

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

**PŮSOBENÍ SYSTEMICKÉHO HERBICIDU NA
ODDENKOVÝ SYSTÉM KŘÍDLATEK**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Ing. Kateřina Berchová, Ph.D.

Bakalant: Veronika Pragerová

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Veronika Pragerová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Působení systemického herbicidu na oddenkový systém křídlatek

Název anglicky

The influence of systemic herbicide to knotweed rhizome system

Cíle práce

Cílem práce je zjistit, jak proniká systemický herbicid do oddenkového systému u invazních druhů rodu křídlatka (*Fallopia*) v různých vegetačních fázích a u různých druhů. Hlavním cílem je ověření doby a délky transportu herbicidu oddenkovým systémem.

Metodika

Práce bude experimentálního charakteru, kdy bude na rostliny pěstované v kontrolovaných podmínkách aplikován herbicid (Roundup) a bude pozorován jeho postup oddenkovým systémem. Experiment bude prováděn ve dvou různých fenologických fázích a budou srovnány dva rodičovské taxony a jejich kříženec.

Doporučený rozsah práce

30 stran, 2 grafy

Klíčová slova

likvidace, invazní druhy, rostliny, klonalita, Beskydská metoda

Doporučené zdroje informací

- BÍMOVÁ K., MANDÁK B. et PYŠEK P., 2001: Experimental control of *Reynoutria* congeners: a comparative study of a hybrid and its parents. In: BRUNDU G., BROCK J., CAMARDA I., CHILD L. et WADE M. (eds.): Plant invasions – Species ecology and ecosystem management. Backhuys Publishers, Leiden, 283-290.
- Jursík M., Soukup J., Holec J., 2010: Úvod do problematiky mechanismu působení herbicidů. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. 126, č. 1, s. 14 – 16. ISSN: 1210-3306.
- Kay S.H., 2003: Final Report Evaluation of Herbicides and Application Timing for Control of Japanese Knotweed. North Carolina State University College of Agriculture & Life Sc.
- Křivánek, M., Sádlo, J., Bímová, K. (2004): Odstraňování invazních druhů rostlin. Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy Natura 2000. MŽP ŽP, Praha, 144 s., ISSN 1213-3393
- Mlíkovský J., Stýblo P., 2006: Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP, Praha, 496 s., ISBN 80-867-7017-6.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Kateřina Berchová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2016

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 11. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 12. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Kateřiny Berchové, Ph.D. a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne:

.....

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala především vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Kateřině Berchové, Ph.D. za trpělivý přístup a cenné rady v průběhu zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat za podporu Ing. Martině Kadlecové v rámci projektu křídlatek. V neposlední řadě děkuji i své rodině a blízkým za psychickou podporu, které se mi dostalo při tvorbě bakalářské práce.

V Praze dne:

.....

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou rostlinných invazí, konkrétně likvidací křídlatek. Experiment byl zaměřen na sledování pronikání herbicidu Roundup do oddenkového systému křídlatek rodu *Fallopia*. Pro výzkum byly vypěstovány v kontrolních podmínkách vzorky křídlatky japonské (*F. japonica* var. *japonica*), k. sachalinské (*F. sachalinensis*) a k. české (*F. ×bohemica*). Práce probíhali ve skleníku České zemědělské univerzity v Praze. Na vzorky byl aplikován systemický herbicid Roundup ve dvou vegetačních fázích v létě a na podzim. Průběžně byl sledován průnik herbicidu do oddenkového systému křídlatek.

Provedeným výzkumem bylo zjištěno, že aplikace herbicidu na všechny tři druhy křídlatek v letní fázi je účinnější než na podzim. Přínosem práce je dále poznatek, že pronikání herbicidu oddenkovým systémem při nízké koncentraci roztoku rostlina rozvádí herbicid do koncových částí oddenku, a tak přežívá první segment oddenku, kde byla mateřská rostlina.

Klíčová slova: rostlinné invaze, oddenkový systém, *Fallopia*, Roundup Aktiv, postřik

Abstract

This bachelor thesis is focused on the issue of plant invasions, specifically on knotweed liquidation. The experiment has been focused on observation of penetration of herbicide Roundup to rhizome systems of knotweed genus of *Fallopia*. To provide the research, there were grown samples of Japanese knotweed (*Fallopia japonica* var. *japonica*), giant knotweed (*F. Sachalinensis*) and Bohemian knotweed (*F. ×bohemica*) in control conditions. The experiment has been provided in a greenhouse of the Czech University of Agriculture in Prague. There was used a systemic herbicide of Roundup on the samples in two vegetation phases – in the summer and in the autumn. Penetration of the herbicide into the rhizome system of the knotweed was continuously monitored.

The research has shown that application of the herbicide in the summer time is more effective on all three kinds of knotweed as compared with application in the autumn. Further benefit of the work is the finding that the penetration of the herbicide by the rhizome system at a low concentration of the plant solution distributes the herbicide to the end parts of the rhizome, thus surviving the first segment of the rhizome where the parent plant was.

Keywords: plant invasion, rhizome system, *Fallopia*, Roundup Aktiv, spray

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Terminologie rostlinných invazních druhů	3
3.2	Celosvětový problém rostlinných invazí	4
3.3	Invazní křídlatky v ČR	5
3.4	Způsoby potlačování nepůvodních rostlin	5
3.4.1	Mechanické způsoby potlačování křídlatek	5
3.4.2	Chemické metody likvidace	7
3.4.3	Další metody likvidace	7
3.4.4	Metodika likvidace křídlatky.....	7
3.4.5	Management	10
3.5	Legislativa a opatření v ČR.....	11
3.6	Charakteristika studovaných taxonů křídlatek	12
3.6.1	Taxonomické pojetí rodu.....	12
3.6.2	Původ a rozšíření	12
3.6.3	Charakteristika.....	13
3.6.4	Stanoviště a ekologie	14
3.6.5	Rozmnožování a rozšiřování	15
4	Metodika	17
4.1	Popis experimentu	17
4.2	Statistické zpracování dat.....	21
5	Výsledky práce	23
5.1	Posouzení účinnosti herbicidu v jednotlivých vegetačních fázích.....	25
5.2	Posouzení schopnosti regenerace oddenků tří druhů křídlatek	26

5.3	Posouzení účinnosti herbicidu 5% a 8% koncentrace v podzimní fázi	28
5.4	Posouzení průniku herbicidu oddenkovým systémem křídlatek.....	29
5.5	Posouzení regenerace křídlatek českých z oválných nádob	30
6	Diskuse	33
7	Závěr a přínos práce	37
8	Přehled literatury a použitých zdrojů	38
9	Seznam obrázků, tabulek	44
10	Přílohy	46

1 Úvod

Práce je zaměřena na problematiku likvidace invazních nepůvodních taxonů křídlatek (*Fallopia*). Sleduje pronikání herbicidu do oddenkového systému u všech tří invazních taxonů (*F. japonica* var. *japonica*, *F. sachalinensis* a *F. ×bohemica*). Získává data o prostupu herbicidu Roundup jednotlivými segmenty oddenků díky experimentu provedeném ve dvou vegetačních fázích rostlin. Cílem práce je poskytnout nové poznatky vedoucí k efektivnější eradikaci těchto invazních rostlin.

Křídlatka je vytrvalá a statná rostlina pocházející z východní Asie (Rometsch, 2012). V České republice se rozmnožuje především vegetativním způsobem pomocí oddenkového systému či úlomků z části rostliny. Generativní rozmnožování se vyskytuje jen zřídka (Funkenberg et al., 2012), pomocí semen se u nás rozmnožuje jen křídlatka česká (Hošek, 2008). Daří se jí odolávat mechanickému i chemickému způsobu potlačování, díky jejím přednostem a to rychlé regeneraci oddenků a následné tvorbě pupenů (Dumitrașcu et al., 2012). Pomocí rozsáhlého oddenkového a stonkového systému vytváří husté porosty, kterými vytlačuje domácí druhy vegetace. Křídlatce u nás chybí její přirození nepřátelé, které by jí mohly eliminovat (Kubín et al., 2016).

K potlačování všech taxonů křídlatky se nejvíce využívá metoda likvidace nazývaná jako „Beskydský postup“ (ČSOP, 2006). Tento postup využívá zpětného toku živin, který nastává v podzimní vegetační fázi rostlin. Tato likvidace je založená na aplikaci postřiku herbicidem Roundup na listy rostlin. Likvidace křídlatek není však zcela úspěšná v prvním roce aplikace, proto se musí herbicid aplikovat i další roky (Jakl, 2008).

Dnes jsou invazní druhy rostlin jedním z globálních problémů světa (Havránek, 2004). Na šíření invazních druhů má výrazný vliv vývoj, růst a migrace společnosti, doprava a transport zboží. Invazní druhy narušují a ničí rozmanitost biodiverzity nejen v ČR, ale v celém světě (Bzdega et al., 2016). Pokud stojíme o zachování této jedinečnosti, měli bychom se zabývat touto problematikou a dále studovat metody likvidace a vyvíjet jejich stoprocentní účinnost a zamezovat tak dalšímu šíření invazních druhů. Tato práce by měla napomoci ke zlepšení současných metod likvidace křídlatek díky novým poznatkům o působení herbicidu v oddenkovém systému rostlin.

2 Cíle práce

Práce si klade za cíl zjistit, jak proniká herbicid Roundup do oddenkového systému křídlatek. Pronikání herbicidu bude pozorováno ve dvou vegetačních fázích a tří invazivních taxonů rodu *Fallopia* (*F. japonica* var. *japonica*, *F. sachalinensis* a *F. ×bohemica*).

Pro splnění cíle práce je zapotřebí vykonat tyto kroky:

- vypěstovat rostliny v kontrolovaných podmínkách jako vzorky pro experiment
- na vzorky experimentu aplikovat herbicid Roundup ve dvou vegetačních fázích
- pozorování pronikání herbicidu oddenkovým systémem
- sběr a vyhodnocení dat o působení herbicidu na regeneraci oddenků

Výsledky experimentálního výzkumu budou zhodnoceny vhodnými statistickými metodami.

3 Literární rešerše

3.1 Terminologie rostlinných invazních druhů

Všechny invazní druhy se řadí mezi druhy **nepůvodní** (zavlečené) a v zájmovém území (sekundárním areálu), jímž je v našem případě Česká republika, se ocitly v důsledku činnosti člověka (Pyšek & Tichý, 2001), anebo přirozenou cestou z území, ve kterém je nepůvodní (Sádlo, 2014). Opakem nepůvodního druhu je druh **původní**, který v území (primárním areálu) vznikl v průběhu evoluce bez přispění člověka nebo se do něj dostal přirozenou migrací (Handrij et al., 2015) bez přispění člověka z území, kde je původní (Sádlo, 2014).

V české flóře bylo k roku 1492 zaznamenáno 332 zavlečených druhů rostlin (říkáme jim **archeofyty**), od té doby bylo zavlečeno dalších asi 1400 nepůvodních druhů rostlin (označované jako **neofyty**). Podíl zavlečených rostlin ve flóře České republiky tvoří dnes celou třetinu (33,4%) (Popelářová, 2016).

Zavlečené rostliny, které jsou schopny se v novém území rozmnožovat bez pomoci člověka, můžeme označit jako **naturalizované** neboli zdomácnělé. Z nich pak pochází skupina druhů invazních, jejich základní vlastností je schopnost šířit se na větší vzdálenosti, obsazovat dosažené lokality, pronikat na narušená či přirozená stanoviště a vytlačovat z nich domácí vegetaci (Pyšek & Tichý, 2001).

Jak je uvedeno výše, **invazní** druhy jsou částí druhů naturalizovaných (Handrij et al., 2015) a v novém prostředí se hojně šíří (Popelářová, 2016). Nepůvodní rostliny, které nedokáží vytvářet životaschopné populace a po určitém období vymizí, nazýváme **přechodně zavlečenými** druhy (Handrij et al., 2015). Všechny nepůvodní rostlinné druhy jsou v různém stadiu **zplanění**, tj. rostlina v přírodě roste volně (BioLib, 2018).

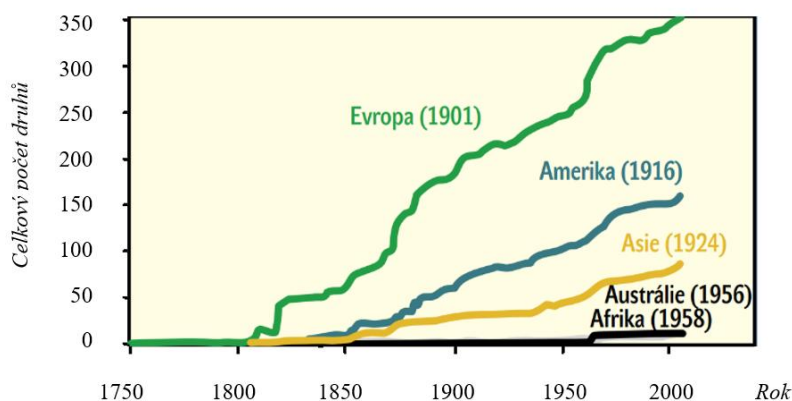
V dnešní člověkem narušené krajině se setkáváme u několika našich domácích druhů s podobným chováním jako u invazivních druhů a to, že zvyšují počet svých stanovišť v krajině na již obsazená stanoviště, pak hovoříme o rostlinách **expanzivních** (Pyšek & Tichý, 2001).

