

vá diverzita zvířat je průkazně ovlivněna pouze ve třetině případů, a to bez ohledu na biom, stanoviště, životní formu a vlastnosti invadujícího druhu. Při míře ovlivnění bohatosti rostlinných společenstev už hrají roli vlastnosti invadujících druhů – průkazný impact lze očekávat zejména u invazních druhů opylovaných větrem nebo v případě stromu či keře. Význam opylení větrem není úplně snadné vysvětlit, jednou z možností by mohlo být, že plodnost takových rostlin nezávisí na dostupnosti opylovačů, mohou tudíž snadno vytvořit vysokou pokryvnost, která je pro silný vliv invazního druhu nezbytná (Pyšek a kol. 2012).

Standardizace hodnocení impactu – oficiální nástroj IUCN

Zůstává jediné – co se s tím vším dá dělat? Snaha předcházet a bránit změnám vyvolaným invazemi nepůvodních organismů odčerpává značnou část už tak dosti omezených prostředků plynoucích do ochra-

ny přírody. Klíčem ke zlepšení je tudíž popsat a předpovědět, které invazní druhy jsou – nebo s velkou pravděpodobností budou – z hlediska ekologického impactu neškodlivější, nebo které mají naopak vliv minimální, a na základě toho vymezit, na které je třeba přednostně soustředit pozornost. To by umožnilo efektivnější využívání finančních zdrojů v programech zaměřených na včasnou a rychlou eradikaci začínajících invazí i na dlouhodobou kontrolu invazních druhů. Jako zásadní problém se nicméně jeví volba vhodného způsobu vzájemného porovnávání rozmanité škály impactů mnoha skupin organismů působících na mnoha úrovních ekologické complexity a na různých časoprostorových škálách.

Řešením by mohl být hodnotící systém nedávno navržený mezinárodním týmem ekologů (Blackburn a kol. 2014), jenž různé typy impactu klasifikuje pomocí pětičlenné stupnice, přičemž v každém následujícím vyšším stupni je impact řádově

vyšší – od dopadu na jedince přes populace, druhy, společenstva až po ekosystémy. To pak umožňuje standardizovaným způsobem porovnat impacty vyvolané různými mechanismy, např. kompeticí, predací, parazitismem nebo hybridizací. Druh hodnocený vyšším stupněm má negativnější dopad na určitý aspekt prostředí, v němž je nepůvodní, než druh zařazený do kategorie nižší (obr. 8). Schéma tedy umožňuje řadit rostlinné a živočišné nepůvodní druhy podle míry jejich dopadu na prostředí a před dvěma lety bylo přijato jako oficiální nástroj Mezinárodního svazu ochrany přírody (IUCN). Podobně jako Červený seznam ohrožených druhů IUCN může být využito ke stanovení priorit pro management, což je jeden z důležitých předpokladů mezinárodní strategie boje s invazními druhy.

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živý.

Jan Čuda, Petr Pyšek

Rákos obecný – příklad invaze na vnitrodruhové úrovni

Invaze rákosu obecného (*Phragmites australis*) je zajímavá ze dvou důvodů – v Severní Americe, kde se vyskytuje jak původní, tak z Evropy zavlečené populace, umožňuje studovat invazi na úrovni jednotlivých genotypů. Druhým poměrně unikátním rysem je, že invazní populace rákosu obecného mají ve srovnání s původními menší obsah jaderné DNA, což vede k urychlení některých biologických procesů podporujících invazi.

Rákos obecný z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) je původním druhem naší flóry s kosmopolitním rozšířením, který se vyskytuje na 6 kontinentech s výjimkou Antarktidy (Packer a kol. 2017). Druh snáší extrémně široké rozmezí podmínek prostředí, roste od vyložené chladných oblastí (70° severní šířky a 43° jižní šířky) až k rovníku. Přes obecné povědomí, že je hlavně rostlinou mokřadů, se vyskytuje i v aridních oblastech – rákos lze nalézt např. v oázách severní Afriky, v Austrálii nebo v poušti Taklamakan ve Střední Asii. Ve sbírce využívané v Botanickém ústavu Akademie věd ČR pro experimentální účely máme i rostlinu sebranou v kalifornském Death Valley, tedy na nejteplejším místě světa. Ekologické optimum se v našich podmínkách nachází v mokřadech, na březích stojatých nebo pomalu tekoucích vod a na místech s vysokou hladinou podzemní vody, jako jsou podmačená luka a pole.

