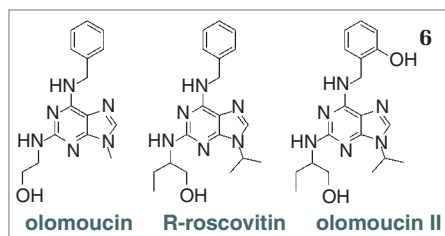


k rozpadu buněk v řadě lidských nádorových buněčných liniích – mají ale také některé v rostlinách přirozené se vyskytující cytotoxické ribosidy (tedy konjugáty s ribózou), i když působí odlišným mechanismem, který není doposud zcela objasněn. Na leukemických buňkách linie HL-60 bylo pozorováno, že buněčné smrti v tomto případě předchází vyčerpání buněčných zásob ATP, aktivace kaspáz (zjednodušeně a nepřesně řečeno jde o skupinu cystein-proteáz, účastnících se mimo jiné procesu programované buněčné smrti – apoptózy) a depolarizace mitochondrií. Dále víme, že nutnou podmínkou jejich antileukemické aktivity je jejich vnitrobuněčná fosforylace (např. Voller a kol. 2010).

V koncentracích vyšších než 46 $\mu\text{mol/l}$ (IC_{50} – koncentrace, při níž dochází k 50% zastavení dané biologické aktivity) jsou některé deriváty BAP cytotoxické na vybraných nádorových liniích i ve formě volných bází, se zatím neznámým mechanismem účinku. Bylo však postulováno, že jejich nízkou toxicitu způsobuje omezená schopnost fosforibosyltransferáz ve studovaných leukemických buňkách tyto látky pozměnit. Naproti tomu cytotoxicita volných bází a jim odpovídajících ribosidů pro rostlinné buňky je srovnatelná, což pravděpodobně vychází ze schopnosti rost-



6 Olomoucine, R-roscovitine a olomoucine II – deriváty 6-benzylaminopurinu a *orto*-topolinu s protinádorovou aktivitou, inhibující cyklin-dependentní kinázy, jež hrají významnou úlohu v regulaci buněčného cyklu. Blíže v textu. Orig. O. Blahoušek

linných buněk přeměňovat obě skupiny (formy) cytokininů na příslušné ribosidy-5'-monofosfáty přibližně stejně efektivně. Prokázali jsme, že ostatní běžné metabolické formy přirozené se vyskytující cytokininů, *N*- a *O*-glukosidy, jsou pro leukemické buňky netoxické, což podporuje hypotézu o vnitrobuněčné fosforylaci.

Závěrem

Studiem N^6 -substituovaných derivátů adeninu byly získány cenné informace pro vývoj dalších příbuzných látek s významným

mi biologickými aktivitami, pro sledování jejich výskytu v rostlinách, izolaci a identifikaci jejich nových metabolitů, pro vývoj imunodiagnostik k jejich imunodetekci a kvantifikaci a na závěr snad i pro vývoj potenciálních léčiv. Mezi připravenými deriváty byly nalezeny sloučeniny schopné specificky a velmi účinně inhibovat některé cyklin-dependentní kinázy s výrazným vlivem na růst nádorových buněčných linií *in vitro*, ale i látky, které nacházejí uplatnění v rostlinných biotechnologiích, zemědělství, případně v kosmetickém průmyslu. Z příkladů uvedených v tomto článku je zřejmé, že molekulární cíle buněčného cyklu přinášejí velkou naději při hledání nových léčiv závažných onemocnění člověka, mezi něž nádory a další hyperproliferativní onemocnění (s nadměrným množením buněk) jistě patří. Věříme, že díky nástrojům, které má dnes věda v rukou, budeme schopni nalézt další nové látky ovlivňující nejen aktivitu, ale také expresi důležitých regulačních proteinů/genů účastnících se buněčného dělení lidských, obecně živočišných i rostlinných buněk.

Citovaná a další doporučená literatura je uvedena na webové stránce Živý.

