

Mají se vzácné druhy rostlin bát křížení s hojnějšími příbuznými? II. Milostný trojúhelník mezi sítinami

V tomto seriálu se věnujeme mezidruhovému křížení u cévnatých rostlin a snažíme se přiblížit, jak může hybridizace ovlivnit populace vzácných, ohrožených a mizejících druhů. V minulém dílu jsme představili případ kriticky ohrožené kopřivy lužní (*Urtica kioviensis*), kterou kromě zániku jejích biotopů ohrožuje také hybridizace s hojnou kopřivou dvoudomou (*U. dioica*; blíže v Živě 2024, 6: 308–311). Nyní si představíme další skupinu nenápadných, ale o to zajímavějších mokřadních bylin – sítiny ze skupiny sítiny článkované (*Juncus articulatus* agg.). Ta v České republice zahrnuje tři druhy o dvou různých ploidiiích. Náš výzkum se zaměřil především na nejvzácnější z nich, diploidní sítinu alpskou (*J. alpino-articulatus*), význačný druh mizejících slatinných mokřadů. Pomocí průtokové cytometrie jsme odhalili nejen překvapivý rozsah křížení mezi všemi třemi druhy, ale také to, jak zásadní vliv má vhodné prováděný management mokřadních luk na vzájemnou dynamiku přežívání rodičovských druhů a jejich hybridů.

Sítiny představují běžnou, třebaže poněkud opomíjenou součást naší flóry. U nás jich roste kolem 20 druhů, vesměs jde o mokřadní byliny. Jsou to jednoděložné rostliny z čeledi sítinovitých (*Juncaceae*), někdy neformálně označované, společně se šachorovitými (*Cyperaceae*), „pravými“ trávami (lipnicovitě, *Poaceae*) a dalšími, u nás druhově nepočtenými čeleděmi, jako graminoidy, tedy travám podobné rostliny. Sítiny mají na rozdíl od trav květy s dobře vyvinutým okvětím, které však nebývá nikterak nápadné ani krásné – obvykle je zbarveno v různých odstínech hnědé či zelené. Jak jsme již zmínili, v tomto příspěvku se budeme věnovat skupině sítiny článkované, která na našem území zahrnuje tři podobné druhy. Skupinu charakterizují duté listy s dokonalými příčnými přehrádkami, které jsou velmi dobře zřetelné na pohmat, pokud list protáhneme mezi dvěma prsty.

Nejznámějším druhem je hojná tetraploidní sítina článkovaná (*J. articulatus*), vyskytující se u nás prakticky ve všech oblastech od nížin až po vyšší horské polohy. Je typická pro zamokřená stanoviště, jako jsou břehy vod, střídavě vlhká nebo mechanicky narušovaná místa v loukách, na zamokřených pasekách a vlhčích úhorech. Nachází se často na antropogenních, nezřídka i dosti eutrofizovaných stanovištích, ale zároveň také na přirozených lokalitách. Na vodou omývaných skalnatých svazích ve slavné Velké kotlině v Jeseníkách (blíže např. Živa 2018, 1: 15–20) roste na pravděpodobně nejvýše položené lokalitě v ČR; sbírali jsme ji tam ve výšce asi 1 330 m n. m.

