

# Lišejníky jako bioindikátory

Michal Skalka

V nedávné době byly v Živě publikovány články (2003, 6: 253–255; 2004, 1: 17–19), kde byly lišejníky představeny ve vztahu k člověku jako zdroje surovin na výrobu potravin, léčiv, jedů, kosmetických přípravků, barviv apod. Mají však ještě jeden důležitý význam: lze je úspěšně využít ke sledování změn životního prostředí, tedy jako bioindikátorů.

## Jsou lišejníky náročné na prostředí?

Lišejníky jsou až neuvěřitelně odolné organismy. Jejich rezistence, např. k velmi nízkým teplotám či suchu je předurčuje jako kolonizátory lokalit s extrémními klimatickými podmínkami. Rostou i jen pouhých 300 km od jižního pólu či vystupují v horách do nejvyšších trvale nezaledněných partií velehor (např. terčovník pohledný — *Xanthoria elegans* byl nalezen v Himálaji v přibližně 7 000 m n. m.) Na druhou stranu jsou schopny osídlit i extrémně suché, aridní oblasti (např. známá misnička *Lecanora aesculenta* z centrální Sahary). Místa, kde lišejníky můžeme najít, mohou být vskutku rozmanitá — rostou na přírodních substrátech, jako jsou skály, kameny, borka stromů, listy rostlin, trouchnivější padlé kmeny či pařezy, ale porůstají také substráty antropogenní, např. beton, cihlové zdi či tašky na střechách, sklo, azbestové krytiny i staré kapoty automobilů. Malý počet druhů roste i ve vodě (např. nitropodklad potocní — *Dermatocarpon rivulorum*).

Některé lišejníky, jako např. *Physcia* sp., *Xanthoria* sp. či *Amandinea punctata*, jsou obecně považovány za druhy nitrofilní, neboť rostou na lokalitách obohacených dusíkem — na okrajích pastvin či podél silnic s automobilovým provozem. Např. zvýšeného výskytu lišejníků rodu terčovník (*Xanthoria* sp.) využívali původní obyvatelé na Aljašce při lovu svišťů, protože jasně žluté stélky rostly v blízkosti nor na místech, kde tito hlodavci zanechávali své exkrementy. Jiné druhy (např. terčovka

skalní — *Parmelia saxatilis*, t. bublinatá — *Hypogymnia physodes*, větvičník slivový — *Evernia prunastri*, vousatce — *Bryoria* sp. či provazovky — *Usnea* sp.) naopak dusíkem obohacené prostředí nevyhledávají a eutrofizovaným místům se úzkostlivě vyhýbají.

Ačkoliv jsou lišejníky odolné vůči rozličným přírodním extrémům, většina z nich je velmi citlivá ke znečištění životního prostředí např. kyselými dešti, nadměrnými prachovými depozicemi či jinými polutanty. Na silně znečištěných místech prakticky nelze lišejníky nalézt.

## Proč právě lišejníky ?

Lišejníky, jak je uvedeno v každé učebnici přírodopisu, jsou tzv. podvojně organismy skládající se z houby (mykobionta) a řasy či sinice (fotobionta) žijící ve vzájemném soužití, tedy symbióze. Současný stav poznání ukazuje, že tento svazek není u všech zástupců ideální symbiózou ve smyslu oboustranných výhod, proto se dnes vztah obou partnerů označuje příhodněji jako specifický lichenismus. Nicméně obě složky jsou v lišejníku ve velmi křehké rovnováze a jakékoli změny v prostředí, ve kterém žijí, mohou tuto rovnováhu snadno narušit a vést až ke zničení celého organismu.

Lišejníky nemají stélku krytou kutikulou ani jinými ochrannými strukturami, které dobře známe u cévnatých rostlin, a proto voda i se všemi v sobě rozpuštěnými látkami proniká do stélky velmi snadno. V podstatě neregulovaný příjem vody celým povr-

chem stélky v případě škodlivin znevýhodňuje lišejníky proti rostlinám, které vodu přijímají zejména podzemními částmi, tedy už filtrovanou vrstvou půdy.

