Romana Prausová, Lucie Marečková

Proč je zvonovec liliolistý chráněný soustavou Natura 2000?

Zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*) z čeledi zvonkovitých (*Campanulaceae*) je uveden v seznamu prioritních druhů podle směrnice Evropského společenství č. 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. V soustavě chráněných území Evropské unie Natura 2000 je zařazen mezi rostliny vyžadující zvláštní územní ochranu (evropsky významné lokality). Do tohoto seznamu se dostal z podnětu členských států Itálie a Rakouska, kde tento eurosibiřský druh a postglaciální relikt roste převážně v Dolomitech. V Evropské unii je chráněn na 71 evropsky významných lokalitách na území 9 států. Zatímco ve střední Evropě zvonovec nemá souvislý areál, poměrně hojně se vyskytuje v Karpatech, v Asii zasahuje až po Altaj. Tento druh býval ve střední Evropě hojnější v dobách, kdy v krajině převládaly řídké a prosvětlené lesy a lesostep. S postupným oteplováním po poslední době ledové a s tím souvisejícím šířením dřevin zvonovec ustupoval do světlejších porostů, jejich okrajů nebo na nelesní stanoviště.

Po nástupu lidského hospodaření převládalo v nížinných lesích pařezení a lesní pastva, což umožnilo přežívání světlomilných druhů. K velkému ústupu zvonovce liliolistého došlo pravděpodobně v souvislosti s převedením středních lesů a pařezin na vysokokmenné hospodářské lesy. V České republice se z původních ca 20 známých lokalit do současnosti dochovalo méně než 10 na území východních, severních a středních Čech. Druh zřejmě vymizel na celé Moravě. Jeho výskyt je nutné ještě ověřit ve vojenském újezdu Březina, odkud pocházejí historické herbářové položky uložené v Moravském zemském muzeu v Brně. Na nynějších lokalitách druhu jsou vyhlášena maloplošná chráněná území v rámci soustavy Natura 2000, která mají zajistit zachování a udržitelnost populací na území ČR.

Zvonovec liliolistý je znám též pod synonymy *Campanula liliifolia*, *C. suaveolens* a *A. suaveolens* nebo českými jmény jako zvonec lilijolistý (Presl a Presl 1819), zvonec liliolistý (Sloboda 1852), koflinek libovonný (Opiz 1852), zvonek lilijolistý (Čelakovský 1879) a žlázozvonek lilijolistý (Polívka 1912).

Jde o vytrvalou trsnatou rostlinu s řepovitým nebo vřetenovitým větveným kořenem, přízemní růžicí listů a 1–15 lodyhami. Lodyhy jsou přímé, 40–90 cm vysoké, olistěné, podélně rýhované, řídce pýřité nebo lysé (obr. 1). Přízemní listy mají dlouhé řapíky a srdčitou, okrouhlou, hrubě pilovitou čepel, brzy zasychají. Lodyžní listy jsou střídavé, pilovité až téměř celokrajné, na svrchní straně lesklé, dolní jsou řapíkaté, s obvejčitou až široce eliptickou čepelí. Výše listy klínovitou bází přisedají na lodyhu, čepel mají eliptickou až kopinatou. Jak lodyhy a jejich výška, tak i tvar a počet listů jsou variabilní.

Květy má nicí, uspořádané do bohaté laty až s 12 větvemi nebo řidčeji do hroznu. Květní stopky jsou tenké, květy pětičetné, rozlišené na kalich a korunu, vonné. Kališní cípy úzce trojúhelníkovité, zašpičatělé a jemně pilovité. Koruna je široce zvonkovitá, 12–20 mm dlouhá a přibližně stejně široká, nejčastěji bledě modrá, vzácně i bílá (obr. 2). Čnělka je až dvakrát delší než koruna, takže z ní vyčnívá. Nektárium misko-

1 Zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*) na lokalitě Pusté pole v západní části Slovenského ráje
2 Druh má široce zvonkovité květy. Národní přírodní rezervace Karlštejn, Český kras
3 Plodenství tobolek. Přírodní památka Vražba, východní Čechy

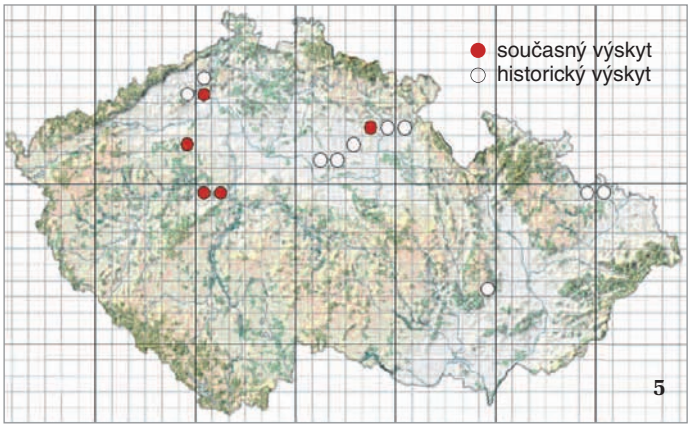
vité. Zakřivené tobolky hruškovitého tvaru měří na délku 8–12 mm (obr. 3). Semena jsou zbarvená rezavohnědě, lesklá, zploštělá (často s náznakem kýlu) a na povrchu podélně svraskalá (obr. 8).

Kde roste?

Zvonovec liliolistý (dále jen zvonovec) má eurosibiřský areál. Jak již bylo zmíněno v úvodu, v Asii zasahuje až po Altaj, vyskytuje se ve východní Evropě, ve střední Evropě směrem k západu vyznívá. Evropské lokality (obr. 4) se kromě našeho území nacházejí v Německu, Rakousku, Švýcarsku, Itálii, Polsku, na Slovensku, v Maďarsku, Rumunsku, na Ukrajině, v evropské části Ruska a na území bývalé Jugoslávie – v dnešním Slovinsku, Chorvatsku, Srbsku, Bosně a Hercegovině a v Černé Hoře. V Bělorusku je druh považovaný za vyhynulý, jedna populace byla obnovena pomocí rostlin napěstovaných *in vitro*. V literatuře se objevují rovněž informace o výskytu ve Francii. Údaje z Bulharska zůstávají sporné, protože z tohoto území není žádný herbářový doklad. Ve střední Evropě se zvonovec vyskytuje mezernatě, často jde o izolované populace. Hojněji roste v Karpatech. Nejzápadnější lokality najdeme v severozápadní Itálii a Švýcarsku, jižní okraj areálu leží pravděpodobně v severozápadním Turecku.

Zvonovec se v ČR i v minulosti vyskytoval vzácně (obr. 5). Historické rozšíření známe asi z 20 lokalit, z nichž se do současnosti dochoval na 9 malých lokalitách ve čtyřech fytochorionech (tímto termínem označujeme fytogeografický okres a podokres). První nález druhu ve východních

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.



Čechách se datuje do r. 1886 v lese mezi Velichovkami a Habřinou. Herbářové sběry výskyt zvonovce dokládají z období 1893–1940. Z Babinských luk v Českém středohoří existují herbářové položky z let 1839–1983. Ve Džbánu na Kladensku pocházejí první doklady z r. 1883 přímo z okolí Bílichova, v Českém krasu z r. 1809.

Dnes zvonovec na území České republiky roste ve čtyřech fytogeografických okresech: Jaroměřské Polabí, Lovečkovické středohoří, Český kras a Džbán.

Jaké má ekologické nároky a životní cyklus?