3.2 Celosvětový problém rostlinných invazí

Biologické invaze mají velké důsledky pro biodiverzitu invadovaného území, působí ekonomické škody a negativně ovlivňují lidské zdraví. Proto byl v posledních 20 letech učiněn pokrok ve výzkumu metodik na likvidaci invazních druhů včetně výzkumů přinášejících nové poznatky o jejich ekologii (Chytrý & Pyšek, 2009a). Z dosavadních znalostí o invazi nepůvodních druhů vyplývá, že ostrovy jsou invadovány více než pevnina, Nový svět více než Starý svět a nížiny více než horské oblasti (Chytrý & Pyšek, 2009b).

Za nárůst rostlinných invazí v polovině 20 a 21. století v důsledku globalizace může hlavně rozvoj letecké dopravy (Štajerová, 2015).

Průběh invazí v minulosti je zobrazen na obr. 1, z kterého je patrné, že se na naše území invazní druhy dostávaly dříve z euroasijského kontinentu než z ostatních částí světa. Tyto druhy museli překonávat geografickou vzdálenost ale i terénní bariéry. Při kolonizaci měli severoamerické druhy zvýhodnění, a to v podobě klimatických podmínek invadovaného území, které se výrazně podobaly podmínkám v jejich primárních areálech. Příchod druhů na začátku vegetační sezóny, byl důležitým faktorem pro zdařilou invazi, protože v našich podmínkách jsou invazní druhy z teplejších krajín omezení krátkou vegetační dobou a nestačí vytvořit semena (Pyšek & Sádlo, 2004).



Obr. 1 Časový průběh invaze neofytů pro jednotlivé kontinenty. Číslo za názvem kontinentu je doba prvního nálezu. (Pyšek & Sádlo, 2004– upraveno)

Rostlin po celém světě je zavlékáno velké množství a většina invazí není zdařilá, odhaduje se, že přibližně 90% nepůvodních rostlin nezpůsobuje invazi. I přesto máme v ČR registrováno 1400 zavlečených druhů a 2500 druhů původní

české flóry (Stejskal, 2004). To znamená, že zhruba třetinu naší celkové flory tvoří zavlečené druhy (Štajerová, 2015). Z těchto zavlečených druhů se vyskytuje v ČR 90 invazních (Singr, 2010).

Z tohoto počtu invazních druhů, se bude tato práce zabývat pouze taxony rodu *Fallopia*, které můžeme najít na seznamu IUCN jako 100 nejhořších invazních cizích druhů, jsou také nejškodlivější rostlinou v Německu a zároveň patří mezi 10 nejvýznamnějších invazních druhů ve Francii a ve Velké Británii (Skubała, 2012).

3.3 Invazní křídlatky v ČR

Česká republika je z obecného hlediska k invazím druhům velice náchylná, a to především díky hustému osídlení, sítí řek a komunikací. Nejvíce invadovanou oblastí jsou Beskydy hlavně okolo liniových struktur (Popelářová, 2016). Na celém území republiky, i v Beskydech je z rodu *Fallopia* nejčetnější křídlatka japonská (Kubín et al., 2016). Dnes roste křídlatka planě na ploše několika tisíc hektarů po celé ČR a se značnými náklady je bez dalšího využití likvidována (Patočka, 2005).

3.4 Způsoby potlačování nepůvodních rostlin

Při potlačování invazních druhů rostlin se snažíme likvidovat všechny jedince a jejich části sloužící k šíření a reprodukci (semena, oddenky apod.). Tento potlačovaný druh se poté může na invadované území vrátit pouze novou introdukcí (Sádlo & Pyšek, 2004).

Správným výběrem a strategií eradikace lze výskyt invadujících druhů účinně vymýtit. Území kde byl druh eliminován, musí být po zásahu pravidelně kontrolováno a pozůstatky populace invazního druhu dále ničeny (Marková & Hejda, 2011).

Pro odstranění invazních druhů používáme mechanické, chemické, kombinované, biologické a biotechnické způsoby potlačování.

3.4.1 Mechanické způsoby potlačování křídlatek

Mezi mechanické způsoby likvidace patří narušování podzemních i nadzemních částí rostlin, nejběžněji se uvádí tyto způsoby: spásání, kosení a vykopávání rostlin (Kroutil, 2011)

Spásání

Obvykle ovce nebo krávy spásají křídlatku, přičemž nesmí vyrůst více jak 150 cm (ČSOP Salamandr, 2015), pokud se tak stane, musí se posekat. K likvidaci křídlatek dochází po 4 až 7 letech spásání (Barták et al.,2010).

Kosení

Kosení je možno provádět kosou, mačetou nebo křovinořezy (Barták et al.,2010). První kosení je nutné provést v květnu, v tomto měsíci není rostlina zcela vyzrálá (Karlovarský kraj, 2013) a ještě neukládá asimiláty do oddenků (Barták et al.,2010). Proces se musí opakovat nejméně 6 až 8krát za rok, pokaždé když křídlatka vyroste do výšky 40 cm (ČSOP Salamandr, 2015).

Vykopávání

Křídlatku je vhodné vykopávat v začínající fázi růstu nebo při přítomnosti jednotlivých rostlin. Vykopávání se provádí rycími vidlemi. Rostlina se vykopává celá i s oddenký několikrát za vegetační období (Barták et al.,2010). Na konci období je možné likvidaci doplnit kosením. Lze provést i metodu opačného pořadí nejdříve pokosit rostliny a poté 1 měsíc od kosení oddenký vykopat (Karlovarský kraj, 2013).

3.4.1.1 Likvidace biomasy

Biomasa se dá vysvětlit jako určité množství zeleně, které zůstane na hromadě po mechanickém způsobu potlačování. Biomasu, kterou vytvoříme při odstraňování invazních druhů, můžeme zlikvidovat jedním z těchto způsobů (Cvachová et al., 2007):

- Spalování biomasy
 - Na místě
 - Využití na energetické účely
- Kompostování biomasy
- Výroba sena
- Využití biomasy v zeleném stave
 - Jako krmivo
 - Na silážování
- Surovina pro zpracovatelský průmysl

Tyto způsoby likvidace biomasy jsou vhodné pro všechny křídlatky, které jsou zastoupeny v ČR.

3.4.2 Chemické metody likvidace

Mezi chemické metody likvidace (kterými se zabývá i tato BP) patří plošný a bodový postřik, v citlivých lokalitách se používá injektáž nebo nátěr stonků rostlin herbicidem (Karlovarský kraj, 2013). Jako nejúčinnější přípravek na likvidaci se jeví totální systémový herbicid s účinnou látkou glyphosate aplikovanou na lodyhy invazních rostlin. Aplikace herbicidu je doporučována opakovat, a to nejméně dvakrát ročně (Kroutil, 2011).

3.4.3 Další metody likvidace

Kombinací dvou předchozích metod se používá kombinovaná metoda, ta spočívá v kombinaci postřiku herbicidu na rostlinu nebo injektáž a následně likvidace mechanickými způsoby v pravidelných intervalech. Další metoda likvidace je biologický způsob potlačování, který využívá přirozených nepřátel jednotlivých druhů (Barták et al., 2010) k regulaci šíření invazního druhu (Gazdík, 2010). Tento způsob potlačování se pokouší napravit rovnováhu přírody zavedením jednoho nebo více specifických hostitelů z původního areálu rozšíření invazního druhu pro trvalou kontrolu invadovaného druhu v sekundárním areálu rozšíření (Djeddour & Shaw, 2010). Biologický způsob likvidace křídlatek je stále ve stádiu výzkumu, který v současné době probíhá ve Velké Británii za pomoci selektivního savého hmyzu *Aphalara itadori* a vřeckovýtrusné houby *Mycosphaerella polygoni-cuspidati* (Barták et al., 2010). Poslední metodou jsou biotechnická opatření, která slouží jako doplňující metoda pro zabezpečení svahů a fixaci břehů kolem toků zabranými křídlatkami (Barták et al., 2010).

3.4.4 Metodika likvidace křídlatky

Likvidace porostů křídlatek je velice složitá činnost, protože je nezbytné odstranit všechny kořenový systém (Kroutil, 2011). Nejúčinnějším způsobem likvidace křídlatky (po mnoha pokusech a vědeckých studiích) je použití chemického postřiku pomocí herbicidu na bázi glyfosátu (ČSOP Salamandr, 2015).

Křídlatku nelze odstranit za 1 rok, proto musíme naplánovat opakovaný postřik pro další roky (Bajer, 2016) Likvidaci musíme provést ideálně ihned v zárodcích, jinak křídlatka vytvoří husté porosty (Kubín et al., 2016).

Další známé metody likvidace křídeltek jsou mechanické způsoby nebo kombinovaná metoda viz kap. 3.4. Srovnání metod likvidace křídelatky je uvedeno v tab. 1.

Metoda	Citlivost k prostředí	Účinnost likvidace	Časová náročnost
Postřik herbicidem na list	*	***	*
Injekční aplikace herbicidu	**	***	***
Kombinace herbicidu a kosení	**	**	**
Kosení	***	*	***
Spásání	***	*	***
Vykopávání	**	*	***

* malá ** střední *** velká

Tab. 1 Srovnání metod likvidace křídelatky (Bajer, 2016 – upraveno)

3.4.4.1 Beskydská metoda

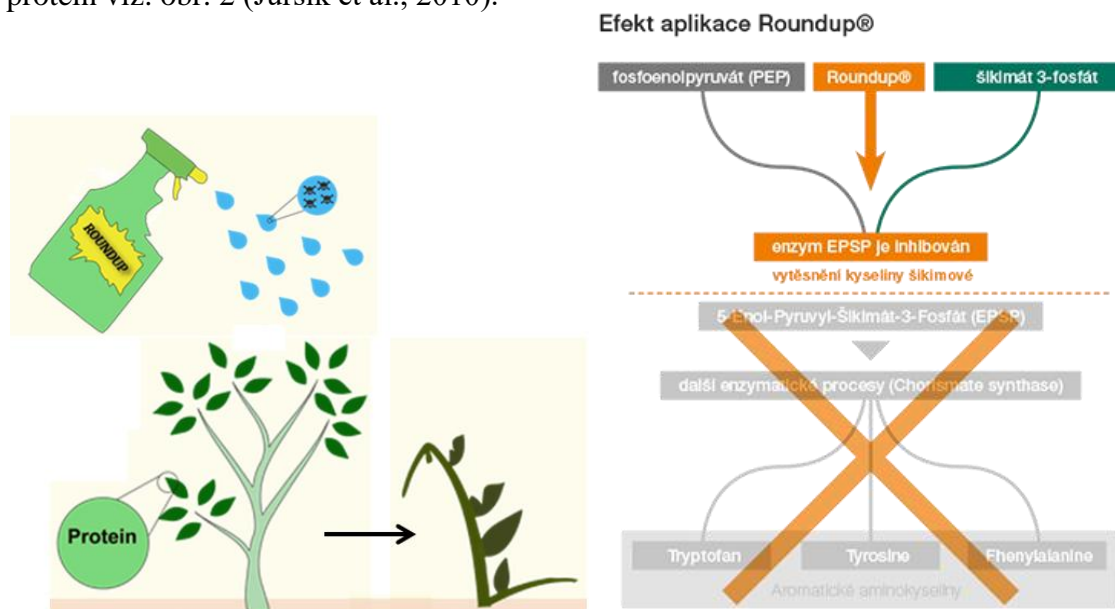
Beskydská metoda je metoda založená na využívání zpětného toku živin neporušenými vodivými pletivými do celé kořenové soustavy (Jakl, 2008). ČSOP (2006) uvedl ve své publikaci návod jednotlivých kroků, jak úspěšně zlikvidovat křídelatky pomocí této metody:

- První postřik herbicidem aplikovat po nasazení pupat nebo při odkvětu – v srpnu
- Po 10-ti až 14-ti dnech provést další aplikaci herbicidu podle opadu listů. Poslední aplikaci provést nejpozději 10 dnů před prvními mrazy – v září
- Nelikvidovat biomasu, dokud všechen herbicid nepronikl do kořenové soustavy. Odstranit uschlý porost až na jaře dalšího roku.
- V případě objevení výskytu křídelatky po postřiku, provést v dalším roce likvidaci bodovým orosením herbicidem – v srpnu až září

V Beskydském postupu se osvědčila koncentrace Roundupu faktiv 5 až 6 %, Roundup rapid 3 až 5 %, Roundup forte 2,5 % (ČSOP, 2006).

3.4.4.2 Herbicid – Roundup aktiv

Herbicidy jsou chemikálie, které působí na rostliny tím, že narušují některý důležitý fyziologický proces nezbytný pro normální růst a vývoj. Zpravidla se jedná o inhibici jednoho nebo více enzymů, které katalyzují některou z reakcí při biosyntéze organických sloučenin. Herbicid se obvykle váže na některý významný protein viz. obr. 2 (Jursík et al., 2010).



Obr. 2 Vlevo mechanismus působení herbicidu, vpravo schéma mechanismu působení Roundup, převzato z Monsanto, 2017

Roundup Aktiv je neselektivní listový herbicid se systematickým účinkem. Jeho účinná látka je glyphosate 170 g/l (ve formě IPA soli 229 g/l tj. N-(fosfonomethyl) glycin. Rostliny ho přijímají výhradně zelenými částmi a asimilačním prouděním je rozveden do celé rostliny včetně kořenového systému. Působením přípravku v kořenovém systému se docílí zničení podzemních i nadzemních částí zasažené rostliny. Nejúčinnější jsou ošetření prováděná v době nasazení pupat nebo po odkvětu, kdy jsou rostliny v plném růstu (Monsanto, 2010).

