

Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Omezování výskytu a šíření invazních křídlatek
a bolševníku velkolepého**

Bakalářská práce

Autor práce: Natálie Šnajdrová

Obor studia: Ekologické zemědělství

Vedoucí práce: Ing. Pavlína Košnarová, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "**Omezování výskytu a šíření invazních křídlatek a bolševníku velkolepého**" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16. 04. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavlíně Košnarové, Ph.D. za vedení, rady, připomínky a veškerý čas, který mi věnovala při zpracovávání této práce. Dále chci poděkovat celé své rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

Omezování výskytu a šíření invazních křídlatek a bolševníku velkolepého

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou invazních rostlin v České republice, které představují vážnou hrozbu pro biodiverzitu a ekosystém. Práce byla zaměřena hlavně na čtyři nejvýznamnější druhy, a to bolševník velkolepý, křídlatku japonskou, křídlatku sachalinskou a křídlatku českou. Bylo popsáno nejen jejich šíření, rozmnožování, ale hlavně možnosti jejich likvidace. Jsou zde shrnuty různé metody eliminace těchto rostlinných druhů převážně v rámci ekologického zemědělství. Jsou tu popsány mechanické, biologické, agrotechnické a také chemické metody. Ve výsledcích této práce bylo zjištěno, že zatímco pro eliminaci bolševníku velkolepého bylo nejlepší odstranění všech reprodukčních částí rostliny, pro úspěšnou likvidaci křídlatek byla nejvhodnější kombinace chemické a mechanické metody. Důležitou součástí této bakalářské práce byly také dopady rostlinných invazí.

V první části této bakalářské práce je popsáno, co jsou to invazní rostliny, jaké mají společné znaky, čím musí rostlina projít, aby se stala invazní rostlinou, jak se tyto rostliny šíří, jejich dopady a jejich současný stav v České republice. Také je zde zmíněno, co je to monitoring, jak postupovat při hodnocení výskytu, jaká je s nimi spojená legislativa a co je ekologické zemědělství.

Druhá část práce je zaměřena již na zmíněné druhy. Je zde popsán jejich vzhled, kde je můžeme nalézt, jak se šíří, rozmnožují a jakými způsoby je lze zlikvidovat.

V závěru práce jsou shrnuty veškeré informace týkající se této bakalářské práce a jsou zde vyhodnoceny metody likvidace.

Klíčová slova: *Reynoutria* spp., *Heracleum mantegazzianum*, invaze, regulace, Česká republika

Limiting the occurrence and spread of invasive knotweeds and giant hogweed

Summary

This bachelor thesis deals with the issue of invasive plants in the Czech Republic, which represents a serious threat to biodiversity and the ecosystem. The thesis focuses mainly on the four most important species: the giant knotweed, the Japanese knotweed, the Sakhalin knotweed and the Czech knotweed. Not only their spread and reproduction is being described, but mainly the possibilities of their eradication. Various methods of elimination of these plant species, mainly within the framework of organic farming, are being summarised here. Mechanical, biological, agrotechnical and also chemical methods are being described here. In the results of this work it has been found that while the removal of all reproductive parts of the plant is best for the elimination of giant hogweed, a combination of chemical and mechanical methods is the most suitable method for the successful elimination of knotweed. The impacts of plant invasions is also an important part of this bachelor's thesis.

In the first part of this bachelor thesis it is described what invasive plants are, what common features they have, what a plant has to go through to become an invasive plant, how these plants spread, their impacts and their current status in the Czech Republic. It is also mentioned what monitoring is, how to proceed with the assessment of occurrence, what legislation is involved and what organic farming is.

The second part focuses on the already mentioned species. Their appearance are being described here, where they can be found, how they spread, reproduce and how they can be eliminated.

At the end of the thesis, all the information related to this bachelor thesis are summarized and the methods of eradication are evaluated.

Keywords: *Reynoutria* spp., *Heracleum mantegazzianum*, invasion, regulation, Czech Republic

Obsah

ÚVOD	8
CÍL PRÁCE	9
LITERÁRNÍ REŠERŠE	10
3.1 INVAZNÍ ROSTLINY – DEFINICE A JEJICH SPOLEČNÉ ZNAKY	10
3.2 INTRODUKCE NEPŮVODNÍCH DRUHŮ	10
3.3 ZPŮSOBY ŠÍŘENÍ NEPŮVODNÍCH DRUHŮ	11
3.4 POSTUP PŘI HODNOCENÍ VÝSKYTU INVAZNÍCH NEPŮVODNÍCH DRUHŮ (IAS) V ZÁJMOVÉ LOKALITĚ	13
3.5 MONITORING	14
3.6 DOPADY ROSTLINNÝCH INVAZÍ	15
3.4.1 Enviromentální dopady	15
3.4.2 Socioekonomické dopady	16
3.7 SOUČASNÁ SITUACE V ČR	16
3.8 LEGISLATIVA ČR V OBLASTI INVAZNÍCH ROSTLIN	16
3.9 EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ	17
3.10 BOLŠEVNÍK VELKOLEPÝ	18
3.10.1 Botanická charakteristika	18
3.10.2 Vývoj rostliny	20
3.10.3 Původ a jeho rozšíření	20
3.10.4 Stanoviště	21
3.10.5 Způsoby rozmnožování	21
3.10.5.1 Rozmnožování semeny	21
3.10.5.2 Vegetativní rozmnožování	22
3.10.6 Způsoby rozšiřování	22
3.10.6.1 Úmyslně člověkem	22
3.10.6.2 Neúmyslně člověkem	22
3.10.6.3 Pomocí dopravních prostředků	23
3.10.6.4 Zvířaty	23
3.10.6.5 Vodou	23
3.10.6.6 Větre	23
3.10.7 Zdravotní rizika	23
3.10.8 Prevence	24
3.10.9 Způsoby hubení	25
3.10.9.1 Mechanický způsob hubení	25
Sekání	25
Vyrývání a vykopávání	26
3.10.9.2 Agrotechnické zásahy	26
Orba	26
Rotátorování	26
Kombinace orby a rotátorování	26
3.10.9.3 Hubení pastvou	26
3.10.9.4 Chemická metoda	27
3.10.10 Zhodnocení opatření k omezování bolševníku velkolepého	27
3.11 KŘÍDLATKY	28
3.11.1 Rozšíření	28
3.11.2 Botanická charakteristika	29
3.11.3 Popis	30
3.11.4 Způsoby rozmnožování	31
3.11.5 Způsoby šíření	31
3.11.6 Prevence	32

3.11.7	Likvidace	32
3.11.7.1	Mechanické metody	32
3.11.7.2	Biologické metody	33
3.11.7.3	Pastva	34
3.11.7.4	Chemické metody	34
3.11.7.5	Kombinované metody	35
3.11.8	Zhodnocení opatření	35
3.11.9	Křídlatka japonská	36
3.11.9.1	Výskyt	36
3.11.9.2	Škodlivost	37
3.11.9.3	Význam	37
3.11.10	Křídlatka sachalinská	38
3.11.10.1	Výskyt	38
3.11.10.2	Škodlivost	38
3.11.10.3	Význam	38
3.11.11	Křídlatka česká	39
3.11.11.1	Výskyt	39
3.11.11.2	Škodlivost	39
3.11.11.3	Význam	39
ZÁVĚR	40
LITERATURA	41

Úvod

Rostlinné invaze jsou významným problémem pro biodiverzitu a životní prostředí. Jedná se o rostliny, které byly zavlečeny mimo svůj původní areál. V novém prostředí dokážou přežít, rozmnožovat se a dále se šířit.

Mohou se šířit úmyslně člověkem nebo neúmyslně. K šíření využívají vodu, vzduch, půdu, zvířata apod. Díky své schopnosti konkurence, mohou za úbytek původních rostlin. Soutěží s původními druhy o vodu, světlo a živiny, a jelikož jsou často v tomto úspěšnější, vytlačují původní druhy a snižují tak biodiverzitu. Toto může mít dlouhodobé dopady na ekosystém.

Jelikož často nejsou nějak zvláště náročné, můžeme je nalézt na velmi rozmanitých místech. Vyskytují se v lesích, parcích, v příkopech, podél komunikací a vodních toků, na zahradách i ve městě. Některé z nich například křídlatky byly dokonce v minulosti cíleně pěstované jako okrasné rostliny.

Můžou se rozmnožovat jak vegetativně, tak i generativně. Zatímco například bolševník velkolepý vytvoří obrovské množství semen, jiné rostliny například křídlatky se rozmnožují převážně vegetativně, pomocí oddenků.

Jelikož představují tyto rostliny vážný problém, je nutné je sledovat a včas eliminovat. Způsobů likvidace invazních rostlin je mnoho. Jedná se například o mechanické způsoby, kam spadá kosení, vyrývání a vykopávání, agrotechnické zásahy, což je například orba, rotavátorování a jejich kombinace, biologické metody, pastva, chemické metody nebo jejich kombinace.

V České republice se vyskytuje několik invazních rostlin, a některé z nich jsou dokonce považovány za obzvláště nebezpečné. Mezi ně patří například bolševník velkolepý, křídlatky – hlavně křídlatka japonská, netýkavka žláznatá a další.

Cíl práce

Cílem této práce je rozšířit poznatky o významných invazních plevelných druzích bolševníku velkolepém a křídlatkách. Pozornost bude zaměřena na potenciál jejich rozšíření, dopady na krajinu a zhodnoceny výsledky opatření k omezování těchto druhů.

Literární rešerše

3.1 Invazní rostliny – definice a jejich společné znaky

Invazní rostliny jsou nepůvodní druhy, které se dostaly buď úmyslnou nebo neúmyslnou činností člověka na místo svého výskytu. U těchto rostlin dochází k rozmnožování pomocí obrovského množství drobných semen, kterými se dále šíří a zabírají místo jiným druhům. Díky tomu dochází k vytlačování původních druhů rostlin (Bohdalová 2019). Tyto rostliny jsou problémovým faktorem na mnoha stanovištích, jelikož značně ztěžují klasické způsoby hospodaření na půdě a jejich likvidace je velmi nákladná (Černý et al. 1998). Invazní druhy rostlin často pochází z jiných kontinentů ležících většinou na stejné rovnoběžce jako je Evropa. Z toho důvodu je po aklimatizaci v novém území jejich invaze velmi často úspěšná. Jedná se především o Severní Ameriku, Asii apod (Czernik et al. 2019).

Rostliny považované za invazní druhy mají několik společných znaků. Mezi ně patří především tyto:

- obrovská vitalita,
- velmi dobrá schopnost odolávat stresům,
- tvorba velkého množství semen, popřípadě rychlý vegetativní způsob rozmnožování,
- možnost se přizpůsobit změněným životním podmínkám,
- schopnost růstu na odlišných typech stanovišť, než je jejich původní místo výskytu,
- vysoká agresivita, která dokáže původní zastoupení druhů rostlin změnit a nahradit je úplně novým typem vegetace (Černý et al. 1998).

Nejnámější zástupce invazních rostlin je bolševník velkolepý, který je rozšířen v mnoha oblastech České republiky. Mezi další rostliny, které se začaly hojně objevovat, jsou křídlatky, a to zejména křídlatka japonská a sachalinská. Dále pak například netýkavka žláznatá a malokvětá, zlatobýl obrovský či kanadský, pětour maloúborný, kolotočnický ozdobný, některé druhy aster a další druhy (Černý et al. 1998).

Invazní druhy se rozdělují na archeofyty, které sem byly neúmyslně či úmyslně zavlečeny lidmi od vzniku zemědělství po středověk, a na neofyty, které byly do České republiky zavlečeny od začátku novověku podnes (Sádlo 2017).

3.2 Introdukce nepůvodních druhů

Nepůvodními druhy se myslí veškeré invazní rostliny, které se do zájmového území dostaly pomocí lidské činnosti (Pyšek & Krahulec 2001).

Jestliže rostliny svůj areál výskytu samovolně, přirozenou cestou, rozšířily, jedná se o migraci rostlin. Přirozenou cestou se rostliny mohou šířit prostřednictvím abiotických činitelů či volně žijících živočichů (Primack et al. 2001).

Určení původnosti u invazních rostlin je velmi problémové. Za jeden z hlavních důvodů pro označení druhu za původní, lze považovat jeho fosilní nálezy (Křivánek 2004a).

Invaze má několik fází, od dovezení nepůvodního druhu do fáze exponenciálního šíření. Často se jedná o velmi dlouhý proces. Můžeme ho následně rozlišit, dle začlenění rostlin do úplně nových ekosystémů, kategorie geograficky nepůvodních druhů:

- Zavlečení neboli introdukce – při této fázi musí rostliny překonat hlavní geografickou bariéru (s pomocí člověka).
- Náhodný výskyt – v této etapě jsou schopny rostliny samostatné reprodukce, jsou však existenčně závislé na šíření diaspor člověkem.
- Zdomácnělé druhy – tyto druhy jsou bez vlivu člověka schopné se rozmnožit.
- Invazní druhy – druhy, které se šíří na větší vzdálenosti a vytlačují ty původní. Jedná se o nejnebezpečnější fázi, kterou projde pouze malé procento druhů.
- Postinvazní druhy – areál výskytu těchto rostlin již neroste (Pyšek & Krahulec 2001).

Mezi těmito fázemi překonává daný druh několik bariér, například: geografickou, zdejšího prostředí, reprodukce, bariéru lokálního či regionálního měřítka a bariéru přirozené vegetace či pozměněné člověkem (Pyšek et al. 2000). Nejvíce druhů pocházejících z teplých oblastí nedokáže právě překonat reprodukční bariéru, jelikož jsou jinak fyziologicky přizpůsobeny na kvetení za krátkého dne. Vrchol procesu invaze je obsazení všech stanovišť, kde dokáže v danou etapu nepůvodní druh existovat.

Po introdukci se nepůvodní druhy nestávají okamžitě invazními. Mezi těmito etapami existuje období klidu trvající až několik desítek let. Tato fáze je označována jako lag fáze. Například u bolševníku velkolepého může trvat v našich podmínkách odhadem 100 let (Pyšek & Krahulec 2001). Důvody výskytu této etapy jsou různé. Jedná se například o genetické, environmentální (vliv prostředí), demografické (zpočátku exponenciální růst) (Eliáš 2001).

3.3 Způsoby šíření nepůvodních druhů

Za způsoby, kterými se nepůvodní druhy rostlin mohou šířit z jejich domácího prostředí do nových areálů, jsou považovány hlavní dva. Jedná se o šíření za pomoci člověka (např. obchod) a bez jeho pomoci (např. větrem, vodou, živočichy) (Pyšek et al. 2004b). Z toho vyplývá, že různá místa, habitaty, budou v odlišných částech světa invazí zasaženy odlišnou mírou. Například v oblastech s mírným klimatem mají bohatší zastoupení invazních druhů rostlin než v tropických oblastech, nebo na ostrovech nalezneme invazní druhy častěji než na pevnině. Podobně je to i na různých světadílech, v Americe jich najdeme více oproti Evropě, Asii či Africe (Chytrý et al. 2008). Také je známo, že v oblastech, kde mají větší zástup původních druhů rostlin, se nachází více druhů nepůvodních. Je to z důvodu vhodnějších abiotických podmínek (Richardson & Pyšek 2006). Obdobně je to i v oblastech podél vodních toků, jejichž vegetace je velmi druhově rozmanitá, jelikož pomocí vody se velmi dobře šíří diaspory jak původních, tak nepůvodních druhů (Pyšek & Prach 1993).

Dále rozeznáváme základní čtyři faktory šíření rostlin: klimatické, ekonomické, biogeografické a demografické. Faktory ekonomické a demografické od ostatních poměrně snadno rozeznáme, jelikož odráží intenzitu lidské činnosti. Například v zemích, které jsou vyspělé, bohaté, s vysokou hustotou komunikačních sítí a populace, je větší riziko zavlečení nepůvodních druhů než v zemích, které jsou chudé a s malým počtem obyvatel (Pyšek et al. 2010).

Hlavní řídicí faktory můžeme také dále rozdělit podle velikosti měřítka na typ habitatu (nejmenší měřítko), dostupnost zdrojů, struktura a heterogenita krajiny (menší měřítko) a klima (kontinentální až regionální měřítko). U malého měřítka mají největší vliv kompetiční vztahy a vnitrodruhové interakce, které určují konečný stav invaze. Na opačné straně u velkého měřítka jsou rozhodující abiotické podmínky (klima, substrát, heterogenita habitatu apod.) podporující vysokou pestrost jak původních druhů, tak i nepůvodních druhů (Richardson & Pysek 2006). Tyto velikosti mají též značný vliv na rozsah areálu, ve kterém dochází k rozšíření nepůvodních druhů rostlin. Vlivem klimatických změn může dojít k zvětšení či zmenšení areálu rozšíření druhů (Bellard et al. 2018).