Jiří Malíček

Středoevropské pralesy a lišejníky I. Příklady nejcenějších lokalit a ekologie lesních lišejníků

Lesy pokrývají většinu střední Evropy přibližně posledních 10 tisíc let. Přirozená lesní vegetace s převahou buku, kterou bychom ve střední Evropě měli bez vlivu člověka, se začala utvářet přibližně před třemi až čtyřmi tisíci lety. V té době byly již na ústupu druhově bohaté porosty s lískou, dubem, lípou, jilmem, javory a jasanem. Pro přirozené středoevropské lesy pozdního holocénu byl podle aktuálních poznatků charakteristický také vysoký podíl jehličnanů, hlavně jedle. Při nástupu zemědělství však lidé pralesy pomalu likvidovali. Situace vyvrcholila ve středověku, kdy vliv člověka na krajinu zesílil a složení a struktura lesů se začaly rychle měnit. Ještě dramatičtější změny nastaly s rozvojem průmyslu (hlavně sklářství) a s tím souvisejícím nástupem lesního hospodaření v 18. stol., tehdy došlo i na vytěžení zbytků pralesů v horských oblastech (např. Živa 2007, 1–3 nebo 2011, 2 a 3).

Během několika posledních století byly tedy působením člověka původní přirozené lesy (pralesy, tj. lesy lidmi neovlivněné) téměř zničeny a přeměněny na hospodářské lesy. Druhově rozmanité porosty tak dostaly podobu stejnověkých monokultur jehličnanů (v menším množství případů listnatých dřevin), zmizely staré a odumlávající stromy a na mnoha místech došlo

k rozsáhlým výsadbám nepůvodních druhů dřevin (také Živa 2015, 3: 123–125).

Přibližně jednu třetinu rozlohy střední Evropy v současné době pokrývá les. Přesto můžeme konstatovat, že většina dnešních Evropanů nemá zdání, jak vlastně původní lesy vypadaly, protože utkvělou představou „správného“ lesa je právě výše zmíněný hospodářský les (plantáž či „pole na dře-

vo“), oblíbený k houbaření a často jako jediná možnost k výletům do přírody. Skutečné pralesové porosty se staly ve střední Evropě velikou vzácností a patří k nejohroženějším biotopům zasluhujícím co největší pozornost ochrany přírody. Efektivní ochrana zbytků starých lesních porostů ale není možná bez důkladné znalosti jejich biodiverzity, ekologie a míry původnosti.

Středoevropské pralesy

Za nejznámější, nejrozsáhlejší a zároveň nejcenější nížinný les v Evropě bývá často považována Bělověž, ležící na samé hranici střední Evropy. Avšak ani její centrální část, které dominují lípa srdčitá (*Tilia cordata*), habr obecný (*Carpinus betulus*), javor mléč (*Acer platanoides*) a statné duby letní (*Quercus robur*), nelze kvůli lesní těžbě v minulosti považovat za skutečný prales. Tato informace by jistě potěšila polskou vládu a těžaře, kteří se momentálně pokoušejí redukovat plochy lesních porostů v tomto národním parku, a to i přes ochranu UNESCO. Na zbytky původních porostů je poměrně bohaté Slovensko. Největší slovenský prales Stužica (obr. 1) na hranici s Polskem a Ukrajinou významně přesahuje svými pralesovitými porosty i do těchto okolních států. K dalším zachovalým bukovým a jedlobukovým pralesům patří např. Badínský prales, Dobročský prales, Rožok, Havešová a Vihorlat. Cenné smrkové lesy zůstávají např. v Oravských Beskydech – lokality Babia hora a Pilsko.

V Rakousku je nejcenějším lesním porostem severoalpský Rothwald (obr. 2), jehož dominantu tvoří buk lesní (*Fagus sylvatica*), s příměsí jedle bělokore (*Abies alba*) a smrku ztepilého (*Picea abies*). Zajímavé je, že v Alpách, kde bychom očekávali množství pralesů, téměř žádné nenajde-



1 K nejrozsáhlejším střeoevropským pralesům patří Stuzica. Rozprostírá se na slovensko-polsko-ukrajinské hranici, největší část pralesovitých porostů se rozkládá na ukrajinské straně.

2 Nejznámější rakouský prales Rothwald v Dolním Rakousku. Původní jedlobukový les se zde zachoval díky velmi obtížné přístupnosti území.

3 Lidmi nejméně ovlivněným pralesem v České republice je asi šumavský Boubínský prales. Většina jádrového území je velmi stinná kvůli vysokému podrostu zmlazujícího buku lesního (*Fagus sylvatica*).

me. Příčina tkví v intenzivním využívání alpské krajiny po několik posledních staletí, a to včetně velmi obtížně přístupných míst. Příkladem může být i Švýcarsko, kde sice zůstalo několik starých porostů, ty však byly v minulosti ovlivněny těžbou. Pracovníci obyvatel Německa využívali krajinu natolik pečlivě, že ani u našich západních sousedů se žádný prales nezachoval. Pět lokalit starých bukových lesů dnes chrání UNESCO a další zbytky cenných porostů lze nalézt např. v Bavorském lese.