Důležitou vlastností rákosu je schopnost prorůst hladinou vody vysokou několik desítek centimetrů, v extrémním případě i několik metrů, v závislosti na průhlednosti

vody, která určuje dostupnost světla. Tato strategie je velmi výhodná při obsazování nových stanovišť bez vegetace, kde se rákos vegetativně šíří oddenky do mělké vody, v níž jiné mokřadní druhy nemohou klíčit. Podzemní oddenky (rhizomy) mohou být delší než 10 m a každý může propojovat až několik desítek stébel. Rákos je kompetičně silný, nad zemí dorůstá výšky až 5 m (je to naše nejvyšší tráva), do 20–50 cm pod povrchem oddenky tvoří v podzemí hustou síť – „matraci“. Ovlivňuje tak ostatní vegetaci především zvýšením zástínu na stanovišti (ztěžuje klíčení ostatních druhů). Silná vrstva rhizomů také téměř znemožňuje klíčení a vegetativní prorůstání jiných rostlin, podobný účinek má mohutná vrstva těžce rozložitelného opadu. V případě nepříznivých podmínek, jako je pokles vlhkosti půdy či zvýšený zástín, tato vytrvalá tráva dokáže přežít i několik let díky velkým energetickým rezervám, skrytým v rhizomech.

Vše výše uvedené velmi znesnadňuje uchyacení jiných druhů rostlin, proto rákos tvoří často monodominantní porosty, kde je diverzita ostatních druhů zpravidla nízká.

To ale rozhodně neznamená, že rákosiny představují biologickou poušť – tento významný habitat využívá mnoho specializovaných druhů obratlovců a bezobratlých. Je rovněž ekonomicky významný a má řadu využití – v současnosti především jako součást umělé vytvořených kořenových čistíren odpadních vod, biomasa s vysokým obsahem celulózy nalézá uplatnění v energetice či papírenství, stébla sloužila v minulosti jako tradiční střešní krytina. Z obilí lze uvařit kaši, po naříznutí stonků je možné jíst sladkou šťávu, mladé oddenky se dají uvařit a pražené použít jako náhražka kávy.