Zvonovec liliolistý je mírně heliofilní, osídluje hlavně světlé lesy, lesní ekotony, mírně vlhké a mezofilní louky i skalní výchozy. Roste převážně na bazických substrátech (vápence, slíny, slínovce, andezity). Z půdních typů upřednostňuje rendziny, pararendziny, kambisoly a luvisoly, vyskytuje se ale i na kyselých půdách (ranker, podzol). Na základě vyhodnocení fytocenologických snímků z území České republiky, Slovenska, Polska, Maďarska a Rumunska a využití Ellenbergových indikačních hodnot (vypovídají o optimu jednotlivých druhů podél základních ekologických gradientů, jako jsou světlo, teplota, vlhkost, živiny a půdní reakce) bylo na lokalitách rozlišeno 6 vegetačních jednotek, které se vzájemně liší svými stanovištními poměry a druhovou skladbou (viz dále).

Středoevropské populace se vyskytují od nížinného (planárního) do horského (montánního) stupně, např. nejníže položená polská lokalita Kisielany ve 146 m n. m. a pravděpodobně nejvýše leží slovenská lokalita Michalovo v Nízkých Tatrách (1 136 m n. m.). Průměrné roční teploty na lokalitách zvonovce se pohybují v rozmezí 4–9 °C, průměrný roční úhrn srážek 495 až 1 000 mm (Prausová a kol. 2016a).

Zvonovec liliolistý jako vytrvalá rostlina v nepříznivém období využívá řepovitý kořen, z něhož za vhodných podmínek vyrůstají nadzemní lodyhy. Přežívá tak zimní období, po němž přibližně v polovině dubna raší první stonky. Stejným způsobem zvládá i nepříznivé období v průběhu vegetační sezony. Např. na lokalitě Vražba bylo v r. 2015 po letním suchu pozorováno vyrůstání nových lodyh ve vlhkostně příznivém, časně podzimním období. Zvonovec může tvořit částečnou růžici nebo soustavu několika hustě olistěných lodyh, které za příhodných podmínek dorůstají výšky kolem 1 m.

Květenství se začínají formovat koncem května a v průběhu června. Rozvíjení květů zpravidla začíná v červenci (hlavně v jeho druhé polovině). Rostliny dokvétají během srpna, výjimečně ještě v září. Po odkvětu začínají zrát tobolky, z nichž se za zralosti z perforací sypou semena. Tobolky nedozrávají ve stejnou dobu, ale postupně, přičemž nejvíce semen dozrává v září. S prvními mrazy dochází k opadu listů a odumírání nadzemních lodyh. Některé suché lodyhy však zůstávají holé a vzpřímené do následujícího roku.

Na živinami dobře zásobených a osluněných stanovištích druh prospívá, tvoří hodně vysokých a v květenství větvených lodyh, bohatě kvete a plodí. Zvládá stres způsobený nedostatkem vláhy, kdy nadzemní orgány zavadnou a uschnou; zdrojem energie zůstává zásobní řepovitý kořen. Také větší zástin zvládne tak, že přestane investovat do kvetení, přežívá ve formě kořene nebo v létě pomocí růžice listů (obr. 6).

4 Rozšíření zvonovce liliolistého v Evropě na základě publikovaných map, v České republice zpřesněno podle databáze Floristická dokumentace (FLDOK)
5 Historický a současný výskyt druhu v České republice. Upraveno podle podkladů Agentury ochrany přírody a krajiny ČR (2017)
6 Životní cyklus: semeno (a), semenáček (b), listy juvenilní rostliny (c), sterilní lodyhy (d), tvorba květenství (e), kvetoucí lodyha (f), detail květu (g), tobolky (h), zaschlé tobolky po vysypání semen (i). Orig. Š. Teplá
7 Přírodní památka Babinské louky
8 a 9 Semeno (obr. 8) a klíční rostlina (9) zvonovce liliolistého. Snímky ze světelného mikroskopu. Foto J. Vaněček, KEYENCE (obr. 8 a 9)

Tab. 1 Přehled testů klíčivosti, jejich postupů a výsledků

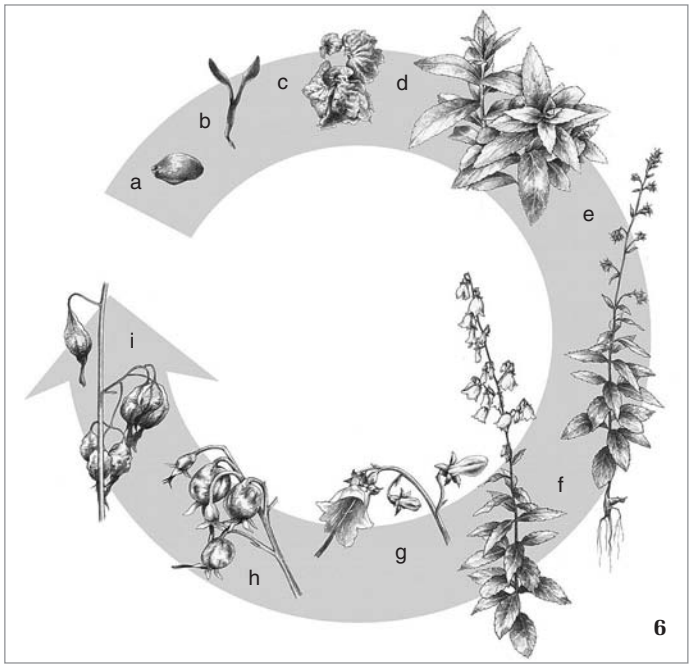
Test klíčivosti	Postup testu klíčivosti	Klíčivost [%]
kontrola	neošetřená semena, kultivace na Petriho miskách při 21 °C	13–14
chladová stratifikace	semena jeden měsíc v lednici při teplotě 7 ± 1 °C, kultivace na Petriho miskách při 21 °C	2–36
teplotní stratifikace	semena 6 dní v termostatu při teplotě 30 ± 1 °C, kultivace na Petriho miskách při 21 °C	3–15
aplikace Ethephonu (působení etylenu)	semena ošetřena Ethephonem o koncentraci 80 mg/l po dobu 24 hod., kultivace na Petriho miskách při 21 °C	13–32
aplikace kyseliny giberelové	semena umístěna do klíčního roztoku kyseliny giberelové o koncentraci 10 mg/l, kultivace na Petriho miskách při 21 °C	69–94
klíčení v půdním substrátu bez ošetření	neošetřená semena, kultivace v půdním substrátu při 21 °C	6–14
klíčení v půdním substrátu za působení kyseliny giberelové	semena v půdním substrátu průběžně zalévána roztokem kyseliny giberelové o koncentraci 10 mg/l, kultivace při 21 °C	2–34

Druh se rozmnožuje generativně. Opylení zajišťuje hmyz, ale i vítr, dochází též k samooplození (autogamii). Pokud má zvonovec vhodné podmínky pro kvetení, hlavně dostatek světla, vlhkosti a živin, tvoří každoročně mnoho drobných a lehkých semen. Semena sklizená v září 2014 na několika českých lokalitách (NPR Karlštejn, PP Babinské louky, PP Vražba) měla délku 1,4–1,9 mm a šířku 0,8–1,1 mm, jejich průměrná hmotnost činila 0,42 mg (Bajerová 2015). Semena se šíří větrem. Semenáčky bývají v následujícím roce v malém počtu nalézány na obnažených ploškách v blízkém okolí mateřských rostlin.