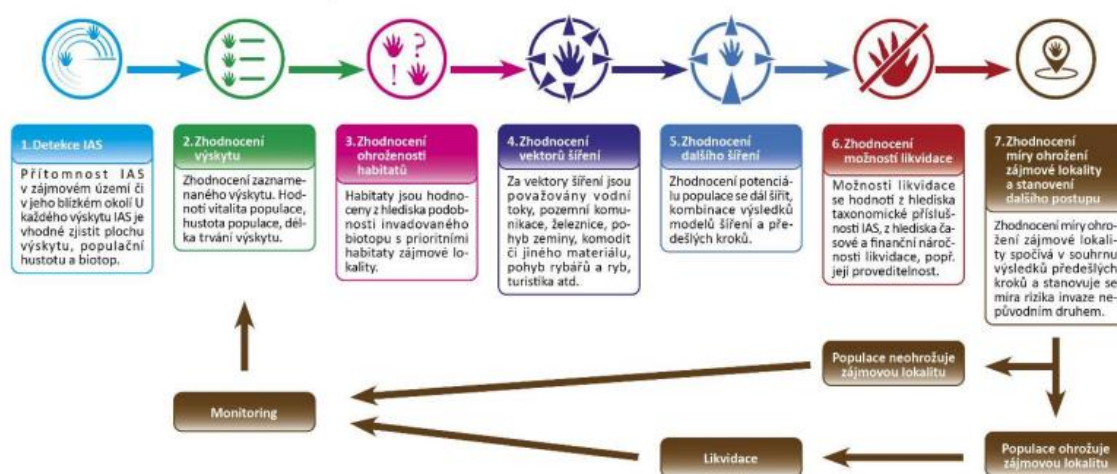
Dalším významným faktorem, který ovlivňuje invazi rostlin je distribuce. Distribuci mohou nastat dvě situace, ze kterých můžou následně čerpat i nepůvodní rostlinné druhy. Jedná se o přebytky volných zdrojů či rychlejší dodání, než je jejich spotřebování. V opačném případě, kdy jsou společenstva nedostatečně disturbovaná a současně trvale limitována nedostatkem určitého zdroje, jsou původní druhy odolnější (Chytrý & Pysek 2008). Na distribuci druhů má vliv několik faktorů: klima, čas od zavlečení, nebo faktory, které souvisí s kolonizací či dominancí druhů (konkurenční schopnost) (Liao et al. 2021). Z těchto faktorů má velký vliv na šíření klima. V polohách s vyšší nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou je klima považováno za limitující faktor. Obecně platí, že čím blíže k pólům, tím na kontinentech invazních druhů ubývá (Szymura et al. 2018). Po klima je významný i čas od zavlečení, který spolu s dalšími faktory (tlak propagulí, velikost prvotního množství propagulí atd.) napomáhá určit, jestli a popřípadě kdy bude docházet k obsazování nového území rostlinnými druhy. Šance druhu na jeho schopnost invaznosti se zvyšuje, čím je čas od zavlečení delší (Richardson & Pysek 2006). Určit přesný čas od zavlečení není vůbec jednoduché. Z toho důvodu vznikl termín tzv. minimální čas od zavlečení (minimum residence time, MRT) (Rejmanek 2000). MRT je schopen vyobrazit rozsah, frekvenci distribucí a též stav invaze druhů (Richardson & Pysek 2006). Významnějším faktorem než klima, tlak propagulí apod. se častokrát stává spíše typ habitatu, dostupnost zdrojů nebo režim disturbancí (Hejda et al. 2009). Velmi důležité jsou pro určení šance nepůvodního druhu přežít v novém prostředí nebo se stát invazními rostlinami půdní podmínky (Szymura et al. 2018). V případě, že nastane zvýšení půdní úrodnosti, dochází ve většině případů ke zlepšení šance na úspěch kolonizace nepůvodními druhy rostlin (Rai & Singh 2020). Disturbancemi se myslí požár, silný vítr nebo intenzivní pastva dobytka. Tohle všechno mění strukturu prostředí, čímž dochází k odstranění původních (dominantních) druhů. Tím se uvolní místa a zdroje pro nepůvodní druhy (Bonanomi et al. 2018).

Podstatný vliv na šíření má na svědomí člověk. Svou činností ovlivňuje tento proces přímo i nepřímo. Za přímý vliv lze považovat zavlékání nových druhů na další místa a změnu míry tlaku propagulí (semena, oddenky apod.). Nepřímým vlivem se myslí změny charakteru původního habitatu, které mají za následek zvýšení rozmanitosti invazních rostlin (Szymura et al. 2018). Lidstvo se dále podílí mimo jiné na změně klimatických podmínek a eutrofizaci, které mohou též způsobit šíření invazních druhů (Rehman 2010; Uddin & Robinson 2018). Za jeden z nejčastějších způsobů zavlečení nových rostlin lze považovat jejich záměrné pěstování jako tzv. okrasné rostliny. Takovým příkladem je Evropa, kde se nejvíce invazních rostlin pěstuje právě na zahrádkách (Szymura et al. 2018). Kromě okrasných rostlin byly také pěstovány pro farmaceutické účely (Rai & Singh 2020). To vše mělo za následek rozmnožení

těchto rostlin nejprve v centrech měst a vesnic, odkud se poté rozšířily do okolí (Szymura et al. 2018). Mezi další způsoby šíření invazních druhů patří stavby, zemědělská činnost či pastva poblíž vodních ploch apod. (Richardson et al. 2007). Rostlinná invaze způsobená činností člověka je považována za nebezpečnější než přirozená kolonizace (Wilson et al. 2016).

3.4 Postup při hodnocení výskytu invazních nepůvodních druhů (IAS) v zájmové lokalitě

Schéma postupu při hodnocení výskytu invazních nepůvodních druhů v zájmové lokalitě je znázorněno na Obr. 1.



Obr. 1 Postup při hodnocení výskytu IAS Zdroj: Berchová-Bímová et al. (2019)

Postup:

1. Detekce – výskyt invazních druhů v dané oblasti nebo v její blízkosti, lze zjistit z výsledků terénních průzkumů prováděných během pravidelného monitoringu nebo mapování lokalit (Pergl et al. 2016a). Kromě tohoto je možné získat data i prostřednictvím dálkového průzkumu Země (DPZ) (Müllerová et al. 2017). Další možnostmi jsou databáze výskytu jako jsou například Pladias, BioLib etc., NDOP AOPK atd. Ovšem tyto výskyt je za účelem správné identifikace daného druhu důležité ověřit pomocí terénního průzkumu. V případě výskytu je výhodné zjistit hustotu, plochu výskytu a invazí postižený habitat. Každý výskyt by se měl zaznamenat nástrojem GIS a vložit takto získané podklady do NDOP AOPK (Berchová-Bímová et al. 2019).
2. Zhodnocení výskytu – toto zhodnocení je pro následující kroky významným výchozím bodem. V této fázi se hodnotí především počet jedinců / hustota populace, délka trvání výskytu (od prvního nálezu, přes efemérní nález a nález potvrzený z několika zdrojů, až po opakující se nález) a vitalita porostu.
3. Zhodnocení ohroženosti habitatů – biotopy se hodnotí dle podobnosti invazí zasaženého habitatu s klíčovými habitaty zájmové oblasti. Jestliže je podobnost

vysoká nebo shodná, dojde s větší pravděpodobností k rozšíření invazních nepůvodních druhů, než by tomu bylo v opačném případě.

4. Zhodnocení vektorů šíření – těmito vektory se myslí antropogenní či přírodní hybné procesy, které se vyskytují v dané oblasti. Jedná se například o pozemní komunikace, vodní toky, železnice, turistiku, pohyb komodit, zeminy nebo jiného materiálu, pohyby lidí atd. Riziko šíření invazních nepůvodních druhů se zvyšuje jeli přítomen vektor šíření semen ke klíčovým biotopům sledované lokality.
5. Zhodnocení dalšího šíření – k tomuto zhodnocení se mohou využít výsledky modelů šíření a výsledky z předešlých kroků. Tyto výsledky se vezmou z celkového rozšíření i mechanistického modelu na lokální úrovni.
6. Zhodnocení možností likvidace – toto zhodnocení se provádí z několika hledisek. Mezi ně patří hledisko taxonomické příslušnosti IAS, finanční a časové náročnosti zásahů a hledisko předpokládaných vedlejších škod.
7. Zhodnocení míry ohrožení zájmové lokality a stanovení dalšího postupu – v této úrovni se shrnou výsledky předešlých hodnocení a v případě, že se zhodnotí míra rizika šíření jako vysoká, a to alespoň ve dvou krocích (hlavně v krocích 3 a 4), přistoupí se k likvidaci IAS. Pokud likvidace není možná například z důvodu taxonomické příslušnosti, je nutné přistoupit na alternativu, která vede ke snížení početnosti populace invazních nepůvodních druhů nebo ke snížení jejich vitality. Ovšem v obou případech je velmi důležité monitorovat tu danou lokalitu (Berchová-Bímová et al. 2019).

3.5 Monitoring

Monitoring zajišťuje zmapování výskytu druhů a kontrolu změn dynamiky populace. Zároveň by měl zamezit dalšímu záměrnému šíření druhu. Dochází k sledování indikátoru v celém zájmovém území, ale i ve vybraných reprezentativních plochách (Berchová-Bímová et al. 2019). Pravidelný monitoring patří tak k důležitým preventivním opatřením (Vrbová 2021).

Při provádění monitoringu je velmi důležité znát dynamiku druhů na různých škálách. Doba vhodná pro provádění monitoringu je v České republice vzhledem k vegetační době přibližně v průběhu června až srpna. Pokud by se prováděl dříve, mohlo by hrozit, že na rostlinách nebudou vyvinuty dostatečně určovací znaky. Tyto znaky jsou důležité pro správnou determinaci. Veškerá doporučení, která jsou určena pro monitoring nepůvodních druhů, jsou dána metodikou pro mapování biotopů a metodických postupů ÚKZÚZ. Proto, aby byl monitoring šíření vybraných nepůvodních rostlin efektivní, je zapotřebí aplikovat dva druhy monitoringu. Prvním druhem je ohniskový monitoring. Jeho cílem je včasné podchycení vývoje šíření druhů ze zasažených oblastí do ještě nezasažených, okolních a pro ně vhodných lokalit. Jako druhý druh monitoringu je plošný systematický monitoring. Cíl tohoto druhu monitoringu je sledovat šíření daného druhu, a to na celém území České republiky a též sledovat plošný vývoj jeho početnosti. AOPK ČR vynaloží na plošný monitoring ročně přibližně 5 milionů korun (Pergl et al. 2016).

3.6 Dopady rostlinných invazí

Biologická invaze představuje globální problém ohrožující přírodní ekosystém. Jedná se o druhou největší hrozbu na biodiverzitu (Drake et al. 2003; Wekhanya 2016). V nepůvodních oblastech vyvolávají poměrně vysoké škody na životním prostředí, lidském zdraví či v ekonomických systémech (Richardson et al. 2000; Beck et al. 2008). Dopady invazí jsou podle Mezinárodní unie pro ochranu přírody často obrovské a nenávratné (Wekhanya 2016).

Dopady způsobené invazí rostlin jsou následně členěny na:

- enviromentální
- socioekonomické (Charles & Dukes 2008; Wekhanya 2016).

Dopady mají různý charakter. Mohou se projevit rychle a dramaticky, jiné zase pomalu, některé na úrovni populací v raných invazních fázích, další na úrovni ekosystémů ve fázi pozdnější (Brooks et al. 2004; Pyšek & Richardson 2010).

Na Zemi je již pouze několik málo míst, která jsou zavlečenými druhy rostlin nedotknutá a také nepřetržitě dochází k zvyšování počtu habitatů, kde zavlečené druhy dnes již dominují (Pyšek & Richardson 2010).

3.4.1 Enviromentální dopady

Těmito dopady se myslí vše, čím jsou ovlivněny ekosystémové procesy. To následně způsobuje ztrátu biologické rozmanitosti a ekologické funkčnosti (Charles & Dukes 2008; Wekhanya 2016). Patří sem např. invazí vyvolané změny v cyklech uhlíku, vody, dusíku, ovlivnění dynamiky půdních živin apod. (Gordon 1998; Ehrenfeld 2003; Yadav et al. 2016; Dutta 2018). Dále se sem řadí ztráta stanovišť, pokles biodiverzity, rozdíly ve kvalitě opadu, fyzikálně chemické změny vlastností půdy apod. (Theoharides & Dukes 2007; Vilà et al. 2011; Dassonville et al. 2011; Sanon et al. 2012; Wang et al. 2015; Kumari & Choudhary 2016).

Rostlinná invaze může způsobit snížení růstových a reprodukčních schopností původních druhů, nebo může zapříčinit hybridizaci buď mezi původními a nepůvodními druhy, anebo mezi dvěma nepůvodními druhy. Hybridizací může vzniknout nový úspěšnější invazní druh, který bude mít výhodné vlastnosti od obou rodičů. Na území České republiky tímto způsobem došlo ke křížení invazních křídlatek (*Reynoutria japonica* Houtt var. *japonica* × *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai), z čehož vznikl úspěšnější druh křídlatka česká (Pyšek & Sádlo 2004a). Vlivem invaze může nastat také komplexní změna ekosystému. Dochází k tomu v případě, že jsou rostliny dostatečně dominantní a dokážou změnit podmínky prostředí (Pergl 2008).

Extrémním příkladem negativního dopadu rostlinné invaze na ekosystémy se nazývá tzv. invazní kolaps, který je zapříčiněn usilovnou kompeticí mezi původními a nepůvodními druhy rostlin (Rai & Singh 2020). Tato hypotéza tvrdí, že na již invazí zasaženém území je invaze dalších rostlin snazší. Tímto může docházet k mnohonásobnému zvětšování účinků kolonizátorů na onen ekosystém (Richardson & Pyšek 2006).

Mezi další enviromentální dopady můžeme zařadit dopady na živočichy (změna dostupnosti potravy; změna chutnosti), na rostliny (alelopatie), anebo přenos chorob či parazitů (Rumlerová 2016).

3.4.2 Socioekonomické dopady

Do sociálních dopadů zařazujeme veškeré dopady, které mají přímo vliv na zdraví lidí, bezpečnost či jiná sociální hlediska (Charles & Dukes 2008; Wekhanya 2016). V České republice se jedná hlavně o bolševník velkolepý, který pomocí furanokumarinů a UV záření způsobuje fotodermatitidy, nebo ambrózii peřenolistou (*Ambrosia artemisiifolia* L.) známou pro svůj pylový alergen (Nováková 2016).

Ekonomické dopady jsou ty, které zapříčiňují peněžní ztrátu lidí (Charles & Dukes 2008; Wekhanya 2016). Mezi ně můžeme zařadit například dopady na zemědělskou produkci, na živočišnou výrobu, na lesnickou produkci anebo na lidskou infrastrukturu (Rumlerová 2016). Dále mohou zvýšit nebezpečí záplav, zapříčinit zasolení půd a též snižují hodnotu pastvin (Hejda & Pyšek 2018).

3.7 Současná situace v ČR

Na území České republiky se vyskytuje celkem cca 1576 nepůvodních rostlinných druhů, z toho 385 (24,4 %) jsou archeofyty a 1191 (75,6 %) neofyty. 1084 rostlin je náhodných (68,8 %), 417 rostlin je naturalizovaných (26,4 %) a 75 rostlin je invazních (4,8 %). Počet nepůvodních druhů se každý rok mění. V roce 2012 bylo těchto rostlin o něco více než 8,4 %, ale méně, než je tomu dnes (Pyšek et al. 2022).

3.8 Legislativa ČR v oblasti invazních rostlin

Od 1.1.2022 platí v České republice Zákon č. 364/2021 Sb., prostřednictvím kterého dochází ke změnám některých zákonů souvisejících s implementací předpisů Evropské unie ohledně nepůvodních invazních druhů (MŽP 2023). Součástí toho je vydaná novela zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Tento zákon stanovuje tři úrovně pro právní regulaci invazních a nepůvodních druhů. Úrovně jsou následující:

- regulace nepůvodních druhů obecně
- regulace cizích a místně se nevyskytujících druhů v akvakultuře
- regulace invazních nepůvodních druhů z unijního seznamu

Ohledně invazních druhů karanténních škůdců a jiných škodlivých organismů jsou stanoveny dva předpisy a to zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a navazující vyhláška č. 215/2008 Sb., o opatřeních proti zavlečení a rozšiřování škodlivých organismů rostlin a rostlinných produktů (AOPK 2024).

