

Invaze, hybridizace, GMO a energetické plodiny

Jednou z hlavních vlastností cévnatých rostlin, která je odlišuje např. od většiny obratlovců, je časté mezidruhově křížení (hybridizace), často spojené s polyploidizací. Další je diverzita reprodukčních systémů a jejich kombinace. U rostlin jde o samosprašnost, cizosprašnost, apomixii a klonální růst. Je známo množství případů, kdy se hybridizace a následné polyploidizace účastnily zavlečené druhy alespoň jako jeden z rodičů. Asi nejlépe prozkoumané jsou tři kozí brady – k. b. pórolistá (*Tragopogon porrifolius*), k. b. pochybná (*T. dubius*) a k. b. luční (*T. pratensis*), zavlečené do severoamerických států Idaho a Oregon, které daly vzniknout dvěma různým novým polyploidním druhům hybridního původu. Nebo lze uvést trávy z rodu *Spartina*, kde druh *S. alterniflora* zavlečený z východního pobřeží Severní Ameriky hybridizoval s evropským *S. maritima* za vzniku sterilního hybridu *S. ×townsendii* a nového polyploidního *S. anglica*. Tento nový druh hybridního původu má významný ekosystémový vliv, protože začal zarůstat mořské mělčiny obnažované za odlivu, jež byly v minulosti bez vegetace a sloužily jako prostor ke sběru potravy bahňákům. Podobný případ byl zaznamenán v tomto rodu v Severní Americe, kde druh *S. alterniflora* byl zavlečen do Kalifornie a hybridizací ničí místní *S. foliosa*. Časté hybridizace zavlečených druhů se nevyhnuly ani České republice. Rizika spojená s mezidruhovým křížením se projevují i při pěstování geneticky modifikovaných a energetických plodin.

Podrobně byl studován případ zavlečených křídlatek (*Reynoutria*, syn. *Fallopia*). Křídlatka japonská (*R. japonica*) a k. sachalinská (*R. sachalinensis*) byly pěstovány především v parcích. Zejména křídlatka japonská se stala invazním druhem na březích a náplavech řek. Jejich hybrid, křídlatka česká (*R. ×bohemica*, obr. 1–3), byl popsán v r. 1983 z Průhonického parku jen o několik měsíců dříve, než byl nezávisle popsán z Německa. Jak se ukázalo, v době popisu už byl více rozšířen v několika zemích Evropy, jen nebyl dosud rozlišen. Tento hybrid je téměř sterilní. Při studiu hybridního komplexu ale bylo zjištěno, že na několika lokalitách v Čechách došlo kvůli částečné fertilitě hybridu k další evoluci a začaly se zde vytvářet nové kombinace odvozených kříženců lišících se počtem chromozomů.

Dalším rodem s velmi častou hybridizací je vrbovka (*Epilobium*). Jednotlivé vrbov-

ky se snadno kříží, přičemž kříženci jsou téměř sterilní, ale ne zcela. Poznají se dobře za plodu, kdy mají „seschlé“ tobolky a většina semen je nevyvinutých. Často se na jedné lokalitě vyskytuje i více druhů pohromadě, vzhledem k jejich značné podobnosti nebývá určení rodičů hybridu snadné. Do Evropy byla ze Severní Ameriky zřejmě v první polovině 20. stol. zavlečena vrbovka žláznatá (*E. adenocaulon*, v naší určovací literatuře uváděná jako *E. ciliatum*). U nás se tomuto rodu věnoval systematicky prof. Miroslav Smejkal, který popsal řadu hybridů tohoto druhu s našimi domácími vrbovkami. Bude zajímavé sledovat, zda se do hybridizace zapojí další nově zavlečená v. krátkoplodá (*E. brachycarpum*) pocházející taktéž ze Severní Ameriky; větší počet lokalit má v sousedním Německu, v r. 2016 byla nalezena na více místech na Sokolovsku. Dá se očekávat, že vzhledem k velkému množství semen

vybavených chmýrem se rozšíří i na jiné lokality v severních Čechách.