Stélka lišejníků roste velmi pomalu (Živa 2004, 1: 17), tím pádem i regenerace poškozené stélky trvá dlouho. Na druhou stranu probíhá také při poměrně nízkých teplotách, i pod bodem mrazu. V našich zeměpisných šířkách je tedy metabolismus lišejníků téměř nepřetržitý, probíhá bez výraznějších přestávek prakticky po celý rok, což je důležité pro jejich využití k bioindikaci.

Lišejníky jsou organismy dlouhověké — epifytické druhy mohou žít několik desítek let, životnost druhů saxikolních či — chcete-li epilichických (rostoucích na skalách, balvanech) — bývá i několik set let. Tento fakt lišejníkům umožňuje akumulovat škodliviny ze znečištěného prostředí během dlouhého období.

Důležité pro využití lišejníků jako bioindikátorů jsou i faktory ekonomické. Základní metody bioindikace často nevyžadují víc než zkušené oko lichenologa, který navštíví či lépe v pravidelných intervalech navštěvuje sledovanou lokalitu a sleduje změny lišejníkové vegetace. Není tak třeba zdoluhavých analýz drahými přístroji.

## Lišejníky a toxické látky

L. Pearsen a E. Skye v r. 1965 jako jedni z prvních vystavovali lišejníky umístěné v růstových komorách účinkům oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>). Tak bylo zjištěno, že již malé koncentrace SO<sub>2</sub> během 24 hodin způsobily blednutí a hnědé skvrny na chloroplastech a trvalou plazmolýzu buněk. Přítomnost hořčičku v extraktech a hnědé skvrny na chloroplastech naznačovaly rozpad molekul chlorofylu. Destrukce i malého množství chlorofylu v buňkách řasového partnera může způsobit porušení symbiózy mezi řasou či sinicí a houbovou složkou, neboť fotosyntetické produkty (cukry) jsou pro houbového partnera nenahraditelné. Stanovit hranici koncentrace SO<sub>2</sub>, nad kte-

*Misnička zední (Lecanora muralis) je velmi tolerantní lišejník osídlující i betonové podklady a eternitové střechy, vlevo. Vysoko na severu a v horách se nevyskytuje ♦ Terčovka otrubčitá (Pseudevernia furfuracea) je středně odolný lišejník (vpravo)*



rou bude docházet k poškození lišejníků, není jednoduché. Stejně jako u cévnatých rostlin hrají důležitou roli i další faktory, např. nízká vzdušná vlhkost výrazně zvyšuje toleranci lišejníků k SO<sub>2</sub>. Tolerance vůči SO<sub>2</sub> je také druhově specifická. Mnohé druhy jsou velice náchylné již k malým koncentracím (např. téměř učebnicový příklad nepřehlédnutelného důlkatce plicního — *Lobaria pulmonaria*), jiné snášejí i koncentrace vysoké.

Lišejníky však nepoškozuje pouze SO<sub>2</sub>. Publikované práce dokazují podobné destruktivní změny stélky způsobené např. fluorem v blízkosti hliníkáren. V okolí těchto podniků (sledování byla prováděna např. v alpském údolí u hliníkáreny Maurienne či na Slovensku v okolí Žiaru nad Hronom) se vyskytuje jen velmi málo druhů lišejníků, v nejbližším okruhu je téměř tzv. lišejníková



poušť. Fluor při určité koncentraci lišejníky zabíjí, při nižších koncentracích způsobuje odumírání částí stélek a jejich deformace.

V 60. letech 20. stol. byly u cévnatých rostlin zaznamenány negativní změny způsobené ozonem (O<sub>3</sub>). Až v r. 1977 byl podobný vliv sledován i u lišejníků. Autoři ale testovali velmi vysoké koncentrace, které se v přírodě (ani silně znečištěné) většinou nevyskytují. Otázkou zůstává, do jaké míry může na lišejníky působit interakce např. SO<sub>2</sub> a O<sub>3</sub>. Stejně tak jako u ostatních polutantů i zde hraje velkou roli citlivost druhu a individuální dispozice.