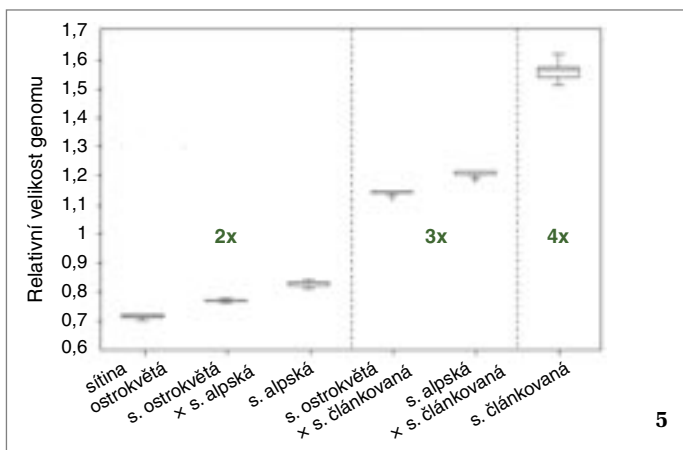
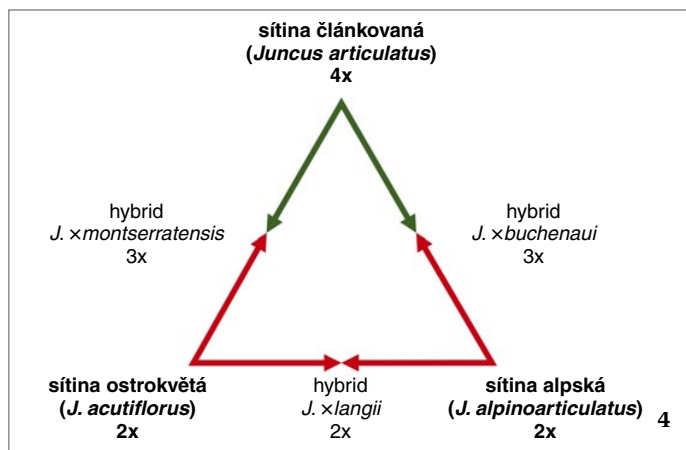
Zbýlé dva druhy ze skupiny jsou diploidní a výrazně vzácnější. První z nich, sítina ostrokvětá (*J. acutiflorus*), má význačně

subatlantský charakter rozšíření a je lokálně častá na podmáčených loukách v severních Čechách, od nejsevernější části Krušných hor po Liberecko, Českolipsko a Dokesko. Jinde u nás roste pouze velmi ostrůvkovitě v oblastech s vlhčím klimatem, např. v nejzápadnějších Čechách, jižní části Šumavy, na Třeboňsku a v Javornickém výběžku na severní Moravě. V Červeném seznamu flóry ČR je hodnocena jako ohrožený druh (C3). Posledním, nejméně nápadným, zato ochránářsky nejzajímavějším druhem, je sítina alpská (obr. 1 a 2), která se vyskytuje především na slatiništích, prameništích a minerálně bohatších rašelinných nebo střídavě vlhkých loukách. Zpravidla doprovází hodnotná mokřadní společenstva hostící řadu dalších vzácných a ohrožených druhů, a může být tedy považována za dobrý indikátor zachovalých slatinných společenstev. Sítina alpská je stejně jako s. ostrokvětá hodnocena jako ohrožený druh (C3), což je v případě této dvojice zjevně neadekvátní. Sítina ostrokvětá sice roste v rámci ČR na velmi omezeném území, nicméně v mnohých oblastech jde o konkurenčně silný druh tvořící rozsáhlé porosty a vytvářející dlouhou dobu i na degradovaných či lesem zarůstajících mokřadních stanovištích. Oproti tomu sítina alpská je konkurenčně slabá a vázaná na velmi ohrožené biotopy, které se v dnešní krajině zachovaly jen v nepatrných fragmentech následkem systematického odvodňování krajiny, zániku tradičního obhospodařování a eutrofizace. Bylo by tedy vhodnější ji hodnotit vyšším stupněm ohrožení.

Druhy ze skupiny sítiny článkované patří u nás k rostlinám, o které se zajímá pouze nemnoho přírodovědců. Kromě nepříliš atraktivního vzhledu a výskytu v „čvachta-



vých“ biotopech je to do jisté míry způsobeno i jejich pozdní fenologií. Jednotlivé druhy se nejlépe rozeznávají v plodném stavu a ideální doba pro výzkum nastává často až v druhé polovině léta, kdy již bývá většina atraktivních mokřadních druhů odkvetlá. V terénu je ze tří druhů nejnápadnější sítina ostrokvětá díky svému mohutnému vzrůstu. Silné lodyhy mohou dosáhnout i 1 m délky. Přesto ji řada přírodovědců při terénních průzkumech přehlíží, a naopak velké množství údajů o jejím výskytu v databázích je pravděpodobně chybné. Při tomto vědomí se nabízí otázka: jaký je