Další zavlečenou rostlinou snadno se křížící s některými našimi druhy je šťovík dlouholistý (*Rumex longifolius*), původní na mořských pobřežích severozápadní a severní Evropy. Odlišuje se od velké části zavlečených a invazních druhů tím, že jeho invaze probíhá v horách. Už byl zjištěn v Krkonoších, Jizerských horách, vzácněji na Šumavě a v Krušných horách. Má výrazně kratší vegetační dobu než naši zástupci rodu, ta mu umožňuje bohatou produkci semen právě v horách, kde jsou naše druhy již limitovány krátkou vegetační sezonou. Dá se ale čekat, že s oteplováním a prodlužující se vegetační sezonou proniknou i naše druhy do vyšších nadmořských výšek a hybridizace mezi šťovíkem dlouholistým a domácími šťovíky bude častější.

Invaze však neprobíhají pouze na větší vzdálenosti, např. mezi kontinenty. Může k nim docházet i uvnitř celkového areálu druhu, do dosud neobsazených území. Jednou z takových je případ chlupáčku oranžového (*Pilosella aurantiaca*, syn. *Hieracium aurantiacum*). Původně byl rozšířen v horských oblastech, v nižších polohách jen pěstován v zahradách. V současné době se ale rychle šíří právě v nízkých polohách, a to jak v kosených trávnících, tak podél silnic a dálnic. Je zajímavé, že jde o stejný klon, který roste u nás na horách a je invazní v Severní Americe či na Novém Zélandu. Velká část chlupáček jsou neúplné (fakultativní) apomikty, tj. mají zbytkovou sexualitu většinou do 10 %, často se proto kříží. Invaze uvedeného druhu do nižších poloh vede v současnosti k tomu, že se setkává s jinými druhy, jež v horách nerostou, a kříží se s nimi. Jedním z takových rodičů je chlupáček úzkolistý (*P. piloselloides*). Kříženec ch. úzkolistého s invazním ch. oranžovým byl popsán jako *P. ×derubella* (obr. 4) relativně nedávno z Německa, v r. 2017 jsme ho našli v Praze-Hrncířích. Z Prahy známe v současnosti ještě dva hybridy ch. oranžového s jinými druhy chlupáček. Vzhledem k častému výskytu řady druhů v okolí silnic a dálnic se dá očekávat i nárůst hybridů a rostoucí

1 až 3 Zavlečená křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*, obr. 1) a k. sachalinská (*R. sachalinensis*, 2) v nepůvodním areálu daly vzniknout kříženci popsanému z České republiky jako křídlatka česká (*R. ×bohemica*, 3). Snímky: B. Trávníček in R. J. Vašut, M. Duchoslav a M. Dančák (eds.), <http://flora.upol.cz/data/photos/xxxx.jpg>. Plné znění odkazů na tyto snímky uvádíme na webové stránce Živý.



pravděpodobnost, že se objeví nové kombinace hybridních genomů se zvýšenou plodností, a tím vyšší schopností invaze.

K výrazným zdrojem invazních rostlin patří zahrady a parky. Dlouhé pěstování vedlo k vyselektování genotypů přizpůsobených lokálním podmínkám, např. klimatu, což usnadňuje jejich únik do přírody.

Energetické plodiny

Podobným zdrojem invazí může být pěstování některých rostlin na polích. V poslední době se velmi proměnilo spektrum rostlin využívaných v zemědělství a hodně se změnila jejich proporce. Zvyšují se rizika, že se z nových plodin budou rekrutovat nové invazní rostliny. Z tohoto hlediska jde zejména o energetické plodiny, protože u nich je hlavním kritériem vysoká produkce organické hmoty (na výrobu biopaliva či bioplynu).

V posledních letech jsem zaznamenal několik přinejmenším problematických případů. Jedním z nich je šťovík – *Rumex* OK 2, který patří k nejčastěji pěstovaným energetickým (ale i krmným) plodinám. Má jít o křížence š. zahradního (*R. patientia*) a *R. tienschanicus*, ale *Rumex* OK 2 je velmi podobný, ne-li totožný, s *R. patientia*, který u nás roste v teplejších oblastech jako plevelný druh. Jak již bylo uvedeno výše, mnohé šťovíky patří k často hybridizujícím rostlinám, šíření tohoto druhu představuje potenciálně velké riziko. Existuje reálné nebezpečí rozšíření v územích, kde se dosud nevyskytoval, a nebezpečí vzniku značně agresivních kříženců.