Některé druhy lišejníků snášejí dobře vysoké koncentrace některých kovů. V okolí holandské vesnice Budel v provincii Noord-Brabant je vysoká koncentrace zinku a kadmia v půdě, a přesto (anebo právě proto?) se zde vyskytují lišejníky *Acarospora fulvoviridula* a *Micarea confusa* uvedené v červené knize. Na rakouských vinicích se proti řasám a cizopasným houbám používá postřik bordóskou jichou, která obsahuje síran měďnatý. Právě na takto ošetřených vinicích pak roste lišejník viničný (*Lecanora vinetorum*). Byla vypracována celá řada studií dokazujících, že lišejníky mají schopnost akumulovat stopové prvky včetně těžkých kovů.

### Jaké lišejníky jsou pro bioindikaci vhodné?

Věrohodné vědecké sledování změn kvality prostředí závisí především na standardizaci výchozích podmínek. Přitom je nutné vyloučit maximum vnějších vlivů, které by mohly výsledky zkreslit. Substrát se celkově snadněji sjednocuje u lišejníků epifytických, tedy rostoucích na stromech (v našich podmínkách na borce dřevin), než saxikolních, epilitických (rostoucích na kamenech a skalách) nebo epigeických či terestrických (rostoucích na povrchu půdy), kde mohou být velmi odlišné chemické a fyzikální vlastnosti substrátu. Většina odborníků proto vybírá jako substrát

borku pouze jednoho druhu stromu či alespoň jeden typ borky (kyselou, neutrální, zásaditou), protože u různých druhů stromů se vlastnosti borky liší.

Epifytické lišejníky často vyžadují dostatek světla. Kolonizují proto zejména solitéry, stromy osamocené, rostoucí v alejích nebo v malých skupinkách či alespoň v řídkých porostech. I tento fakt je nutné při výběru stromů pro sledování vzít v úvahu. Aby bylo množství škodlivin ve stélkách lišejníků srovnatelné, vybírají se lokality s podobnými srážkovými poměry.

### Metody použití lišejníků jako bioindikátorů

Úzkého vztahu lišejníkové populace k úrovni znečištění ovzduší si všiml jako jeden z prvních finský lichenolog W. Nylan



der. Již v r. 1866 pozoroval vliv znečištění u lišejníků v parku Jardin du Luxembourg v Paříži a nazval je citlivými hygrometry. O 32 let později, v r. 1898, na stejném místě Abbé Hue však nenašel již jediný lišejník! Na podobné jevy upozornil také A. J. Grindon ve své práci Manchester Flora.

Až R. Sernander v r. 1926 uskutečnil první bioindikační měření v pravém slova smyslu a kartografii v terénu. Ve své studii popsal tři základní koncentricky odstupňované kategorie kvality ovzduší podle stavu lichenoflóry v okolí Stockholmu: centrální zónu tzv. lišejníkové pouště v centru Stockholmu, kde nebyl pozorován žádný lišejník; přechodovou zónu, kde rostly pouze některé lišejníky a zónu normální, kde rostly vitální, dobře vyvinuté lišejníky v patřičné druhové pestrosti.

E. Skye v r. 1958 navrhl seznam různých citlivých lišejníků jako indikační druhy. Použil zde větvičnick slivový (*Evernia prunastri*), stužkovec *Ramalina farinacea*, terčovník zední (*Xanthoria parietina*), terčovku pohárkatou (*Parmelia acetabulum*) a jasanovku brvitou (*Anaptychia ciliaris*).

Propracovanější a dodnes používanou metodu navrhli D. L. Hawksworth a F. Rose v r. 1970. Tato metoda využívá širšího spektra druhů. Její popis je uveden v tomto čísle Živý v článku D. Svobody na str. 109. Četné modifikace výše uvedené metody pak popisovala řada dalších autorů. Sledováním určitých vybraných druhů v dlouhodobém měřítku můžeme získat zajímavé informace o vývoji stavu dané oblasti.