Glyfosát byl poprvé připraven v laboratoři Monsanto v květnu roku 1970 chemikem Monsanto dr. Johnem Franzem (Monsanto, 2017). Jakmile se herbicid dostane do rostliny, tak účinná látka glyfosát neničí nadzemní část rostliny přímo, ale nejdříve působí v kořenovém systému (ČSOP Salamandr, 2015), odkud potlačuje klíčový enzym 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntézu známý jako EPSPS syntéza. Potlačení tohoto důležitého enzymu zabraňuje rostlině v syntéze určitých

aromatických aminokyselin, které jsou základní pro růst rostlin. Vyšší formy života (savci, ptáci, plazi, obojživelníci a hmyz) tento enzym nemají (Monsanto, 2017), proto patří glyfosáty mezi jedny z nejbezpečnějších herbicidů.

Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) však v roce 2015 zařadila glyfosát do třídy 2A pravděpodobně karcinogenní pro člověka, pokud ale IARC považuje nějaké látky za karcinogenní, zařadí je do třídy 1 prokazatelné (Pousar, 2017). Zda může vést ke vzniku zhoubných nádorů, se odborníci zatím neshodují (Česká televize, 2017). Na základě výzkumu IARC chtěla Evropská unie zakázat používání látky glyfosát. Nakonec na základě potvrzení Evropské agentury, že herbicidní látka glyfosát není rakovinotvorná, (Pokorná & Rapco, 2017) Evroská unie prodloužila v prosinci 2017 licenci na používání tohoto pesticidu na 5 let (Dospiva, 2017). Glyfosát je aktivní složkou Roundupu (Monsanto, 2017), který byl použit pro chemickou likvidaci křídlatek v tomto projektu. Česká republika byla jedna z 18 zemí, kteří podpořili prodloužení licence. Přesto významné evropské země, Evropský parlament i široká veřejnost glyfosát nechtějí. Proto i přes prodloužení glyfosátu v EU je potřeba začít s jeho omezováním a postupně ho nahrazovat. Řešení této problematiky bude znovu zase po uplynutí lhůty prodloužené licence (Dospiva, 2017).

3.4.5 Management

Legislativa řešící jednotně na úrovni celé Evropské unie management takto škodlivých invazních druhů se teprve zpracovává, jednotlivé evropské státy proto zatím řeší tuto problematiku individuálně (BÚ AV ČR, 2014). U nás lze například uvést společnost Botanický ústav AV, ČR, který vytváří seznamy nepůvodních druhů a druhů vyžadujících speciální přístup tzv. černý, šedý a varovný seznam (Görner, 2014; Pergl et al., 2016). Křídlatky jsou podle černého a šedého seznamu tolerovány pouze v zázemí větších měst, kde se soustřeďují průmyslové zóny a nové rezidenční oblasti, v ostatních lokalitách musí být likvidovány (BÚ AV ČR, 2014).

K monitoringu rozšiřování křídlatek se využívají geografické informační systémy k zmapování druhu a zhodnocení situace invadovaných lokalit (Berchová-Bímová & Mandák, 2008).

BÚ AV ČR v součinnosti s AOPK ČR navrhuje standard SPPK D 02 007 – Likvidace vybraných invazních druhů rostlin a živočichů. ČSOP se zabývá likvidací invazních druhů v rámci programu Ochrana biodiverzity (Görner, 2014).

3.5 Legislativa a opatření v ČR

V dnešní době nejsou invazní druhy rostlin jasně zařazeny v ani jedné platné úpravě ČR. Podporu během usměrňování invazních druhů můžeme najít v několika právních předpisech (AOPK ČR, 2017; Doležalová, 2010):

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění

Zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči v platném znění a navazující **Vyhláška č. 215/2008 Sb., o opatřeních proti zavlečení a rozšiřování škodlivých organismů rostlin a rostlinných produktů**

Další české právní předpisy, které se dotýkají invazních a nepůvodních druhů (AOPK ČR, 2017: Na lesní půdě je možné uplatňovat ustanovení o ochraně lesa **zákona č. 289/1995 Sb., o lesích**. Při nakládání s chemickými látkami v blízkosti vodních toků a v pásmech ochrany vod je třeba respektovat **zákona č. 254/2001 Sb., o vodách**. Dále **zákon č. 99/2004 Sb., o rybářství**, **zákon č. 449/2001 Sb., o myslivosti** (Karlovarský kraj, 2015).

K 1. lednu 2015 vstoupilo v účinnost Nařízení Evropského parlamentu a Rady č.1143/2014 o prevenci a regulaci zavlečení či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů z hlediska EU. Nařízení zavádí mimo jiné i kritéria hodnocení rizik, stanovení seznamu invazních druhů, omezení a režim případných výjimek, povinnost sledování, eradikace či regulace (MŽP, 2015). Nařízení se vztahuje na druhy v seznamu invazních nepůvodních druhů s významným dopadem na Unii (tzv. „unijní seznam“) (AOPK ČR, 2017). Přijetí Nařízení zároveň vyvolává nutnost adaptace národní legislativy, tedy jednotlivých předpisů, kterou jsou Nařízením dotčeny (Karlovarský kraj, 2015).

Zákony týkající se především křídlatky jsou bohužel omezené. Okrajově se zabývá opatřeními proti jejich šíření zmiňovaný Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (zejména §68). Jediný zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči udává povinnost zajišťovat a omezovat výskyt škodlivých organismů (Liberecký kraj, 2005) a definuje pojem invazní druh (Görner, 2014). Ve vyhlášce č. 215/2008

Sb., o opatřeních proti zavlékání a rozšiřování škodlivých organizmů rostlin a rostlinných produktů jsou zařazeny všechny druhy křídlatky mezi invazní škodlivé organismy (Liberecký kraj, 2005).

Situace ve světě je obdobná jako v České republice a šíření invazních druhů reguluje zejména evropská legislativa EU č. 1143/2014 (Patočka, 2016)

3.6 Charakteristika studovaných taxonů křídlatek

Křídlatky u nás řadíme mezi invazivní rostliny (Kroutil, 2011). Jsou členěny jako invazní neofyty, vytváří systém subpopulací propojené příležitostnou migrací a řadí se mezi 100 nejinvazivnějších druhů Evropy. V černém, šedém a varovném seznamu ČR (Pergl et al., 2016) jsou křídlatky zařazeny do druhové skupiny BL1 (neofytní byliny s největší mírou škodlivosti) (BÚ AV ČR, 2014).

3.6.1 Taxonomické pojetí rodu

České název rodu křídlatek má původ podle tvaru křídlatých semen. Latinské názvosloví není zcela jednotné. Vzhledem ke složité taxonomii celé skupiny se setkáme jak s obvyklým českým pojmenováním – *Reynoutria*, tak i se zařazením křídlatek do široce pojatého rodu *Fallopia*. (Frouz & Moldan, 2015). Pojmenování rodu *Reynoutria* bylo zvoleno podle vlámského mecenáše botaniky Karla van Sint Omaars (van Reynoutre). Rod *Fallopia* vychází z latinského slova *fallo*, které v překladu do českého jazyka znamená klamat (BÚ AV ČR, 2014). Podrobný rozbor vývoje jmen a taxonomického zařazení křídlatek uvádí Bailey et al. (2007). Podle nejnovějších znalostí se křídlatky řadí do rodu *Fallopia*, sekce *Reynoutria* (Berchová-Bímová & Mandák, 2008).

3.6.2 Původ a rozšíření

Původním areálem rozšíření křídlatky japonské je Čína, Japonsko, Tchaj-wan a Korejský poloostrov (Kroutil, 2011). První sazenici křídlatky japonské dovezl Holanďan Siebold z Dálného Východu v první polovině 19. století (Hošek, 2008), jako okrasnou rostlinu do zahrad (BÚ AV ČR, 2014). Všichni jedinci křídlatky japonské, kteří dnes rostou v Evropě, jsou potomky této jediné samičí rostliny. O 15 let později byla do Petrohradu dovezena křídlatka sachalinská a to samičí i samčí rostliny (Hošek, 2008). První zmínka o výskytu křídlatky české byla v Evropě uvedena jen v roce 1983 (Bzdega et al., 2016).

3.6.3 Charakteristika

V České republice se můžeme shledat se čtyřmi taxony křídlatek z rodu *Fallopia* (Mandák, et.al 2003). Jedná se tedy o křídlatku japonskou (*F. japonica* var. *japonica* a var. *compacta*), křídlatku sachalinskou (*F. sachalinensis*) a jejich křížence křídlatku českou (*F. ×bohemica*) (Frouz & Moldan, 2015). Tyto zástupce rodu se dají nejlépe odlišit podle tvarů listů, které jsou zobrazeny v př. 3 (Pyšek & Tichý, 2001). Všechny rozlišovací znaky křídlatek jsou shrnuty v př. 4.

Křídlatky jsou vyšší dvouděložné rostliny z řádu rdesnotvaré a čeledi rdesnovité. Jsou to vytrvalé, klonální (Mlíkovský & Stýblo, 2006), statné rostliny s rozsáhlým kořenovým systémem. V Evropě je můžeme velikostí zařadit k nejvyšším rostoucím vytrvalým bylinám (Pyšek & Tichý, 2001).

Křídlatka japonská (*F. japonica* var. *japonica*) má přímé, oblé a duté stonky 1 až 2,5 m vysoké, v horní části jsou větvené, holé a červeně skvrnitě (Cvachová et al., 2002). Listy má celokrajné (Kroutil, 2011) s trojúhelníkovitou čepelí (BÚ AV ČR, 2014) dlouhou až 15 cm a širokou 10 cm (Pyšek & Tichý, 2001), na vrcholu jsou zúžené do dlouhé špičky a na bázi kolmo uťaté nebo tupě klínovité, na rubu s vyniklou žilnatinou a lysé (Kroutil, 2011).

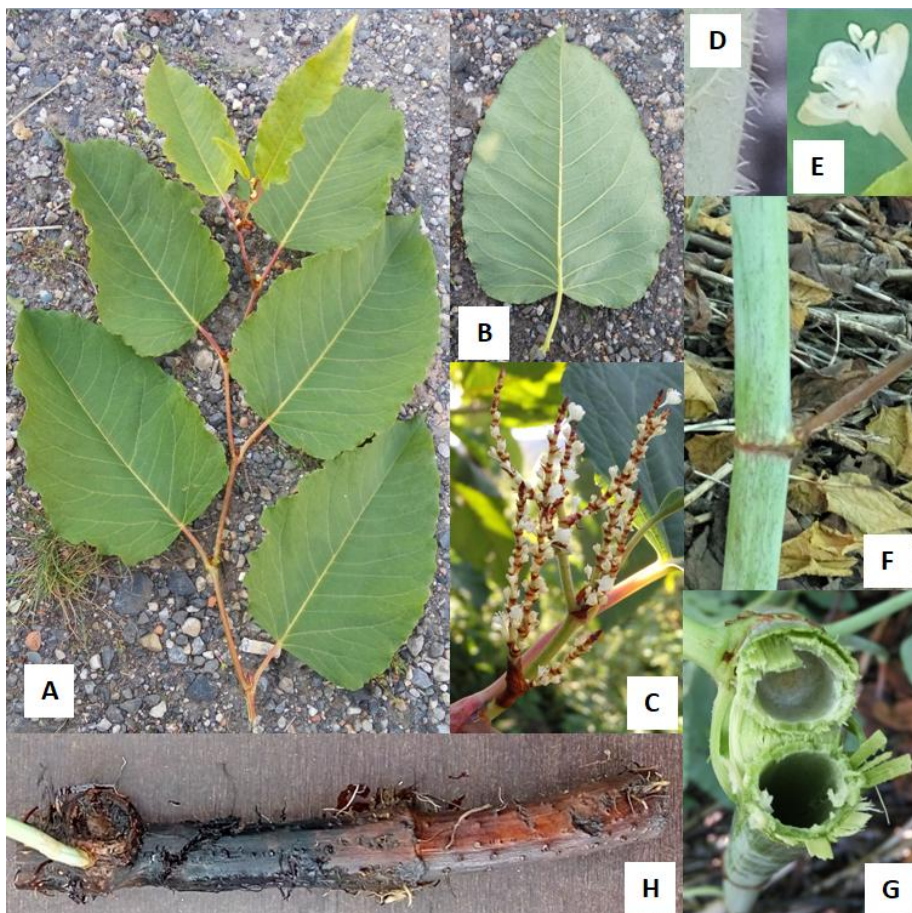
Křídlatka sachalinská (*F. sachalinensis*) je oproti křídlatce japonské vysoká až 4 m a její stonky jsou tlustší, slabě rýhované viz. obr. 3 F. Listy má vejčité (Kroutil, 2011) až 40 cm dlouhé (Netwing, 2014) a 20 cm široké (Kroutil, 2011), se srdčitou bází viz obr. 3 A, B. Kromě toho mají na rubu listů dlouhé trichomy viz. obr. 3 D, což listy křídlatky japonské nemají (Netwing, 2014). Také jsou měkké, proto na první pohled vypadají jako zvadlé (Cvachová et al., 2002).

Křídlatka česká (*F. ×bohemica*) je křížencem rodičovských druhů křídlatky japonské a křídlatky sachalinské (Cvachová et al., 2002). Tvar i velikost listů křídlatky české se pohybuje mezi rodičovskými druhy (Pyšek & Tichý, 2001), jsou tuhé a naspodu světlezelené (Cvachová et al., 2002). Lze si ji jednoduše splést s oběma rodiči, nejpodobnější je samčím rostlinám křídlatky sachalinské (BÚ AV ČR, 2014).

Křídlatky mají pětičetné, bělavé až narůžovělé, funkčně jednopohlavní květy, uspořádané v latách složených z lichoklasů viz. obr. 3 C, E. Plodem je lesklá, černá,

trojhranná nažka, zcela uzavřená ve zveličelém okvětí. Kvetou od července do října (Pyšek & Tichý, 2001).