1 a 2 Sítina alpská (*Juncus alpinoarticulatus*) nepatří v terénu k nápadným druhům. Je charakteristická štíhlými složenými květenstvími s malými kaštanově hnědými hlávkami. Matenský rybník na Jindřichohradecku. Foto P. Koutecký

3 Diploidní hybrid mezi sítinou ostrokvětou (*J. acutiflorus*) a s. alpskou, z ČR dosud neuváděný. Rašeliníště u obce Světlík v Pošumaví. Foto P. Koutecký

4 Hybridizační schéma v okruhu sítiny článkované (*J. articulatus* agg.).

Dva diploidní a jeden tetraploidní druh se navzájem kříží za vzniku tří hybridů, jednoho diploidního a dvou triploidních.

5 Rozdíly v relativní velikosti genomu ve skupině sítiny článkované, zahrnující dva diploidní druhy a diploidního křížence mezi nimi, jeden tetraploidní druh a dva triploidní hybridy vznikající křížením diploidních druhů s tetraploidním druhem. Na ose y je vyneseno poměr mezi velikostí genomu vzorků a standardu; jako standard byl použit lilek višňový (*Solanum pseudocapsicum*). Orig. J. Prančl (obr. 4 a 5)

6 až 11 Detaily hlávek jednotlivých taxonů z okruhu sítiny článkované za plodu. Hlávky jsou složeny z několika tobolek obklopených 6 okvětními lístky ve dvou kruzích, každý květ/plod je na bázi podepřen dvěma blanitými listenci. Sítina ostrokvětá (obr. 6) je význačná nápadně protaženým zobánkem tobolek a okvětními lístky na vrcholu výrazně špičatými a poněkud ven vyhnutými. Sítina alpská (7) je charakteristická okvětními lístky na vrcholu tupými (v době zralosti tobolek však blanitý okraj okvětních lístků odumírá a znak je méně nápadný); oproti běžné s. článkované (8) má menší, tmavší a tupěji zakončené toboleky. U hybridů (9 až 11) se toboleky otevírají předčasně, proto i otevřené plody jen nevýrazně přesahují okvěť, hlávky mají obvykle oproti rodičům světlejší barvu; zobrazena diploidní křížence s. ostrokvěte a s. alpské (9), triploidní hybridy mezi s. ostrokvětou a s. článkovanou (10) a mezi s. alpskou a s. článkovanou (11). Měřítka je 1 mm.

stav populací její příbuzné a daleko méně nápadné sítiny alpské? A může ji kromě zániku biotopů ohrožovat i křížení s příbuznými druhy? Na našem území nebyla hybridizace v rámci této skupiny dosud detailně zkoumána a hybridy byli odhaleni pouze ve vzácných případech. Stejný stav poznání platí i na většině území Evropy. Starší lite-



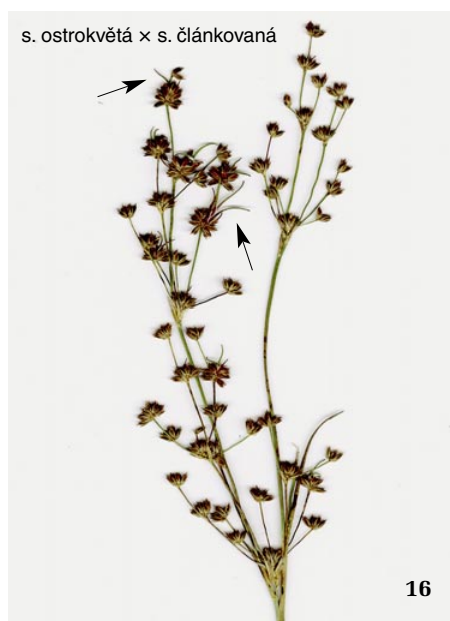
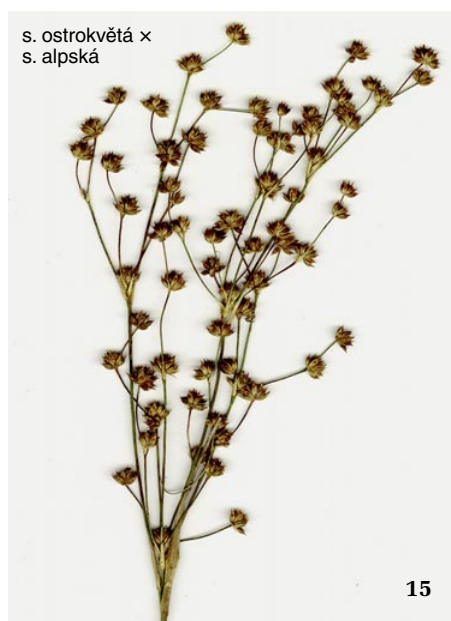
rární údaje zejména z Velké Británie však naznačují, že křížení mezi těmito sítinami by mohlo být častější, než se zdá.