Metody, kdy zkoumáme druhové zastoupení lišejníků, popř. jejich stav, jsou metodami kvalitativními. Jiným typem sledování jsou metody kvantitativní, kdy „měříme“ lišejníkovou vegetaci a pomocí matematických vzorců pak vyhodnocujeme. Jednou z prvních metod tohoto typu je metoda IAP (Index of Atmospheric Purity), kterou navrhli F. Leblanc a J. De Sloover v r. 1970. Vyhodnocování podle této metody je poměrně složitá a ovlivněná mnoha faktory, proto v 80. letech vznikly metody nepoměrně jedno-

dušší. Jejich princip spočívá v odečítání četností lišejníkových druhů na určitém ohraničeném místě, např. v podobě žebříčkovité mřížky a na tomto základě matematicky vypočtených indexů. Hodnoty indexu se srovnávají či podobně sdružují a získají se tak kategorie zón se stejným stavem ekosystému (či znečištění). Nejnovější v této skupině je metoda LDV (Lichen Diversity Value), která je také popsána ve zmíněném článku D. Svobody.

Jiným typem sledování, jehož výhodou je velmi dobrá standardizace podmínek, je metoda přenesení lišejníků i se substrátem do zkoumaného území (metoda transplantace). Tuto metodu použil poprvé I. M. Brodo v New Yorku v letech 1961 a 1966. Stejný postup aplikoval i H. Schönbeck v r. 1969 v německém Porúří, když použil jako transplantát borku s terčovkou bublinatou.

*Puklérka sivá (Platismatia glauca) preferuje zejména borku listnatých dřevin (zde na jeřábu, Rýchborský prales), vlevo. Indikuje poměrně čisté prostředí* ♦ *Terčovka bublinatá (Hypogymnia physodes) je běžný a odolný druh často pro bioindikaci využívaný, vpravo. Snímky M. Skalkey*

Transplantáty umístěné v těsné blízkosti znečištěných míst hynuly během několika málo týdnů a se vzrůstající vzdáleností přežívaly až několik měsíců.

Další možností je sledování fyziologického stavu lišejníků (např. sledování intenzity fotosyntézy, dýchání nebo čistě produkce, stanovení obsahu chlorofylu, pH a vodivosti vodního výluhu lišejníkové stélky). Metody morfologicko-anatomické zachycují např. fotograficky viditelné změny odumírání částí stélek. Pozornost bývá ponejvíce zaměřena na změny formy stélky a tvorby rozmnožovacích útvarů (soredií a plodnic).

### Bioindikace pomocí lišejníků v ČR

Mapování lišejníků v ČR je zajímavé z několika důvodů. U nás, stejně jako v okolních zemích, má botanický výzkum dlouholetou tradici a je tedy k dispozici řada velmi cenných studií a dat. Díky rozvoji průmyslu v 19. a 20. stol. byla některá místa Čech a Moravy silně znečištěna a došlo také ke změněnému výskytu lišejníků. To umožňuje sledovat dlouhodobě změny biodiverzity. V našich zemích je úroveň zasažení SO<sub>2</sub> velmi nestejná — od relativně čistých oblastí (např. Šumava) po těžce poškozené (např. Teplicko). Bohužel, v ČR již nelze najít lokality nezasazené vůbec. Vedle většího množství SO<sub>2</sub> bylo produkováno mnoho dusíkatých látek, a proto došlo k silné eutrofizaci prostředí a následnému rozvoji nitrofilních lišejníků.

Jako jeden z prvních se bioindikačními metodami a změnami stavu lišejníkové vegetace zabýval po 2. světové válce nedávno zesnulý prof. Zdeněk Černožský. Kvalitativní metody využil J. Liška v 70. letech i později při sledování znečištění ovzduší na Táborsku. S metodou IAP pracovalo více autorů, naposledy byla využita ke studiu pošumavských ekosystémů Dětinským na počátku 90. let 20. stol. Monitorování výskytu jednotlivých indikačních druhů se věnovalo více autorů, např. J. Liška či P. Anděl, který hodnotil imisní zátěž pomocí lišejníků již od r. 1978. V neposlední řadě využívá nové metody další generace lichenologů, o čemž vás může přesvědčit i článek následující v tomto čísle Živý.