Křídlatky vytvářejí dlouhý, silný a velmi rozvětvený podzemní kořenový systém (Kroutil, 2011), ten je pro ně důležitou zásobárnou živin (Netwing, 2014). Kořenový systém se může bočně rozšířit až do vzdálenosti 20 m (Dommanget et al., 2016). Na jaře oddenky poskytují rychlý růst novým výhonům (Netwing, 2014), rychlost růstu křídlatek může být až 15 cm denně (Dommanget et al., 2016)



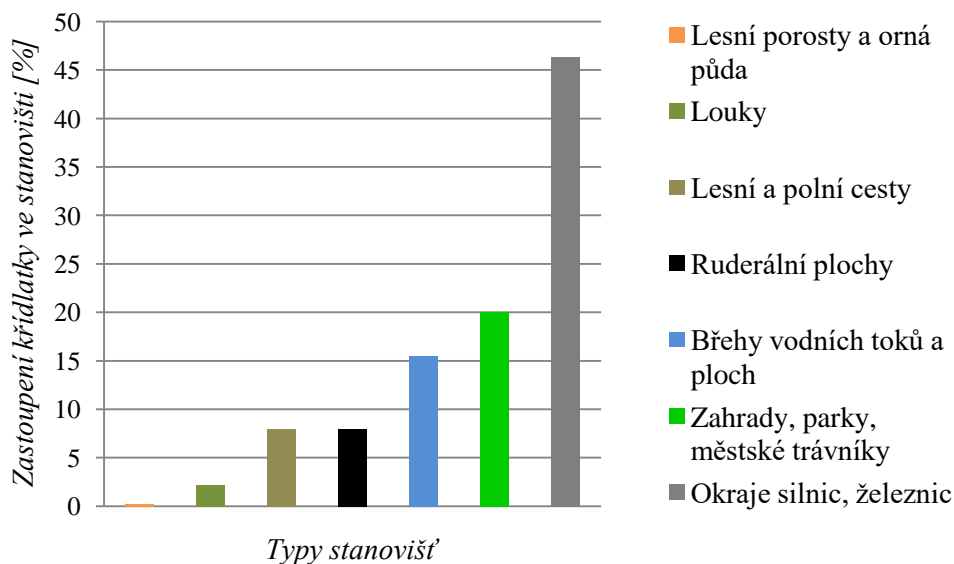
Obr. 3 Křídlatka sachalinská (*Fallopia sachalinensis*) (fotografie a sběr červen 2016 a srpen 2017)

A – Postavení listů na stonku, B-List s viditelnou žilnatinou, C – Květenství, D – Detail trichomů, E – Detail květu, F – Stonek, G – Řez dutým stonkem, H – Oddenek s jemnými kořínky

3.6.4 Stanoviště a ekologie

Křídlatky dávají přednost půdám s větším obsahem živin, mírně kyselé a vlhké. Jsou to druhy polostinné, nesnášející zastínění větší než 30% oslunění volné plochy (BÚ AV ČR, 2014).

V České republice se křídlatka nachází v celé oblasti od nížin až po podhorské oblasti (Kroutil, 2011). Křídlatky se nejvíce vyskytují v okolí vodních toků, silnic a dalších komunikací, dále na ruderálních plochách a také v parcích a zahradách. Nejméně se vyskytují v lesních porostech a orné půdě viz. obr. 4 (Gerža, 2008). Výskyt druhů křídlatek v ČR podle jednotlivých period nalezneme v př. 1.



Obr. 4 Rozšíření křídlatky na různých typech stanovišť (Gerža, 2008 – upraveno; porovnáno s Mandák, et al. 2004)

Křídlatky vytvářejí na stanovištích náchylných k invazím nepropustné porosty, které vytlačují veškerou vegetaci (BÚ AV ČR, 2014), její výhodou je totiž absence přirozených nepřátel (Kubín et al., 2016).

Za úspěchem šíření křídlatek stojí zejména rozsáhlý oddenkový systém (Kroutil, 2011), který umožňuje rostlinám rostoucím na živinově chudých stanovištích čerpat minerální látky z většího objemu půdy a současně je sdílet v rámci klonu (Klimešová, 2015) rovněž mají schopnosti vytvářet látky s alelopatickými vlastnostmi a pozměňovat tak živinové podíly v zemině. Křídlatky dokážou shromažďovat těžké kovy, zvláště kadmium a olovo (Kroutil, 2011).

3.6.5 Rozmnožování a rozšiřování

Rod *Fallopia* se v České republice rozšiřuje nejvíce nepohlavním rozmnožováním. Vegetativní způsob rozmnožování vzniká jednak pomocí úlomků z oddenků a stonků rostliny, které následně regenerují, ale také tím, že kořenový systém roste (Mandák et al., 2003). Při vegetativním způsobu rozmnožování se

množí pouze křídlatky jednoho pohlaví, které musí vyčkávat na jedince opačného pohlaví, aby se mohly tyto opačné pohlavní rozmnožovat generativní způsobem (Mandák et al., 2003). Generativní rozmnožování není nijak významné pro tento druh (Pauková, 2004), přestože křídlatka japonská každý rok hojně kvete, tak ale neprodukuje semena, pokud se však v okolí rostliny nenachází křídlatka sachalinská, která by jí dokázala opylovat (Hošek, 2008). Tato opylená semena buď nestačí dozrát či jsou zničena zimou (Pauková, 2004) nebo z nich může vzniknout kříženec křídlatka česká. Křídlatka česká se rozmnožuje v české republice vegetativním způsobem a vzácně jen pohlavním rozmnožováním (Hošek, 2008).

4 Metodika

Pro tento výzkum bylo použito na základě doporučení Matějčíka (2016) o 1 taxon křídlatky více (křídlatka sachalinská) a celkem 102 nerozvětvených oddenků křídlatek (tj. celkem o 70 oddenků křídlatek více než bylo použito v práci Matějčíka (2016)) pro postřik herbicidem, které byly rozděleny na postřik pro letní a podzimní fázi. Z toho bylo ponecháno 18 vzorků pro kontroly regenerace. Nad rámec byly zkoumány 3 vzrostlé křídlatky české, které měly rozvětvený oddenkový systém.

Na všechny vzorky křídlatek v obou vegetačních fázích experimentu byla použita 8% koncentrace postřiku herbicidu, oproti studii Matějčíka (2016), který ve své práci použil jen 5% koncentraci postřiku. V této práci bylo, pouze u křídlatky sachalinské v podzimní fázi, použito 5% koncentrace roztoku pro doplnění dat posouzení účinnosti koncentrací.

4.1 Popis experimentu

Cílem práce bylo zjistit, jak působí pronikání systematického herbicidu Roundup do oddenkového systému křídlatek ve dvou vegetačních fázích – letní a podzimní. V experimentu byly porovnány tři taxony křídlatek. Jedná se o křídlatku japonskou (*F. japonica* var. *japonica* - FJ), sachalinskou (*F. sachalinensis* - FS) a křížence křídlatku českou (*F. ×bohemica* - FB).

Celý experiment byl proveden na území areálu České zemědělské univerzity (ČZU) v Praze a ve výukovém skleníku Fakulty životního prostředí. Projekt byl uskutečněn v období od 4. 5. 2016 do 10. 12. 2016. Postup provedených prací na experimentu byl rozdělen do pomyslných 13 kroků:

- sběr vzorků křídlatek v terénu – ze dvou lokalit (Konopiště a Průhonický park)
- regenerace oddenků křídlatek
- sadba zregenerovaných oddenků křídlatek
- hnojení vzorků křídlatek
- postřik 8% roztokem na 1. polovinu vzorků – 7. 7. 2016
- regenerace oddenků ošetřené herbicidem 1. poloviny vzorků křídlatek a kontrol – počty použitých vzorků viz. tab. 2
- kontrola regenerujících oddenků z 1. poloviny vzorků křídlatek

- postřik 5% a 8% roztokem na 2. polovinu vzorků křídlatek – 25. 9. 2016
- regenerace oddenků ošetřené herbicidem 2. poloviny vzorků křídlatek a kontrol – počty použitých vzorků viz. tab. 2
- kontrola regenerujících oddenků z 2. poloviny vzorků křídlatek
- sušení biomasy
- regenerace oddenků ošetřené herbicidem křídlatek českých z oválných nádob – ověření cílů práce
- kontrola regenerujících oddenků křídlatek českých z oválných nádob

Pro výzkum bylo použito celkově 74 kusů zregenerovaných oddenků křídlatek a 3 vzrostlé křídlatky české pro ověření výsledků na malých pokusných rostlinách. Přehled počtů vzorků použitých v experimentu je zobrazen v tab. 2.

	FB	FS	FJ	FB - oválné
Sadba	30	24	30	3
Postřik 8% - léto	10 + 5C	10 + 5C	10 + 5C	
Postřik 5%+8% - podzim	14 + 1C	8 + 1C	14 + 1C	3

C – Kontrolní vzorky křídlatek

Tab. 2 Počty vzorků křídlatek použitých v experimentu

Dne 4. 5. 2016 byl proveden sběr vzorků křídlatky české z lokality Konopiště, poté 7. 5. 2016 byl proveden sběr dalších zástupců křídlatky japonské a sachalinské z lokality Průhonického parku. Rostliny byly při sběru cca 0,2 m až 0,5 m vysoké. Pro sběr křídlatek bylo použito: lopatka, nádoby na vzorky, pracovní oděv, rukavice, fotoaparát. Po odebrání křídlatek ze zeminy byly vzorky očištěny a převezeny do výukového skleníku fakulty životního prostředí (FŽP).



Obr. 5 Sběr vzorků křídlatky české z Konopiště (sběr a fotografie M. Kadlecová a doc. Berchová)

Po sběru křídlatek byly rostliny očištěny a zbaveny listů a kořínků ve skleníku FŽP. Očištěné oddenky byly vloženy do válcových nádob s vodou. Voda v nádobách byla pravidelně vyměňována, dokud oddenky nezregenerovaly. Regenerace oddenků probíhala přibližně 14 dní od sběru. Tři vzrostlé křídlatky české byly uloženy do plastových nádob s vodou, kde probíhala jejich regenerace za stejných skleníkových podmínek.



Obr. 6 Regenerace oddenků křídlatek po sběru

Dne 18. 5. 2016 proběhla sadba křídlatek českých a 2. 6. 2016 proběhla sadba křídlatek japonských a sachalinských. Před sadbou zregenerovaných oddenků byly změřeny hodnoty: výška rostliny, počet listů, rozměry listu, průměr a délka oddenku. Data byla zaznamenána do excelové tabulky.

Zregenerované oddenky byly před sadbou zbaveny narašených pupenů. Sadba křídlatek probíhala ve skleníku FŽP. Rostliny byly zasazeny do truhlíků se substrátem písku a perlitu. Každý truhlík byl označen číslem vzorku a popsán druhem křídlatky. Zasazené vzorky byly přeneseny do venkovního prostředí areálu ČZU na vymezené území, kde probíhaly další kroky výzkumu. V mezidobí probíhala závlhka podle nároků rostlin a klimatických podmínek. Experimentální plocha byla vymezena na krycí plachtě o rozměrech 1,8 × 6,5 m. Rozmístění vzorků na experimentální ploše bylo provedeno podle schéma viz. př. 5. Křídlatky byly rozděleny na část letní a část podzimní. Část letní obsahovala vzorky čísel 1-15 a podzimní část vzorky čísel 16-30. Každý druh měl



Obr. 7 Nahoře zasazená křídlatka japonská v truhlíku se substrátem před přenesením, dole přenesené křídlatky na experimentální plochu.

stanoven určitý počet kontrolních vzorků.

Po dvaceti dnech od sadby byly rostliny pohnojeny zálivkou a označeny štítky.

Na letní část vzorků křídlatek byl 7. 7. 2016 aplikován 8% postřik roztoku herbicidu Roundup Aktiv. Před postřikem proběhlo přeměření křídlatek.

Pokud bylo v truhlíku nalezeno několik vzrostlých křídlatek, byly odstriženy a byl ponechán jeden výhon. Koncentrace postřiku byla namíchána podle návodu na přípravu na etiketě Roundup Aktiv a to 80 ml na 1 l vody. Aplikace byla provedena ve dne kdy bylo jasno a bez deště. Ručním postřikovačem probíhal samotný postřik na listovou část křídlatek, před postřikem byla zakryta zemina kartonem. Kontrolní vzorky v době postřiku byly odebrány, po provedení postřiku byly kontrolní vzorky křídlatek vráceny zpět. Působení listového herbicidu bylo ponecháno v délce 4 týdnů.



Obr. 8 Postřik 8% roztokem herbicidu Roundup Aktiv na letní část vzorků křídlatek

Kvůli tropickému letnímu počasí bylo nad experimentální plochou 1. 8. 2016 vybudováno zastřešení.

Další krok experimentu byl uskutečněn 11. 8. 2016 - sklizeň rostlin letní části. Vzorky z letní části byly vyndány ze substrátu. Po přeměření neuschlých vzorků křídlatek byla oddělena listová část rostlin a uschována do papírových sáčků. Sáčky potom byly dány do sušárny pro zjištění hmotnosti biomasy. Oddenky byly očištěny od substrátu, zbaveny kořínků, pupenů a byla označena část nodu, ze kterého vyrůstal stonek rostliny. Oddenky byly dány do podtáček s destilovanou

vodou a byly rozděleny na jednotlivé segmenty. Jeden segment je jeden nod oddenku. Tímto začala regenerace oddenků a fáze pozorování pronikání účinku herbicidu. Kontrola regenerace probíhala od 13. 8. 2016 do 10. 9. 2016. Po dvou dnech byl zapisován stav změn účinku herbicidu.