Mnohé z vůbec největších evropských pralesů se nacházejí v ukrajinských Karpatech, které bývají někdy považovány také za součást střední Evropy. Mezi nejznámější lokality, též chráněné UNESCO, se řadí Čornohora, Uholka – Široký luh, Svidovec, Maramoroš, Kuzij-Tribušany a již zmiňovaná Stuzica.

České pralesy

V České republice máme stovky lesních rezervací roztroušených na různých místech státu. Bohužel naprostá většina z nich byla v minulosti více či méně ovlivněna činností člověka a v mnoha z nich se i v současnosti vedou spory mezi mírou a formou ochrany přírody a intenzitou lesního hospodaření. Jen několik lokalit lze stále považovat za lesy bez anebo s minimálním vlivem hospodaření v minulosti. Takové porosty jsou ale zpravidla hodně malé a fungují jako izolované ostrovy obklopené intenzivně obhospodařovanými lesy.

Nejznámějším českým pralesem je bezpochyby Boubín (obr. 3). Avšak i jeho nejceněnější část o rozloze 46,6 ha, tvořenou bukem, smrkem a jedlí, v minulosti ovlivnila toulavá těžba. Šumava představuje poho-

ří celkově bohaté na různé zbytky starých lesních porostů, s dalšími cennými lokalitami jako Hraničnick, Milešický prales, Spáleniště a Stožec. Zřejmě největší klimaxová smrčina u nás se vyskytuje na Trojmezí, kde stromové patro před několika lety kompletně podlehl napadení přemnoženými kůrovci, následkem čehož vymizely i některé vzácné epifytické lišejníky.

Asi druhým naším nejznámějším pralesem je Žofínský prales v Novohradských horách (Živa 2013, 3: 105–107; obr. 4). Jeho jádrová část, tvořená hlavně bukem, zaujímá 74,5 ha a je chráněna již od r. 1838 jako nejstarší střeoevropská rezervace, společně s blízkou národní přírodní památkou Hojná Voda.

Zvýšenou koncentraci pralesovitých zbytků najdeme také v Beskydech a Javorníkách. Nejlépe zachovalými lokalitami jsou Mionší, Razula a Salajka (obr. 5), které sice v minulosti rovněž zasáhla občasná těžba nebo pastva, avšak v současné době tento vliv již zpravidla není patrný. Všechny tři lokality pokrývají hlavně jedlobučiny.

Několik fragmentů cenných porostů se zachovalo v Českém lese. Jednoznačně nejceněnější z nich je Diana (obr. 6), kterou sice v minulosti pozměnil člověk parkovými úpravami, ale v současné době jde o porost s vysokou diverzitou různých lesních organismů.

Mezi velmi zajímavé porosty řadíme i staré lužní lesy v oblasti Soutoku na jižní Moravě – Cahnov-Soutok a Ranšpurk (např. Živa 2008, 4: 174–176 a 2007, 2: 57–59). V minulosti na těchto lokalitách probíhala mimo jiné lesní pastva a jejich současná podoba se určitě výrazně liší od té historické, přesto bezpochyby představují nejcennější nížinné lesy v našem území. Bohužel obě rezervace podléhají silnému úbytku mnoha lesních organismů, a to kvůli oplocení. Následkem toho došlo k silnému zmlazení dřevin a interieru pralesa přišel o jeden z klíčových faktorů zvyšujících biodiverzitu a ovlivňujících složení společenstva – světlo. Totéž platí i v případě jiných našich pralesů včetně Boubínského a Žofínského.

Zřejmě nejvýznamnější klimaxové horské smrčiny nyní nalezneme v Hrubém Jeseníku, a to v okolí Pradědu (Bílá Opava,

Eustaška, obr. 7) a v oblasti Šeráku a Keprníku. Přestože byly všechny tyto lokality ovlivněny lesním hospodařením, jde celkem o přirozené a rozsáhlé porosty pokrývající stovky hektarů.