Prosperující populace si díky pohlavnímu rozmnožování udržují dostatečnou genetickou variabilitu. Současné středoevropské populace lze z tohoto hlediska hodnotit jako životaschopné, tedy s dostatečnou úrovní genetické variability. Této skutečnosti napomáhá též poměrně vysoký věk, kterého se rostliny zvonovce dožívají; podle pozorování a ústních sdělení některých pěstitelů až několika desítek let. Na další pozitivní vývoj jednotlivých populací bude mít vliv hlavně početnost jedinců, poskytující zdroj variability a zabraňující příbuzenskému křížení (blíže Kitner a Marečková 2016).

Jak již bylo zmíněno, zvonovec dokáže regenerovat z vytrvalého kořene po letních přísuškách nebo i po okusu zvěří. Schopnost druhu obnovovat se z meristémů

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.



6

7

(dělivých pletiv) na vrcholech stonků je využívána při tvorbě kultur *in vitro*, kterým se věnuje Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ve Strnadech.

Jak klíčí v přírodních a v laboratorních podmínkách?

V testech realizovaných v letech 2015–16 (Bajerová 2015, Prausová a kol. 2016b) měla semena v kontrolní variantě (bez ošetření) klíčivost přibližně 13–14 %. Po chladové stratifikaci (střídání teplot, viz tab. 1) se zvýšila až na 36 %. Lépe klíčila semena skladovaná v tekutém dusíku, tedy při teplotě -80 °C, než semena skladovaná při pokojové teplotě. Účinnost teplotní stratifikace nebyla průkazná a způsob skladování neměl významný vliv na klíčivost. Pozitivně působila aplikace synteticky vyráběného Ethephonu, z něhož se uvolňuje etylen podporující dozrávání semen a jejich klíčení. Nejlépe klíčila semena ošetřená roztokem kyseliny giberelové – růstového hormonu uvolňovaného mikroorganismy, který pozitivně ovlivňuje klíčení. Při testování přímo v půdním substrátu odebraném z PP Vražba byla klíčivost zhruba poloviční oproti variantě s kyselinou giberelovou (viz obr. I na webové stránce Živy a tab. 1).

V jakých společenstvech zvonovec najdeme?

Zvonovec je součástí druhově bohatších společenstev od lučních až po světlé listnaté lesy. Převažuje v teplomilných doubravách (řád *Quercetalia pubescenti-petraeae*) a jejich ekotonech s keřovým patrem (svazy *Berberidion* a *Prunion spinosae*). Druhotně se může vyskytovat i v lemech kulturních smrčin a na pasekách.

Na Slovensku v Nízkých Tatrách, Slovenském ráji a na Muráňské planině se s tímto druhem setkáme na dostatečně prosvětlených místech (výchozy skal, okraje cest) ve vápnomilných bukových lesích (svaz *Fagion*). V Polsku pak převážně v teplomilných dubových lesích s mochnou bílou (asociace *Potentillo albae-Quercetum*) a v borových doubravách (asociace *Querco robori-Pinetum*). Může být nalezen i v dubohabrových lesích (asociace *Tilio-Carpinetum typicum*), v křovinných společenstvech s trnkou (řád *Prunetalia*) a v širokolistých trávnících třídy *Festuco-Brometea*. V Rumunsku v oblasti Târnava Mare v Transylvánii se vyskytuje v suchých biotopech, tj. v subpanonských stepních trávnících a v polopřirozených suchých travinných porostech a křovinách na vápnitém podloží (řád *Festuco-Brometalia*). Zvonovec lze najít i v trávnících mezofilního charakteru, např. na severních svazích malých suťových vyvýšenin společně s horskými, mezofilními či vlhkomilnými druhy, na jižních svazích i se suchomilnými druhy. V Rumunsku roste také ve střídavě vlhkých bezkolencových loukách (svaz *Molinion*) a v dubových lesích (řád *Quercetalia pubescenti-petraeae*). Stanoviště druhu ve Slovinsku jsou mírně slunná a teplá, vyskytuje se tam ve společenstvech doubrav (řád *Quercetalia pubescentis*), v luzích (svaz *Alno-Ulmion*) a na střídavě vlhkých loukách (*Molinion*). Můžeme se s ním setkat též ve společenstvu borovice černé (*Pinus nigra*) a ostřice vždyzelené (*Carex sempervirens*), je uváděn i z bučin s pěnišníkem chlupatým (*Rhododendron hirsutum*) a z raných stadií vývoje lesa.

8

9

Na území ČR přežívá na stanovištích středoevropských bazifilních doubrav (Český kras – NPR Karlštejn), hercynských dubohabřin (Český kras – PP Karlické údolí, Jaroměřské Polabí – PP Vražba, Džbán – Bílichovské údolí), acidofilních doubrav (Džbán – lokality Čertovka, velká oplocenka U křižovatky) a střídavě vlhkých bezkolencových luk (České středohoří – Babinské louky). Jan Otakar Martinovský (1967) hodnotí oblast Babinských luk jako mírně vlhkou leso-luční step v podhorském (submontánním) výškovém stupni, jež se vyznačuje přítomností druhů rostlin z pahorkatinného (kolinního) a horského, případně i alpínského stupně a jejich přechodů. Babinské louky přirovnává k loukám v Bílých Karpatech a k současným lesostepím v Rusku, kde leží centrum areálu zvonovce liliolistého.

Na základě vyhodnocení fytocenologických snímků z území České republiky, Slovenska, některých lokalit v Polsku (Prausová a kol. 2016a) a z publikovaných zahraničních zdrojů (Ciosek 2006, Farkas a Vojtkó 2012, Indreica 2011) bylo rozlišeno 6 vegetačních jednotek se současným a historickým výskytem zvonovce liliolistého: střídavě vlhké bezkolencové louky svazu *Molinion caeruleae*, teplomilné doubravy asociace *Potentillo albae-Quercetum*, středoevropské bazifilní doubravy svazu *Quercion pubescenti-petraeae*, dubohabřiny asociace *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*, vápnomilné bučiny podsvazu *Cephalanthero-Fagenion*, mozaika horských lužních lesů s olší šedou (*Alnus incana*) a horských slatin svazu *Caricion davalianae*.

Na obr. II na webové stránce Živy jsou zobrazeny stanovištní poměry lokalit s výskytem zvonovce odvozené z fytocenologických snímků a Ellenbergových indikačních hodnot. První tři vegetační jednotky, tedy střídavě vlhké bezkolencové louky a teplomilné doubravy, jsou nejprosvětlenější a nejteplejší. Naopak nejstinnější podmínky má zvonovec v dubohabřinách a bučinách, nejchladnější v bučinách a v potočních luzích s olší šedou. Jednoznačně

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

nejúživnější jsou stanoviště dubohabřin, kde existuje bujné bylinné a keřové patro.