Obr. 9 Vlevo křídlatka sachalinská vzorek č.1 letní části před postřikem 8% roztokem, vpravo křídlatka sachalinská vzorek č.1 letní části po postřiku 8% roztokem

Na podzimní část vzorků křídlatek byl 25. 9. 2016 aplikován 8% a 5% postřik roztoku herbicidu Roundup Aktiv. 5% postřik byl aplikován pouze na křídlatku sachalinskou pro doplnění dat diplomové práce M.Matějčika. Před postřikem proběhlo přeměření křídlatek.

Postup postřiku a sklizně byl proveden stejně jako při letní části. Sklizeň podzimní části proběhla 14. 10. 2016. Kontrola regenerace probíhala od 16. 10. 2016 do 12. 11. 2016.

Křídlatky české z oválných nádob byly po sklizni 18. 11. 2016 ponechány nerozdělené kvůli složitému systému oddenků viz. př. 7. Kontrola regenerace probíhala od 20. 11. 2016 do 10. 12. 2016

4.2 Statistické zpracování dat

Posouzení bylo testováno pomocí Chí-kvadrát testu. Výpočet Chí-kvadrát testu může být nestabilní, pokud některé hodnoty klesly pod 5. Pro ověření výsledných hodnot byl použit ještě Fišerův exaktní test, který se řadí podle Hendla (2012) k přesným testům při použití kontingenčních tabulek. Testované hypotézy

byly posuzovány na stanovené hladině významnosti 5% pro všechny použité testy.
Analýzy byly provedeny v programu R.

5 Výsledky práce

Naměřené hodnoty křídltek před sadbou v letní i podzimní části byly zprůměrovány a zobrazeny do tabulky č. 3 .

	FB	FS	FJ
Výška rostliny	12,9	5,7	14
Počet listů	5,4	4,8	4,6
Rozměr listu š x d	4,2 × 4,8	2,9 × 3,8	3,6 × 4,4
Průměr oddenku	1	1,5	1
Délka oddenku	23,8	19,2	12,6

Tab. 3 Průměrné rozměry křídltek změřené při sadbě v cm, zaokrouhleno na 1 desetinné místo

Křídlatky byly také přeměřeny před postřikem herbicidem v letní a podzimní části projektu viz. tab. 4 a 5.

	FB	FS	FJ
Výška rostliny	27,8	18,2	21,9
Počet listů	28,9	13,4	23,9
Rozměr listu š x d	6,6 × 9	6,8 × 10,4	6,2 × 8,6
Bazální průměr	0,5	0,4	0,4

Tab. 4 Průměrné rozměry křídltek změřené před postřikem letní části v cm, zaokrouhleno na 1 desetinné místo

	FB	FS	FJ	FB - oválné
Výška rostliny	22,8	8,9	12,3	40,4
Počet listů	15,1	8,4	8,3	39,9
Rozměr listu š x d	5,8 × 8,1	4,6 × 6,2	5,1 × 6,3	6,6 × 8,9
Bazální průměr	0,3	0,3	0,3	1

Tab. 5 Průměrné rozměry křídltek podzimní části změřené před postřikem v cm, zaokrouhleno na 1 desetinné místo

V letní části po postřiku nezregeneroval žádný oddenek, kromě kontrolních vzorků viz. tab. 6 a př. 6.

	FB	FBC	FS	FSC	FJ	FJC
Regenerace ANO	0	4	0	4	0	5
Regenerace NE	10	1	10	1	10	0

Tab. 6 Počty zregenerovaných oddenků křídlatek po postřiku - léto

V podzimní části po postřiku zregenerovaly oddenky křídlatek české, sachalinské i japonské viz. tab. 7.

	FB	FBC	FS 5%	FS 8%	FSC	FJ	FJC	FB- oválné
Regenerace ANO	2	1	2	2	0	5	1	3
Regenerace NE	12	0	2	2	1	9	0	0

Tab. 7 Počty zregenerovaných oddenků křídlatek po postřiku - podzim

Data byla roztržena dle četností do kontingenčních tabulek. Po vytvoření tabulek, byly zkoumány vzájemné vztahy proměnných.

Nejdříve byly hodnoceny pomocí sloupcového zobrazení, poté byly testovány následující hypotézy:

Č.1 Posouzení účinnosti herbicidu v jednotlivých vegetačních fázích

Letní fáze projektu

- H0: Regenerace oddenků křídlatek v letní fázi nezávisí na aplikaci herbicidu
- H1: Regenerace oddenků křídlatek v letní fázi závisí na aplikaci herbicidu

Podzimní fáze projektu

- H0: Regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi nezávisí na aplikaci herbicidu
- H1: Regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi závisí na aplikaci herbicidu

Č.2 Posouzení schopnosti regenerace oddenků tří druhů křídlatek

Letní fáze projektu

- H0: Regenerace oddenků po postřiku v letní fázi nezávisí na druhu křídlatky
- H1: Regenerace oddenků po postřiku v letní fázi závisí na druhu křídlatky

Podzimní fáze projektu

- H0: Regenerace oddenků po postřiku v podzimní fázi nezávisí na druhu křídlatky
- H1: Regenerace oddenků po postřiku v podzimní fázi závisí na druhu křídlatky

Č.3 Posouzení účinnosti herbicidu 5% a 8% koncentrace v podzimní fázi

- H0: Regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi nezávisí na aplikaci herbicidu 5% koncentrace
- H1: Regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi závisí na aplikaci herbicidu 5% koncentrace

5.1 Posouzení účinnosti herbicidu v jednotlivých vegetačních fázích

Účinnost herbicidu v jednotlivých vegetačních fázích byla testována pomocí Chí-kvadrát testu a Fišerova exaktního testu v R-programu.

H0: Regenerace oddenků křídlatek v letní fázi nezávisí na aplikaci herbicidu

H1: Regenerace oddenků křídlatek v letní fázi závisí na aplikaci herbicidu

```
> data
  [,1] [,2]
[1,]  0 13
[2,] 30  2
```

```
> chisq.test(data)
```

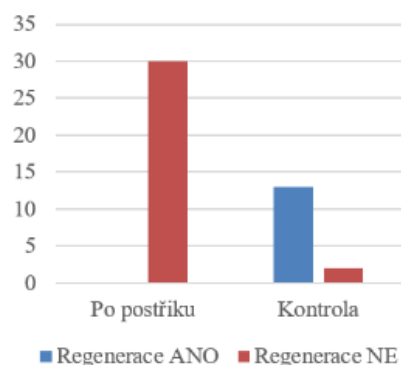
Pearson's Chi-squared test with
Yates' continuity correction

```
data: data
X-squared = 32.465, df = 1, p-value = 1.213e-08
```

```
> fisher.test(data)
```

Fisher's Exact Test for Count Data

```
data: data
p-value = 1.438e-09
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.00000000 0.04678396
sample estimates:
odds ratio
 0
```



Obr. 10 Počty zregenerovaných oddenků v letní fázi

P-value je menší jak 0,05 - zamítám nulovou hypotézu. Na hladině významnosti $\alpha=5\%$ se prokázalo, že regenerace oddenků křídlatek v letní fázi závisí na aplikaci herbicidu.

H0: Regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi nezávisí na aplikaci herbicidu

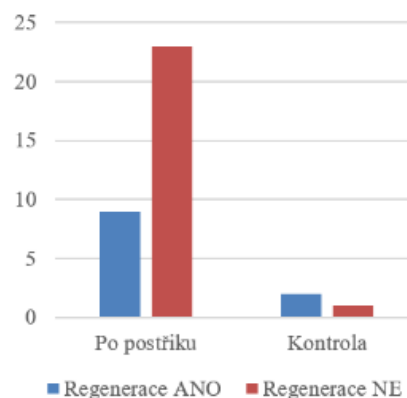
H1: Regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi závisí na aplikaci herbicidu

```
> data
  [,1] [,2]
[1,]  9  2
[2,] 21  1

> chisq.test(data)

Pearson's Chi-squared test with
Yates' continuity correction

data: data
X-squared = 0.4125, df = 1, p-value = 0.5207
```



Obr. 11 Počty zregenerovaných oddenků v podzimní fázi

```
> fisher.test(data)

Fisher's Exact Test for Count Data

data: data
p-value = 0.252
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.003478401 4.848237776
sample estimates:
odds ratio
0.2257925
```

P-value je větší jak 0,05 - nezamítám nulovou hypotézu. Na hladině významnosti $\alpha=5\%$ se prokázalo, že regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi nezávisí na aplikaci herbicidu.

5.2 Posouzení schopnosti regenerace oddenků tří druhů křídlatek

Závislost schopnosti regenerace v jednotlivých vegetačních fázích na jednotlivých druzích křídlatky byla testována pomocí Chí-kvadrát testu a Fišerova exaktního testu v R-programu.

Pro toto posouzení byla použita data jenom oddenků rostlin po postřiku herbicidem.

H0: Regenerace oddenků po postřiku v letní fázi nezávisí na druhu křídlatky

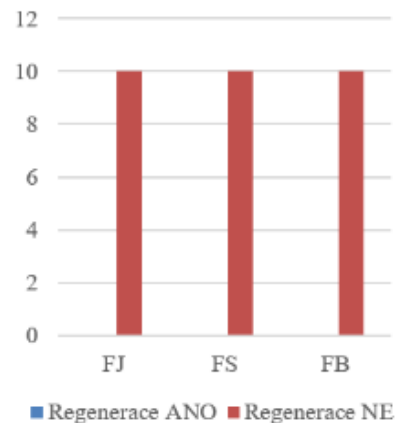
H1: Regenerace oddenků po postřiku v letní fázi závisí na druhu křídlatky

```
> data
  [,1] [,2] [,3]
[1,]  0  0  0
[2,] 10 10 10

> fisher.test(data)

Fisher's Exact Test for Count Data

data: data
p-value = 1
alternative hypothesis: two.sided
```



Obr. 12 Počty zregenerovaných oddenků v letní fázi u jednotlivých druhů křídlatek

P-value je větší jak 0,05 – nezamítám nulovou hypotézu. Na hladině významnosti $\alpha=5\%$ se prokázalo, že regenerace oddenků po postřiku v letní fázi nezávisí na druhu křídlatky.

H0: Regenerace oddenků po postřiku v podzimní fázi nezávisí na druhu křídlatky

H1: Regenerace oddenků po postřiku v podzimní fázi závisí na druhu křídlatky

```
> data
  [,1] [,2] [,3]
[1,]  5  2  2
[2,]  9  2 12

> chisq.test(data)

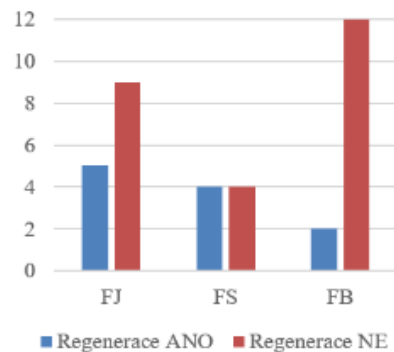
Pearson's Chi-squared test

data: data
X-squared = 2.6722, df = 2, p-value = 0.2629

> fisher.test(data)

Fisher's Exact Test for Count Data

data: data
p-value = 0.3505
alternative hypothesis: two.sided
```



Obr. 13 Počty zregenerovaných oddenků v podzimní fázi u jednotlivých druhů křídlatek

P-value je větší jak 0,05 - nezamítám nulovou hypotézu. Na hladině významnosti $\alpha=5\%$ se prokázalo, že regenerace oddenků po postřiku v podzimní fázi nezávisí na druhu křídlatky.

I přesto, že test prokázal, že regenerace oddenků po postřiku v podzimní fázi nezávisí na druhu křídlatky, je ze sloupcového grafu obr. 13 vidět, že křídlatka česká má nejnižší regenerační schopnost oproti ostatním taxonům a nejvyšší regenerační schopnost má křídlatka japonská.

5.3 Posouzení účinnosti herbicidu 5% a 8% koncentrace v podzimní fázi

Posouzení účinnosti herbicidu 5% a 8% koncentrace byla testována pomocí Chí-kvadrát testu a Fišerova exaktního testu v R-programu.

Pro toto posouzení byla porovnána data z experimentu a data z minulé studie (Matějčík, 2016), kde byla použita data 5% koncentrace křídlatky japonské a české.

Porovnání 5% a 8% koncentrace herbicidu, můžeme u všech tří druhů křídlatek bohužel jen v podzimní fázi. V letní fázi schází data u křídlatky sachalinské.

H0: Regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi nezávisí na aplikaci herbicidu 5% koncentrace

H1: Regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi závisí na aplikaci herbicidu 5% koncentrace

```
> data
  [,1] [,2]
[1,] 10  6
[2,]  4  1

> chisq.test(data)

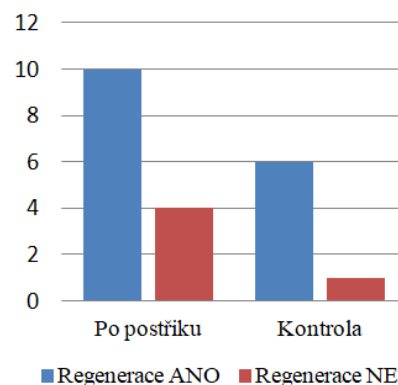
Pearson's Chi-squared test with Yates'
continuity
correction
```

```
data: data
X-squared = 0.032812, df = 1, p-value = 0.8563
```

```
> fisher.test(data)
```

Fisher's Exact Test for Count Data

```
data: data
p-value = 0.6244
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
```



Obr. 14 Počty zregenerovaných oddenků v podzimní fázi

0.007274353 5.938264755
sample estimates:
odds ratio
0.4328959

P-value je větší jak 0,05 - nezamítám nulovou hypotézu. Na hladině významnosti $\alpha=5\%$ se prokázalo, že regenerace oddenků křídlatek v podzimní fázi nezávisí na aplikaci herbicidu 5% koncentrace.