Evropská nařízení č. 1143/2014 a č. 708/2007 jsou od 1. 1. 2022 implementována do národní legislativy (AOPK 2024). Nařízení č. 1143/2014 je nařízení o invazivních cizích druzích obsahující soubor několika opatření, která mají přijmout všechny státy Evropské unie. Obsahuje seznam cizích druhů, které vzbuzují obavy Unie. Těchto druhů se týkají omezení a opatření, která jsou stanovena v nařízení. Mezi ně náleží omezení držení, chovu, pěstování, dovozu, prodeje a vypouštění do životního prostředí (European Commission 2024).

3.9 Ekologické zemědělství

Ekologické zemědělství je systém hospodaření využívající způsoby ke zničení či potlačení škůdců, plevelů a chorob, které jsou šetrné k životnímu prostředí (Koutná 2006). Zároveň stanovuje zákazy nebo omezení pro využívání postupů a látek zatěžujících, zamořujících či znečišťujících životní prostředí nebo mohou za zvýšení nebezpečí kontaminace potravního řetězce. Též hledí na životní pohodu zvířat, zejména hospodářských. Mezi předpisy ekologického zemědělství spadá například (Článek 12 NR č. 834/2007; Články 3–5 NK č. 889/2008):

- Zákaz používání minerálních dusíkatých hnojiv.
- Zákaz využívání všech herbicidů. Pro regulaci plevelů je důležitý správný osevní postup, dále se mohou využít mechanické či termické metody.
- Přípravky na ochranu rostlin, doplňková hnojiva či pomocné půdní látky lze použít pouze tehdy, jsou-li uvedeny v přílohách NK č. 889/2008.
- K zachování příznivého zdravotního rostlinného stavu se upřednostňují preventivní a kultivační metody. V případě, že tyto metody jsou nedostatečné, lze využít přípravky uvedené v příloze II NK č. 889/2008.
- Pro zlepšování či udržení půdní úrodnosti a zásobování živinami se využívají zejména vyvážené víceleté osevní postupy, které využívají meziplodiny, zelené hnojení a podsevy. Též je možné použít statková hnojiva, komposty a leguminózy.
- Nutnost využívání osiva a sadby vyprodukovaných ekologicky. Výjimky v tomto ohledu jsou možné pouze na základě pravidel, která jsou vydaná ministerstvem zemědělství (Dvorský & Urban 2014).

3.10 Bolševník velkolepý

Bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum* Somm. et Lev). je jeden z nejvíce rozšířených druhů invazních rostlin (Nielsen et al. 2005). Jak rostlina vypadá, je možné vidět na Obr. 2.



Obr. 2 Bolševník velkolepý Zdroj: Hoskovec (2007)

3.10.1 Botanická charakteristika

Patří do řádu *Apiales* (miříkotvárné), čeledi *Apiaceae* (miříkovité). Kromě tohoto bolševníku se na našem území nachází dalších sedm popsanych druhů tohoto rodu (Dobrovodský et al. 1995).

Jedná se o dvouděložnou rostlinu dorůstající výšky 2 až 5 m, která kvete obvykle mezi třetím až pátým rokem (Pergl et al. 2006). Do té doby je ve formě přízemní růžice (Nielsen et al. 2005).

Má dutou, chlupatou, silnou, brázditě žebernatou, narůžověle až fialově zbarvenou lodyhu, která v dolní části může mít průměr až 10 cm (Bělohávková 1997). Právě ona je významným rozpoznávacím znakem, jelikož má na sobě červené flíčky a na horní části je silně ochlupená (Nielsen et al. 2005).

Listy má trojčetné či zpeřeně složené, lysé na lici a chlupaté na rubu, na okrajích listů nerovnoměrně pilovité a velké, mohou být dlouhé až 150 cm (viz Obrázek 3). Odzdola nahoru se listy na rostlině postupně zmenšují. Listové pochvy nacházející se na bázi listů jsou úzké, otevřené a s ostrými dlouhými oušky. Rostlina má často ostře špičaté, trojdílné či peřenodílné koncové lístky, kterým se také říká úkrojky. Postranní lístky má rostlina řapíčkaté, na vrcholu zašpičatělé a dlouze vytažené, v obrysu podlouhlé a vejčité. Vrchní lodyžní lístky má výrazně menší s velmi rozšířenými pochvami (Bělohávková 1997).

Bolševník velkolepý má květenství složené z velkých okolíků a dalších 100 až 150 okolíčků. Okolíky jsou velké a postranní okolíčky jsou menšího vzrůstu (Černý et al. 1998). Jejich květenství můžete vidět na Obr. 4.

Květy mají bílé až růžové zbarvení (Drever & Hunter 1970; Prinz & Koster 1976). Jsou oboupohlavné a protandrické. Tyto dvě fáze opylení nejsou perfektně izolované od sebe, takže může dojít k jejich překrytí, což může vést k opylení květem jiné rostliny stejného druhu, čemuž se říká geitonogamní opylení (Tiley et al. 1996). Plodem bolševníku je plochá, tlustá a žebernatá dvounažka (Černý et al. 1998).

V našich podmínkách rostlina vykvete pouze jednou za svůj život, a to od června do srpna (Perglová et al. 2006). Za tu dobu dokáže vyprodukovat velké množství semen. Jedná se průměrně o 20 000 semen z jedné rostliny (Drever & Hunter 1970; Prinz & Koster 1976).

Velmi často bolševník vytváří husté a vysoké monokultury porostů, které zabraňují růstu jiných druhů rostlin. To způsobuje dominantní výskyt této rostliny na velkých plochách, čímž dochází k radikálním změnám společenstev, a tím k úbytku citlivějších druhů rostlin.

Mimo to je bolševník velmi toxický. V případě, že dojde k potřísnění šťávou z bolševníku, do 24 hodin se na kůži objeví puchýře, jejichž léčba je zdlouhavá a můžou zůstat trvalé následky v podobě pigmentových skvrn (Nielsen et al. 2005).



Obr.3 List bolševníku velkolepého. Zdroj: Pladias (2024)



Obr. 4 Květenství bolševníku velkolepého Hoskovec (2007)

3.10.2 Vývoj rostliny

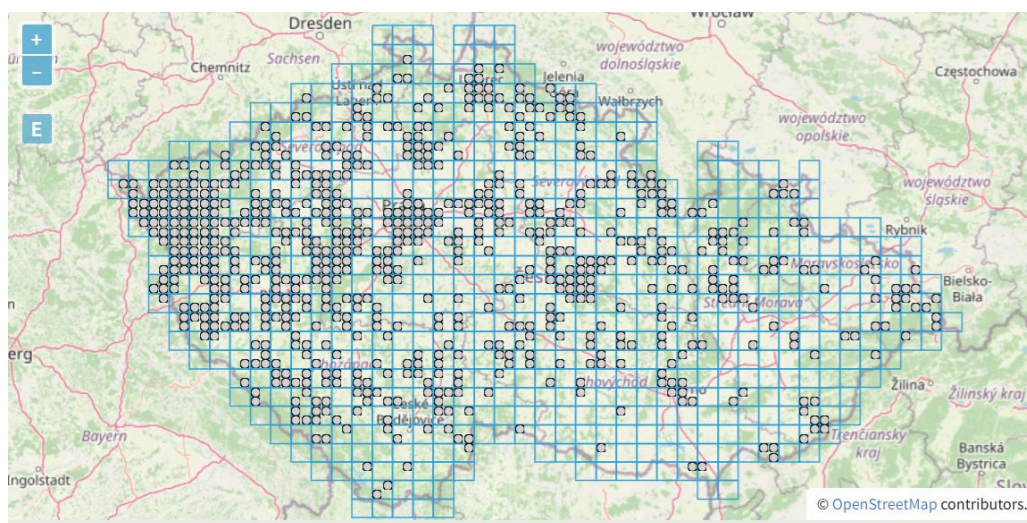
Jak je zde již uvedeno, rostlina vyprodukuje velké množství semen. Když nastane uvolnění semen z mateřské rostliny, dojde k jejich uložení do půdy do tzv. půdní semenné banky, která představuje významnou roli pro vývoj populace bolševníku. Velké množství semen zůstane ve svrchní půdní vrstvě o hloubce cca 5 cm. Některá jsou prázdná nebo mrtvá a další se rozpadnou ještě během zimy. Zbytek je na jaře připraven vyklíčit, jelikož jejich dormance byla přerušena zimním obdobím. Většina semen v semenné bance je v průběhu jarního klíčení vyčerpána a v létě zahrnuje jen přibližně 200 živých semen/m². Toto množství setrvává v dormantním stavu, některá semena přežijí více než jeden rok v půdě a některá i dva roky ode dne, kdy byly uvolněny z mateřské rostliny (Nielsen et al. 2005).

Bolševník velkolepý začíná rašit na počátku března. K růstu listové masy dochází v průběhu dubna a května, a k rozvíjení poupat na konci června a na začátku července. Kvetení startuje u většiny těchto rostlin v červenci, a to v jeho první polovině. Nažky dozrají v průběhu srpna a následně opadnou (Faiman 1995).

3.10.3 Původ a jeho rozšíření

Bolševník velkolepý pochází ze západního Velkého Kavkazu. Vyskytuje se tam na druhově bohatých horských loukách, na okrajích lesů a na mýtinách (Nielsen et al. 2005). V roce 1817 byl zavlečen do Anglie do botanické zahrady Kew Gardens v Londýně. Za nedlouho se rozšířil po celé Evropě. U nás, v České republice, byl poprvé nalezen jako okrasná rostlina v zámeckém parku Lázní Kynžvart roku 1862. Odtud pokračoval s rozšiřováním do dalších oblastí České republiky, a to až do druhé poloviny 20. století, kdy se začaly vyskytovat varovné zprávy v západoevropské literatuře o rizicích spojených s tímto druhem invazní rostliny (Nielsen et al. 2005; Černý et al. 1998). Dnes je bolševník rozšířený v převážné části států ve střední a severní Evropě, kde vyvolává značné množství problémů

(Černý et al. 1998). Na jeho invazi se významně podílí i skutečnost, že se opouští od zemědělství (Thiele et al. 2007). Veškeré jeho rozšíření kromě v Kavkazu je zapříčiněno lidskou činností (Otte et al. 2007). Výskyt u nás, v České republice je zobrazen na Obr. 5.



Obr. 3 Rozšíření bolševníku velkolepého Zdroj: Pladias (2024)

3.10.4 Stanoviště

Můžeme ho nalézt na velmi rozmanitých stanovištích, jako jsou vlhčí neobhospodařované louky, příkopy, břehy, okraje lesů, podél cest a tratí apod. (Holec & Soukup 2005). Vyhovují mu vlhčí, výživné a dusíkaté půdy (Kubát et al. 2002). Nevyhovují mu zastíněné a kyselé půdy (Pyšek & Pyšek 1995).

V České republice je nejvíce rozšířený v západní části země, a to v Českém lese a na Tachovsku, dále ho můžeme nalézt například v Tepelských vrších, Podbrdsku, Poohří, Posázaví, Pošumaví, na Křivoklátsku, v Plzeňské pahorkatině, okolí Prahy atd. Upřednostňuje chladnější oblasti do 1272 m (Pyšek & Tichý 2001).

3.10.5 Způsoby rozmnožování

Bolševník velkolepý se může rozmnožovat dvěma způsoby, a to pomocí semen nebo vegetativním rozmnožováním (Černý et al. 1998).

3.10.5.1 Rozmnožování semen

Jedná se o jednodomou cizosprašnou i samosprašnou rostlinou, která kvete od konce května do srpna. Bolševník má dva typy okolíků, a to terminální, které jsou oboupohlavní, samoopylující, a postranní samčí. Semena vyprodukovaná touto rostlinou mají vysokou klíčivost a dozrávají v srpnu, v některých případech i později. I přesto, že vzešlých semenáčků je mnoho, velký počet jich na stanovišti uhne. Přeživší semenáčky vytvoří listové růžice a pomalu začnou zaplňovat plochu rostlinnou vegetací. V průběhu zimy odumírají nadzemní

části a na jaře se regenerují z dužnatých částí kořene. V následujících letech podle podmínek stanoviště a mikroklimatických podmínek vytváří rostliny generativní orgány (Černý et al. 1998).

3.10.5.2 Vegetativní rozmnožování

Tento druh rozmnožování se u bolševníku tolik nevyskytuje. I tak se s tímto způsobem můžeme setkat, a to v případech jako je rozmnožování z kořenových výmladků, z přezimujících kořenů nebo obnova rostliny z mechanicky oddělených částí kořenů. Aby došlo k tomuto druhu rozmnožování, musí se rostlina nacházet ve vhodných podmínkách. Dochází k tomu zejména na vlhkých nebo zastíněných místech, zatímco na suchých stanovištích se bolševník rozmnožuje hlavně semeny (Černý et al. 1998).

3.10.6 Způsoby rozšiřování

Tato rostlina dokáže velmi dobře proniknout do nových oblastí pomocí semen, jejichž vyprodukované množství je obrovské (Kolbek & Matějovský 1994). Ty se dokážou rozšířit mnoha způsoby, a to:

- a) úmyslně člověkem
- b) neúmyslně člověkem
- c) pomocí dopravních prostředků
- d) zvířaty
- e) vodou
- f) větrem (Černý et al. 1998).

3.10.6.1 Úmyslně člověkem

Člověk záměrně přenáší semena za účelem pěstování bolševníku buď jako okrasnou rostlinu nebo jako medonosnou rostlinu (Černý et al. 1998). Bolševník velkolepý je velmi významná nektarodárná rostlina. Vyrábí se z jeho nektaru i druhové medy s pronikavou vůní, škrabavou chutí a světle či tmavě žlutým zbarvením (Haragsim 2013). Další možností úmyslného šíření tohoto druhu rostliny je jeho použití jako dekorace. Lidé si tak vezmou z místa nálezu této rostliny suché okolíky, které obsahují zralá semena, odnesou si je s sebou, semena se poté uvolní v místě jejich bydliště a tím dochází k rozšíření bolševníku (Nielsen et al. 2005).

3.10.6.2 Neúmyslně člověkem

Tímto způsobem člověk nevědomky roznáší semena svojí činností v krajině, jako je například výstavba komunikací a dalších staveb. Při této činnosti dochází k přesunu a využití půdy, která je znečištěna semeny bolševníku velkolepého. Z tohoto důvodu je důležité využívat pouze zeminu, která není kontaminována semeny této rostliny (Černý et al. 1998). Druhou možností neúmyslného rozšiřování člověkem je přenos semen na oblečení jedince (Hodkinson & Thompson 1997).

3.10.6.3 Pomocí dopravních prostředků

Mezi dopravní prostředky, kterými může dojít k šíření semen bolševníku, patří vlaky a automobily (Černý et al. 1998). U motorových vozidlech dochází k ulpění semínka na pneumatikách a tím k rozšíření do větších vzdáleností od místa původního výskytu (Nielsen et al. 2005).

3.10.6.4 Zvířaty

Šíření semen zvířaty je označováno jako epizoochorie (Sorensen 1986). Semena se přichytí na srst savců, šupiny plazů nebo na peří ptáků (Hodkinson & Thompson 1997). Tímto druhem šíření se mohou semena roznést na velké vzdálenosti (Dobrovodský et al. 1995).

3.10.6.5 Vodou

Jelikož bolševník roste mnohdy nedaleko vodních toků, je považován přenos semen proudem vody za jeden z hlavních způsobů rozšiřování této rostliny (Nielsen et al. 2005; Dobrovodský et al. 1995). Voda dokáže přesunout velké množství semen velmi účinně na velice dlouhé vzdálenosti (Nielsen et al. 2005). Semena dokážou plavat 3 dny do doby, než se potopí. Na okrajích potoků a řek mají vhodné vegetační podmínky, což vede k zarůstání břehů a jejich dalšímu rozšiřování (Dobrovodský et al. 1995). Druhou možností šíření semen vodou jsou záplavy a povodně (Nielsen et al. 2005).

3.10.6.6 Větrem

V neposlední řadě je možnost šíření semen větrem. Tímto způsobem dochází k přenosu na kratší vzdálenosti, například několik desítek či stovek metrů (Černý et al. 1998; Dobrovodský et al. 1995; Nielsen et al. 2005).

3.10.7 Zdravotní rizika

Rostlina bolševníku velkolepého je velmi jedovatá. Mezi nejtoxičtější části rostlin patří nezralé plody. Vytékající šťáva z poraněných tkání rostliny obsahuje látky jménem furanokumariny a psoraleny, které při dotyku s pokožkou způsobují dráždivé a pálicí zanícené plochy (Baloun et al. 1989; Page et al. 2006).

Neobvyklým projevem toxicity této rostliny je tzv. fotosenzibilizace, což znamená, že organismus jedince je po styku s furanokumaríny a psoraleny citlivý na kontakt se slunečním světlem (Lagey et al. 1995). Princip je takový, že organismus absorbuje na krátkou dobu obrovské množství slunečního záření, čímž dá vznik aktivované molekule fototoxické látky, která v případě kontaktu šťávy z bolševníku s pokožkou bude spuštěna slunečním zářením. Po aktivaci molekuly předají svoji energii do okolí a tím poškozují tkáň. Vytvoří se kyslíkové radikály, které jsou vysoce aktivní a mohou se projevit porušením syntézy bílkovin, poruchami buněčného dělení nebo změnami permeability membrán (Walker et al. 2003).