Ohrožení v současné době

Lesní lokality s výskytem zvonovce liliolistého jsou u nás obhospodařovány jako vysokokmenný les. Bylinný podrost včetně zvonovce na většině lokalit zastiňuje stromové patro. Při záměrném prosvětlení porostu vyřezáním stromového a keřového patra se zpravidla začnou prosazovat konkurenčně silné rostliny – ostružiníky (*Rubus* spp.), třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), na úživných stanovištích širokolisté byliny (v doubravách např. tolita lékařská – *Vincetoxicum hirundinaria*, v dubohabřinách bršlice kozí noha – *Aegopodium podagraria*, čistec lesní – *Stachys sylvatica*, jarmanka větší – *Astrantia major* atd.). Velké dospělé rostliny zvonovce sice částečně tomuto konkurenčnímu tlaku odolávají, ale dlouhodobě jsou zástinem oslabovány. Semenáčky odumírají a mladé rostliny postupně zeslabují, až nakonec ustoupí. Druh tedy nachází útočiště v lesních ekotonech, prosvětlených okrajích lesních cest nebo v kontaktu s pasekami. Případné semenáčky, které se objevují na osluněných místech s obnaženou půdou, jsou velmi zranitelné jak z důvodu náročnosti na vláhu a neschopnosti vyrovnat se s jejím nedostatkem kvůli malé absorpční kapacitě drobného kořínku, tak i z důvodu snadného poškození lesními živočichy a houbovými organismy. Současné poslední populace jsou na lokalitách udržovány řízenými zásahy zmírňujícími konkurenční tlak ostatních druhů, a to jak rostlin, tak živočichů. Živočichové poškozují rostliny okusem (spárkatá zvěř), rytím (divoká prasata, hlodavci) i požerem podzemních orgánů (hlodavci). Houbové patogeny napadají vrcholové části lodyh. Běžný management na lesních lokalitách zahrnuje oplocení, kosení bylinného patra, redukci stromového a keřového patra.

Luční lokalita Babinské louky má charakter střídavě vlhké a mezofilní svahové louky. Zvonovec liliolistý zde dosahuje nižšího nebo stejného vzrůstu jako bezkolenec modrý (*Molinia caerulea*). Oproti lesním lokalitám na louce netvoří statné trsy s bohatými květenstvími, ale většinou jednotlivé lodyhy s chudým květenstvím. Je vystaven tlaku ostatních rostlin v bylinném patře (zejména expandující třtiny křovištní nebo i bezkolence modrého), ale také spásání volně se pohybující spárkatou zvěří a příležitostnou pastvou dobytka při jeho přehánění na sousední pozemky, rytí divokých prasat a hlodavců. Obnova ze semen bývá méně častá vzhledem k zapojenosti porostu.

Zvyšující se eutrofizace v lesních i lučních ekosystémech přispívá k šíření expanzivních druhů rostlin, které vyvíjejí na zvonovec velký konkurenční tlak. Na území ČR jej ohrožuje 6 nejvýznamnějších faktorů:

- zánik stanovišť typů světlá doubrava, dubohabřina, střídavě vlhká louka a lesní ekoton;
- hospodaření typu vysokokmenný les a s ním související zástin a tvorba velkých pasek;
- eutrofizace prostředí dusíkem a fosforem podporující bujný růst bylin a keřů;
- konkurenční tlak živočichů – okus a vyhrabávání;
- konkurenční tlak rostlin bylinného, keřového a stromového patra;
- nevhodné podmínky pro klíčení a přežívání klíčních rostlin (nedostatek obnažených a dostatečně osluněných ploch).

Lokality a jejich populace v ČR

• Jaroměřské Polabí – PP Vražba

Přírodní památka Vražba se nachází v lesním komplexu na Jaroměřsku, asi 1 km severozápadně od obce Habřina a 13 km severně od Hradce Králové. Zvonovec zde roste na čtyřech mikrolokalitách (obr. 10 a 11). Nadmořská výška území se pohybuje mezi 270–290 m, geologický podklad tvoří horniny křídy z období svrchního turonu, s vápnitými jílovci, jež jsou místy přítomny v prachovité podobě. Najdeme zde i zbytky mělkého překryvu pleistocenních fluviálních písčitých štěrků, které vznikly v geologickém období mindel (třetí doba ledová v Alpách) a které jsou odtud postupně odplavovány. Na prudších svazích se vyskytují téměř bez překryvu vápnité jílovce až prachovce. Z půd převažují kambické pararendziny a vyluhované a luvické kambizemě. Lokalita patří do mírně teplé oblasti, průměrný roční úhrn srážek činí 600 mm, průměrná roční teplota vzduchu 9 °C. Jde o dubohabřinu s přimíšenými jehličnatými dřevinami – smrkem ztepilým (*Picea abies*) a borovicí lesní (*Pinus sylvestris*). Stav populace je soustavně sledován od r. 2005 (obr. 16). Díky oplocení mikrolokalit s přítomností druhu zůstává velikost populace i zastoupení fertilních jedinců relativně stabilní. Populace pozitivně reaguje na vhodné řízené zásahy, především prosvětlení stromového a keřového patra a vytrhávání ostružiníků (viz roky 2010, 2013 a 2016 na obr. 16).

10 a 11 Dvě ze čtyř mikrolokalit zvonovce liliolistého v přírodní památce Vražba (východní Čechy) – nejsušší svahová mikrolokalita 1 (obr. 10), vlhčí a živinami bohatá mikrolokalita 2 (11)
12 Přírodní památka Smradovna ve Džbánu má ekotonální charakter, jde o okraj lesní cesty Hadovka.
13 a 14 Bezkolencová borová doubrava na lokalitě Bor ve Džbánu i dubohabřina v PP Karlické údolí v Českém krasu hostí populace zvonovce.
15 Oplocenka na Mořině v NPR Karlštejn chrání rostliny proti okusu zvěří.
16 až 19 Stav populací v PP Vražba (obr. 16), v PP Babinské louky (17), na lokalitách ve Džbánu (18; S – Smradovna, B – Bor, Č – Čertovka; druhé a třetí místo sledovány až od r. 2015) a v Českém krasu (19; a – Karlštejn, b – Karlické údolí, c – Kobyla)

• Lovečkovické středohoří – PP Babinské louky

Přírodní památka Babinské louky v okrese Ústí nad Labem, v katastrálním území Babiny I (obr. 7), je součástí CHKO České středohoří. Leží jihovýchodně od obce Čeřeniště a 10 km severně od Litoměřic. Nadmořská výška pokrývá rozmezí od 537 do 614 m. Geologický podklad tvoří svrchnokřídové slínovce a pískovce, hlavní půdní typ představují eutrofní kambizemě. Lokalita je součástí mírně teplé oblasti ČR. Průměrná roční teplota vzduchu dosahuje 9 °C, průměrný roční úhrn srážek 550 mm. Lokalitu dnešních Babinských luk objevili na konci 80. let Iva Machová a Karel Kubát (2004). Dříve doložené sběry z let 1839–1983 pocházely z lesních porostů v blízkém i vzdáleném okolí. Stav populací zvonovce je tu sledován v rámci soustavy Natura 2000 regionálními pracovišti AOPK ČR. Na Univerzitě Hradec Králové

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

13

14

se monitorováním zabýváme od r. 2011 (obr. 17). Babinské louky jsou známy svou vysokou druhovou diverzitou a výskytem vzácných rostlin – např. mázdřince rakouského (*Pleurospermum austriacum*), kosatce sibiřského (*Iris sibirica*), tolije bahenní (*Parnassia palustris*), upolínu nejvyššího (*Trollius altissimus*), lněnky bavorské (*Thesium bavarum*) nebo vstavače mužského (*Orchis mascula*), jejichž populace se zde však zmenšují. Hojnější zůstávají druhy jako mochna bílá (*Potentilla alba*), bukvice lékařská (*Betonica officinalis*), vrba rozmarýnolistá (*Salix rosmarinifolia*) a srpice barvířská (*Serratula tinctoria*).