Překvapivý rozsah křížení u sítin

Pro zodpovězení uvedených otázek jsme začali cíleně zkoumat lokality v rámci ČR, na nichž byla v nedávné minulosti zaznamenána sítina alpská. Na každé z několika desítek lokalit jsme sebrali populační vzorek reprezentativně pokrývající morfologickou variabilitu celé populace (zpravidla jsme odebrali 8–20 jedinců) a vzorky jsme analyzovali metodou průtokové cyto-

metrie. Sítiny se ukázaly být pro cytometrické analýzy zcela bezproblémovým materiálem, který umožňuje dostatečně přesné analýzy, dokonce i z uschlých stonků a listů. Oba diploidní druhy – s. ostrokvětá a s. alpská – se dostatečně liší v obsahu jaderné DNA, rozdíl v relativní velikosti genomu dosahuje asi 16 %. Díky tomu lze průtokovou cytometrií spolehlivě rozlišit všechny tři druhy. A záhy se ukázalo, že s její pomocí můžeme v populacích sítin odhalit i hybridy.

Již po prozkoumání několika prvních lokalit vyšlo najevo, že rozsah hybridizace



mezi těmito sítinami je daleko větší, než kdokoli dosud předpokládal. Všechny tři druhy se navzájem kříží za vzniku tří různých hybridů, můžeme tedy v nadsázce hovořit o kompletním „milostném trojúhelníku“ (obr. 4). Kříženci běžné tetraploidní sítiny článkované s diploidními druhy jsou nepřekvapivě triploidní, zatímco diploidní s. alpská a s. ostrokvětá se kříží za vzniku diploidního, z ČR dosud neudávaného hybridu (obr. 3). Všechny tři hybridní kombinace podle očekávání vykazují velikost genomu odpovídající teoretické hodnotě průměru velikosti genomu předpokládaných rodičovských druhů (obr. 5). Rozdíly ve velikosti genomu mezi diploidním hybridem a jeho rodiči, jakož i mezi oběma triploidními hybridy, jsou poměrně „těsné“, nicméně hodnoty velikosti genomu všech 6 cytotypů nevykazují žádné vzájemné překryvy hodnot. Můžeme shrnout, že průtoková cytometrie umožňuje spolehlivě odlišit kromě jednotlivých druhů i všechny jejich hybridy. Nespojitý charakter velikosti genomu rovněž naznačuje, že v případě všech hybridů jde o hybridy primární a zpětné křížení, nebo dokonce introgrese, v této skupině patrně neprobíhá. Průtoková cytometrie má přesto i zde určitá

omezení: pokud by teoreticky vznikl autotriploidní jedinec sítiny alpské (splnutím její redukované a neredukované gamety), byl by na základě velikosti genomu pravděpodobně neodlišitelný od triploidního hybridu s. alpské a s. článkované. U vodních a mokřadních rostlin známe hned několik případů, kdy jsou autotriploidi v přírodě úspěšní a díky vegetativnímu šíření mohou mít i rozsáhlé areály. Jmenujme např. šmel okoličnatý (*Butomus umbellatus*) nebo lakušník vzplývavý (*Ranunculus fluitans*), u kterých koexistují diploidní i triploidní cytotypy, v případě prvně jmenovaného druhu je dokonce triploidní cytotyp v mnoha oblastech rozšířenější a konkurenčně zdatnější než diploidní. Na základě morfologie triploidních sítin se ale domníváme, že autotriploidy nezahrnují, byť to zcela vyloučit nemůžeme.