Další zajímavé fragmenty starých lesů se nacházejí roztroušeně mimo jiné ve vyšších polohách Českomoravské vrchoviny (Velký Špičák, Žákova hora atd.). Zachovalé doubravy rostou např. v Podyjí; suťové lesy v zaříznutých údolích řek (Ve Studeném v údolí Sázavy, Údolí Oslavy a Chvojnice na Moravě). K pralesovitým porostům lze počítat i rašelinné bory, jako Červené blato na Třeboňsku nebo Rejvíz v Hrubém Jeseníku, a reliktní bory na skalách a sutích (např. v Pošumaví nebo pískovcových oblastech).

Bioindikátory pralesovitých porostů

Chceme-li posuzovat kvalitu či zachovalost určitého lesního celku, nebo lesní lokality vzájemně srovnávat, je třeba najít skupinu organismů, která se k tomuto účelu hodí. V případě pralesovitých porostů není příliš výhodné použít cévnaté rostliny ani obratlovce, protože jejich druhová rozmanitost zde zpravidla nijak výrazně nepřevyšuje jiné typy lesů. K dispozici však máme daleko citlivější bioindikátory, které ve starých lesích zpravidla mívají lokální centra biodiverzity. K takovým se řadí houby, lišejníky, mechorosty a také některé skupiny hmyzu (např. Živa 2015, 3: 128–130). Počet druhů z těchto skupin může v pralese až mnohonásobně přesahovat druhové bohatství hospodářského lesa. Vychází to mimo jiné z úzké vazby řady druhů na konkrétní substráty (např. tlející kmeny, staré stromy), kterých je v kulturních lesích nedostatek.

Následující text zaměříme na epifytické lišejníky, které patří vůbec k nejnámějším bioindikátorům. Příčinu citlivosti lišejníků vůči znečištění ovzduší nebo změnám a charakteru prostředí hledíme především v křehkém soužití hned několika nepříbuzných organismů (zelené řasy, sinice, různých druhů hub i bakterií), které společně lišejník utvářejí. Naopak výhodou takové komplikované symbiomy je možnost osídlovat extrémně prostředí a různorodé substráty. Mezi nejčastěji využívané



lišejníkové bioindikátory patří důlkatec plicní (*Lobaria pulmonaria*, obr. 8), který bývá zpravidla považován za druh vázaný na staré listnaté (nejčastěji bukové) lesy. To však neplatí v oblastech s oceánickým klimatem, kde může růst téměř všude. Naopak zcela chybí v regionech výrazněji ovlivněných znečištěním ovzduší. Hlavním symbiotickým partnerem důlkatce je zelená řasa, ale ve specializovaných orgánech zvaných cefalodia obsahuje i sinice. Cyanolišejníky neboli epifytické lišejníky se sinicí jsou považovány za obzvláště citlivé na znečištění ovzduší. Důkaz poskytuje např. aktuální situace v ČR, kde velká část takových druhů vyhynula a výskyt většíny ostatních se stal ojedinělým.

V případě klimaxových smrčín ke známým indikátorům náleží vousatec prodloužený (*Alectoria sarmentosa*) a na našem území vyhynulá provazovka nejdelší (*Usnea longissima*). Nevýhodou oběma druhům přináší značná velikost stélky, která sice zvyšuje jejich konkurenceschopnost ve společenstvu, ale naopak nutí lišejník absorbovat více polutantů, čímž jeho citlivost vzrůstá. Oba druhy navíc upřednostňují srážkově bohaté oblasti a rostou na

4 Nejstarší středoevropská rezervace – Žofínský prales. Ve srovnání s jinými pralesy v tomto regionu se vyznačuje abnormálním množstvím popadaných stromů a četnými mokřady a prameništi.

5 Salajka se řadí k nejzachovalejším pralesovitým jedlobučinám u nás. Bohužel rozloha bezzásahového území není pro dlouhodobé přežívání citlivých lesních organismů dostatečná.

6 Přestože lesní porosty v přírodní rezervaci Diana v Českém lese byly ovlivněny parkovými úpravami v minulosti, z lichenologického hlediska představují jednu z nejcennějších v České republice.

7 Rozsáhlé klimaxové smrčiny na území národní přírodní rezervace Praděd

8 Společenstva epifytických lišejníků s důlkatcem plicním (*Lobaria pulmonaria*) a stužkovcem pomoučeným (*Ramalina farinacea*). Takto bohatě porostlé stromy se vyskytují zpravidla ve velmi vlhkých regionech a při minimálním znečištění ovzduší. Fotografie z ruské části Kavkazu. Snímky J. Malíčka





7



8

exponovaných částech stromu (na větvích v horní části koruny), takže jakoukoli negativní změnu v prostředí schytají doslova z první ruky – přímým vstřebáváním (absorbací) polutantů ze srážek.