Dalším druhem, jehož pěstování již bylo v ČR zaznamenáno, je *Elytrigia elongata*. Jak už jméno napovídá, jde o rostlinu příbuznou našemu rozšířenému pýru plazivému (*E. repens*, viz také Živa 2013, 4: 149–153). Ještě příbuznější je pak pýru prostřednímu (*E. intermedia*), který se přirozeně vyskytuje v územích s teplejším klimatem. Pýry se mezi sebou kříží a opět existuje možnost vzniku plevelů s novými kombinacemi vlastností. Kdo se dostatečně nevyzná ve složité synonymice této skupiny trav, snadno mu unikne jiná skutečnost – druh *E. elongata* je veden v německé literatuře jako invazní, osídlující náspy silnic a železnic a hráze řek a vodních kanálů; situace je však zastřena použitím zcela jiného jména – *Elymus obtusiflorus*.

Problematickou skupinu tvoří také rychle rostoucí dřeviny. Většina z nich má negativní vliv na kvalitu půdy, protože opadem zvyšují její degradaci. Z hlediska hybridizace s domácími druhy jsou rizikové topoly (*Populus*), schopné křížení s domácím a ohroženým topolem černým (*P. nigra*). Když pomineme degradaci půdy, genetické narušení populací t. černého je hlavním rizikem pěstování topolů, které jsou samy o sobě většinou hybridního původu.

Geneticky modifikované plodiny

Problematickou se vztahem k invazím je také pěstování geneticky modifikovaných (GM) plodin. Potenciální rizika jsou spojena s takovými modifikacemi, které dávají jejich nositelům ekologicky výhodné vlastnosti. Mezi nejčastější patří rezistence na herbicidy, zejména na glyfosát (např. Živa 2018, 3: 151–154). Rizika spojená s těmito modifikacemi jsou dvojího druhu.



4 Z našeho území dosud neuváděný křížec chlupáčku úzkolistého (*Pilosella piloselloides*) a ch. oranžového (*P. auran-tiaca*) popsán jako *P. x derubella*, na lokalitě v Praze-Hrncířích. Foto F. Krahulec

První z nich souvisí s vyselektováním odolných typů plevelů vlivem stálého používání stejného herbicidu. Máme-li plodiny rezistentní vůči glyfosátu, samozřejmě aplikujeme glyfosát k potlačení plevelů. Riziko navíc ještě navyšujeme opětovným použitím glyfosátu na strništích či k rychlejšímu a stejnoměrnému dozrávání plodin (desikaci). Je to zcela obdobné tomu, jak se rozšířily bakterie odolné vůči antibiotikům. Ve veřejně přístupné světové databázi rezistentních plevelů (www.weedscience.org) je možné se podívat, jak v posledních letech rychle narůstá počet jejich populací. Není sice uvedeno, zda nálezy pocházejí z polí s geneticky modifikovanými plodinami, najdeme zde pouze údaj o typu plodiny. Zjména z USA jde o sóju, kukuřici a bavlník, nejčastěji pěstované GM plodiny. V prvních letech pěstování takové plodiny klesne množství spotřebovávaných herbicidů, ale se vznikem rezistentních plevelů spotřeba herbicidů naopak stoupá. Je také zajímavé, že přibývá plevelů odolných k více různým herbicidům (opět obdoba s bakteriemi, hlavně v nemocnicích). Vzhledem k tomu, že v zemích Evropské unie není povoleno pěstování plodin rezistentních vůči herbicidům, riziko zde není tak vysoké. Zvyšuje se však používáním glyfosátu k desikaci.

Řada pěstovaných plodin má i v naší přírodě příbuzné druhy, se kterými jsou schopny se křížit, a tedy předávat přímo genetické modifikace. To je podstatně rychlejší cesta k získání modifikace. Z plodin pěstovaných v Evropě je nejrizikovější řepka olejka (*Brassica napus* subsp. *napus*), s níž se kříží více než 10 dalších druhů nejen z rodu brukev (*Brassica*). Ačkoli tuto možnost a z ní vyplývající riziko zastánci pěstování GM plodin popírají, byl již zaznamenán únik a trvání rezistence na glyfosát v populacích plevelných druhů rodu *Brassica* v Kanadě a v Argentině. Stejný případ byl zjištěn v Srbsku při pěstování rezistentní slunečnice roční (*Helianthus annuus*), kde gen pro rezistenci unikl do planých populací slunečnice. Tím se zvyšuje i riziko přenesení do populací slunečnice topinamburu (*H. tuberosus*), invazního druhu kolem řek a komunikací.

