem siřičitým. Davies et al. (2007) stanovují fytotoxický efekt při průměrných ročních koncentracích vyšších než $70 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

u oxidů dusíku (limitní hodnota EU pro citlivou vegetaci je $30 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$), resp. vyšších než $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ u oxidu dusičitého. Taková koncentrace oxidu dusičitého je maximální podle směrnice Evropského parlamentu a rady (Anonymus 2014).

Podle některých studií (van Herk 2001, Sparrius 2007, Frati et al. 2007) ani koncentrace NH_4^+ borky nekoreluje s koncentrací atmosférického amoniaku ani diverzitou lišejníků LDV (Asta et al. 2002).

Vliv kombinace dusíku a fosforu na lišejníky

V atmosféře se nachází fosforu velmi málo a pro lišejníky může být za určitých podmínek limitujícím prvkem. Jeho přidání tak může způsobit nárůst lišejníkové komunity, např. na vřesovišti ve Velké Británii u lišejníků *Hypogymnia physodes* a zástupců rodu *Cladonia* (Pilkington et al. 2007). Avšak objevují se i opačné případy, kdy na arktickém vřesovišti stejně vysoký přísun dusíku ($50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ za rok) snížil abundanci lišejníků o polovinu, a v kombinaci s fosforem ($5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ za rok) dokonce o 60 % (Gordon et al. 2001). U lišejníků, kde je jedním symbiontem sinice, např. u rodu *Peltigera* (Weiss et al. 2005) fosfor zlepšuje navíc jejich schopnost fixace vzdušného dusíku. Cyanolíšejnky podporují kolonizaci a růst dalších epifytů tak, že jim ve svém bezprostředním okolí zprostředkovávají fixovaný dusík a udržují vhodný substrát, borku heterogenní a vlhkou (Benner a Vitoušek 2007).

Indikátory eutrofizace

Mezi nejlepší indikátory vysokých koncentrací amoniaku a pH borky patří například lišejník *Physconia grisea* (Sparrius 2007) a druhy náležející do svazu *Xanthorion* jako např. *Phaeophyscia orbicularis* (van Herk 2001) a *Xanthoria parietina* (van Herk 2001, Frati et al. 2008). Dalšími typickými a široce rozšířenými lišejníky eutrofizovaných stanovišť jsou *Amandinea punctata*, *Physcia adscendens* (Frati et al. 2008), *P. tenella*, *P. dubia* (Ellis & Coppins 2010) nebo *Candelariella reflexa* (Frati et al. 2007).

Obecně čeledi *Candelariaceae*, *Physciaceae* a *Teloschistaceae* se vyskytují i v oblastech s vysokými koncentracemi oxidů dusíku (maximální roční průměr až $100 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$) (Davies et al. 2007). Eutrofizaci může indikovat také nepřítomnost druhu *Evernia prunastri* (van Herk 2001). Lepší odhad zatížení prostředí sloučeninami dusíku se získá pomocí zjištění podílu acidofytů nebo nitrofytů na celkovém lišejníkovém společenstvu.

Závěr

Biomonitoring pomocí lišejníků, podílu nitrofytů v lišejníkových společenstvech je relativně jednoduchým indikátorem kvality ovzduší a může být využit i při sledování dlouhodobého stavu eutrofizace, koncentrace sloučenin dusíku ve vzduchu.

U epifytických lišejníků, rozdělených podle ekologické valence na nitrofyty, neutrofyty a acidofyty, je dobře popsána reakce na nadbytek amoniaku, sloučenin s amonnými ionty a oxidů dusíku. V oblastech, kde se zvyšují vzdušné koncentrace sloučenin dusíku, je pozorovaný úbytek acidofytů, které nahrazují nitrofyty. V extrémních případech může dojít až k vymizení lišejníkových společenstev. V určitých situacích přiměřené množství dusíku a fosforu podporuje nárůst diverzity a abundance lišejníků. Přísun obou prvků způsobujících eutrofizaci ekosystému způsobuje větší změny než by dokázal samotný dusík. Vždy tedy záleží na konkrétní sloučenině, koncentraci, době působení sloučeniny a druhu lišejníku.