Porovnání výsledných p-value hodnot 5% a 8% koncentrace postřiku herbicidem v tab. 8. Výsledky účinnosti aplikace herbicidu 8% koncentrace byla převzata z posouzení bodu 5.1.

	5% koncentrace postřiku	8% koncentrace postřiku
Chí-kvadrát test	0,8563	0,5207
Fišerův exaktní test	0,6244	0,252

Tab. 8 Účinnosti herbicidu 5% a 8% koncentrace

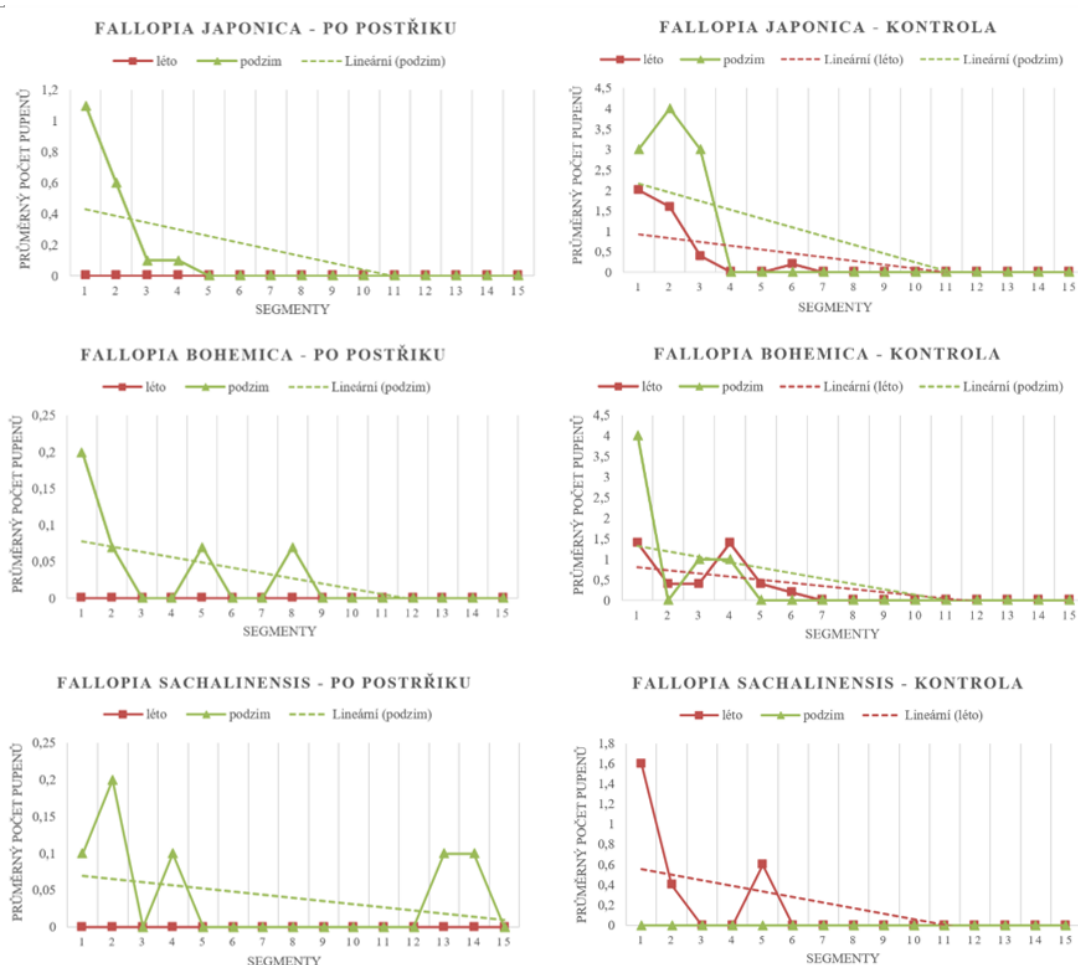
I přesto, že testy prokázaly, že obě koncentrace postřiku herbicidem v podzimní fázi byly méně účinné, můžeme tyto koncentrace porovnat a říci, že hodnota p-value 8% koncentrace je nižší než hodnota p-value 5% koncentrace, tedy 8% koncentrace se blíží více účinnosti. 8% koncentrace je tedy účinnější než 5% koncentrace herbicidu.

5.4 Posouzení průniku herbicidu oddenkovým systémem křídlatek

Za cíl experimentu bylo zjistit, jak proniká herbicid do oddenkového systému křídlatek. Jedním z kroků experimentu byla sklizeň rostlin po postřiku herbicidem a následné pozorování průniku oddenkem. Oddenky křídlatek byly rozděleny na jednotlivé segmenty. Segmenty byly očíslovány, a to tak, že číslem 1 byl označen nod vedle mateřské rostlině. Segmenty byly dány do podtáců s destilovanou vodou, kde probíhala následná regenerace. Po 4 týdenní kontrole a zápisu stavu účinku herbicidu, byly výsledné data experimentu zobrazeny do grafů, kde můžeme vidět, jak byl herbicid distribuován do oddenků křídlatek.

U všech tří druhů křídlatek po postřiku i kontrolních vzorků můžeme vidět klesající trend tvorby pupenů od mateřské rostliny. Dále můžeme pozorovat u křídlatek po postřiku herbicidem v letní fázi stagnaci regenerace pupenů jednotlivých segmentů oddenků. Naopak u kontrolních vzorků v letní fázi regenerují hojně

oddenky do 7 segmentu z 15. V podzimní fázi regenerace je výrazný rozdíl mezi rostlinami po postřiku a kontrolními vzorky, tak i mezi jednotlivými druhy křídlatek. U kontrolních vzorků se projevila stagnace regenerace jen u křídlatky sachalinské v podzimní fázi. Z následujících grafů experimentu můžeme usoudit, že křídlatky při nedostatečné koncentraci herbicidu, distribuují herbicid nejdříve do nejvzdálenějších segmentů od mateřské rostliny, které následně odumírají. Tímto způsobem herbicid neuškodí mateřské rostlině. Z experimentu se jeví, že mateřská rostlina je rozhodujícím prvkem pro přežití rostliny. Pokud přežije první segment oddenku, je největší pravděpodobnost budoucí regenerace oddenků a tvorby nových pupenů.



Obr. 15 Grafy vyjadřující závislost průměrných počtů pupenů vytvořených na částech segmentů oddenků křídlatek v jednotlivých vegetačních fázích. Vlevo křídlatky zobrazené po postřiku herbicidem, vpravo kontrolní rostliny křídlatek.

5.5 Posouzení regenerace křídlatek českých z oválných nádob

Experiment vzrostlých křídlatek českých byl nad rámec zadání práce. Cílem tohoto záměru bylo posouzení regenerace v simulaci reálných podmínek.

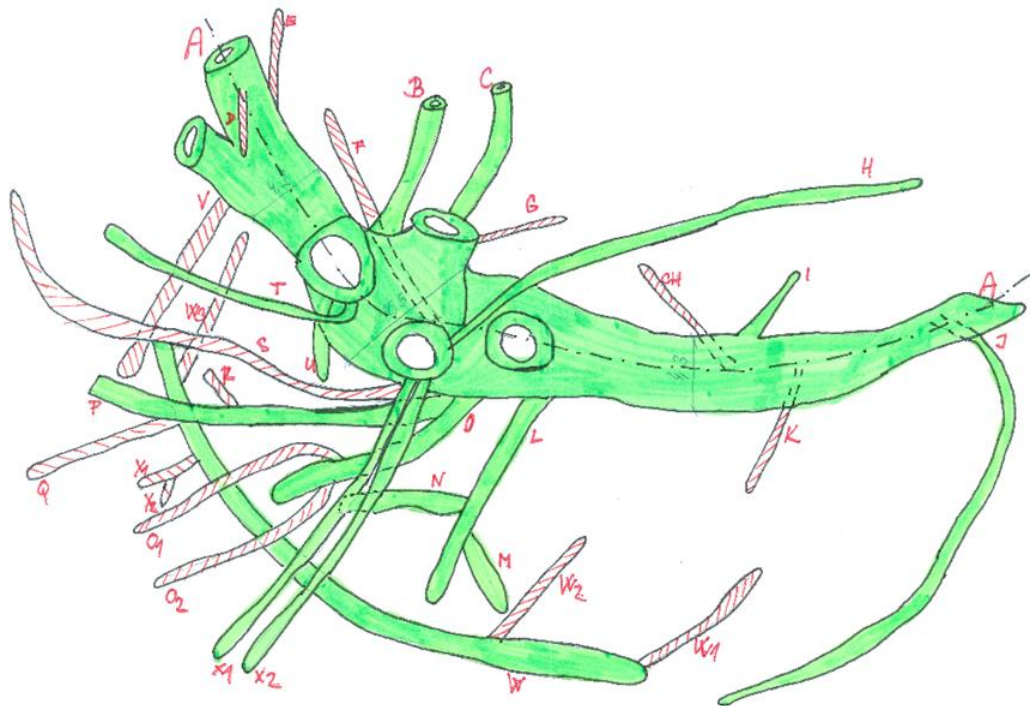
Na vzrostlé křídlatky české z oválných nádob byl aplikován postřik až v podzimní fázi. Po postřiku před sklizní byly listy rostlin uschlé a část listů opadaná, spodní listy byly nažloutlé viz. př. 8. Z oddenkového systému po sklizni byly odstraněny jemné kořínky a oddenky byly očištěny. Složitý kořenový systém byl zkeslen do schématu a každá větev oddenku byla označena písmeny, začínající písmenem A od mateřské rostliny. U FB33 hlavní oddenek byl ze všech tří křídlatek nejmohutnější. Oddenkový systém nebyl rozdělen na segmenty a pro regeneraci byl, ponechám v celku. Byly přeměřeny rozměry oddenků a to délka a průměr viz. tab. 9. Oddenky se celkově jevil jako nepoškozené, měli několik nezničených pupenů a pár uhnulých konců nejslabších částí oddenků.

	FB 31	FB 32	FB33
Délka hlavního oddenku [cm]	6,1	14,1	48,2
Průměr hlavního oddenku [cm]	0,47	0,93	10,5
Počet větví oddenku	7	9	33
Počet zregenerovaných větví	3	6	16

Tab. 9 Údaje o křídlatkách českých z oválných nádob

Všechny tři křídlatky hojně zregenerovali po postřiku herbicidem viz. tab. 9. Jak probíhala regenerace větví kořenového systému křídlatek je ukázáno na vzorku FB33. Regenerace nezáležela na délce ani na průměru oddenků. Ze zvýrazněného schéma obr. 16 je patrné, že křídlatka distribuovala herbicid nejdříve do nejvzdálenějších větví celého systému, jako tomu bylo u ostatních křídlatek nádobového experimentu.

Experimenty s křídlatkami se lišily, a to tak, že vzrostlé křídlatky z oválných nádob prošly fází květenství na rozdíl od jednoduchých oddenků viz. př. 9.



Obr. 16 Schéma regenerace oddenků křídlatky české FB33 z oválných nádob. Zelená značí zregenerované oddenky. Červená šrafa značí nezregenerované oddenky.

6 Diskuse

Pro testování chemické likvidace křídlatek byl v této studii použit přípravek Roundup Aktiv s účinnou látkou glyfosát, který je podle Stratforda (2003) nejvhodnější k potlačení těchto invazních taxonů, a to díky své schopnosti působit i v oddenkovém systému rostlin. Nicméně podle Portycha (2015) dosahuje efektivnějších výsledků v hubení křídlatky během jedné sezóny přípravek Garlon New (účinná látka triclopyr). Sledování účinku přípravku Garlon New nebylo předmětem předkládané studie, proto bych doporučovala jako další možný výzkum posouzení rozdílu v účinnosti těchto dvou herbicidů.

V této studii byl pozorován průnik herbicidu Roundup Aktiv do oddenků křídlatek ve dvou vegetačních fázích. Po letní fázi postřiku herbicidem se překvapivě projevila stagnace regenerace oddenků, která mohla být zapříčiněna zvolenou vyšší 8% koncentrací postřiku. V předešlé studii (Matějčík, 2016) oddenky rostlin po letním postřiku regenerovaly. Autor však zvolil o 3% nižší koncentraci postřiku. Ze získaných výsledků Matějčíka (2016) vyplývá, že 5% roztok herbicidu není dostatečně účinný na 100% likvidaci křídlatek v letním období. Jako efektivnější metoda likvidace se v této studii projevila postřik 8% koncentrací. Naopak po podzimním postřiku byly nalezeny regenerující oddenky, a to u všech tří studovaných taxonů. Tento fakt by mohl být způsobený tím, že postřik herbicidem v podzimní fázi byl aplikován na křídlatky, které dosahovaly vyšší biomasy než v letním období a mohly být tak více odolné k postřiku. Beskydská metoda (ČSOP, 2016) sice doporučuje postřik na rostliny, které dosahují maximální biomasy, ale podmínkou je, že se postřik aplikuje na kvetoucí rostliny. Během nádobového experimentu nebylo možné uskutečnit postřik na kvetoucí rostliny, protože rostliny nevykvetly. Důvodem, proč křídlatky nebyly schopné vykvést, by mohlo být to, že při nádobovém experimentu rostou rostliny pomaleji a nestihnou tak včas dokončit vývoj díky omezeným podmínkám nádoby. Metoda postřiku na nevykvetlé rostliny se tedy úplně neshodovala s postupem Beskydské metody. Postřik nemusel být tedy aplikován ve správné fenologické fázi rostlin.