Nejvíce furanokumarinů nalezneme v plodech, méně ve středních listech a nejméně ve stopce. Psoralen je nejrozšířenější v listech bolševníku (Pira et al. 2006). Obsah těchto látek se může v průběhu života rostliny změnit, například při vystavení bolševníku stresu z nízké či

vysoké teploty, UV záření, pastvě či infekcím. Když nastanou tyto situace, dojde k obrovskému nárůstu toxických látek (Zobel & Brown 1990). Největší množství furanokumarinu a psoralenů obsahuje rostlina v průběhu června, a naopak nejmenší v listopadu (Pira et al. 1989). Postupem času se mohou zanícená místa změnit v puchýře a vezikuly, které obsahují neprůhlednou lymfatickou tekutinu (Baloun et al. 1989).

Mimo to může pyl z květů vyvolávat u citlivých jedinců silné alergické záchvaty (Dobrovodský et al. 1995).

První pomocí je pečlivé omytí zasaženého místa vodou s mýdlem a následné zabránění kontaktu s UV zářením. Při zasažení očí je velmi důležité je vypláchnut vodou a poté nosit brýle. Při těžkém zasažení je vhodné navštívit lékaře (Dissemond 2005).

3.10.8 Prevence

V boji proti bolševníku velkolepém je prevence velmi důležitá. Aby byla účinná, je zapotřebí věnovat pozornost nejen oblastem, které mají pro bolševník vhodné podmínky stanoviště, ale také do kterých se semena dokážou velmi lehce dostat.

Nejprve je nutné zmapovat veškeré současné populace. Jedná se o poměrně snadnou práci, jelikož bolševník lze rozeznat od ostatních rostlin podle jeho velikosti. K tomuto je možné zapojit i veřejnost prostřednictvím informačních kampaní, kde obyvatelé naleznou veškeré informace o této škodlivé invazní rostlině a budou její výskyt moci nahlásit příslušné osobě (Nielsen et al. 2005). Pro včasné odhalení invaze se také používá letecké snímkování, což je značně používaná metoda v dálkových průzkumech, pomocí nichž může člověk monitorovat složení populace rostlin (McCormick 1999; Higgins & Richardson 1999). Dále se používají satelitní snímky, drony a materiál z GIS (geografický informační systém) (Vojtová 2021). Pomocí snímků se dá bolševník dobře rozeznat z výšky hlavně v době květu, což je od června do srpna (Müllerová et al. 2005). Je možné určit začátek invaze, ohnisko a také možný směr rozšiřování v budoucnu, pokud se budou porovnávat snímky z minulosti se současnými (Pyšek et al. 2008a).

Po zmapování přichází na řadu osobní návštěva těchto míst. Úkolem je potvrdit či vyvrátit přítomnost bolševníku, zhodnotit rozsah invaze, vlastnické poměry a přístupnost. Lokality narušené touto rostlinou je podstatné zaznamenat a uchovat pomocí záznamových map a listů s ručně vytyčenými místy nebo pomocí počítačových databází či GIS.

Místa, která byla zhodnocena jako vysoce riziková, je velmi důležité identifikovat a monitorovat. Měly by v těchto oblastech probíhat pravidelné kontroly, které by se zaměřily kromě bolševníku také na jiné škodlivé invazní rostliny. K tomu, aby se mohlo určit, která místa jsou riziková, je zapotřebí znát nároky bolševníku na stanoviště.

Mezi preventivní opatření v oblastech, které jsou náchylné k invazi, patří například zabránění přísunu semen či změna způsobu obhospodařování krajiny. Aby nedocházelo k šíření semen, je důležité zakázat pěstování bolševníku jako okrasnou rostlinu na zahrádkách, parcích atd. Také je zapotřebí přednostně ošetřit koridory, jakožto břehy, okraje silnic a železnic, kde by mohlo dojít k přenosu semen dopravními prostředky či převozem zeminy. Vzhledem k tomu, že bolševník nemá rád zastíněná místa, je možné na nezemědělsky využívaných plochách zamezit růstu bolševníku vysazením stromů či keřů. V místech ohrožených invazí je potřeba zabránit ničení vegetačního krytu.

V případě, že preventivní opatření selhalo, je nutné provést urychleně likvidaci (Nielsen et al. 2005).

3.10.9 Způsoby hubení

Bolševník velkolepý se řadí mezi nejnebezpečnější invazní rostliny na území České republiky. Z důvodu jeho toxicity je nezbytné při jeho likvidaci použít ochranné pomůcky jako jsou např. ochranný nepropustný oděv, ochranné brýle, obličejový štít či respirátor (Nielsen et al. 2005).

U rostlin rozmnožujících se semeny jako bolševník, je zapotřebí objevit a zajistit primární zdroj zaplevelení, který ovlivňuje a zapleveluje další oblasti. Z tohoto důvodu se se státními orgány vypracovává tzv. koordinační strategický plán postupu likvidace, který by cílevědomě organizoval likvidaci (Černý et al. 1998).

Mezi způsoby hubení bolševníku velkolepého patří mechanické a agrotechnické zásahy, či hubení pastvou (Černý et al. 1998; Dobrovodský et al. 1995). Dalším způsobem likvidace je použití herbicidu (Pergl & Perglová 2023).

3.10.9.1 Mechanický způsob hubení

Mezi tento způsob se řadí sekání, vyrývání a vykopávání (Černý et al. 1998; Dobrovodský et al. 1995).

Sekání

Sekání lze označit za nejjednodušší způsob regulace bolševníku. Účinnost sekání se odvíjí dle vývojové fáze posekané rostliny. Provádíme buď sekání vegetativních orgánů, sekání během kvetení nebo v době vzniku zelených semen.

První možnost zabrání vzniku semen a květu, ale zcela nevyhubí bolševník. Druhá varianta zamezí přímému vytvoření semen, také však rostlinu nezničí. Rostlina obvykle zregeneruje a vytvoří jiné menší květenství. Z tohoto důvodu je důležité zásah několikrát do roka opakovat. Poslední možnost, sekání v době vzniku zelených semen, je neúčinnější, jelikož některé rostliny s useknutým květenstvím uhynou, a to i s podzemními částmi.

V případě, že není rostlina při sečení rozštěpována, je nutné části s okolíky a zelenými semeny spálit. Musí se to provést, aby nedošlo k opětovnému vysemenění (Černý et al. 1998; Dobrovodský et al. 1995).

K sečení lze použít různé zemědělské mechanizační prostředky. Záleží, kde k tomuto způsobu hubení dochází. Jedná-li se o plochy, které jsou přístupné pro tyto prostředky, můžeme využít všestranné kolové traktory obsahující adaptéry s cepovým žacím ústrojím nebo kladívkové drtiče. Pokud se, ale jedná o plochy nepřístupné, je zapotřebí použít ruční nářadí jako je kosa, mačeta, popřípadě křovinořez. Ne však všechny tyto prostředky lze využít vždy. Kosa je vhodná pro sečení výhradně v rané fázi rostliny. V této úrovni má bolševník mechanicky nepříliš odolné tkáně. Mačeta dokáže posekat i vzrostlou rostlinu, ale kromě toho, že je práce s ní namáhavější, existuje velké riziko potřísnění šťávou z bolševníku. Použití křovinořezů se doporučuje u mladých rostlin do výšky cca 80 cm (Černý et al. 1998).

Vyrývání a vykopávání

Tyto dva způsoby se využívají jen výjimečně. Musí se vyrýt či vykopat celá hlava kořene, a to alespoň do hloubky 20 cm, aby byly odstraněny dělivá pletiva hypokotylu, a poté je možné vyndat i kořeny. Na vlhkých místech nelze toto uplatňovat, jelikož bolševník zregeneruje z kořenových zbytků v půdě (Černý et al. 1998; Dobrovodský et al. 1995).

3.10.9.2 Agrotechnické zásahy

Mezi tyto zásahy proti bolševníku můžeme zařadit např. orbu, rotavátorování či jejich kombinaci (Černý et al. 1998).

Orba

Jedná se o základní zpracování půdy. Orbou dochází k promísení, obracení, prokypření a rozdrobení půdy. Také se pomocí ní zapravují posklizňové zbytky či hnojiva. Podporuje mikrobiální aktivitu, vodní režim a obsah vzduchu v půdě (Šimon et al. 1989; Hůla et al. 1997).

V boji proti bolševníku je orba na hospodářsky využívaných pozemcích velmi účinná (Dobrovodský et al. 1995). Rozeznáváme 5 úrovní hloubky, a to mělká do 18 cm, střední 18-24 cm, hluboká 24-30 cm a velmi hluboká nad 30 cm (Šimon et al. 1989; Hůla et al. 1997). V případě invaze bolševníku je vhodná orba hluboká do 25 cm, jelikož umožní přesunutí horní vrstvy zeminy obsahující semena do hloubky, čímž dojde k překrytí této vrstvy vyoranou půdou zamezující vyklíčení semen (Nielsen et al. 2005).

Po zorání se doporučuje na pozemku zasít konkurenčně silnou obilninou. Může se jednat např. o žito ozimé, ječmen jarní atd. a ošetřit ji povolenými přípravky proti možným semenáčkům (Černý et al. 1998; Dobrovodský et al. 1995).

Rotavátorování

K rotavátorování dochází, když se provede sečení rostlin v době květu s následným spálením nadzemních částí. Pomocí této činnosti je možné do půdy zapravit osivo LOS (Černý et al. 1998).

Kombinace orby a rotavátorování

Tato kombinaci lze považovat za velmi účinnou, obzvláště když je doplněna vysetím LOS (Černý et al. 1998).

3.10.9.3 Hubení pastvou

K tomuto způsobu hubení se využívá jak skot, tak i ovce. Pastvou však nelze bolševník úplně vyhubit, je možné ho alespoň významně omezit. Posléze je zapotřebí posekat nedopasky, aby v době přerušení pastvy nedošlo k regeneraci a následnému kvetení rostliny (Černý et al. 1998; Dobrovodský et al. 1995).

Ovce i skot mají rádi mladé a svěží rostliny. Z tohoto důvodu, chceme-li dosáhnout skvělého výsledku, musíme pastvu uskutečnit hned na začátku vegetace. Zvířata si musí nejprve na chuť bolševníku zvyknout. Poté patří mezi nejoblíbenější složku jejich jídelníčku a dávají mu přednost před jinou vegetací (Nielsen et al. 2005).

Dle hustoty porostu a ročním obdobím se určuje intenzita pastvy. Na počátku vegetace, tedy na jaře, je vhodná vyšší intenzita cca 20-30 ovcí na hektar, ale již na konci června lze zredukovat množství ovcí na 5-10 na hektar (Nielsen et al. 2005).

3.10.9.4 Chemická metoda

Tento způsob likvidace bolševníku velkolepého je efektivní, je-li aplikace herbicidu provedena správně a ve správnou dobu. Jelikož je bolševník citlivý na velké množství herbicidů, je možné použít totální i selektivní herbicidy. Za nejvhodnější dobu aplikace herbicidů se uvádí květen. V této době rostliny dosahují délky přibližně 0,5 m, což umožňuje rozptýlení aerosolu aplikovaného postřikem shora na listy do širokého okolí. Nutná je kontrola, která by se měla provést za 1 až 2 týdny po zásahu a v případě výskytu dalších rostlin aplikaci herbicidu opakovat. Koncentrace herbicidu by neměla být vyšší než 3 % a měla by odpovídat informacím uvedených na etiketě. V případě, že se bolševník vyskytuje roztroušeně či v malém množství, lze aplikovat herbicid kontaktním způsobem. A to tak, že se natrou přímo listy či řezné plochy stonku. Tento způsob je šetrný k okolní vegetaci. Další možností je injektáž kořenů a stonků. Tento způsob je sice šetrný, ale také finančně a časově velmi náročný, proto se využívá jen v oblastech, které jsou vysoce citlivé (Pergl & Perglová 2023).

3.10.10 Zhodnocení opatření k omezování bolševníku velkolepého

Vzhledem k tomu, že se bolševník velkolepý rozšiřuje převážně semeny, se jeví jako nejlepší možnost pro jeho úspěšné odstranění zbavení jeho reprodukčních částí. V případě, že by k tomuto docházelo soustavně několik let, mohlo by dojít k vyčerpání všech semen v půdní bance (Nielsen et al. 2005; Perglová et al. 2007).

Použijeme-li k eliminaci bolševníku velkolepého mechanická opatření, musíme myslet na regenerační schopnosti bolševníku (Pyšek et al. 2007a). Jelikož je tato rostlina schopna zregenerovat po poškození, je bolševník možný zničit mechanicky pouze přetnutím kořenů přibližně v patnácti centimetrové hloubce. V případě použití jiných zákroků dochází k oslabení, ale ne vždy k odstranění rostliny (Nielsen et al. 2005). Na to, zda rostlina obnoví svůj růst nebo ne, má vliv mnoho dalších faktorů. Jedním z nich je načasování zásahu. Jestliže se provede zákrok v raném stádiu rostlinného vývoje, je naděje na uhynutí rostliny nižší, než kdyby se provedl zákrok později (Pyšek et al. 2007b). V případě, že by byla rostlina poškozena ještě před vrcholem kvetení, zregeneruje lépe, jelikož v této době má často dostatek zásob pro obnovu (Tiley et al. 1996; Nielsen et al. 2005). Dalším faktorem ovlivňující regeneraci bolševníku je způsob poškození a typ zásahu aplikovaný na rostlinu. Zatímco rostliny, kterým byla lodyha zastřižena na úrovni zemského povrchu, mohou svůj růst obnovit od stonkové báze, rostliny s neodstraněným celým stonkem se mohou rozvětvit a vytvořit další květové výhonky z listových uzlin nacházejících se mezi stonkem a řapíkem (Tiley & Philp 1997). Také významný podíl na regeneraci má vitalita. Oslabená rostlina vloží do obnovy výhonků menší množství energie než rostlina, která je odolná (Pyšek et al. 2007b).

Mezi lety 2010 a 2013 proběhla likvidace bolševníku na 684,46 ha v povodí Kosího potoka v Karlovarském kraji, kde činily náklady cca 8,5 milionu korun (z toho 90 % tedy cca 1,07 mil korun činila dotace) a na 13,7 ha v povodí Huťského potoka a říčky Tiché

v Karlovarském kraji, kde byly náklady cca 934 152 Kč (z toho 90 % tedy 840 736,8 Kč činila dotace). Byly použity mechanické, chemické metody či jejich kombinace. V této oblasti také probíhal od roku 2013 do roku 2015 projekt likvidace křídlatek, bolševníku velkolepého a netýkavky na ploše 2800 km². Celkové náklady této operace byly 82 253 832 Kč, z toho 73,42 milionu korun činily dotace (Pocová et al. 2013).

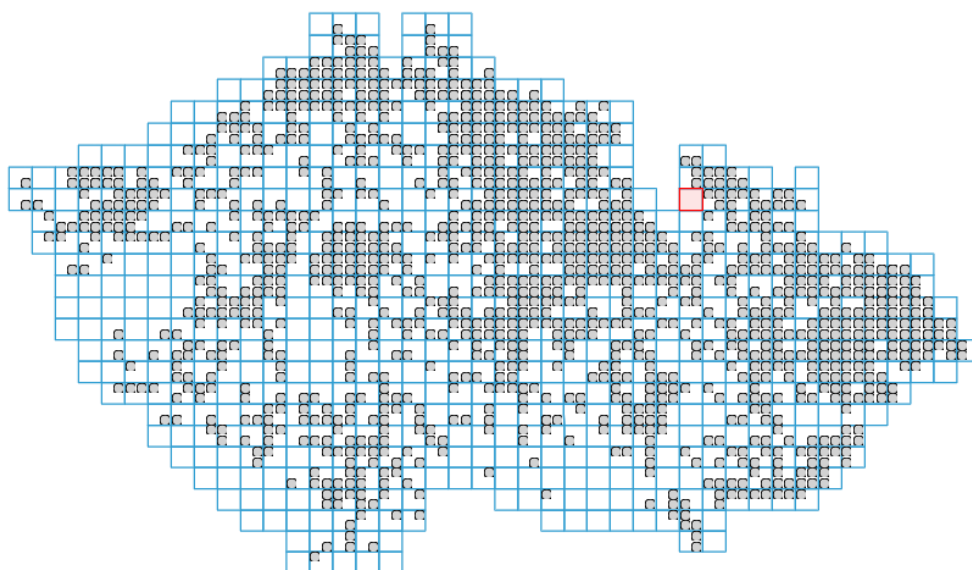
3.11 Křídlatky

Na území České republiky se nachází tři druhy křídlatek, a to křídlatka japonská, křídlatka sachalinská a křídlatka česká.