• Džbán – PP Smradovna

Tato přírodní památka se nachází na rozhraní Středočeského a Ústeckého kraje. Jde o souběžná údolí Samotínského potoka (tzv. Cikánský dolík) a Zichoveckého potoka (Smradenské údolí) severozápadně až severně od obce Bílichov (obr. 12). Nadmořská výška lokality se pohybuje mezi 340–420 m. Zvonovec roste podél lesní cesty mezi obhospodařovanými lesy s vyšším podílem smrku ztepilého a borovice lesní. Od r. 1958 toto místo monitoruje Vladimír Bilinský, který zde v r. 1992 zahájil managementové zásahy (viz dále). Další dvě mikrolokality (Bor a Čertovka – U křižovatky) se zachovaly v blízkosti silnice mezi obcemi Hříškov a Řevničov. Na Boru roste v bezkolencové borové doubravě a na Čertovce ve světlé borové doubravě (obr. 13). Nalezli

15

ho zde relativně nedávno Michal Severa, Jiří Brabec a Václav Somola.

Geologické podloží jmenovaných míst výskytu zvonovce je tvořeno hlavně křídovými písčito-vápenitými slínovci na glaukonitických slínovcích a pískovcích. Z půd převažují rendziny a odvápněné chudé kambizemě. Území patří do mírně teplé oblasti ČR.

Stav populací zvonovce na těchto mikrolokalitách opět náleží do monitorování soustavy Natura 2000 regionálními pracovišti AOPK ČR. Na Univerzitě Hradec Králové se sledováním zabýváme od r. 2011, na Boru a Čertovce až od r. 2015 (obr. 18).

• Český kras – PP Karlické údolí

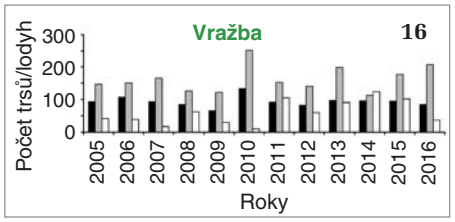
Přírodní památka Karlické údolí leží na území CHKO Český kras mezi obcemi Karlík, Lety, Mořinka, Mořina, Roblín a Vonoklasy (obr. 14) v nadmořské výšce 243 až 406 m. Geologický podklad se skládá z ordovického křemence a písčitých břidlic. Asi uprostřed území se vyskytuje pruh bazických diabasových vyvřelin a černých břidlic. Tento pruh odděluje křemennou sedimentární část na jihovýchodě od vápenců a vápnitých břidlic na severozápadě. Hlavní půdní typy zastupují rendziny a kambizemě. V této mírně teplé oblasti zvonovec roste v dubohabřině s vyšším podílem zmlazujícího jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*). Výskyt druhu je tu znám od r. 1957.

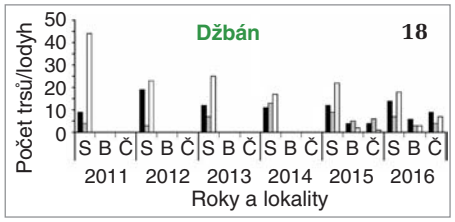
• Český kras – NPR Karlštejn

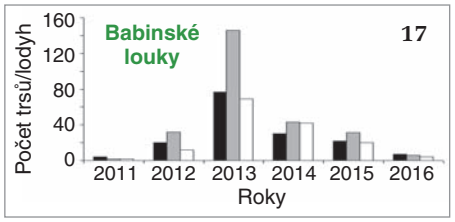
Národní přírodní rezervace Karlštejn chrání lokalitu v jádrovém území Českého krasu, kterým protéká řeka Berounka. Rezervace je ohraničena městem Beroun, obcemi Tobolka, Hlásná Třebáň, Mořina, Bubovice, Loděnice a Vráž u Berouna. Leží v nadmořské výšce 200–467 m. Zvonovec se v současné době vyskytuje na třech mikrolokalitách: velká oplocenka Na Mořině (obr. 15), U hájovny a V kalhotách. Převládají zde rendziny a pararendziny, vyvinuté především na vápencích. Jde o rozhraní dvou klimatických oblastí – teplé a mírně teplé, s průměrnou roční teplotou vzduchu opět mezi 8–9 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 500–550 mm. Zvonovec roste v dubohabřině a středoevropské bazifilní doubravě. Pravidelný záznam jeho výskytu na lokalitě U Čeřinky (velká oplocenka Na Mořině) probíhá od r. 1971. Stav populací na všech lokalitách sleduje správa CHKO Český kras v rámci soustavy Natura 2000. Na Univerzitě Hradec Králové populaci monitorujeme od r. 2011 (obr. 19).

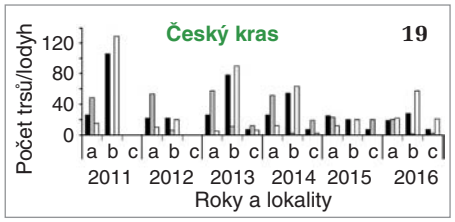
• Český kras – PP Kobyla

V bývalém vápencovém lomu u Koněpruských jeskyní byla v r. 2002 založena umělá populace zvonovce. Byly zde vysazeny dvě dospělé rostliny a proveden









■ trsy ■ fertilní lodyhy □ sterilní lodyhy

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

výsev semen. V r. 2003 se potvrdilo uchycení jedné ze zasazených rostlin, semenáčky se neobjevily. V následujících letech bylo na lokalitě nacházeno vždy několik kvetoucích i sterilních lodyh, v r. 2016 potvrzeno 7 trsů (obr. 20).

Jaký management umožňuje přežívání druhu?

V České republice se z původních asi 20 lokalit zvonovce dochovalo do současnosti 8 a na 6 z nich je jeho ochrana zajištěna formou maloplošného chráněného území. Všechny podléhají ochraně soustavou Natura 2000. Většina z nich má ekotonální (viz dále) nebo lesní charakter, výjimku tvoří Babinské louky.

● Lesní biotopy

Na východočeské lokalitě Vražba zvonovec vykvétá v lesním porostu spravovaném Lesy ČR, s. p. Vyskytuje se na čtyřech více či méně vzdálených plochách. Dílčí plocha 1 se výrazně odlišuje od ostatních, má největší sklon a orientaci k jihozápadu. V době znovuobjevení druhu byl na této mikrolokalitě vysoký podíl smrku a modřínu, jen zřídka s příměsí listnatých dřevin v nižším stromovém nebo keřovém patře. V r. 2003 provedly Lesy ČR, s. p., rozvolnění a prosvětlení. Přestože přítomné jehličnany dosahovaly doby obmýtí, těžba nebyla plošná, ale pouze výběrným způsobem. Na uvolněná místa byly do oplocenek vysázeny mladé duby. Díky těmto zásahům se dílčí plocha 1 nejvíce přiblížila prosvětlenému lesu, v němž zvonovec v minulosti většinou u nás rostl. Od r. 2009 jsou místa s výskytem druhu oplocena, aby se předešlo okusu spárkatou zvěří. V letech 2015 a 2016 byly všechny zbývající smrky a modříny vykáceny. Otevření porostu a značné oslunění způsobilo prudký rozvoj bylinného patra využívajícího snadno dostupné živiny na bazickém slínovcovém podkladu. Výraznými dominantami se staly tolita lékařská, válečka lesní (*Brachypodium sylvaticum*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*), ale také ostružiníky a nitrofilní druhy jako bršlice kozí noha, čistec lesní apod. Půdní analýzy vzorků z této dílčí plochy ukázaly vysoké nasycení půdního substrátu bazickými kationty (96,7 %). Bazický křídový podklad se na této mikrolokalitě mnohem podstatněji podílí na vlastnostech půdního substrátu než v ostatních dílčích plochách.