Severní Amerika – invaze na úrovni genotypů

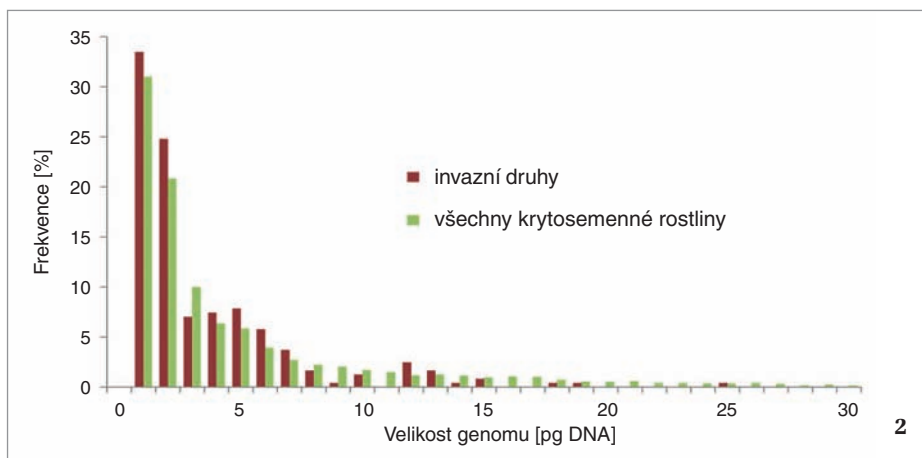
Je doloženo, že člověk využíval rákos od pradávna, podle dostupných údajů minimálně od poslední doby ledové. Celé rostliny i jejich části byly přemísťovány na různé vzdálenosti např. pro zpevnění břehů plavebních kanálů z nejbližšího mokřadu, ale i tisíce kilometrů mezi jednotlivými kontinenty. Přesný mechanismus dálkového šíření není zdokumentován, velmi pravděpodobně ale byl rákos transportován hlavně nevědomky s balastním materiálem, jako je bahno, kameny a voda, který lodě potřebují pro udržení stability po vyložení užitečného nákladu. Protože balastní zátěž zaoceánské lodě nabírají v blízkosti přístavišť, často situovaných v ústí velkých řek s hojným výskytem rákosu, nabíraný materiál byl nejspíš kontaminován ohromným množstvím diaspor. Ať už to bylo jakkoli, rákos cizích proveniencí je v současnosti doložen po celém světě. Tam, kde rákos dříve nerostl, např. v Brazílii, byla identifikace procesu invaze jednoduchá, do flóry oblasti přibyl nový druh. Složitější to bylo např. v Severní Americe, kde se vyskytoval jak rákos původní, tak zavlečený. Rozlišení obou genotypů na základě vzhledu je obtížné, navíc dochází k vnitrodruhovému křížení, což situaci ještě více komplikuje. O probíhající kryptické (skryté) invazi ovšem svědčilo několik indicií. Šlo především o značný nárůst velikosti



1 Invazní populace rákosu obecného (*Phragmites australis*). Rhode Island, USA. Foto P. Pyšek

2 Srovnání velikosti genomu (1C) 242 druhů, které jsou v některých oblastech světa invazní, s rozložením velikostí genomu krytosemenných rostlin (1C je obsah DNA v celém nereplikovaném redukovaném jádře, závisí tedy na ploidii a udává se v počtu párů bází, nebo jako hmotnost DNA v pikogramech, $1 \text{ pg} = 10^{-12} \text{ g}$). Je patrná koncentrace druhů s malým obsahem jaderné DNA mezi invazními. Upraveno podle: J. Suda a kol. (2015)

3 Rozdíl ve velikosti monoploidního genomu (1Cx) různých populací rákosu obecného (1Cx je hodnota velikosti nereplikovaného monoploidního genomu, na ploidii nezávisí). Evropské rostliny, ať už ty, které invadují v Severní Americe, nebo se vyskytují v původním areálu v Evropě, mají zřetelně méně jaderné DNA než původní americké populace, což jim propůjčuje řadu vlastností výhodných pro invazi. Upraveno podle: P. Pyšek a kol. (2018)

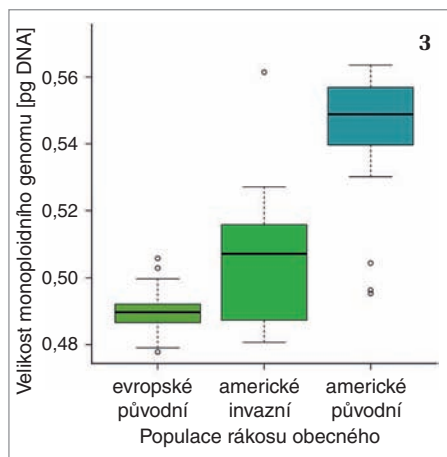


populací rákosu na východním pobřeží Severní Ameriky od doby prvních botanických záznamů (zhruba 150 let), ale i jiný vzhled nových rákosin – větší výška i hustota porostu jejich populací (obr. 1).