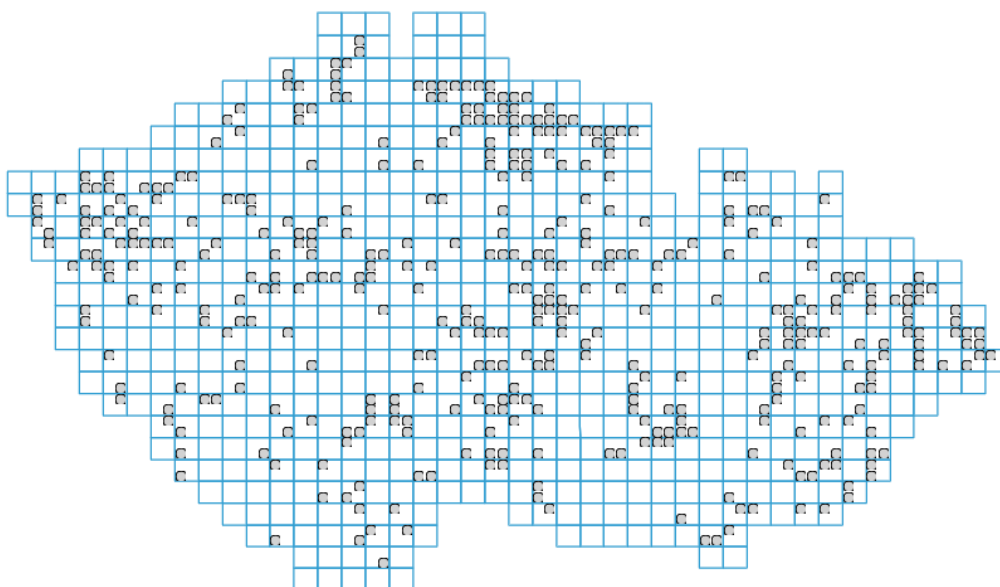
Křídlatka japonská má dva poddruhy. Jedná se o křídlatku japonskou pravou a křídlatku japonskou tuhou (Mandák et al. 2004b).

3.11.1 Rozšíření

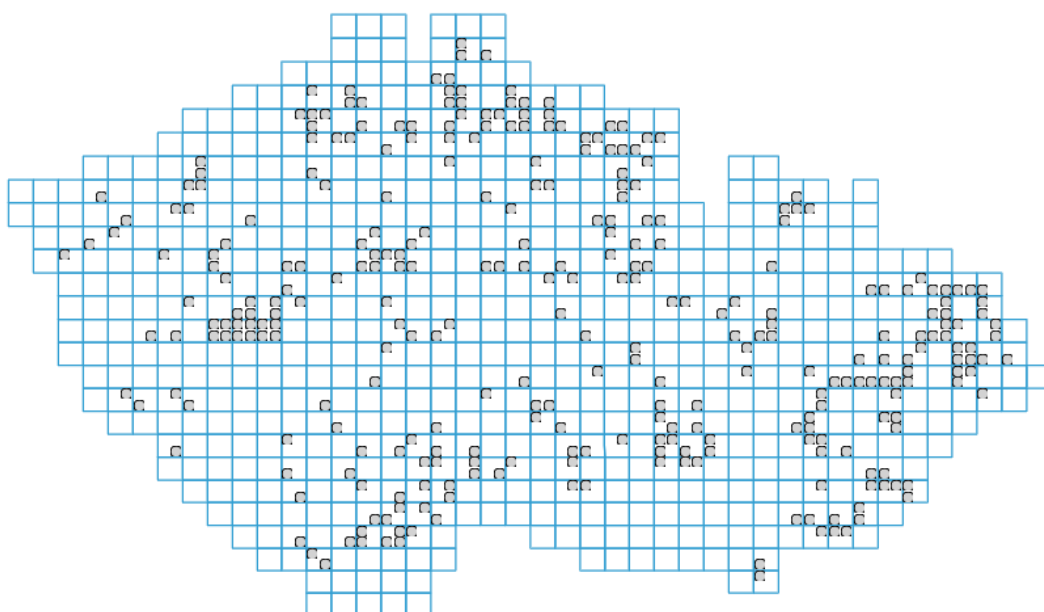
Křídlatky pocházejí z východní Asie, přesněji z Japonska, Koreji, Taiwanu, Číny a Sachalinu (Gerža 2005; Beerling et al. 1994). V Evropě se křídlatky objevily až v 19. století, křídlatka japonská roku 1825 a sachalinská roku 1869. Do České republiky se dostala křídlatka japonská až roku 1883, sachalinská roku 1921 a česká roku 1983. Byly zavlečeny podobným způsobem jako bolševník velkolepý. Nejprve sloužily na zahrádkách a parcích jako okrasná rostlina, jelikož byly zajímavé svými listy a květy, nebo jako medonosná či krmná rostlina (Gerža 2005; Mandák et al. 2004a). K jejich rychlému rozšiřování docházelo až ke konci 20. století, kdy obsazovaly nová stanoviště jako jsou např. okraje silnic, břehy vodních toků, skládky, opuštěná místa apod. V současné době je za jejich obsazování dalších stanovišť zodpovědný z velké části transport zeminy znečištěné semeny křídlatky (Hrušková 1997). Jejich výskyt v České republice je znázorněn na Obr. 6, 7 a 8.



Obr. 4 Rozšíření křídlatky japonské. Zdroj: Pladias (2024)



Obr. 5 Rozšíření křídlatky sachalinské. Zdroj: Pladias (2024)



Obr. 6 Rozšíření křídlatky české. Zdroj: Pladias (2024)

3.11.2 Botanická charakteristika

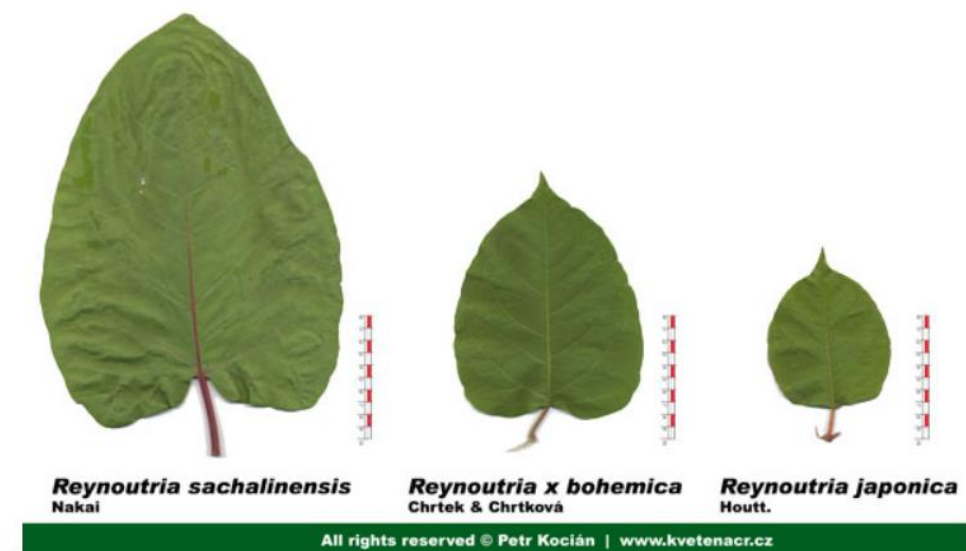
Křídlatky, latinským názvem *Reynoutria* patří do čeledi *Polygonaceae* (rdesnovité), řádu *Polygonales* (rdesnotvarné) a do třídy *Magnoliopsida* (dvouděložné) (Mlíkovský & Stýblo 2006).

3.11.3 Popis

Jedná se o vytrvalé dvoudomé rostliny, které mají hodně rozvětvené, dlouhé a silné oddenky (Hrondová 1997; Černý et al. 1998). Dosahují délky až 8 cm a často u nich dochází k dřevnatění (Chrtěk 1990; Černý et al. 1998; Hrondová 1997). Od mateřské rostliny mohou být vzdáleny 15-20 metrů (Černý et al. 1998). Lodyhy mají duté, přímé, křehké, v horní části větvené, barvy šedozelené (Beerling et al. 1994). Jejich listy jsou celokrajné, řapíkaté, zelené až světle zelené a rozložené dvouřadě. Květenství křídlatek se skládá z lat mnohokvětých lichoklásků. Květy jsou jednopohlavné, mají barvu bílou a jsou drobného vzrůstu. Samičí květy se skládají z krátkých tyčinek a dlouhých pestíků a samčí z dlouhých tyčinek a krátkých pestíků. Květení nastává od července do října. Plodem je nažka, která je trojhranná, 2,5-4 mm dlouhá a černohnědá až černá (Černý et al. 1998).

Jednotlivé druhy křídlatek se od sebe trochu liší. Jejich rozdíly v listech je možné vidět na Obr. 9.

- Křídlatka japonská pravá – lodyha této křídlatky dorůstá do výšky přibližně 3 metrů, má na sobě často červené flíčky. Listy má tuhé, lysé, s 5-12 cm dlouhou a 5-8 cm širokou čepelí a v široce vejčitém tvaru s uťatou spodní částí a zašpičatělou špičkou. Jejich barva je zelená až šedozelená. Velikost řapíku je přibližně 1-3 cm (Beerling et al. 1994). Květenství vyrůstající z úžlabí listu a je často z části převislé. Květy má drobné bílé, můžeme je vidět od července do září. Plod dosahuje velikosti maximálně 4 mm. (Cvachová et al. 2002).
- Křídlatka japonská tuhá – rozdíl mezi pravou japonskou křídlatkou a touto je její velikost. Výška, do které může dorůst, je nanejvýš 70 cm (Beerling et al. 1994). Další odlišností je červená pigmentace na její lodyze a barva květů či plodů. Květy jsou růžové a plody vínové (Cvachová et al. 2002).
- Křídlatka sachalinská – tato křídlatka má mnoho rozdílností jako např. listy, květenství či barva květů. Listy mají větší velikost. Jejich délka je cca 25-30 cm a šířka 15-20 cm. Na spodní části není uťatý, ale srdčitý. Jelikož je velice měkký, vypadá, že je zvadlý. Květenství na rozdíl od křídlatky japonské není převislé a květy má bílé se zeleným či méně častým žlutým zbarvením (Doležalová 2015).
- Křídlatka česká – jedná se o křížence křídlatky japonské a sachalinské. Pro odlišení od ostatních křídlatek je nutné se podívat na ochlupení. Na rubu listů se nachází drobné, roztroušené chloupky se ztloustlou bází. Květy má bílé nebo narůžovělé (Pyšek & Tichý 2001).



Obr. 7 Rozdíly v listech jednotlivých křídlatek. Zdroj: Květena ČR (2023)

3.11.4 Způsoby rozmnožování

Rozmnožování křídlatek probíhá zejména vegetativně, a to za pomoci oddenků. Těmito oddenky se rostlina snadno uchytí a zakoření. K tomu, aby se takto křídlatka rozmnožila, jí stačí kousek o váze přibližně 0,7 g a (Mlíkovský & Stýblo 2006; Czernik et al. 2019; Pyšek et al. 2003).

Ke generativnímu rozmnožování neboli semeny, může docházet pouze u křídlatky sachalinské a české (Mandák et al. 2005; Bímová et al. 2004). Této skutečnosti nasvědčuje i genetická rozmanitost (Mandák et al. 2005). K tomuto způsobu reprodukce dochází jen zřídka, neboť semena nestihnou dozrát. Ovšem kvůli teplotním změnám v posledních letech bylo u těchto druhů zaznamenáno více případů, kdy se rozmnožily pomocí semen (Kroutil 2011). U křídlatky české to nastane jen v případě, že se v jedné lokalitě vyskytuje samičí rostlina křídlatky japonské a plodná samčí rostlina křídlatky sachalinské (Chrtek 1990). U křídlatky japonské generativní způsob rozmnožování není možný. Je to z toho důvodu, že pouze samičí klon byl zavlečen do Evropy. Nenalezneme tu tedy pylová zrna (Kroutil 2011).

3.11.5 Způsoby šíření

Křídlatky se u nás rozšiřují převážně vegetativním způsobem pomocí oddenků a lodyh. Ke generativnímu způsobu šíření, tj. semeny u nás dochází jen zřídka, jelikož semena v našich podmínkách většinou nestihnou dozrát (Pyšek & Tichý 2001). Nejvýznamnějším vegetativním způsobem šíření lodyh a oddenků je šíření vodou a přepravovanou půdou (např. práce na stavbě, atd) (Pyšek & Prach 1993). Křídlatka japonská se šíří také pomocí vody (Černý et al. 1998).

3.11.6 Prevence

Za nejúčinnější metodu, která vede k poklesu ekonomických a environmentálních dopadů způsobených šířením nepůvodních druhů rostlin, se považuje prevence (Tokarska-guzik et al. 2012). Prevence spojená s včasnou reakcí, což může být rychlá likvidace málopočetné populace, je levnější oproti řešení důsledků invaze. Nastává však problém pozdní identifikace invaze i pozdější upozornění na nová ohniska křídelky. Tato situace spočívá v neinformovanosti veřejnosti, což dokládá i fakt, že na otázku „Co je křídelka japonská“ odpovědělo z 20 dotázaných, kteří byli ve věku 15-74 let, 8 neví, 6 hmyz, 2, že je to bezmotorové letadlo, a pouze 5 dotázaných uhádlo, že jedná o rostlinu (Vrbová 2019).

3.11.7 Likvidace

Mezi možnosti likvidace křídelky patří metody mechanické biologické a chemické (Vrbová 2021). Mimo ty existuje ještě možnost eliminace křídelky pomocí pastvy, která se často řadí mezi biologické způsoby (Černý et al. 1998).

3.11.7.1 Mechanické metody

Mezi mechanické metody likvidace se řadí například kosení, vykopávání rostlin atd.

Kosení

Kosení je mechanický způsob ničení křídelky, který je nutný používat dlouhodobě a opakovaně. Jelikož křídelky dokážou rychle zregenerovat a mají též velké zásoby živin v oddencích, je tato metoda v opačném případě neúčinná. Na kosení se používá kosa, mačeta či křovinořez. Nejčastějším nástrojem je právě křovinořez.

V době, kdy nemá rostlina ještě ukončený růst a nezačala ukládat asimiláty do rhizomů, lze provést první zásah. Z pravidla se jedná o polovinu května. V této fázi je kosení jednodušší a také nejsou úplně vyvinuty výhonky. Jak často se bude kosení opakovat záleží především na růstu rostliny. Jelikož je příhodné kosit křídelku co nejbližší u země, je vhodné dodržet optimální výšku tedy 40 cm. Počet sečí se liší v prvním roce a v letech následujících. Zatímco v prvním roce může dojít až k 8 sečím, v následujících letech přibližně k 6 sečím za rok. Během května a června provádíme dle rychlosti růstu 4-6 sečí. Každá následující seč zvyšuje náklady a není tak účinná (Soll 2004; Barták et al. 2010). Další seče se provádí po letní přestávce, tedy od druhé poloviny měsíce srpna. Letní přestávka je důležitá pro vykvetení ostatních bylin a k dozrání semen. Je možné a výhodné podsít křídelku trávou. Ta omezuje erozi a snáší kosení. Rostliny, které byly pokosené, na menších hromádkách, se doporučuje usušit. Zároveň se musí kontrolovat, zda rostlina neobráží. Když rostliny uschnou, spálí se.

Výhodou této metody je, že nepoužívá cizorodé látky a že je citlivá vůči okolnímu prostředí. Naopak nevýhodou je velká časová náročnost a koordinace, a hlavně ústup rostlin až po třech letech. Kosením nelze nikdy dosáhnout úplného zlikvidování. Je vždy zapotřebí následná péče, která trvá alespoň 4 až 7 let (Barták et al. 2010).

Vykopávání rostlin

Tuto metodu lze úspěšně provádět jen v počáteční fázi výskytu křídlatek nebo v případě potřeby vykopat pár konkrétních vyskytujících se rostlinek. Jde o značně namáhavou a z důvodu dalšího šíření velmi rizikovou metodu. Odstraňují se úplně celé rostliny i s oddenky, které však mohou být zakořeněné až ve dvoumetrové hloubce. Tento způsob likvidace křídlatek se provádí pokaždé po obnově porostu po předešlé zásahu, a to hned několikrát za vegetaci. K vykopávání se používají rycí vidle. Po vykopání a vytrhání se biomasa nechá usušit a následně se spálí na místech k tomu vhodných. Na podzim, kdy proběhne poslední ošetření vegetace, je vhodné v dané lokalitě vysít travní směs.