Ekologie lesních lišejníků předurčuje jejich indikační vlastnosti

Podstatná část evropských lišejníků má své optimum v lesích. Např. v Německu se třetina všech druhů označuje za lesní. Z tohoto počtu je 40 % vázaných na staré lesní porosty a dalších 10 % považováno za vyhynulé druhy. Podobnou situaci lze

očekávat i v ostatních evropských státech včetně České republiky.

Obecně hlavní faktory ovlivňující diverzitu a druhové složení epifytických lišejníků zahrnují vlhkost, světlo, teplotu, nabídku substrátů a zmíněnou míru znečištění ovzduší. Ve střední Evropě se na lišejnících zásadně podepsal posledně jmenovaný faktor, který silně ochudil zřejmě všechna společenstva (viz Živa 2015, 2: 59–61). Velmi důležitá je vlhkost, s níž stoupá i druhová rozmanitost a přibývají nápadné makrolišejníky. Jde o hlavní důvod, proč v českých lesích dominují různé druhy

nenápadných korovitých lišejníků a velké druhy najdeme zpravidla jen v horách, kde mají obecně větší přísun srážek. S vyšší diverzitou druhů se setkáme také v prosvětlených porostech – obohatených o světlomilné lišejníky. Vliv teploty bývá často zmírněn kvůli silnějšímu vlivu ostatních faktorů, ale zásadní roli hraje mimo jiné pro řasové partnery lichenizovaných hub. Jako příklad lze uvést fotobionty rodu *Trentepohlia* a jí příbuzných rodů, které výrazně preferují teplejší lokality (vždyť také jde převážně o tropické rody řas).

Druhové složení a rozmanitost epifytických lišejníků v lesích dále závisí na struktuře a dynamice daného porostu, ale také na faktorech souvisejících s geomorfologií a lokálním mikroklimatem. Studie zaměřené na druhovou rozmanitost ukazují dramatický ústup druhů zapříčiněný intenzivním managementem v evropských temperátních a boreálních lesích. Zjevně negativní vliv má fragmentace lesů, kvůli níž se zmenšuje celková plocha porostů, zesiluje okrajový efekt a narůstají vzdálenosti mezi populacemi lesních druhů (totéž hrozí i malým a vzájemně izolovaným zbytkům pralesů v ČR). Lesní hospodaření je primární příčinou nedostatku starých stromů v porostech, nadměrného zakmenění a naopak i nadměrné expozice ke slunečnímu světlu v případě vytěžení, dále nedostatku mrtvého dřeva, snížení strukturní diverzity (viz charakteristiky uvedené níže) a přerušování kontinuity vývoje lesa.

Staré stromy, které v kulturních porostech zpravidla chybějí, poskytují různorodá mikrostanoviště vhodná pro výskyt specifických lišejníků. Taková mikrostanoviště představují např. hnilobné kazy, růstové anomálie, hluboké zářezy v borce, plochy se starou rozrušenou borkou a plochy pokryté mechorosty. Staré stromy také nabízejí zásadní útočiště pro druhy s omezenými schopnostmi šíření, které tak získávají více času na úspěšnou kolonizaci; navíc disponují větším povrchem a stabilnějšími podmínkami. Pro pralesovité porosty je typická rozmanitější stanovištní struktura, mikroklimatické podmínky a přítomnost více typů substrátů vhodných pro specialisty – např. mrtvé dřevo v různých podobách a stádiích rozkladu, v hospodářských lesích přítomné v omezeném množství. V neposlední řadě je zásadní i druh dřeviny, který podstatně ovlivňuje složení lišejníkových společenstev.

Závěrem

V tomto článku jsme stručně popsali nejcennější pralesovité porosty ve střední Evropě a nastílnili schopnost lišejníků indikovat různé vlastnosti lesního porostu – stáří, kontinuitu, velikost stanoviště a jeho heterogenitu, fragmentaci, management, míru a historii disturbancí, složení dřevin atd. V následujícím díle se zaměříme na druhovou diverzitu lišejníků v různých pralesovitých porostech, na metody průzkumu a předběžné srovnání smrkových a bukových lesů na území naší republiky.

Výzkum byl financován projektem Grantové agentury Univerzity Karlovy v Praze (č. 1074416).

Použitá literatura na webové stránce Živa.