Jednoznačný doklad o rozsahu kryptické invaze na severoamerickém kontinentě poskytla až studie z přelomu tisíciletí (2002), kde Kristin Saltonstallová z Yaleovy univerzity (Connecticut) srovnala velké množství populací z celého kontinentu s herbářovými exempláři. Výsledky byly šokující ze tří důvodů: invazní genotypy rákosu se v současnosti vyskytují v celé Severní Americe, zavlečené genotypy jsou schopné šířit se tam, kde rákos dříve vůbec nerostl, a invazní linie vytlačují původní genotypy rákosu. Např. v Nové Anglii, tedy v regionu, který byl osídlen Evropany vůbec jako první (jde nejspíš i o jedno z prvních míst introdukce), původní genotyp rákosu zcela vymizel. Tyto poznatky vyvolaly množství otázek, v první řadě: které vlastnosti způsobují invazivnost zavlečeného rákosu? Protože náleží k nejlépe prostudovaným invazím vůbec, nabízí dosavadní výzkum i velmi zajímavé odpovědi.

Velikost rákosového genomu ovlivňuje invazivnost populací

Studium invazních populací rákosu a jejich srovnání se zdrojovými populacemi v Evropě a původními severoamerickými genotypy odhalilo důležitou vlastnost, která v tomto systému rozhoduje, zda jsou rostliny invazní. Jde o velikost jejich genomu,



tedy množství jaderné DNA; srovnání bylo založeno na monoploidní velikosti genomu, tedy obsahu DNA v jedné chromozomové sadě. Výsledky vyšly jednoznačně – rostliny s malým obsahem jaderné DNA jsou silně invazní, což potvrdilo předchozí zjištění založené na mezidruhových srovnáních. Mezi kvetoucími rostlinami totiž existuje jasná tendence – druhy, které jsou někde ve světě invazní, mají v průměru menší genom než ty, u nichž se tato tendence neprojevuje (Suda a kol. 2015, obr. 2). Stejný mechanismus se tedy uplatňuje i na vnitrodruhové úrovni.

Ve spolupráci se zahraničními partnery z USA a Dánska jsme provedli stanovení velikosti genomu několika set populací rákosu obecného z celého světa pomocí

průtokové cytometrie v Botanickém ústavu AV ČR, v laboratoři průkopníka této metody a také dřívějšího předsedy redakční rady tohoto časopisu prof. Jana Sudy. Zhruba stovku populací jsme poté pěstovali ve standardních podmínkách na experimentální zahradě. V průběhu pokusu se měřila rychlost růstu a další ekologické a fyziologické vlastnosti zkoumaných rostlin, včetně odolnosti proti herbivorii. Pokus byl založen tak, aby bylo možné porovnat severoamerické populace rákosu, jež byly před více než 150 lety zavlečeny na tento kontinent z Evropy a dnes jsou zde invazní, s populacemi, které jsou v Severní Americe původní a invazní populace je vytlačují (Pyšek a kol. 2018).

Teoretické vysvětlení skutečnosti, že pro invazní rostliny je typický malý genom, spojený s vlastnostmi podporujícími invazní chování, souvisí s generační dobou. Buňky s malým obsahem DNA se rychleji dělí, což vede k rychlejšímu růstu, který je z hlediska invaze výhodný. Rostliny s velkým genomem navíc mají omezenou schopnost růst v extrémních podmínkách, jako jsou v případě rákosu třeba oblasti s nedostatkem srážek nebo vysokou salinitou, kde je výhodné rozmnožit se co nejrychleji.

Získané poznatky by se v případě rákosu daly využít k monitorování invazních populací, protože existence zřetelné hranice ve velikosti genomu oddělující invazní a neinvazní rostliny (obr. 3) umožňuje rutinní identifikaci potenciálně invazních populací. Průtoková cytometrie představuje rychlou a finančně dostupnou metodu stanovení obsahu jaderné DNA, a tedy rychlé získání velkého množství informací (Živa 2005, 1: 46–48). Pokud budoucí výzkum prokáže platnost výsledků i pro jiné druhy rostlin, bylo by možné využít metodu např. při rozhodování, zda povolit import určitých populací, na základě rizika vyplývajícího z jejich invazního potenciálu.

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živý.