V praxi je tato metoda považována za nepříliš vhodnou, jelikož existuje velké nebezpečí, že dojde k nařízkování a s ním spojené namnožení rostlin. Výhodou je, že se k likvidaci křídlatek nepoužívají cizorodé látky, které by se dostávaly do prostředí. Nevýhodou je, že tato metoda vyžaduje přístup, který je zodpovědný a pečlivý. Existuje také nebezpečí, že se křídlatka rozšíří pomocí oddenků. Z toho důvodu je zapotřebí omezit na minimum převozy zbytků rostlin a zabránit jejich odnášení vzduchem a vodou. Též hrozí zvýšená půdní eroze následující po narušení půdy vykopáním (Barták et al. 2010).

Orba

Jelikož se křídlatky mohou vyskytnout i na orné půdě, může orba přispět k jejich odstranění. Musí být však použita správná agrotechnická opatření jako je například hluboká orba. Také je velmi důležité odstranit veškeré oddenky a jiné části rostlin, které byly vyorané, aby nedošlo k jejímu rozšíření. Zároveň je nutné zlikvidovat všechny oddenky, které se zachytily na zemědělské technice (Tokarska-Guzik 2012).

Další způsoby

Mezi další mechanické způsoby likvidace křídlatek se považuje ruční trhání oddenků anebo vypalování celých rostlin. Ale ani tyto metody mechanické destrukce nejsou nijak moc účinné (Černý et al. 1998).

3.11.7.2 Biologické metody

Tato metoda využívá k likvidaci přirozené nepřátele jednotlivých druhů. Jedná se například o živočichy, plísně anebo houby. Na rozdíl od místa svého původu není u nás křídlatka přirozenými nepříteli limitována. Zatímco v Asii jsou jejími přirozenými nepřáteli listožravý hmyz a houbové patogeny, v České republice je možnost biologického způsobu eliminace křídlatek zatím ve výzkumu (Barták et al. 2010).

Možným zástupcem přirozeného nepřátele křídlatek by mohl být lalokonosec rýhovaný, jehož larvy se krmí oddenky a kořeny rostlin a jejich dospělci zase listy křídlatek (Barták et al. 2010; Černý et al. 1998). Udává se, že tento škůdce již zničil velké množství těchto rostlin (Beerling et al. 1994). Také ve Velké Británii probíhá zároveň výzkum biologické kontroly křídlatek. K tomu se využívá *Aphalara itadori*, což je selektivní savý hmyz patřící do čeledi merovitých (*Psyllidae*). Tento druh se dokáže velice rychle rozmnožit a oslabit rostliny obdobným způsobem jako mšice, tedy sáním. Navíc tento druh napadá pouze rostliny rodu

Reynoutria spp. Mezi další možné pro křídlatku biologické nepřátele patří vřecovýtrusná houba *Mycosphaerella polygoni-cuspidati* (Barták et al. 2010).

Výhodami této metody jsou šetrnost k životnímu prostředí, neshromažďování toxických látek a nepoškození okolních organismů. Naopak nevýhodami je nutnost dlouhého testování, které je spojeno s vysokými náklady a také potřeba zvážit veškerá rizika. Těmito riziky může být například napadení okolních rostlin nebo přemnožení daného biologického činitele. Též je zapotřebí brát v povědomí, že se může jednat o dlouhý proces (uchycení činitele a následné jeho rozmnožení) a respektovat omezení, které jsou dané národní legislativou (Barták et al. 2010).

3.11.7.3 Pastva

Tato metoda likvidace křídlatek není moc rozšířená. K několika pokusům docházelo v Německu. V případě, že se dodržují určité podmínky, je pastva účinným prostředkem vedoucí k potlačení výskytu těchto rostlin (Barták et al. 2010). Využívají se především ovce a skot (Černý et al. 1998; Kretz 1994). Ovšem nejvhodnějším zvířetem jsou ovce. Ty spásají především vyzrálé listy. Pastvu je však nutné provádět dlouhodobě či opakovaně alespoň 3 - 4x za rok. Zároveň by na pastvě neměl chybět přístřešek a napajedlo (Barták et al. 2010). Proběhly úspěšné pokusy v Německu s plemeny ovcí Heidschnucke a skotu Galloway, který je nenáročný. Zároveň bylo pozorováno spásání jinými plemeny skotu a ovcí. Limitující faktor pro pastvu je výška porostu, která by neměla přerůst 150 cm. V případě, že se tak stane, je nutné křídlatku posekat (Kretz 1994).

Mezi výhody této metody likvidace se řadí možnost jejího aplikování v blízkosti vod a nezanášení žádných cizorodých látek do životního prostředí. Nevýhodami může být například rozrušování břehů, ke kterému může docházet při přesunech zvířat, anebo pro některé druhy zvířat toxicita oddenků křídlatek (Barták et al. 2010; Černý et al. 1998). A také, že se jedná o poměrně dlouhodobý proces, jelikož k vymizení křídlatek může dojít až po 4-7 letech (Barták et al. 2010). Ale také se může stát, že k úplnému zlikvidování křídlatky nedojde a v případě nesprávného vedení pastvy existuje dokonce i riziko zničení krytu vegetace a znehodnocení stanovišť (Brabec & Pyšek 2000).

3.11.7.4 Chemické metody

V chemické metodě se k likvidaci používají herbicidy (Barták et al. 2010). Používají se buď totální nebo selektivní. Jejich použití závisí na pravidlech, která jsou stanovená Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKUÚZ) (Berchová-Bímová et al. 2019). Je několik způsobů, jak herbicid aplikovat. Mezi tyto způsoby patří dva, které se používají ke zničení křídlatek, a to postřik na list anebo vpich látky do stvolu (Barták et al. 2010). Na každý typ aplikace se spotřebuje jiné množství herbicidu, což se odráží nejen v nákladech spojených s likvidačním zásahem, ale také v míře poškození okolní vegetace. Také je nutné zvážit z hlediska nákladů koncentraci herbicidu, jelikož se často stane, že výrobce doporučuje koncentraci, která nestačí na likvidaci dané rostliny. Tato skutečnost vede k nutnosti opakovat aplikaci. To však zvyšuje náklady a riziko rezistence na herbicidní účinnou látku (Berchová-Bímová et al. 2019).

Postřik na list

Herbicidů, které se používají k této metodě, je více a způsoby použití se mohou lišit. K tomu, aby došlo ke zničení křídlatek nestačí jeden postřik. Je proto nutné postřik opakovat několik let. Ošetření by mělo probíhat za bezvětří a s minimálním rozestupem šesti hodin od srážek. S aplikací se začíná na jaře, kdy během května či června proběhne první postřik. Rostliny jsou v této době přibližně metr vysoké s dostatečně velkou plochou listu. Po dvou až třech měsících by mělo dojít k zopakování postřiku. V té době již rostlina kvete. Vhodné je aplikovat ještě jeden postřik, a to na konci vegetace (Barták et al. 2010).

Vpich do stvolu

Vpichu herbicidu do stvolu se říká jiným slovem injektáž. Za pomoci speciálních aplikátorů se aplikuje herbicid přímo do stonků. Vpichovat by se mělo do stonku blízko u země, buď pod první, druhý nebo třetí uzel (Crockett 2005). Nalezneme tu však i nevýhody v podobě tloušťky stonku a ohroženosti okolního prostředí. Pokud je stonek příliš tenký dochází často k rozlomení (Hagen & Dunwiddie 2008; Barták et al. 2010). Doporučuje se injektáž kombinovat s postřikem. Zároveň se musí dodržovat předpisy (Barták et al. 2010).

3.11.7.5 Kombinované metody

Za kombinované metody se považují veškeré metody, které kombinují aplikaci herbicidu s mechanickým zásahem. Z hlediska nákladů se jedná o nejnákladnější metodu, ovšem z pohledu účinnosti se jeví jako nejefektivnější. V případě, že se porovnávají s mechanickými metodami, jsou kombinované metody méně náročné z hlediska času, ale dle množství použitého herbicidu jsou považovány za efektivnější jen ve srovnání s metodami chemickými. Do kombinovaných metod můžeme zařadit například narušení podzemní biomasy + herbicid, kosení + herbicid, řez dřevin + natření řezu herbicidem apod. Veškeré tyto metody se mohou použít i v rozsáhlých a invazními rostlinami silně napadených lokalitách (Berchová-Bímová et al. 2019).

3.11.8 Zhodnocení opatření

Když porovnáváme mechanické, chemické nebo kombinované metody, musíme dbát na efektivnost likvidace biomasy. U křídlatek je to extrémně důležité, jelikož má obrovské schopnosti regenerace. Na to, zda bude boj úspěšný, má vliv několik faktorů. Mezi ně patří velikost zasažené plochy, metoda likvidace a jaký je typ stanoviště (Crockett 2005). Také je velmi důležitý čas, který uplynul od zásahu stanoviště danou rostlinou. Čím více času uplyne, tím obtížněji se s křídlatkou bojuje. V některých případech není možná jejich úplná eliminace. K těmto situacím může dojít například na rozsáhlých územích podél vodních toků. V těchto situacích je především nutné zabránit dalšímu šíření těchto rostlin. Efektivní v tomto případě je rychlá reakce v počátečních fázích invaze (Holman et al. 2007).

Za nejúčinnější způsoby likvidace se považuje chemická metoda, tedy použití herbicidů, v kombinaci s mechanickou metodou. Pro kombinaci s herbicidy je vhodné použít mechanické narušování oddenků či vyrývání. Další volbou pro úplnou likvidaci jsou postřiky herbicidy. Pouze mechanický způsob eliminace křídlatek nedokáže rostliny úplně vyhubit. Vzhledem ke schopnosti regenerace z podzemních částí je důležitý dlouhodobý management

lokalit i po několika letech od likvidace rostlinných nadzemních částí. Doporučuje se doba likvidace pět let a následně pětiletá kontrola lokality (Berchová-Bímová et al. 2019). Jak jsou jednotlivé metody likvidace účinné je znázorněno v Tab. 1.

Metoda	Účinnost likvidace	Šetrnost k ŽP	Časová náročnost
Postřik herbicidem na list	***	*	*
Injekční aplikace herbicidu	***	**	***
Kombinace herbicidu a kosení	**	**	**
Kosení	*	***	***
Spásání	*	***	***
Vykopávání	*	**	***
Biologický způsob	???	???	***
Biotechnická opatření	*	***	***

* malá ** střední *** velká ??? probíhá výzkum

Tab. 1 Srovnání metod likvidace křídlatek. Zdroj: Barták et al. (2010)

V roce 2017 se řešila likvidace křídlatek v povodí řeky Olše v Moravskoslezském kraji na 7,5 hektarech formou herbicidního postřiku s následným několikaletým pozorováním dané oblasti. Celkové náklady byly vyčísleny na více než 1,5 milionu korun. Křídlatka se vyskytovala v obcích Hrádek, Návsí, Bystřice a Vendryně. K jejímu rozšíření v těchto oblastech došlo z důvodu návozu zeminy, zemních zásahů, nebo skládkami bioodpadu (ČSOP Salamandr 2017).

V NP Podyjí proběhla také likvidace křídlatek, zejména křídlatky japonské, pomocí kombinace mechanické a chemické metody. Nejdříve byla odstraněna nadzemní část rostliny pokosením a po několika měsících se zregenerované rostliny postříkaly. Díky těmto opakujícím se zásahům se povedlo minimalizovat její výskyt a dnes se křídlatka v těchto oblastech vyskytuje pouze ojediněle (Reiterová 2012).

3.11.9 Křídlatka japonská

Křídlatka japonská latinsky *Reynoutria japonica* Houtt je řazena dle seznamu Mezinárodní unie pro ochranu přírody mezi stovku nejhorších invazních rostlin na celém světě (Božín et al. 2017). Zároveň je považována za nejrozšířenější druh křídlatek (Mandák et al. 2004a). Je to druh křídlatky, který je vysoce konkurenceschopný (Mikulka et al. 2014).

3.11.9.1 Výskyt

Křídlatka japonská pochází z Japonska, Koreji, Tchaj-wanu a severní Číny. V těchto oblastech se vyskytuje do nadmořské výšky až 4000 m.n.m. (Černý et al. 1998; Mikulka et al. 2014). U nás, v České republice, můžeme křídlatku nalézt po celém území, od nížin až do výšky přibližně 600–700 m.n.m. (Černý et al. 1998). Mezi oblasti jí vyhovující patří oblasti chladnější s vlhčími, dusíkem a draslíkem dobře zásobenými půdami. Též ji můžeme nalézt na písčítých, hlinitých, rašelinných, jílovitých i štěrkovitých půdách. Křídlatce vyhovují kyselé půdy, ale je schopná růst i na půdách různého pH (Mikulka et al. 2014). Pro křídlatku japonskou nejsou překážkou ani půdy kontaminované těžkými kovy ani půdy, které jsou

vystavené větší koncentraci oxidu siřičitého. Jediné, co tato křídlatka nesnese jsou podzimní mrazy a nedostatek vláhy, v některých případech může rostlinu poškodit i vítr (Černý et al. 1998).

Rostlinu můžeme vidět na rumišťích, v křovinách, na skládkách a opuštěných plochách, v parcích, na březích vodních toků a stojatých vod, v lesích a také na zahradách, atd (Černý et al. 1998; Mikulka et al. 2014). Ovšem nejvíce ze všech křídlatek upřednostňuje oblasti podél silnic (Mandák et al. 2004). V těchto místech se vyskytuje, jelikož právě pravidelné narušování stanovišť je považováno za nejdůležitější faktor, který ovlivňuje její výskyt (Bímová et al. 2003).

3.11.9.2 Škodlivost

Jelikož je křídlatka značně konkurence schopná a dokáže se velmi rychle šířit, je považována za nebezpečnou pro původní vegetaci. Mezi další negativní vlastnosti patří:

- tvorba rozsáhlých porostů,
- vytlačování a narušování vyvážených vztahů mezi původními rostlinami,
- vytváření hustých porostů na březích vodních toků a tím zvyšování nebezpečí povodní,
- jednoduchost v rozšiřování v městských aglomeracích, převážně na staveništích,
- poškozování obrubníků, dlažby apod.
- zarůstání zorného pole na silnicích a železnicích, a tím snižování bezpečnosti provozu,
- poškozování při hrazení bystrin a toků stavby (Černý et al. 1998),
- produkce kořeny a listovým opadem látek s alelopatickým účinkem, které omezují růst dalších rostlinných druhů (Mlíkovský & Stýblo 2006).

3.11.9.3 Význam

V minulosti byla křídlatka pěstována jako dekorace v zahradách a parcích, nebo pro krmné účely, pastvu či jako úkryt pro zvěř (Holec & Soukup 2005; Černý et al. 1998). Nyní se používá k produkci biomasy pro energetické využití, při zpevňování písku nebo její oddenky k lékařským účelům (Černý et al. 1998). Oddenky jsou používány v terapii různých infekcí, hyperlipidémii, zánětlivých onemocněních nebo kožních chorob, a to hlavně ve východní Asii. Je také považována za jeden z nejvýznamnějších přírodních zdrojů resveratrolu. Ve fytochemickém průzkumu bylo prokázáno, že by mohla být křídlatka pozoruhodným a laciným zdrojem mnoha bioaktivních chemikálií pro farmaceutický průmysl (Božín et al. 2017). Chemické substance, které byly izolované z různých rostlinných částí, tvoří rozmanitou škálu látek s farmakologickými účinky a variabilní strukturou (například fenolické kyseliny, polyfenoly, flavonoidy). Tento objev ukazuje šanci k využití křídlatky pro separaci biologicky aktivních sloučenin, které se využívají v potravinářském a farmaceutickém průmyslu (Nawrot-Hadzik et al. 2018; Borovaya et al. 2019). Materiál, který zbyl v procesu extrakce látek, je možný zpracovat do podoby palet. Tyto palety lze posléze využít ke spalování (Ježerska et al. 2018). Křídlatku lze také použít jako biosorbent určený k eliminaci těžkých kovů, které se nacházejí v odpadních vodách (Kaduková &

Virčíková 2003). Nebo též pro dekontaminaci půdy, která je zamořena olovem a kadmiem, či jinými těžkými kovy (Vrbová 2021).

3.11.10 Křídlatka sachalinská

Křídlatka sachalinská, latinsky nazývaná *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai, se svými znaky velmi podobá křídlatce japonské, avšak má i několik rozdílů, jako je například délka lodyhy, kterou má křídlatka sachalinská vyšší. Průměrně dosahuje výšky 1,5 až 4 metry a je přímá, dutá, oblá, relativně křehká a větvená v horní části. Dále se liší v listech, květenství a plodech. Plodem je trojhranná nažka, která je lesklá a zbarvená do tmavohnědé barvy (Černý et al. 1998). Liší se i způsobem rozmnožování. Z důvodu výskytu jak funkčních samičích, tak i samčích rostlin, se může křídlatka sachalinská rozmnožovat kromě vegetativně, pomocí oddenků, i generativně, pomocí semen. Důkazem toho, že k tomuto způsobu reprodukce na našem území dochází, je genetická variabilita. Ta je oproti křídlatce japonské o mnohem vyšší (Mlíkovský et al. 2006).