Jak již bylo uvedeno, po letním postřiku nebyly zaznamenány žádné regenerující oddenky. Z kontrolních rostlin (bez postřiku herbicidem) v letní fázi nejlépe regenerovala křídlatka japonská s průměrným počtem pupenů 4,2. Naopak

nejméně průměrných pupenů na jednom oddenku bylo zaznamenáno u křídlatky sachalinské (2,6). U podzimního postřiku byla regenerace oddenků již zaznamenána. Výsledky pozorování regenerace ukázaly, že nejnižší schopnost regenerace po postřiku herbicidem v podzimní fázi prokázala s průměrným množstvím pupenů na jednom oddenku křídlatka česká (0,4) a sachalinská (0,8), naopak u křídlatky japonské se utvořilo v průměru nejvíce pupenů (2) připadajících na jeden oddenek. V podzimní fázi bez postřiku herbicidem nejlépe regenerovala opět křídlatka japonská (10). Tyto výsledky však nejsou v souladu s Kroutilem (2011), který uvádí, že nejodolnějším taxonem je křídlatka česká. Kontrolní vzorek (bez postřiku) křídlatky sachalinské však v podzimní fázi neregeneroval vůbec, nepodařilo se bohužel ujistit důvod. V podzimní fázi u všech tří taxonů byl použit jen 1 kontrolní vzorek, protože po sběru křídlatek nezregeneroval dostatečný počet vzorků oddenků, který byl původně naplánovaný pro experiment. Můžeme tedy shrnout, že nejlépe ze tří taxonů regeneruje křídlatka japonská, což se shoduje i s výsledky studie Matějčika (2016).

Výsledky této studie dále prokázaly, že v letní fázi je účinný postřik herbicidem s koncentrací 8%, nicméně na podzim dokázaly křídlatky po tomto postřiku regenerovat. Barták et al. (2010) v projektu LIFE III Nature – Záchrana lužních stanovišť v povodí Morávky porovnávali různé metody likvidace křídlatky, jednou z metod byl postřik herbicidem, který byl aplikován v září s 5%, 8% a 10% koncentrací. Ze získaných dat vyplývá, že 100% účinnost prokázala 8% a 10% koncentrace postřiku. I přestože 8% a 10% koncentrace dosahovaly v projektu Bartáka et al. (2010) shodných výsledků, tak bych na základě svého experimentu doporučovala zvolit 10% koncentraci postřiku v podzimní fázi, protože 8% koncentrace se jeví jako nedostatečná. Britská rada pro ochranu přírody doporučuje při likvidaci křídlatek aplikaci glyfosátu, ale s kombinací řezání v pozdním jaru nebo začátku léta (Stratford, 2003). Naproti tomu Matějčik (2016) uvádí, že větší účinnost aplikace 5% koncentrace herbicidu na křídlatku českou je v podzimní fázi na neporušené porosty, což potvrzuje i „Beskydská metoda“, ale autor se také shoduje, že větší účinnost aplikace herbicidu na křídlatku japonskou je v letní fázi, než v podzimní.

Petránková (2017) rovněž zkoumala chemickou likvidaci porostů křídlatky pomocí přípravku Roundup, ale naopak s nižšími koncentracemi postřiku a to 1,7%

a 3,33%. Ve výsledcích uvádí, že v dalším roce po postřiku byl porost z 80% zredukován, ale zásah je nutné dále opakovat. V této práci byly porovnány účinnosti 5% a 8% koncentrací herbicidu. Z porovnání vyšlo, že 8% koncentrace je účinnější než 5% koncentrace. Tím docházím k závěru, že použití 1-3% koncentrace postřiku herbicidem je nedostačující na eliminaci křídlatek, zato použití 8% koncentrace v letní fázi je účinné.

Sledování průniku herbicidu oddenkovým systémem dále ukázalo, že při nízké koncentraci roztoku rostlina rozvádí herbicid do koncových částí oddenku, a tak přežívá první segment oddenku, kde byla mateřská rostlina. Poté probíhá regenerace oddenků a tvoří se nové pupeny.

Vzrostlé křídlatky české byly vedlejším výzkumem v experimentu práce. Díky této vedlejší studii bylo zjištěno, že křídlatky distribuovaly herbicid nejdříve do nejvzdálenějších částí oddenkového systému. Porovnání účinnosti postřiku v letní a podzimní fázi nebylo možné, protože postřik s 8% koncentrací byl proveden pouze v podzimní fázi a v této fázi všechny tři křídlatky hojně regenerovaly. Pro získání přesnějších výsledků a dat z rozvětvených oddenků bych doporučovala se zabývat dalším výzkumem zejména na vzrostlých křídlatkách v terénu.

Všechny křídlatky z experimentu měly společný cíl po postřiku herbicidem a to ten, že se snažily zachovat hlavní segment nebo oddenek, kde vyrůstala mateřská rostlina.

Nakonec bych chtěla mimo cíl studie poukázat na fakt, že se dnešní společnost zabývá eliminací invazní křídlatky nejvíce okolo vodních toků, kde křídlatka využívá nejvíce vegetativního rozmnožování, dále méně eliminací okolo komunikací a skoro vůbec v okolí měst a vesnic, natož v centrech. Jádrem šíření těchto invazních rostlin se může totiž stát i odlehlá malá část města (Havránek, 2004). Invazní druhy se poté nenápadně rozšiřují po městech, protože proti nim nikdo nebojuje a obyvatelé jsou málo informováni o této situaci. Z invadovaných měst se poté budou křídlatky rozšiřovat na okolní plochy, jako jsou pole a zasahovat tak do hospodářských částí a vytlačovat tak druhy místních plodin. Města za chvíli budou obléhat jen tyto invazní druhy. Tento fakt si můžeme například ukázat na městě Kladně, které pomalu zaplavuje křídlatka sachalinská a japonská. Na toto téma bych doporučila další studii.



Obr. 17 Vlevo křídlatka sachalinská v průmyslové části Kladna, vpravo křídlatka sachalinská v městské části Ostrovec v Kladně

7 Závěr a přínos práce

Tento experiment byl zaměřen na sledování průniku herbicidu Roundup do oddenkového systému křídlatek rodu *Fallopia*. Cílem této práce bylo zjistit, jak proniká herbicid do oddenkového systému křídlatek ve dvou vegetačních fázích u tří invazních taxonů (*F. japonica* var. *japonica*, *F. sachalinensis* a *F. ×bohemica*).

Ze získaných výsledků vyplývá, že aplikace herbicidu na všechny tři taxony křídlatek v letní fázi je účinnější než na podzim. Pokud bychom chtěli sledovat trend průniku herbicidu a tvorby pupenů v letní fázi doporučovala bych pro další studie zvolit nižší koncentraci postřiku herbicidu, protože 8% koncentrace roztoku stagnovala regeneraci oddenků rostlin.

Studie by mohla být nepatrně ovlivněna složitostí získávání dat a časovou náročností a také stanovištními a klimatickými podmínkami, proto bych doporučovala výzkum zaměřený na sledování schopnosti regenerace křídlatek po postřiku herbicidem v terénu.

Přínosem tohoto výzkumu bylo získání nových dat a výsledků pro zpřesnění metodiky eliminace křídlatek.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

AOPK ČR 2017: Legislativa. Invaznidruhy.nature.cz [online]. © 2017 [Cit. 5-12-2017]. Dostupné z: <http://invaznidruhy.nature.cz/legislativa/narodni/>

BAJER V. 2016: Jak na ni? *Beskydy – zpravodaj chráněné krajinné oblasti. Ročník XIII, číslo 2/2016, ČSOP Salamandr*

BARTÁK R., KALOUSOVÁ Š. & KRUPOVÁ B. 2010: Metodika likvidace invazních druhů křídlatek. *Moravskoslezský kraj ve spolupráci s ČSOP Salamandr za finanční podpory Evropské unie, Český Těšín.*

BERCHOVÁ-BÍMOVÁ K. & MANDÁK M. 2008: Všechno zlé je k něčemu dobré: evoluce křídlatek (Fallopia) v sekundárním areálu. *Zprávy České botanické společnosti, Praha: 43, Materiály 23: 121-140*

BIOLIB 2018: Termín. Biolib.cz [online]. © 1999-2018 [Cit. 10-04-2018]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/glossaryterm/id2668/>

BŮ AV ČR 2014: Křídlatky. Invaznirostliny.cz [online]. © 2014 [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z: <http://www.invaznirostliny.cz/druhy/kridlatky>

BZDEGA K., JANIÁK A., KSIĄŻCZYK T., LEWANDOWSKA A., GANCAREK M., SLIWINSKA E., TOKARSKA-GUZIĆ B. 2016: A Survey of Genetic Variation and Genome Evolution within the Invasive Fallopia Complex. *PLoS ONE*.

CVACHOVÁ A., CHROMÝ P., GOJDIČOVÁ E., LESKOVJANSKÁ A., PIETOROVÁ E., ŠIMKOVÁ A., ZALIBEROVÁ M. 2002: Průručka na určovanie vybraných invázních druhov rastlín. *ŠOP SR, Banská Bystrica.*

CVACHOVÁ A., GOJDIČOVÁ E., SUJOVÁ K. 2007: Likvidácia biomasy z odstraňovania invázných druhov rastlín (Metodické usmernenie). *ŠOP SR, Banská Bystrica.*

ČESKÁ TELEVIZE 2017: Glyfosát: dobrý sluha, nebo zabiják? Evropa se opět neshodla na zákazu obávaného herbicidu. Ceskatelevize.cz [online]. © 1996-2018 [Cit. 14-04-2018]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/veda/2298925-glyfosat-dobry-sluha-nebo-zabijak-evropa-se-opet-neshodla-na-zakazu-obavaneho-herbicidu>

ČSOP 2006: Návod na likvidaci všech druhů křídlatek. Dostupné z: <http://www.jarojaromer.cz/ilustrativni-priklady/>

ČSOP Salamandr 2015: Jak připravit úspěšný projekt na likvidaci křídlatky. *ČSOP Salamandr*.

DJEDDOUR D. H. & SHAW R.H. 2010: The biological kontrol of Fallopia japonica in Great Britain: Review and current status. *Outlooks on Pest Management*, 15-18

DOLEŽALOVÁ H. 2010: Záměrné vysazování invazních rostlin v ČR, Německu, Švýcarsku a na Slovensku: zákaz nebo regulace? *Dny práva, Brno: Masarykova Univerzita*

DOMMANGET F., CAVAILLÉ P., EVETTE A., MARTIN F.-M. 2016: Asian knotweeds – an example of a raising threat? *European Forest Institute*, 202-211

DOSPIVA J. 2017: Země EU souhlasily s pětiletým prodloužením licence glyfosátu. Ekolist.cz [online]. [Cit. 14-04-2018]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/zeme-eu-souhlasily-s-petiletym-prodlouzenim-licence-glyfosatu>

DUMITRAȘCU M., KUCSICSA G., GRIGORESCU I., DRAGOTĂ C., NĂSTASE M. 2012: Invasive Terrestrial Plant Species in the Romanian Protected Areas. Case Study: Fallopia Japonka in the Maramureș Mountains Natural Park. *Forum geografic*, XI, 1, 45-53.

FROUZ J. & MOLDAN B. (eds.) 2015: Příležitosti a výzvy environmentálního výzkumu. *Univerzita Karlova, Praha*.

FUNKENBERG T., RODERUS D., BUHK C. 2012: Effects of climatic factors on Fallopia japonica s.l. seedling establishment: evidence from laboratory experiments. *Plant Species Biology* 27, 218-225

GAZDÍK R. 2010: Proti rozpínavé rostlině nasazují Britové japonský hmyz. Zprávy-Aktuálně.cz [online]. © 1999 – 2017 [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/proti-rozpinave-rostline-nasazuji-britove-japonsky-hmyz/r~i:article:662805/>

GERŽA M. 2008: Invazní rostliny v Orlických horách. *Zprávy České botanické společnosti, Praha: 43, Materiály 23: 163-168*

- GÖRNER T. 2014: Přístup státní ochrany přírody k omezení a likvidaci invazních druhů. Aktuální stav invazních druhů v ČR. [Cit. 5-12-2017]. Dostupné z: <http://invaznidruhy.nature.cz/res/archive/206/026257.pdf?seek=1415014398>
- HANDRIJ H., PERGL J., ŠÍMA J. & BAUER P. 2015: Invazní rostliny v chráněných území. *Fórum ochrany přírody* 03/2015.
- HAVRÁNEK J. 2004: Invazní druhy rostlin – celosvětový problém. *Příroda.cz* [online]. ISSN 1801-2787 [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=216>
- HENDL J. 2012: Přehled statistických metod. *Portál, Praha*.
- HOŠEK J. (ed.) 2008: Udusí nás křídlatka?. PORT – Česká televize [online]. © 1996–2016 [Cit. 3-3-2016]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10121359557-port/biologie/244-udusi-nas-kridlatka/>
- CHYTRÝ M. & PYŠEK P. 2009a: Kam se šíří zavlečené rostliny? 1. Rozdíly v invadovanosti velkých území. *Živa* 1/2009: 11-14
- CHYTRÝ M. & PYŠEK P. 2009b: Kam se šíří zavlečené rostliny? 2. Invadovanost a invazibilita rostlinných společenstev. *Živa* 2/2009: 60-63
- JAKL J. 2008: Spor o Beskydský postup. *Ebotanika.net* [online]. [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z: <http://ebotanika.net/index.php?s=spor+o+beskydsk%C3%BD+postup>
- JURSÍK M., SOUKUP J. & HOLEC J. 2010: Mechanizmy účinku herbicidů a projevy jejich působení na rostliny. *LČaŘ* 126,č.1: 14-15
- KARLOVARSKÝ KRAJ 2013: Omezení výskytu invazních rostlin v Karlovarském kraji. GIS-Karlovarský kraj [online]. [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z: <http://gis.kr-karlovarsky.cz/heracleum-public/Web/Kridlatky.aspx>
- KARLOVARSKÝ KRAJ 2015: Metodiky likvidace invazních druhů rostlin. [Cit. 5-12-2017]. Dostupné z: http://apdm.cz/www/wp-content/uploads/IR_metodika_prirucka_blok-k3.pdf
- KLIMEŠOVÁ J. 2015: Poznáte je podle oddenků? *Botanika* 2015/1.
- KROUTIL P. 2011: Křídlatky. *Ministerstvo zemědělství ČR, Praha*.