Hybridy jsme na společných lokalitách sítin nacházeli s železnou pravidelností. Na některých místech jsme našli i více než jeden hybridní cytotyp – rekordmanem je v tomto ohledu lokalita Brouskův mlýn v jižních Čechách, kde rostly všechny tři druhy i všichni tři jejich kříženci. Zároveň nebylo žádnou výjimkou, že hybridní rostliny na lokalitách zcela dominovaly, na

několika rašelinných loukách jsme dokonce našli čisté populace hybridů bez rodičovských druhů! Hybridy jsme se posléze naučili v terénu rozeznávat i „od oka“: jejich květenství mají i v pozdní fenofázi nápadně světlou barvu, neboť tobolek se u nich otevírají předčasně v nezralém stavu a později už neztmavnou (obr. 6–11). Zatímco z otevřených tobolek rodičovských druhů se sype velké množství drobných semen, tobolek hybridů bývají většinou prázdné. Vzácně jsme i v hybridních tobolekách pozorovali semena, která se však zdají být scvrklá a pravděpodobně nebudou životaschopná. Rozeznat jednotlivé hybridní kombinace jen s pomocí morfologie je každopádně obtížné, obzvláště to platí o obou hybridech sítiny ostrokvěté. Určitým vodítkem může být architektura květenství (obr. 12–17), ověření jejich identity průtokovou cytometrií je ale nanejvýš žádoucí, a to i z toho důvodu, že se mohou vyskytovat s jinými „čistými“ druhy, než by člověk očekával. Příkladem může být lokalita Baronteich na Jestřebských slatinách na Dokesku, kde jsme objevili diploidního křížence sítiny alpské a s. ostrokvěté, ale rodičovské druhy jsme zde nenašli, zato zde spolu s hybridem rostla tetraploidní sítina článkovaná.



12 až 17 Tvar květenství – kružel složený z hlávek – v okruhu sítiny článkované (taxony uvedeny v obr. 12–17). Pro sítinu alpskou jsou typická subtilní květenství s větvemi jen málo odstávajícími od lodyhy. U jednoho z hybridů (16) jsou patrné hlávky s proliferujícími výhonky (pseudoviviparie, viz šipky a obr. 18).

18 Pseudoviviparie u triploidního křížence sítiny ostrokvěté a s. článkované. Z některých květů se místo tobolek vyvíjejí výhonky tvořené proliferujícím (rychle se dělícím) pletivem. Na rozdíl od pravé viviparie však nevznikají klíčením semen, ale vegetativně, bez pohlavního procesu. Snímky J. Prančla, není-li uvedeno jinak

19 Lukavická zátoka vodní nádrže Lipno, biotop sítiny alpské. Roste zde na rozhraní rákosin a alespoň část roku obnaženého dna, kde dochází k pravidelnému narušování povrchu vlnobitím a střídavým zaplavlaváním. Foto P. Koutecký

20 Prameniště u Pasečné na Šumavě. Biotop s výskytem mnoha rašeliništních druhů, kterému však chybí narušování. Rostou zde oba triploidní hybridy z okruhu sítiny článkované, zatímco žádný z rodičovských druhů tu nalezen nebyl. Foto P. Koutecký