Literatura

- Anonymus (2014): Directive 2008/50/EC of the European parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. – <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN> [1. 7. 2014].
- Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P. L., Purvis O. W., Pirintsos S., Scheidegger C., van Haluwyn C. & Wirth W. (2002): Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. – In: Nimis P. L., Scheidegger C. & Wolseley P. A. [eds], *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*, p. 273–279, Kluwer Academic, Dordrecht.
- Barkman J. J. (1958): *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes*. – Van Gorcum, Assen.
- Bates J. W., Bell J. N. B. & Massara A. C. (2001): Loss of *Lecanora conizaeoides* and other fluctuations of epiphytes on oak in SE England over 21 years with declining SO₂ concentrations. – *Atmospheric Environment* 35: 2557–2568.
- Benner J. W. & Vitoušek P. M. (2007): Development of a diverse epiphyte community in response to phosphorus fertilization. – *Ecology Letters* 10: 628–636.
- Cape J. N., van der Eerden L. J., Sheppard L. J., Leith I. D. & Sutton M. A. (2009): Evidence for changing the critical level for ammonia. – *Environmental Pollution* 157: 1033–1037.
- Davies L., Bates J. W., Bell J. N. B., James P. W. & Purvis O. W. (2007): Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. – *Environmental Pollution* 146: 299–310.
- Ellis C. J. & Coppins B. J. (2010): Integrating multiple landscape-scale drivers in the lichen epiphyte response: climatic setting, pollution regime and woodland spatial-temporal structure. – *Diversity and Distributions* 16: 43–52.
- Fрати L., Brunialti G. & Loppi S. (2008): Effects of reduced nitrogen compounds on epiphytic lichen communities in Mediterranean Italy. – *Science of the total environment* 407: 630–637.
- Fрати L., Santoni S., Nicolardi V., Gaggi C., Brunialti G., Guttová A., Gaudino S., Pati A., Pirintsos S. A. & Loppi S. (2007): Lichen biomonitoring of ammonia emission and nitrogen deposition around a pig stockfarm. – *Environmental Pollution* 146: 311–316.
- Gadsdon S. R., Dagley J. R., Wolseley P. A. & Power S. A. (2010): Relationships between lichen community composition and concentrations of NO₂ and NH₃. – *Environmental Pollution* 158: 2553–2560.
- Gordon C., Wynn J. M. & Woodin S. J. (2001). Impacts of increased nitrogen supply on high Arctic heath: the importance of bryophytes and phosphorus availability. – *New Phytologist* 149: 461–471.
- Hawksworth D. L. & Rose L. (1970): Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. – *Nature* 227: 145–8.
- Howarth R. W. & Marino R. (2006): Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. – *Limnology and Oceanography* 51: 364–376.
- Larsen R. S., Bell J. N. B., James P. W., Chimonides P. J., Rumsey F. J., Tremper A. & Purvis O. W. (2007): Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. – *Environmental Pollution* 146: 332–340.

- Nash T. H. [ed.] (2008): Lichen biology. – Cambridge University Press.
- Nimis P. L., Castello M. & Perotti M. (1990): Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (Northern Italy). – *Lichenologist* 22: 333–344.
- Nixon S. W. (1995): Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. – *Ophelia* 41: 199–219.
- Pilkington M. G., Caporn S. J., Carroll J. A., Cresswell N., Lee J. A., Emmett B. A. & Bagchi R. (2007): Phosphorus supply influences heathland responses to atmospheric nitrogen deposition. – *Environmental Pollution* 148: 191–200.
- Richardson K. & Jørgensen B. (1996): Eutrophication: definition, history and effects. – *Coastal and Estuarine Studies* 52: 1–19.
- Schindler D. W. (1974): Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. – *Science* 184: 897–899.
- Schindler D. W. (2006) Recent advances in the understanding and management of eutrophication. – *Limnology and Oceanography* 51: 356–363.
- Sparrus L. B. (2007): Response of epiphytic lichen communities to decreasing ammonia air concentrations in a moderately polluted area of The Netherlands. – *Environmental Pollution* 146: 375–379.
- Svoboda D., Peksa O. & Veselá J. (2010): Epiphytic lichen diversity in central European oak forests: Assessment of the effects of natural environmental factors and human influences. – *Environmental Pollution* 158: 812–819.
- Svoboda D., Peksa O. & Veselá J. (2011): Analysis of the species composition of epiphytic lichens in Central European oak forests. – *Preslia* 83: 129–144.
- Troost T. A., Blaas M. & Los F. J. (2013): The role of atmospheric deposition in the eutrophication of the North Sea: A model analysis. – *Journal of Marine Systems* 125: 101–112.
- van Dobben H. F. & ter Braak C. J. F. (1998): Effects of atmospheric NH₃ on epiphytic lichens in the Netherlands: the pitfalls of biological monitoring. – *Atmospheric Environment* 32: 551–557.
- van Herk C. M. (1999): Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. – *Lichenologist* 31: 9–20.
- van Herk C. M. (2001): Bark pH and susceptibility to toxic air pollutants as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time. – *Lichenologist* 33: 419–442.
- van Herk C. M., Mathijssen-Spiekman E. A. M. & de Zwart D. (2003): Long distance nitrogen air pollution effects on lichens in Europe. – *Lichenologist* 35: 347–359.
- Weiss M., Hobbie S. E. & Gettel G. M. (2005): Contrasting responses of nitrogen-fixation in arctic lichens to experimental and ambient nitrogen and phosphorus availability. – *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 37: 396–401.
- Wolseley P. A., James P. W., Theobald M. R. & Sutton M. A. (2006): Detecting changes in epiphytic lichen communities at sites affected by atmospheric ammonia from agricultural sources. – *Lichenologist* 38: 161–176.

Jako podklad článku posloužila práce bakalářská práce „Lišejníky a eutrofizace“ obhájená na PŘF UK Praha v roce 2014.