3.11.10.1 Výskyt

Tento druh křídlatky pochází z Japonska přesněji z ostrovů Hokkaido a Honshu, Sachalinu a z ostrova jménem Ullung-do, který se nachází mezi Koreou a Japonskem (Pashley et al. 2007). V místě svého původu lze křídlatku nalézt na březích potoků a řek (Hoskovec 2008). U nás je rozšířená jak v nížinách, tak v podhorských oblastech. Nalezneme ji i ve vyšších polohách než křídlatku japonskou (Černý et al. 1998). Obsazuje zpravidla erozí postižené břehy potoků a řek (Pashley et al. 2007). Dále byl její výskyt zaznamenán na okrajích lesů, okrajích parků a zahrad, podél silnic, cest a železnic, a na loukách a pastvinách, které jsou polopřirodního charakteru a nedochází u nich k pravidelnému obhospodařování (Černý et al. 1998). Osidluje také prostory poblíž lidských sídel, ale v menší míře než křídlatka japonská (Černý et al. 1998; Hoskovec 2008). Křídlatka sachalinská je ze všech křídlatek nejčastější složkou parků a zahrad (Mandák et al. 2004).

3.11.10.2 Škodlivost

Ačkoliv je tento druh u nás nejméně rozšířený, představuje pro naši krajinu velké nebezpečí (Hoskovec 2008). Křídlatka sachalinská je svojí škodlivostí velmi podobná křídlatce japonské. V případě, že je její výskyt rozsáhlejší, způsobuje vytlačování původních rostlinných druhů, hromadění odumřelé rostlinné hmoty a neprůchodnost porostu (Černý et al. 1998).

3.11.10.3 Význam

Tato křídlatka byla dříve pěstována stejně jako křídlatka japonská v parcích jakožto dekorativní rostlina. Dále jelikož je vysoce výnosná, by se mohla využívat pro krmné účely pro hospodářská zvířata. Nebo také je možnost jejího využití jako prostředek pro prevenci proti houbovým chorobám (Černý et al. 1998).

3.11.11 Křídlatka česká

Křídlatka česká (*Reynoutria ×bohemica*) vznikla křížením křídlatky japonské a sachalinské. Jedná se o nejagresivnějšího zástupce z rodu křídlatek (Vrbová 2021). Tento druh rostlin je velice konkurence schopný a v některých případech je ochoten se šířit na úkor křídlatky japonské a sachalinské (Pyšek & Tichý 2001).

Křídlatku českou lze rozeznat od ostatních druhů křídlatek velmi těžko, jelikož jde o zástupce majícího velmi proměnlivý vzhled. Často proto může připomínat svým zevnějškem jednoho ze svých rodičů. Pro určení, zda jde o křídlatku českou, je zapotřebí se podívat na části rostliny jako jsou listy, květenství a plody. Na rubu listu křídlatky české jsou viditelné, roztroušeně rozmístěné chlupy, které jsou o poznání kratší než u křídlatky sachalinské a mají bázi ztlustlou. K využití květenství a plodů pro určení o jakou křídlatku se jedná, je nutné mít určitou zkušenost (Pyšek & Tichý 2001).

3.11.11.1 Výskyt

Primární místem výskytu tohoto druhu křídlatky je severní Japonsko, kde se protínají areály křídlatky japonské a sachalinské. Dnes ji již nalezneme v mnoha státech Evropy a Severní Ameriky. Můžeme ji nalézt podobně jako její rodiče od nížin až po podhorské oblasti (Pančl 2010). Mezi půdy, které křídlatce české vyhovují, patří obdobně jako u jejích rodičů půdy bohaté na živiny, vlhčí a s pravidelným narušováním mechanickým svrchní vrstvy. Mezi nejčastější místa, kde se vyskytuje, jsou v minulosti lidskou činností narušené oblasti, dále se vyskytuje podél potoků a řek (Chrtek 1990; Prančl 2010).

3.11.11.2 Škodlivost

Tato rostlina je konkurence schopnější s lepšími schopnostmi regenerace oproti rodičům. V místech, kde se vyskytuje společně s křídlatkou japonskou a sachalinskou, může pomocí těchto vlastností je vytlačovat (Bímová et al. 2003). Jelikož vytváří na stanovištích husté zapojené porosty, vytlačuje tím jak své rodiče, tak i ostatní rostliny (Prančl 2010).

3.11.11.3 Význam

Využití křídlatky české je zcela stejné jako u křídlatky japonské a sachalinské. Dříve se používala jako dekorativní rostlina. Dále je možné ji využít pro krmné účely, ale ne v podobě sena. Ale hlavním významem je její energetické využití a výroba biopaliva (Černý et al. 1998).

Závěr

V této bakalářské práci byla popsána problematika invazních rostlin, zejména křídlatek a bolševníku velkolepého a jejich dopady na ekosystém v České republice. Invazní rostliny představují vážnou hrozbu pro biodiverzitu a zdraví ekosystému. Bolševník velkolepý a křídlatky se ukázaly být zvláště adaptabilními a agresivními druhy, které se rychle šíří a vytlačují původní flóru.

Tato práce byla rozdělena na dvě části. V první části bylo definováno, co jsou to invazní rostliny, jak se mohou šířit a jaké mají společné znaky. Byl zde také uveden postup při hodnocení výskytu nepůvodních rostlin, co je to monitoring a jejich současný výskyt na území České republiky. Zvláštní pozornost v první části byla věnována dopadům rostlinných invazí. V druhé části byly již popsány nejznámější a zároveň nejrozšířenější zástupci invazních rostlin v České republice. Jednalo se o bolševník velkolepý a křídlatky. Byla zde uvedena jejich charakteristika, způsob šíření a rozmnožování. V druhé části byla zvláštní pozornost zaměřena na metody, které by se mohly používat k jejich likvidaci.

Cílem této bakalářské práce bylo rozvinutí poznatků o invazních rostlinách, zejména o bolševníku velkolepém a křídlatkách. Dále bylo cílem se více zaměřit na dopady těchto rostlin na krajinu a zhodnotit opatření k omezování těchto rostlin.

Na základě zjištěných informací lze konstatovat, že účinné omezování šíření těchto rostlin vyžaduje komplexní přístup, který zahrnuje prevenci, včasnou detekci, rychlou reakci a dlouhodobou kontrolu. Je důležité, aby se na řešení tohoto problému podílely různé sektory společnosti, včetně veřejnosti. Z tohoto důvodu je potřeba více vzdělávat veřejnost o důsledcích, které představují invazní rostliny, a o způsobech, jak přispět k jejich omezení. Za nejúčinnější metodu likvidace zde byla uvedena u křídlatek kombinace chemické a mechanické metody a u bolševníku opakované zbavování reprodukčních částí rostlin.

Tato práce přispěla k hlubšímu porozumění způsobů šíření invazních rostlin a poskytla komplexní přehled dostupných metod jejich likvidace. Práce tak napomohla k lepšímu pochopení této problematiky a poskytuje užitečné příklady nástrojů pro její řešení.

Literatura

- AOPK ČR. 2024. Národní legislativa. Praha.
- Baloun J. et al. 1989. Rostliny způsobující alergie, Avicenum Praha.
- Barták R, Konupková Kalousová Š, Krupová B. 2010. Metodika likvidace invazních druhů křídlatek (*Reynoutria* spp.). Moravskoslezský kraj ve spolupráci s ČSOP Salamandr za finanční podpory Evropské unie. Available from 617f94b8-b40b-1821-96f7-f9774d1a60cd (nature.cz) (accessed April 2024).
- Beck KG, Zimmerman K, Schardt JD, Stone J, Lukens RR, Reichard S, Randall J, Cangelosi AA, Cooper D, Thompson JP. 2008. Invasive species defined in a policy context: Recommendations from the Federal Invasive Species Advisory Committee. *Invasive Plant Science and Management* **1**(4): 414–421.
- Beerling, DJ, Bailey JP, Conolly AP. 1994. *Fallopia japonica* (Houtt.) ronse decaene. *Journal of Ecology* **82**(4): 959-979.
- Bellard C, Jeschke JM, Leroy B, Mace GM. 2018. Insights from modeling studies on how climate change affects invasive alien species geography. *Ecology and Evolution* **8**: 5688-5700.
- Bělohávková R, et al. 1997. Květena České republiky 5. díl (1. vydání). Academia, Praha.
- Berchová-Bímová, K. et al. 2019. Monitoring ohrožení zájmových lokalit invazními nepůvodními druhy – Metodika MŽP, Lesnická Práce, Kostelec n. Č. lesy. Available from: Obalka_metodika_I.indd (nature.cz) (accessed April 2024).
- Bímová K, Mandák B, Pyšek P. 2003. Experimental study of vegetative regeneration in four invasive *Reynoutria* taxa (Polygonaceae). *Plant ecology* **166**.1: 1-11.
- Bohdalová Z. 2019. Expanzivní a invazní druhy rostlin způsobují problémy nejen v zahradách. iReceptář.cz. Available from <https://www.ireceptar.cz/zahrada/expanzivni-a-invazivni-druhy-rostlin-zpusobuji-problemy-nejen-v-zahradach-20190625.html> (accessed June 2019).
- Bononomi G, et al. 2018. Windstorm disturbance triggers multiple species invasion in an urban Mediterranean forest. *Iforest - Biogeosciences and Forestry* **11**: 64-71.
- Borovaya S, Lukyanchuk L, Manyakhin A, Zorikova O. 2019. Effect of *Reynoutria japonica* extract upon germination and upon resistance of its seeds against phytopathogenic fungi *Triticum aestivum* L., *Hordeum vulgare* L., and *Glycine max* (L.) Merr. *Organic Agriculture* **10**: 1-7.
- Božin B, Gavriloviæ M, Kladar N, Rat M, Anačkov G, Gavariæ N. 2017. Highly invasive alien plant *Reynoutria japonica* Houtt. represents a novel source for pharmaceutical industry—evidence from phenolic profile and biological activity. *J Serb Chem Soc* **82**(7-8): 803-813.

- Brabec J, Pyšek P. 2000. Establishment and survival of three invasive taxa of the genus *Reynoutria* (Polygonaceae) in mesic mown meadows: a field experimental study. *Folia Geobotanica* **35**.1: 27-42.
- Brooks ML, D'antonio CM, Richardson DM, Grace JB, Keeley JE, DiTomaso JM, Hobbs RJ, Pellant M, Pyke D. 2004. Effects of invasive alien plants on fire regimes. *BioScience* **54**(7): 677–688.
- Crockett R. P. 2005. Controlling knotweed (Control Strategies and Recommendation 2005), Technical development, Monsanto Co., Vancouver.
- Cvachová A, et al. 2002. Průručka na určovanie vybraných invázných druhov rastlín. Banská Bystrica. Available from Průručka na určovanie vybraných invázných druhov rastlín - ŠOP SR (yumpu.com) (accessed February 2024).
- Czernik A, Olszanowska-Kuńka K, Lokoč R, Lewandowski W. 2019. Jak na invazní druhy rostlin. Návody k omezení a likvidaci křídlatky a bolševníku. Sdružení obcí Hlučinska, Hlučín.
- Černý Z, Neruda J, Václavík F. 1998. Invazní rostliny a základní způsoby jejich likvidace. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství České republiky, Praha.
- ČSOP Salamandr. 2017. BOJUJEME S KŘÍDLATKOU! Sdružení obcí Jablunkovska. Jablunkov. Available from Křídlatka - Sdružení obcí Jablunkovska (jablunkovsko.cz) (accessed March 2024).
- Dassonville N, Guillaumaud N, Piola F, Meerts P, Poly F. 2011. Niche construction by the invasive Asian knotweeds (species complex *Fallopia*): impact on activity, abundance and community structure of denitrifiers and nitrifiers. *Biological invasions* **13**(5): 1115–1133.
- Dissemond J. 2005. When the sun burns. Hands off hogweed! [Article in German] *MMW Fortschr. Med.* **147**(31-32): 57.
- Dobrovodský J, Kibicová M, Kříž E, Novák F, Peterka V, Pöc P. 1995. Praktická průručka: METODIKA průzkumu výskytu a regulace šíření bolševníku velkolepého. Ministerstvo zemědělství ČR, Ministerstvo životního prostředí ČR, Agrospoj, Praha.
- Doležalová M. 2015. Analýza distribuce vybraných druhů invazivních rostlin v katastrálním území Bystrce. [Bakalářská práce]. Masarykova univerzita, Brno.
- Drake SJ, Weltzin JF, Parr PD. 2003. Assessment of non-native invasive plant species on the United States Department of Energy Oak Ridge National Environmental Research Park. *Castanea* **68**: 15–30.
- Drever JC, Hunter JA. 1970. Hazards of giant hogweed. *Br. Med. J* **3**(714): 109.
- Dutta H. 2018. Insights into the phenomenon of alien plant invasion and its synergistic interlinkage with three current ecological issues. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* **11**(2): 188–198.

- Dvorský J, Urban J. 2014. Základy ekologického zemědělství: podle nařízení Rady (ES) č. 834/2007 a nařízení Komise (ES) č. 889/2008 s příklady. ÚKZÚZ, Brno.
- Ehrenfeld JG. 2003. Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. *Ecosystems* **6**(6): 503–523.
- Elliáš P. 2001. Biotické invázie a invadující organizmy. *Život. Prostr.*, 2, **35**: 61–67.
- European Commission. 2024. Invazní nepůvodní druhy. Brusel.
- Faiman Z. 1995. Inventarizace bolševníku velkolepého prostředky DPZ. *Ochrana přírody* 1, **50**:14-15.
- Gerža M. 2005. Zelení cizinci. Křídlatka. Orlický týdeník, Rychlov nad Kněžnou 46, 5.
- Gordon DR. 1998. Effects of invasive, non-indigenous plant species on ecosystem processes: lessons from Florida. *Ecological Applications* **8**(4): 975–989.
- Hagen EN, Dunwiddie PW. 2008. Does stem injection of glyphosate control invasive knotweeds (*Polygonum* spp.)? A comparison of four methods. *Invasive Plant Science and Management* **1**(1): 31-35.
- Haragsim O. 2013. Včelařské dřeviny a byliny. Grada, Praha.
- Hejda M, Pyšek P, Pergl J, Sádlo J, Chytrý M, Jarošík V. 2009. Invasion success of alien plants: do habitat affinities in the native distribution range matter? *Global Ecology and Biogeography* **18**: 372-382.
- Hejda M, Pyšek P. 2018. Environmentální a hospodářské důsledky rostlinných invazí. *Živa* **5**: 220–225.
- Higgins SI, Richardson DM. 1999. Predicting plant migration rates in a changing world: the role of long-distance dispersal. *American Naturalist* **153**: 464-475.
- Hodkinson DJ, Thompson K. 1997. Plant Dispersal: The Role of Man. *The Journal of Applied Ecology*. Sheffield. ISSN 00218901. Available from: doi:10.2307/2405264 (accessed October 2023).
- Holec J, Soukup J. 2005. Rostlinné invaze ve volné krajině (2). Nejvýznamnější druhy – bolševník a další. *Agro – ochrana, výživa, odrůdy* **10**(2): 20.
- Holman M, Dunwiddie P, Carey B. 2007. Rapid spread of invasive knotweed in a riparian setting. *Ecol. Res* **25**: 140-141.
- Hoskovec L. 2007. HERACLEUM MANTEGAZZIANUM Sommier et Levier – bolševník velkolepý / bolševník obrovský. *Botany.cz*. Available from HERACLEUM MANTEGAZZIANUM Sommier et Levier – bolševník velkolepý / bolševník obrovský | *BOTANY.cz* (accessed April 2024).
- Hoskovec L. 2008. REYNOUTRIA SACHALINENSIS (F. Schmidt) Nakai – křídlatka sachalinská / pohánkovec sachalínský. *Botany.cz*. Available from <https://botany.cz/cs/reynoutria-sachalinensis/> (accessed February 2024).