Zbývající dílčí plochy 2–4 mají charakter dubohabřiny. Od r. 2009 jsou obehnané třemi velkými oplocenkami. Zvonovec je tak dokonale chráněn, ale absence spásání lesní zvěří se projevuje mohutným rozvojem bylinného patra. Na těchto lokalitách se proto musejí pravidelně omezovat rostliny v bylinném patře, a to buď na konci vegetační sezony, kdy už jsou semena zvonovce vysypaná z tobolek a poškození jeho nadzemních částí neohrozí přežití. Ostružiník lze odstraňovat též hodně brzy zjara – v době, kdy ještě neraší nové stonky zvonovce z přezimujícího kořene. Dvě prostřední lokality (dílčí plochy 2 a 3) jsou vlhčí a zastíněnější. Kromě dubů a habrů zde najdeme i jasany. Bylinná vegetace bujně roste, také zvonovec vytváří vysoké a statné trsy s bohatě rozvětvenými květenstvími. Juvenilní rostliny a semenáčky se tu kvůli své nízké konkurenceschopnosti nedokážou uplatnit. Podzimní vytrhávání ostružiníků se na jaře následujícího roku pozitivně projevuje větším počtem kvetoucích lodyh. Dosud nejrazantnější zásah proběhl v r. 2014 na mikrolokalitě 4, kde bylo odstraněno přibližně 50 % dřevin ze stromového a keřového patra. V jarních měsících se na prosvětlené mikrolokalitě objevily nové semenáčky a juvenilní rostliny. Velmi suchá léta v sezonách 2015 i 2016 způsobila uschnutí nalezených semenáčků i většiny juvenilních rostlin. Dospělé rostliny s vytvořeným řepovitým kořenem suché roky přežily dobře, i když některé lodyhy zasychaly již v průběhu kvetení a tvorby tobolek.

Prosvětlování lesních porostů na podporu zvonovce se provádí též v NPR Karlštejn a PP Karlické údolí. Na první z lokalit byla postavena velká oplocenka Na Mořině, v níž je soustředěna největší část populace zvonovce. V posledních letech znamená problém rozrůstající se jednodruhový porost třtiny křovištní, která převládá zhruba na polovině plochy oplocenky. K jejímu potlačení slouží každoroční kosení, ale jeho intenzita se bude muset ještě zvýšit a kombinovat s vyhrabáváním stařiny, případně i s vyrýváním podzemních orgánů třtiny. V Karlickém údolí se po uvolnění stromového a keřového patra urychlilo vzcházení a uchycování (ecese) dřevin, zejména jasanu ztepilého. Dřeviny přerůstají bylinné patro a zastiňují lodyhy zvonovce.

● Luční biotopy

Jedinou nelesní lokalitou v ČR, jak již bylo uvedeno, jsou Babinské louky v Českém středohoří, kde zvonovec roste ve střední části luční enklávy. Rostliny tvoří malé trsy nebo jednotlivé lodyhy, v květenství málo větvené, nepřevyšují dominantní bezkolenec modrý. Lokalita je udržována sečí kvůli nutnosti každoročního odstranění biomasy. Pro obnovu populace zvonovce je důležitá doba kosení, která by měla být načasována až do období vysypání semen z tobolek (konec srpna, září). Tento termín sečení se však rozchází s termínem vhodným pro podporu vzácných modrásků rodu *Phengaris* (dříve *Maculinea*) i ideálního období pro útlum třtiny křovištní. Jak pro modrásky, tak pro třtinu trvá vhodný termín kosení do poloviny června. V tuto dobu se však zakládají květenství zvonovce. Pokosením klesá pravděpodobnost regenerace lodyh a založení nových větví květenství. Reprodukční kapacita zvonovce se tak při opakování časného kosení výrazně snižuje. Proto je nutná diferenciace kosení do několika dílčích ploch, které se budou lišit dobou a zřejmě i způsobem kosení. Na lokalitě se musí viditelně označit plocha s výskytem zvonovce a v ní provádět pozdní seč. Vzhledem k ručnímu kosení (kosou nebo křovinořezem) je možné plochu oplotit a vyloučit tak okus spárkatou zvěří, přeháněnými kravami z okolních pozemků, či rytí divokých prasat. Na místech, kde dominuje expanzivní třtina křovištní, je nezbytná časná červnová seč, nejlépe kosou nebo křovinořezem. Pokud v této ploše roste zvonovec, je třeba lodyhy ponechat, ale odstranit třtinu v jejich okolí. V případě výskytu živných rostlin modrásků je obsekávání žádoucí i u krvavce totenu (*Sanguisorba officinalis*). V intervalu několika let (3–4) lze na celé ploše přistoupit k rané seči na přelomu května a června nebo v první polovině června, kdy se odstraní biomasa, a tím utlumí třtina. Krvavec i zvonovec budou moci ještě obrazit a vykvést alespoň s menším počtem květů.

20 Kvetoucí zvonovec liliolistý v lomu Kobyla, Český kras
21 a 22 Slovenské lokality druhu na Muráňské planině – v reliktním boru na vápenci (obr. 21) a ve slatinné olšině u potoka Trsteník (22). Snímky a orig. R. Prausová, pokud není uvedeno jinak

Další populace zvonovce na nelesním stanovišti byla založena v Lomu Kobyla v Českém krasu. Osídluje jak dno lomu, tak několik míst na vápencové skále. V současnosti tady setrvává 7 trsů rostlin bez jakýchkoli řízených zásahů. Rostliny kvetou i plodí. V případě potřeby lze přistoupit k seči, odstraňování nežádoucích konkurenčních druhů apod.

● Ekotony

Prosvětlené a mírně narušované okraje cest, lesní lemy, rozhraní lesních porostů a pasek apod. – taková přechodná stanoviště označujeme souhrnně jako ekotony – byly v minulosti s největší pravděpodobností refugii, kde zvonovec přežíval a odkud se šířil do míst, na nichž se alespoň dočasně vytvořily vhodné podmínky pro jeho růst. V současnosti mají ekotonální charakter Smradovna ve Džbánu, mikrolokality V Kalhotách a U hájovny v NPR Karlštejn, ve východočeské PP Vražba jsou to plochy mezi mikrolokalitami 2, 3 a 4. Ve všech případech jde o okraje lesních cest s vhodnými světelnými podmínkami a zpravidla i větším množstvím obnažených ploch půdního substrátu. Na Vražbě právě na mírně narušovaných a obnažených plochách kolem lesní cesty bylo dosud zaznamenáno nejvíce semenáčků a juvenilních rostlin. Většina z nich včetně semenáčků v ekotonu lesní cesty byla bohužel zlikvidována při stahování dřeva vytěženého z okolních porostů. Na Smradovně v ekotonu lesní cesty V. Bilinský opakovaně vysel zvonovec do připravených oplocenek. Se-

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

21

22

mena úspěšně vyklíčila, ale následovala rozsáhlá mortalita u vzrostlejších semenáčků. Na mikrolokalitách v NPR Karlštejn podmiňuje zachování několika jedinců zvonovce pravidelné odstraňování keřového patra.