Nebezpečí rozšíření GM plodin roste i přes zákaz jejich pěstování. Do Evropy jsou dovážena semena pocházející z GM řepky olejky k dalšímu zpracování. Každý,

kdo se umí v přírodě dívat, ví, jak jsou na jaře okraje silnic či okolí železničních tratí plné kvetoucí olejky ze semen poztracených při dopravě. A skutečně, výzkum na nádraží ve Švýcarsku ukázal, že na řadě z nich roste olejka odolná k herbicidům. Proto se také zvyšuje riziko, že se křížením dostane gen pro rezistenci do planých populací ostatních brukvovitých (*Brassicaceae*), častých plevelů.

Proč je dobré o těchto věcech přemýšlet?

V zemích Evropské unie se zatím GM plodiny povolují jen zřídka, stále převládá velmi opatrný přístup. I v USA, kde mají legislativu v této oblasti daleko liberálnější, nelze pěstovat vše a všude. Existují oblasti, kde je riziko křížení s planými druhy tak vysoké, že není dovoleno tam GM plodinu pěstovat – např. pěstování řepy cukrovky v Kalifornii, kde rostou plané příbuzné druhy řepy. Pro nás ale z častého pěstování GM plodin v Severní Americe plynou i další, dosud neohodnocená rizika. V USA, kde je tento druh původní, je známo už mnoho populací ambrosie peřenolisté (*Ambrosia artemisiifolia*, podrobněji v Živě 2017, 1: 18–21 a na str. 241–242 tohoto čísla) rezistentních vůči herbicidům. Prokázaným zdrojem přísunu jejích semen do střední Evropy jsou sójové pokruty používané ke krmení hospodářských zvířat, kde je řada dalších druhů amerických plevelů přiměsí. Rizikem jsou pokruty, z nichž byl sójový olej získán lisováním (extrakcí při vyšších teplotách se životaschopná semena zničí). Ambrosie vyniká značnou produkcí pylu, který je jedním z nejsilnějších alergenů produkovaných rostlinami. Zavlečení semen z populací rezistentních k herbicidům by výrazně zvýšilo riziko rozšíření ambrosie na našem území a zcela určitě by přibýlo lidí s alergií na její pyl.

Málokdo si uvědomuje, že herbicidy se nepoužívají jen na polích. Velké množství se jich spotřebovává na železnicích, kde je nutné železniční svršek udržovat bez vegetace (např. aby při deštivém počasí nedocházelo k vyřazení zabezpečovacích prvků). Je ovšem otázkou, zda musejí být aplikovány i na rozsáhlých plochách často nevyužitých pozemků na nádražích. Herbicidy se dále používají i v sadech a na chodnicích ve městech. Proto objevení odolných plevelů a jejich větší rozšíření přináší i riziko, že budeme hledat, který další herbicid bude účinný. Značný nárůst populací plevelů rezistentních k více herbicidům je více než varovný. Za zmínku stojí, že z České republiky pochází jeden z prvních nálezů plevelu s rezistencí k více herbicidům. Šlo o bytel metlatý (*Kochia scoparia*) nalezený na nádraží ve Vršovicích již v r. 1996. A není asi náhodou, že velká většina odolných plevelů nalezených u nás pocházela z nádraží a že šlo především o rezistenci k atrazinu, který byl jako totální herbicid na železnicích běžně využíván.

Z uvedeného vyplývá, že vzhledem k četnosti hybridizace by měla povolování velkoplošného pěstování plodin, ať už jako energetických surovin, nebo geneticky modifikovaných plodin, předcházet kvalitní analýza existujících rizik. Kvůli složitosti problematiky (často i nomenklatorické povahy) by tato analýza měla být vždy svěřena do rukou patřičných odborníků.