- Hronďová Z, Krahulec F, Rehořek V. 1997. Biologie rostlinných druhů. Zprávy České botanické společnosti, Materiály 18.
- Hrušková H, Hofbauer J. 1997. Pozor na invazní rostlinu – křídlatku. Farmář **3**(12):16-17.
- Hůla J, Abrham Z, Bauer F. 1997. Zpracování půdy. Brázda, s.r.o., Praha.
- Charles H, Dukes JS. 2008. Impacts of invasive species on ecosystem services. In: Biological invasions. Springer, Berlin, Heidelberg, s. 217–237.
- Chrtek J. 1990. Reynoutria Houtt. – křídlatka. Květena ČR díl 2. Academia, Praha.
- Chytrý M, Maskell LC, Pino J, Pyšek P, Vila M, Font X, Smart SM. 2008. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. Journal of Applied Ecology **45**: 448-458.
- Chytrý M, Pyšek P. 2008. Invaze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech. Zprávy České Botanické Společnosti **43**: 17–40.
- Jezerska L, Zegzulka J, Palkovska B, Kučerová R, Zádřapa F. 2018. Pelletization of invasive Reynoutria Japonica with spruce sawdust for energy recovery. Wood Research **63**(6): 1045-1058.
- Kaduková J, Virčíková E. 2003. Minerální biotechnologie III.: Biosorpce kovů z roztoků. VŠB-Technická univerzita Ostrava.
- Kocián P. 2024. Křídlatky na území České republiky. Květena ČR. Available from Články Křídlatky v České republice. Květena České republiky - plané rostliny ČR www.kvetenacr.cz (accessed April 2024).
- Kolbek J, Matějovský F. 1994. Agresivní neofyta: příklad bolševníku velkolepého. Arnika **36**:24-29.
- Koutná P. 2006. Ekologické zemědělství. [Disertační práce]. Masarykova univerzita, Právnická fakulta, Brno.
- Kretz M. 1994. Kontrola křídlatky japonské na tekoucích vodách, I. Vyzkoušení vybraných metod, Zemský úřad pro ochranu životního prostředí, Baden – Wurttemberg, Ministerstvo životního prostředí, Stuttgart.
- Kroutil P. 2011. Křídlatky: Reynoutria spp., syn. Fallopia spp. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.
- Křivánek M. 2004a. Rostlinné invaze – pět otázek a pět odpovědí. Ochrana přírody, **59**, **1**: 10–12.
- Kubát K, Hrouda L, Chrtek J. ml, Kaplan Z, Kirschner J, Štěpánek J. 2002. Klíč ke květeně České republiky, Academia, Praha, s. 475-476.
- Kumari P, Choudhary AK. 2016. Exotic species invasion threats to forests: A case study from the Betla national park, Palamu, Jharkhand, India. Tropical Plant Research **3**(3): 592–599.

- Lagey K, Duinslaeger L, Vanderkelen A. 1995. Burns induced by plants. *Burns* **21**(7): 542-543.
- Liao H, Li D, Zhou TW, Huang B, Zhang H, Chen BM, Peng S. 2021. The role of functional strategies in global plant distribution. *Ecography* **44**: 493- 503.
- Mandák B, et al. 2004a. History of the invasion and distribution of *Reynoutria taxa* in the Czech Republic: a hybrid spreading faster than its parents. *Preslia* **76.1**: 15-64.
- Mandák B, et al. 2004b. History of the invasion and distribution of *Reynoutria taxa* in the Czech Republic: a hybrid spreading faster than its parents. *Preslia* **76.1**: 15-64.
- Mccormick CM. 1999. Mapping exotic vegetation in the Everglades from large-scale aerial photographs. *Photogrammetric engineering and remote sensing* **65**: 179-184.
- Mikulka J, Štrobach J, Andr J. 2014. Křídlatka japonská – *Reynoutria japonica* Houtt. *Úroda* **8**:90.
- Ministerstvo životního prostředí. 2023. Nepůvodní a invazní druhy – Legislativa. MŽP, Praha.
- Mlíkovský J, Stýblo P. 2006. Nepůvodní druhy fauny a flóry ČR, ČSOP, Praha.
- Müllerová J, Bartoš T, Brůna J, Dvořák P, Vítková M. 2017. Metodika mapování invazních druhů pomocí dálkového průzkumu, Certifikovaná metodika, MŽP, Praha.
- Müllerová J, Pyšek P, Jarošík V, Pergl J. 2005. Aerial photographs as a tool for assessing the regional dynamics of the invasive plant species *Heracleum mantegazzianum*. *Journal of Applied Ecology* **42**: 1042-1053.
- Nawrot-Hadzik I, Granica S, Domaradzki K, Pecio L, Matkowski A. 2018. Isolation and determination of phenolic glycosides and anthraquinones from rhizomes of various *Reynoutria* species. *Planta Medica* **84**(15): 1118-1126.
- Nielsen C, Ravn HP, Nentwig W, Wade M. 2005. *Bolševník velkolepý: Praktická příručka o biologii a kontrole invazního druhu*. Forest & Landscape Denmark, Hoersholm.
- Nováková Z. 2016. Fyzickogeografické aspekty rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko [Diplomová práce]. Univerzita Karlova, Praha.
- Otte A, Eckestein RL, Thiele J. 2007 *Heracleum mantegazzianum* in its Primary Distribution Range of the Western Greater Caucasus. In: Pyšek, P., Cock, M. and Nentwig, W.[eds] *Ecology and Management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*, Cambridge, GB: CAB International, s. 20-41.
- Page NA, Wall RE, Darbyshire SJ, Muligan GAS. 2006. The biology of invasive alien plants in Canada 4. *Heracleum mantegazzianum*. *Can J Plant Sci* **86**:569–89.
- Pashley CH, et al. 2007. Clonal diversity in British populations of the alien invasive Giant Knotweed, *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) Ronse Decraene, in the context of European and Japanese plants. *Watsonia* **26**(3): 359-372
- Pergl J, Dušek J, Hošek M et al. 2016a. Metodiky mapování a monitoringu nepůvodních (vybraných invazních) druhů, Certifikovaná metodika, MŽP, Praha.

- Pergl J, Perglová I, Pyšek P, Dietz H. 2006. Population age structure and reproductive behavior of the monocarpic perennial *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae) in its native and invaded distribution ranges. *American Journal of Botany* **93**: 1018-1028.
- Pergl J, Perglová I. 2023. Zásady regulace bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*) v České republice. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- Pergl J. 2008. Co víme o vlivu zavlečených rostlinných druhů? Zprávy České Botanické Společnosti **43**:183–192.
- Pergl, J., et al. 2016. Metodiky mapování a monitoringu invazních (vybraných nepůvodních) druhů [Guidelines for mapping and monitoring invasive (selected alien) species]. Botanický ústav AV ČR, Průhonice.
- Perglová I, Pergl J, Pyšek P. 2006. Flowering phenology and reproductive effort of the invasive alien plant *Heracleum mantegazzianum*. *Preslia* **78**: 265-285.
- Perglová I, Pergl J, Pyšek P. 2007. Reproduction Ecology of *Heracleum mantagazzianum*. In: Pyšek, P., Cock, M. and Nentwig, W. [eds] Ecology and Management of Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*), Cambridge, GB: CAB International, s. 55-73.
- Pira E, Romano C, Sulotto F, Pavan I, Monaco E. 1989. *Heracleum mantegazzianum* growth phases and furocoumarin content. *Contact Dermatitis* **21**(5): 300-303
- Pira E, Romano C, Sulotto F, Pavan I, Monaco I. 2006. *Heracleum mantegazzianum* growth phases and furocoumarin content. *Cont Derm* **21**:300–3.
- Pladias. 2024. *Heracleum mantegazzianum* – bolševník velkolepý. Available from *Heracleum mantegazzianum* – bolševník velkolepý • Pladias: Databáze české flóry a vegetace (accessed April 2024).
- Pladias. 2024. *Reynoutria japonica* – křídlatka japonská. Available from *Reynoutria japonica* – křídlatka japonská • Pladias: Databáze české flóry a vegetace (accessed April 2024).
- Pladias. 2024. *Reynoutria sachalinensis* – křídlatka sachalinská. Available from *Reynoutria sachalinensis* – křídlatka sachalinská • Pladias: Databáze české flóry a vegetace (accessed April 2024).
- Pladias. 2024. *Reynoutria ×bohemica* – křídlatka česká. Available from *Reynoutria ×bohemica* – křídlatka česká • Pladias: Databáze české flóry a vegetace (accessed April 2024).
- Pocová L, Chocelová J., Růžička P., Bedník A. 2013. Omezení výskytu invazních druhů rostlin v Karlovarském kraji. [Projekt]. Město Mariánské Lázně. Available from <http://gis.kr-karlovarsky.cz/heracleum-public/> (accessed April 2024).
- Prančl J. 2010. REYNOUTRIA ×BOHEMICA Chrtěk et Chrtková – křídlatka česká / pohánkovec český. *Botany.cz*. Available from <https://botany.cz/cs/reynoutria-bohemica/> (accessed February 2024).
- Primack R, et al. 2001. Biologické principy ochrany přírody. Portál, Praha.

- Prinz VL, Koster H. 1976. Report on 3 cases of toxic phytophotodermatitis due to *Heracleum mantegazzianum* (giant cow parsnip) [Article in German] *Dermatos. Monatsschr.*
- Pyšek P, Brock JH, Bímová K, Mandák B, Jarošík V, Koukolíková I, Pergl J, Štěpánek J. 2003. Vegetative regeneration in invasive *Reynoutria* (Polygonaceae) taxa: the determinant of invasibility at the genotype level. *American Journal of Botany* **90**: 1487–1495.
- Pyšek P, et al. 2000. Naturalization and invasions of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* **6**: 65 – 112
- Pyšek P, et al. 2010. Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **107**: 12157-12162.
- Pyšek P, et al. 2022. Katalog nepůvodních rostlin České republiky: druhová bohatost, stav, rozšíření, stanoviště, regionální úrovně invaze, cesty a dopady introdukce. *Preslia* **94** (4): 447-577.
- Pyšek P, Jarošík V, Müllerová J, Pergl J, Wild J. 2008a. Comparing the rate of invasion by *Heracleum mantegazzianum* at continental, regional, and local scales. *Diversity and Distributions* **14**: 355-363.
- Pyšek P, Krahulec F. 2001. Zákonitosti rostlinných invazí. In: Pyšek, P. a kol., *Rostlinné invaze*. Rezekvítek, Brno, s. 3–14.
- Pyšek P, Krinke L, Jarošík V, Perglová I, Pergl J, Moravcová L. 2007b. Timing and extent of tissue removal affect reproduction characteristics of an invasive species *Heracleum mantegazzianum*. *Biological Invasions* **9**: 335–351.
- Pyšek P, Perglová I, Krinke L, Jarošík V, Pergl J, Moravcová L. 2007a. Regeneration Ability of *Heracleum mantegazzianum* and Implications of Control. In: Pyšek, P., Cock, M. and Nentwig, W. [eds] *Ecology and Management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*, Cambridge, GB: CAB International s. 112-125.
- Pyšek P, Prach K. 1993 Plant invasions and the role of riparian habitats: a comparison of four species alien to central Europe. *Journal of Biogeography* **20**: 413–420.
- Pyšek P, Pyšek A. 1995. Invasion by *Heracleum mantegazzianum* in different habitats in the Czech Republic. *J. Veget. Sci* **6**: 711-718.
- Pyšek P, Richardson DM, Williamson M. 2004b. Predicting and explaining plant invasions through analysis of source area floras: some critical considerations. *Diversity and Distributions* **10**: 179-187.
- Pyšek P, Richardson DM. 2010. Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual Review of Environment and Resources* **35**: 25–55.
- Pyšek P, Sádlo J. 2004a. Zavlečené rostliny – jak je to u nás doma? *Vesmír* **83**: 80–85.
- Pyšek P, Tichý L. 2001. *Rostlinné invaze*. Rezekvítek, Brno.

- Rai PK, Singh JS. 2020. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators* **111**: 20.
- Rehman S. 2010. Temperature and rainfall variation over Dhahran, Saudi Arabia, (1970-2006). *International Journal of Climatology* **30**: 445-449.
- Reiterová L. 2012. INVAZNÍ A EXPANZIVNÍ ROSTLINY. Správa NP Podyjí. Available from *Invazní a expanzivní rostliny, Správa národního parku Podyjí* (nppodyji.cz) (accessed April 2024).
- Rejmanek M. 2000. Invasive plants: approaches and predictions. *Austral Ecology* **25**: 497-506.
- Richardson DM, Holmes PM, Esler KJ, Galatowitsch SM, Stromberg JC, Kirkman SP, Pyšek P, Hobbs RJ. 2007. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions* **13**:126–139.
- Richardson DM, Pyšek P, Rejmánek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* **6**(2): 93–107.
- Richardson DM, Pyšek P. 2006. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography-Earth and Environment* **30**: 409-431.
- Rumlerová Z, Vilà M, Pergl J. et al. 2016. Hodnocení environmentálních a socioekonomických dopadů nepůvodních rostlin invazních v Evropě. *Biol Invaze* **18**: 3697–3711. Available from <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1259-2> (accessed March 2024).
- Sádlo J. 2017. NEPŮVODNÍ ROSTLINY, NEOFYTY, INVAZNÍ DRUHY - A JE TO VŮBEC TÉMA? *Fórum ochrany přírody* **3**: 13
- Sanon A, Beguiristain T, Cébron A, Berthelin J, Sylla SN, Duponnois R. 2012. Differences in nutrient availability and mycorrhizal infectivity in soils invaded by an exotic plant negatively influence the development of indigenous *Acacia* species. *Journal of Environmental Management* **95**: S275–S279.
- Soll J. 2004. Controlling knotweed (*Polygonum cuspidatum*, *P. sachalinense*, *P. polystachyum* and hybrids) in the Pacific Northwest, The Nature Conservancy, Oregon.
- Sorensen AE. 1986. Seed dispersal by adhesion. University of British Columbia, Vancouver.
- Szymura TH, Szymura M, Zajac M, Zajac A. 2018. Effect of anthropogenic factors, landscape structure, land relief, soil and climate on risk of alien plant invasion at regional scale. *Science of the Total Environment* **626**: 1373-1381.
- Šimon J, Lhotský J. 1989. Zpracování a zúrodnování půd. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

- Theoharides KA, Dukes JS. 2007. Plant Invasion across Space and Time: Factors Affecting Nonindigenous Species Success during Four Stages of Invasion. *New Phytologist* **176**: 256–273.
- Thiele J, Otte A, Eckstein RL. 2007. Ecological Needs, Habitat Preferences and Plant Communities Invaded by *Heracleum mantegazzianum*. In: Pyšek, P., Cock, M. and Nentwig, W. [eds] *Ecology and Management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*, Cambridge, GB: CAB International, s. 126-143.
- Tiley GED, Dodd FS, Wade PM. 1996: *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier. *Journal of Ecology* **84**: 297-319.
- Tiley, GED, Philp B. 1997. Observations on flowering and seed production in *Heracleum mantegazzianum* in relation to control. In: Brock, J.H., Wade, M., Pyšek, P. and Green, D. (eds) *Plant Invasions: Studies from North America and Europe*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands s. 123–137.
- Tokarska-guzik B, et al. 2012. *Rośliny obcego pochodzenia w Polsce*. Warszawa: Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska.
- Uddin MN, Robinson RW. 2018. Can nutrient enrichment influence the invasion of *Phragmites australis*? *Science of the Total Environment* **613**:1449-1459.
- Vilà M, Espinar JL, Hejda M, Hulme PE, Jarošík V, Maron JL, Pergl J, Schaffner U, Sun Y, Pyšek P. 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters* **14**(7): 702–708.
- Vojtová T. 2021. Hmyz na květenství bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*) – vliv hustoty porostu, lokality a dalších druhů miříkovitých [Diplomová práce]. Univerzita Hradec Králové, Hradec Králové.
- Vrbová J. 2019. Možnosti využití rostlin rodu křídlatka (*Reynoutria*). [Bakalářská práce]. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Vrbová J. 2021. Biologie, rozšíření a způsoby regulace křídlatky (*Reynoutria* sp.). [Diplomová práce]. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Walker NF, Hulme PE, Hoelzel AR. 2003. Population genetics of an invasive species, *Heracleum mantegazzianum*: implications for the role of life history, demographics and independent introductions. *Mol. Ecol* **12**(7): 1747-1756.
- Wang C, Xiao H, Liu J, Wang L, Du D. 2015. Insights into ecological effects of invasive plants on soil nitrogen cycles. *American Journal of Plant Sciences* **6**(01): 34.
- Wekhanya MNN. 2016. The effect of invasive species *lantana camara* on soil chemistry at Ol-DonyoSabuk National Park, Kenya. Doctoral dissertation, Kenyatta University.
- Wilson JRU, Garcia-Díaz P, Cassey P, Richardson DM, Pyšek P, Blackburn TM. 2016. Biological invasions and natural colonisations are different - the need for invasion science. *Neobiota*, s. 87-98.

- Yadav V, Singh NB, Singh H, Singh A, Hussain I. 2016. Allelopathic invasion of alien plant species in India and their management strategies: A review. *Tropical Plant Research* **3**(1): 87–101.
- Zobel AM, Brown SA. 1990. Seasonal changes of furanocoumarin concentrations in leaves of *Heracleum lanatum*. *J Chem Ecol* **16**:1623–34.