Jak chrání zvonovec sousední země

Péče o zvonovec liliolistý je zakotvena v úvodem jmenované Směrnici Rady 92/43/EHS. Podle Červeného seznamu IUCN pro Evropu náleží do kategorie LC (Least Concern, méně dotčený). Podle červených seznamů jednotlivých evropských zemí jde o druh kriticky ohrožený v ČR, Polsku, Německu, Maďarsku, Rakousku a Švýcarsku, ohrožený ve Slovinsku, téměř ohrožený v Chorvatsku a Itálii, zranitelný na Slovensku, v Rumunsku a na Ukrajině. V EU je chráněn v 71 evropsky významných územích (Česká republika – pět, Chorvatsko – jedno, Itálie – 14, Maďarsko – pět, Polsko – 18, Rakousko – dvě, Rumunsko – 9, Slovensko – 15 a Slovinsko – dvě). V rámci aktivit na univerzitě v Hradci Králové se podařilo navázat spolupráci s kolegy ze Slovenska, Polska, Maďarska a Rumunska a získat tak informace nejen o stavu populací a stanovišť druhu, ale též o realizovaných řízených zásazích a způsobech ochrany.

• Slovensko

Zvonovec se vyskytuje v pěti národních parcích (Slovenský kras, Slovenský ráj, Nízké Tatry, Muráňská planina a Velká Fatra). Jde převážně o prosvětlené části vápnomilných bučin (Slovenský ráj, Nízké Tatry, Muráňská planina a Velká Fatra) a v nich přítomné skalní výchozy na vápenci, reliktní vápencové bory (Muráňská planina, obr. 21), slatinnou olšinu v nivě potoka Trsteník (Muráňská planina, obr. 22) a bezkolencovou louku na okraji zemního závrtu (Slovenský kras). Pouze na poslední jmenované lokalitě probíhají managementové zásahy (zpravidla pastva ovcí, zřídka kosení). Antropogenní zásahy v r. 2014 ovlivnily nivu potoka Trsteník, kde bylo manipulováno s vytěženým dřevem z navazujícího lesního porostu. Ostatní lokality se vyskytují mimo turistické chodníky a stezky s výjimkou přístupové turistické cesty na Muráňský hrad, kde část populace roste přímo u naučné tabule věnované NPR Cigánka.

• Polsko

V minulosti rostl zvonovec liliolistý na polském území hojně, ale došlo k zániku mnoha lokalit. V 19. stol. vyhynul v okolí Ojcówa, na přelomu 80. a 90. let 20. stol. v Polesie a v národním parku Wigry. Zvonovec liliolistý mizí společně s dalšími jihosibiřskými floristickými elementy (např. višní křovitou – *Cerasus fruticosa* nebo ploštičníkem evropským – *Cimicifuga europaea*). Pro ochranu světlých a teplých doubrav a borodubových lesů vznikla v Polsku nová chráněná území v několika vojvodstvích (oblasti Gdaňska, Olsztynu, Krakowa, Łodźi, Wrocławi atd.). V souvislosti s ochranou přírody v Evropské unii věnují v Polsku od r. 2004 zvonovci pozornost, v současnosti je známo 23 lokalit. Přísná ochrana v národních parcích však podporuje pro zvonovec nepříznivou spontánní sukcesi. Tento nežádoucí trend lze podle informací od polského botanika Adama Kaplera pozorovat ve více národních parcích – Białowieża, Ojców, Polesie, Roztocze a Wigry. Dále je druh chráněn v krajinných parcích (např. Mazurski, Puszczy Knyszyńskiej), vyhynul ve třech z nich (Suwałki, Kozienice a Przemyśl). Problém se sukcesí ke stinným dubohabřinám s vyšším podílem lípy a velkým zápojem korun stromů se projevuje také v přírodních a národních rezervacích. Nejlepší situaci pozorujeme v rezervaci Krzemionki Opatowskie, kde bylo umístěno Historické muzeum s naučnou stezkou o těžbě pazourku v neolitu. Udržování naučné stezky brání sukcesi a zachovává prosvětlený a nezapojený les. Další lokality zvonovce se nacházejí na pozemcích spravovaných Státními lesy Polska. Tato organizace má vlastní síť „chráněných“ území, kde je upřednostňována turistika a myslivost. Přibližně 10 lokalit zvonovce leží na pozemcích malých soukromých vlastníků. Patří sem nedávno objevené Kisielany a Zakliků. V r. 2007 byl připraven Polský národní program pro ochranu zvonovce liliolistého (Kucharczyk 2007), jehož cílem je záchrana existujících přirozených populací, zákonná ochrana všech těchto lokalit prostřednictvím maloplošných chráněných území, cílená podpora malých ustupujících populací, zlepšení světelných poměrů na stanovištích, aktualizace botanických znalostí, zvýšení povědomí o druhu a komunikace mezi ochranáři a hospodáři (lesníky), zavedení finančních nástrojů na ochranu světlých doubrav, dlouhodobá ochrana genetické diverzity v botanických zahradách a genetických bankách.

• Rumunsko

Ze současných 34 lokalit zvonovce je chráněno 9 v rámci soustavy Natura 2000 a z nich 6 existuje jako součást chráněných území. Většinou však chybí řízený management, pouze na třech byl zpracován plán péče zajišťující ochranu druhu. Velikost jednotlivých populací zůstává malá, nejvýše 50 jedinců (A. Indreica, ústní sdělení).

• Maďarsko

Všechny lokality jsou chráněny soustavou Natura 2000 a leží na území dvou národních parků (Aggtelek, Kiskunság). Oba mají specifický záchranný program pro zvonovec, probíhá pravidelný management ve prospěch druhu. Provádí se odstraňování dřevin způsobujících nadměrný zástin a také oplocení proti okusu. Na stavu populací se negativně projevuje nedostatek srážek a dlouhodobé přísušky spojované s globálními klimatickými změnami. V Maďarsku se připravuje celostátní záchranný program.

Jak odpovědět na otázku v titulu článku?

Zvonovec liliolistý je reliktním druhem, který měl optimální podmínky ve střední Evropě v období, kdy převažující vegetaci tvořily řídké lesy a lesostepi. Takové podmínky existují v současné době východně od nás – v oblasti jižní Sibiře, kde zůstaly hemiboreální kontinentální lesy nabízející dostatek světla a nízkou konkurenci dřevin. Dá se předpokládat, že ve střední Evropě druh přežil díky antropogenním zásahům, zejména vlivem lesního hospodaření – typu pařezina nebo střední les, nebo pastvy v lesích. Také disturbance pravděpodobně sehrály významnou roli. Ať už probíhaly na okrajích lesních porostů a podél lesních cest, nebo šlo o pastvu, díky níž se zřejmě rozšířila např. plocha Babinských luk, i přemnožení hmyzích škůdců (kalamita bekyně mnišky v Jaroměřském Polabí v 19. stol.), kvůli nimž vznikly paseky s dočasně vhodnými podmínkami.

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

Jak jsme popsaly v předchozích kapitolách, současné hospodaření v krajině zvonovec nepodporuje. Ve vysokokmenných lesích je velký zástin. S rostoucí eutrofizací bují bylinná i keřová vegetace, vůči níž má zvonovec (především semenáčky a juvenilní rostliny) malou šanci přežít. Na lokalitách přibývá expanzivních druhů. Vzhledem k tomu, že podobná situace nastává také u dalších rostlin (lesní orchideje, ploštičník evropský atd.), ale i lesních druhů motýlů, je pozornost Natury 2000 věnována ochraně takových stanovišť.