Úspěšnému udržování hybridů na lokalitách nepochybně napomáhá vegetativní šíření. Jedním možným způsobem je šíření pomocí podzemních výběžků, nápadné zejména u sítiny ostrokvěté a jejích hybridů. Aspoň krátké výběžky ale mohou tvořit všechny taxony skupiny. Druhým – donekdávna víceméně přehlíženým – způsobem vegetativního šíření je pseudoviviparie, tedy tvorba proliferujících výhonků v květenství (obr. 16 a 18). Pseudoviviparii dobře známe u jiného druhu sítiny, s. cibulkaté (*J. bulbosus*), zatímco údajů o jejím výskytu ve zde pojednávané skupině najdeme v literatuře jen velmi poskrovnu. V terénu jsme pseudoviviparii pozorovali dosti vzácně u „čistých“ druhů, zato poměrně často u hybridů, kteří mohou tímto způsobem do jisté míry obejít absenci semen.

Přežije u nás síтина alpská? Opatrně optimistický závěr

A nyní k zodpovězení „ochranné“ otázky. Ohrožuje hybridizace sítinu alpskou? Ano i ne. Během našeho výzkumu jsme nepotvrdili ani jednu „čistou“ populaci s. alpské. Druh roste na lokalitách prakticky

vždy s jednou či oběma příbuznými sítinami, takže k hybridizaci bude nejspíše nevyhnutelně docházet na většině z nich. Navzdory tomu není v ČR s. alpská odsouzena k zániku. Naše pozorování ukazují, že nejčastěji se vyskytuje na narušovaných místech – na březích vodních ploch a tůň, kde probíhá periodické zaplavlavání (viz obr. 19), na místech se strženým drnem, nebo dokonce v kolejkách vyjetých traktory a jinou těžkou technikou. Semena s. alpské tvoří pravděpodobně součást dlouhodobé semenné banky a po narušení půdního krytu se populace tohoto konkurenčně slabého druhu ze semen úspěšně obnovuje, zatímco sterilní hybridi tak mohou být eliminováni. Naopak pokud lokalita není obhospodařovaná nebo zde pouze probíhá seč a disturbance scházejí, porosty rašelínů nebo mokřadních bylin vytvoří zapojený porost, s. alpská mizí a začnou převládat vegetativně se šířící hybridy, kteří dokážou nezřídka vytlačit i hojnou tetraploidní s. článkovanou (obr. 20). Zdá se, že nejperspektivnější stanoviště pro s. alpskou představují v současnosti břehy zatopených pískoven a písčitých rybníků, kde jsou splněna kritéria pravidelného narušování a malého množství živin, které brání převládnutí konkurenčně zdatných druhů a hybridů. Zjištěné poznatky zároveň ukazují, že relativně jednoduchými zásahy, jako je maloplošné strhávání drnu a budo-

vání tůňek, můžeme účinně zachovávat populace sítiny alpské i na slatiništích a rašeliništích. Na podobné zásahy přitom reaguje pozitivně řada dalších velice vzácných rostlin – např. kriticky ohrožené druhy všivec bahenní (*Pedicularis palustris*) a bahnička chudokvětá (*Eleocharis quinqueflora*) nebo dokonce u nás téměř vymřelé ikonické mokřadní druhy, kohátka kalíškatá (*Tofieldia calyculata*; Živa 2021, 4: 162–166) a rozchodník huňatý (*Sedum villosum*; Živa 2024, 3: 110–113).

Průtoková cytometrie se osvědčila jako jednoduchý a účinný nástroj pro odhalení hybridizace u sítin. Mezidruhové křížení ve skupině s. článkované je pozoruhodně časté, pozitivní však je, že pro ohroženou s. alpskou nemusí znamenat zánik – záleží na nás, jakým způsobem budeme pečovat o lokality, na kterých se dosud vyskytuje.

V posledním dílu seriálu se budeme věnovat mezidruhovému křížení u vrbovek (*Epilobium*).

Spoluautoři: Petr Koutecký, Jindřich Chrtěk, Tomáš Urfus, Zdeněk Kaplan a Marek Slovák

Článek vznikl s podporou Technologické agentury ČR v programu Prostředí pro život (č. SS05010035) a s podporou na dlouhodobý koncepční rozvoj Botanického ústavu AV ČR, v. v. i. (RVO: 67985939).