Zachování populací zvonovce na lesních lokalitách je podmíněno pravidelnými řízenými zásahy, kterými bude potlačováno šíření ostružiníků, třtiny křovištní, náletových dřevin, zachová se prosvětlení a vyloučí zásahy spojené s plošnou těžbou a taháním dřeva. V místech výskytu nitrofilních rostlin bude místy žádoucí vyhrabání části organické hmoty, jež se podílí na zvyšování úživnosti prostředí.

Na lučních lokalitách bychom měli napodobit maloplošné obhospodařování prováděné v minulosti, tj. vhodně rozdělit luční enklávy do dílčích ploch a pro každou vybrat optimální zásah nebo kombinaci více zásahů. Ve všech případech je nutné sledovat vývoj, výsledky průběžně vyhodnocovat a postupy podle potřeby upravovat. Také je třeba věnovat pozornost ekotonům, které musejí být dostatečně prosvětlené a intenzita disturbance kolem cest musí být kontrolovaná, aby nedocházelo k poškozování rostlin zvonovce. Cílem všech opatření je zároveň umožnit klíčení semen a podpořit růst semenáčků a juvenilních rostlin zvonovce, aby během několika let vytvořily kvetoucí trsy. V okolí současných lokalit se doporučuje vytvářet vhodné podmínky (mikrostanoviště) pro spontánní nebo řízené šíření druhu z jeho zdrojových populací. Řízené šíření druhu spočívá v kontrolovaných a evidovaných výsevech nebo výsadbách rostlin z experimentálních kultur za respektování původnosti semen nebo vysazovaných rostlin. Zkušenost z Polska, kde druh pěstují v 6 botanických zahradách a semena jsou uložena ve dvou kryobankách, ukazuje, jak zajistit konkrétní populace v záložních a záchranných kulturách pro případnou nutnost obnovy populací nebo reintrodukci. Tímto směrem jde též Česká republika, kde je v současné době pro zvonovec liliolistý dokončován text záchranného programu.

Průzkum lokalit zvonovce liliolistého v letech 2011–14 byl financován ze specifického výzkumu na Univerzitě Hradec Králové. Sledování populací a stanovišť, testy klíčivosti, genetické analýzy a tvorba textového dokumentu záchranného programu byly v letech 2015–17 finančně podpořeny ze zahraničních zdrojů (EHP/Norska) – projektu MGSII-17.

Doporučená literatura na webu Živy.

Klára Řeháková, Kateřina Čapková

Fenomén biologická půdní krusta v aridních oblastech

Biologické půdní krusty jsou společenstva organismů, hlavně sinic, zelených řas, mikroskopických hub, mechů a lišejníků, žijící na povrchu půdy. Vyskytují se po celém světě, na všech kontinentech, hlavně v chladných i teplých aridních oblastech, kde tvoří podstatnou složku ekosystému a jejich pokryvnost může dosáhnout až 70 % – na ty se zde zaměříme. V menší míře je nacházíme i v jiných biotopech, jako jsou otevřené prostory mediterránních lesů, na obnažených půdách alpínské a tundrové vegetace nebo ve stepích či na výsypkách důlních jam. V nehostinných pouštích biologická půdní krusta ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půd, a tím zlepšuje životní podmínky pro rostliny, živočichy i člověka. Jde o křehký ekosystém, který se může snadno poškodit. Návrat na původní stanoviště pak trvá i půl století.

Povrch zemské pevniny pokrývá, velmi zjednodušeně a nepřesně řečeno, buď vegetace, nebo volná půda. Na půdním povrchu může docházet ke spojování drobných půdních částic do pevnějších celků nazývaných obecně půdní krusty. Agregaci půdních částic způsobují buď procesy fyzikální (abiotické), nebo biologické. Fyzikální krusty vznikají především působením vody a větru, na jejich vytváření se nepodílejí žádné živé organismy (obr. 1). Naopak biologické půdní krusty vznikají právě činností velkého množství mikroorganismů, které dokážou slepit půdní částice k sobě (obr. 2).

Společenstvo biologických půdních krust se skládá z jednobuněčných i mnohobuněčných organismů, jak primárních producentů (tedy fotosyntetizujících organismů, fototrofů), tak heterotrofů (vyživujících se organickými látkami). Nejdůležitějšími primárními producenty jsou zde sinice, mikroskopické řasy a mechy. Heterotrofy zastupují hlavně bakterie a půdní mikroskopické houby a v menší míře archea. Sekundární půdní heterotrofové (hlavně mikro- a mezofauna o velikosti 0,1–2 mm), jako jsou hlístice, prvoci, vířníci nebo želvušky, se nacházejí ve společenstvu krust méně často a netvoří v něm významnou složku. Stejné je to i s makrofaunou.

Vznik a typy krust

Při vzniku nové biologické půdní krusty hrají hlavní roli sinice a jejich lepivé slizové pochvy, které si utvářejí kolem vláken a kolonií. Silné slizové pochvy je chrání před vysycháním a mohou tak i v nehostinném pouštním prostředí vytvářet velké kolonie. Na pochvy sinic, případně na vlákna mikroskopických hub se postupně nachytávají drobné částice půdy menší než 1 mm. Takto chráněná půda umožní dalším mikroorganismům lépe se uchytit na povrchu, kde nezpevněné částice snadněji podléhají větrné erozi a vysychání.

Nejdůležitější sinice, také nazývané architekti biologických půdních krust, patří do rodu *Microcoleus* a rostou jako svazek vláken ve velmi silných slizových obalech. K nim se v průběhu vývoje půdní krusty přidají zástupci dalších sinicových rodů jako jednořadka (*Nostoc*, obr. 3 a 4) nebo *Scytonema*. Ve stabilním prostředí se pak zvyšuje biomasa heterotrofních bakterií, zelených řas a mikroskopických hub. V závislosti na okolních podmínkách často půdní krustu na závěr kolonizují ještě lišejníky (např. rod hávnatka – *Peltigera*, dutohlávka – *Cladonia*, huspeník – *Collema*), nebo mechy (např. z rodů rourkatec – *Syntrichia*, prutník – *Bryum*, rohozub – *Ceratodon*).

Podle toho, které organismy nakonec převládnou, dělíme krusty na sinicové, řasové, lišejníkové a mechové (obr. 5 a 6). Mohou být i čistě mikrobiální – v nich dominují pouze sinice či mikroskopické řasy, chybějí mechy a lišejníky. Mechové a lišejníkové krusty potřebují ke svému vývoji větší množství srážek a jejich výskyt bývá určen hodnotou pH půdy, na které se nacházejí. Mechové krusty se častěji vyskytují na kyselejších půdách, zatímco lišejníkové spíše na zásaditějších.

Dalším znakem, podle něhož lze biologické půdní krusty klasifikovat, je jejich výsledný tvar. Je určován hlavně teplotou (mrazem) a množstvím srážek v polopouštních a pouštních oblastech, kde se s krustami setkáme. Rozlišujeme krustu hladkou, vrásčitou (rugózní), zvlněnou (rolling) a věžovitou (pinnacled; obr. 7). Hladká krusta je typická pro velmi suché a horké pouště (roční srážky 110–200 mm; africká Kalahari) a dosahuje výšky maximálně 1 cm. Vrásčitá se nachází v horkých pouštích s mírně vyšším úhrnem srážek (100 až 400 mm; např. americká Sonorská poušť) a dorůstá 1–3 cm. Zvlněná krusta se typicky tvoří v extrémně chladných pouštích (Tibetské plato) a na výšku má 3–5 cm. Poslední věžovitý typ je charakteristický pro chladné pouště (např. Coloradská plo-

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.