- KUBÍN M., LEHKÝ J. & POPELÁŘOVÁ M. 2016: Vetřelci a nevítaní hosté beskydští. *Beskydy – zpravodaj chráněné krajinné oblasti. Ročník XIII, číslo 2/2016, ČSOP Salamandr*
- LIBERECKÝ KRAJ 2005: Likvidace invazních rostlin v povodí Nisy. Kraj-lbc.cz [online]. [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z: http://www.kraj-lbc.cz/public/ozivpr/letak2006_maly_86aa1f8388.pdf
- MANDÁK B., PYŠEK P., LYSÁK M., SUDA J., KRAHULCOVÁ A., BÍMOVÁ K. 2003: Variation in DNA-ploidy Levels of Reynoutria Taxa in the Czech Republic. *Annals of Botany* 92: 265-272
- MARKOVÁ Z. & HEJDA M. 2011: Invaze nepůvodních druhů rostlin jako environmentální problém. *Živa* 1: 10-14
- MATĚJČÍK M., 2016: Působení systemického herbicidu na oddenkový systém křídlatek. *Diplomová práce, Praha. Fakulta ŽP, Česká zemědělská universita, Praha.*
- MLÍKOVSKÝ J. & STÝBLO P. (eds.) 2006: Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. *ČSOP, Praha.*
- MONSANTO 2010: Bezpečnostní list. Roundup Aktiv. Verze: 1.6
- MONSANTO 2017: Roundup. Základní informace [online]. [Cit. 29-11-2017]. Dostupné z: <http://www.roundup.cz/roundup-klasik/fakta#zakladni-informace>
- MŽP 2015: Nepůvodní a invazní druhy. Env.cz [online]. © 2008-2015 [Cit. 5-12-2017]. Dostupné z: http://www.env.cz/cz/nepuvodni_a_invazni_druhy
- NETWING W. (ed.) 2014: Nevítaní vetřelci. Invazní rostliny a živočichové v Evropě. *Academia, Praha.*
- PATOČKA J. 2005: Křídlatka: obtížný plevel, nebo perspektivní surovina? *Vesmír* 84
- PATOČKA J. 2016: Křídlatka jako zdroj bioaktivních látek. *Botanika* 2016/2.
- PAUKOVÁ Ž. 2004: Invazní druh pohánkovec český (*Fallopia x Bohemica* na JZ Slovensku – Štruktúra a dynamika populácií. *FEŠRR SPU, Nitra*

PERGL J., SÁDLO J., PETRUSEK A., LAŠTŮVKA Z., MUSIL J., PERGLOVÁ I., ŠANDA R., ŠEFROVÁ H., ŠÍMA J., VOHRALÍK V., PYŠEK P., 2016: Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota* 28: 1-37.

PETRÁNKOVÁ E. 2016: Technika pro likvidaci nežádoucí vegetace. *Bakalářská práce, Lednice. Fakulta zahradnická, Mendelova univerzita v Brně.*

POPELÁŘOVÁ M. 2016: Zelení migranti. *Beskydy – zpravodaj chráněné krajinné oblasti. Ročník XIII, číslo 2/2016, ČSOP Salamandr*

POKORNÁ V. & RAPCO M. 2017: Glyfosát? Povolujeme jej, sdělila Unie. Zemědělce to potěšilo. *Denik.cz* [online]. © 2005-2018 [Cit. 14-04-2018].

Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/glyfosat-povolujeme-jej-sdelila-unie-zemedelce-to-potesilo-20170430.html>

PORTYCH P. 2015: Zkušenosti s hubením křídlatky a dalších úsporných plevelů pomocí Garlonu New. *Agromanual.cz* [online]. [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z: <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/zkusenosti-s-hubenim-kridlatky-a-dalsich-upornych-plevelu-pomoci-garlonu-new>

POUSAR M. 2017:Kdo chce glyfosát bít, nějakou studii si najde. *Vesmír* 96, 93, 2017/2.

PYŠEK P. & TICHÝ L. 2001: Rostlinné invaze. *Rozekvítek, Brno.*

PYŠEK P. & SÁDLO J. 2004: Zavlečené rostliny – jak je to u nás doma? *Vesmír* 83, 80, 2004/2

ROMETSCH S. 2012: Invasive Neophyten: Bedrohung für Natur, Gesundheit und Wirtschaft. *Info Flora*

SÁDLO J. 2014: Podle skutků poznáte je. Aktuální stav invazních druhů v ČR. [Cit. 5-12-2017]. Dostupné z: <http://invaznidruhy.nature.cz/res/archive/206/026257.pdf?seek=1415014398>

SÁDLO J. & PYŠEK P. 2004: S vlky výt: alternativy boje proti zavlečeným druhům rostlin. *Vesmír* 83, 140, 2004/2

SINGR M. 2010: Invazní rostliny-máme v boji proti nim řešení? *Ekolist.cz* [online]. ISSN 1802-9019 [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z:

<http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/invazni-rostliny-mame-v-boji-proti-nim-reseni>

SKUBAŁA P. 2012: Invasive giant knotweed (*Fallopia sachalinensis*) alters the composition of oribatid mite communities. *BIOLOGICAL LETTERS* 49(2): 143-155

STEJSKAL J. 2004: Petr Pyšek: Invaze nás mohou nemile překvapit. Ekolist.cz [online]. ISSN 1802-9019 [Cit. 8-3-2017]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/publicistika/rozhovory/petr-pysek-invaze-nas-mohou-nemile-prekvapit>

STRATFORD H.K. 2003: Evaluation of Herbicides and Application Timing for Control of Japanese Knotweed. *North Carolina State University*.

ŠTAJEROVÁ K. 2015: Rostlinné invaze, kam se člověk podívá. *Botanika* 2015/1.

ZÁKON č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění

ZÁKON č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči v platném znění

ZÁKON č. 289/1995 Sb., o lesích v platném znění

ZÁKON č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění

ZÁKON č. 99/2004 Sb., o rybářství v platném znění

ZÁKON č. 449/2001 Sb., o myslivosti v platném znění

9 Seznam obrázků, tabulek

Obrázky

Obr. 1 Časový průběh invaze neofytů pro jednotlivé kontinenty. Číslo za názvem kontinetu je doba prvního nálezu	4
Obr. 2 Vlevo mechanismus působení herbicidu, převzato z http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/roundup-ready-crops/ ; Vpravo schéma mechanismu působení Roundup, převzato z: http://www.roundup.cz/roundup-klasik/fakta#zakladni-informace	9
Obr. 3 Křídlatka sachalinská (<i>Fallopia sachalinensis</i>) (fotografie a sběr červen 2016 a srpen 2017)	14
Obr. 4 Rozšíření křídlatky na různých typech stanovišť	15
Obr. 5 Sběr vzorků křídlatky české z Konopiště (sběr a fotografie M. Kadlecová a doc. Berchová).....	18
Obr. 6 Regenerace oddenků křídlatek po sběru	19
Obr. 7 Nahoře zasazená křídlatka japonská v truhlíku se substrátem před přenesením, dole přenesené křídlatky na experimentální plochu	19
Obr. 8 Postřik 8% roztokem herbicidu Roundup Aktiv na letní část vzorků křídlatek	20
Obr. 9 Vlevo křídlatka sachalinská vzorek č.1 letní části před postřikem 8% roztokem, vpravo křídlatka sachalinská vzorek č.1 letní části po postřiku 8% roztokem	21
Obr. 10 Počty zregenerovaných oddenků v letní fázi	25
Obr. 11 Počty zregenerovaných oddenků v podzimní fázi	26
Obr. 12 Počty zregenerovaných oddenků v letní fázi u jednotlivých druhů křídlatek	27
Obr. 13 Počty zregenerovaných oddenků v podzimní fázi u jednotlivých druhů křídlatek	27
Obr. 14 Počty zregenerovaných oddenků v podzimní fázi	28

Obr. 15 Grafy vyjadřující závislost průměrných počtů pupenů vytvořených na částech segmentů oddenků křídlatek v jednotlivých vegetačních fázích. Vlevo křídlatka zobrazené po postřiku herbicidem, vpravo kontrolní rostliny křídlatek	30
Obr. 16 Schéma regenerace oddenků křídlatky české FB33 z oválných nádob. Zelená značí zregenerované oddenky. Červená šrafa značí nezregenerované oddenky	32
Obr. 17 Vlevo křídlatka sachalinská v průmyslové části Kladna, vpravo křídlatka sachalinská v městské části Ostrovec v Kladně	36

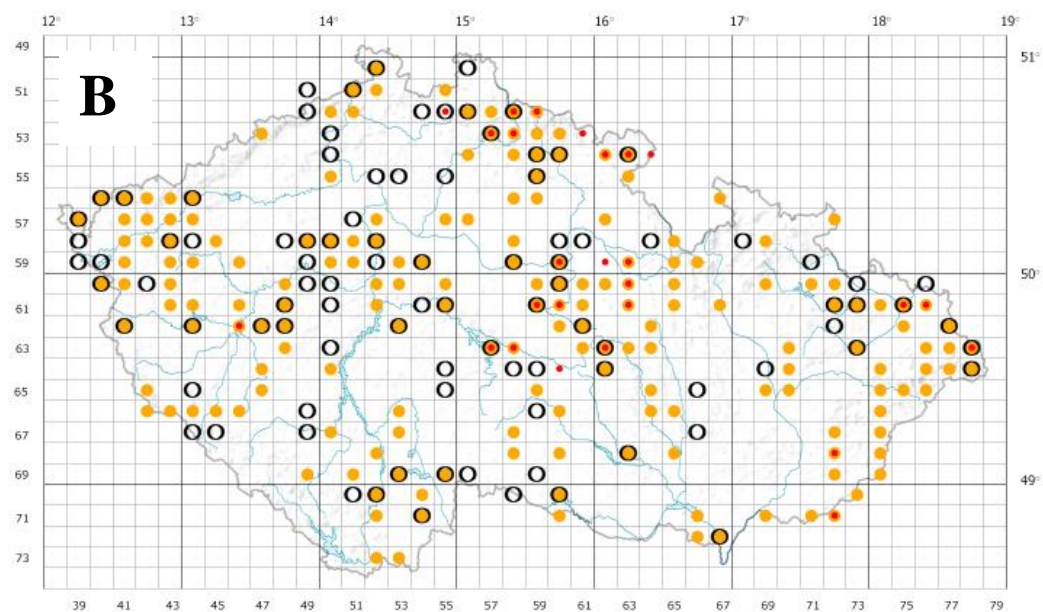
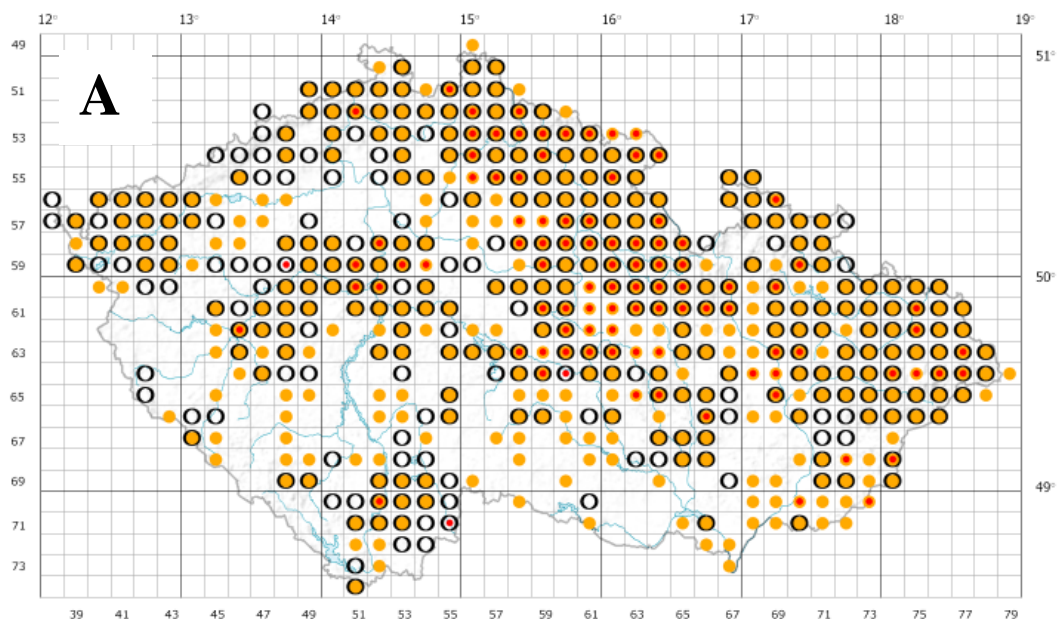
Tabulky

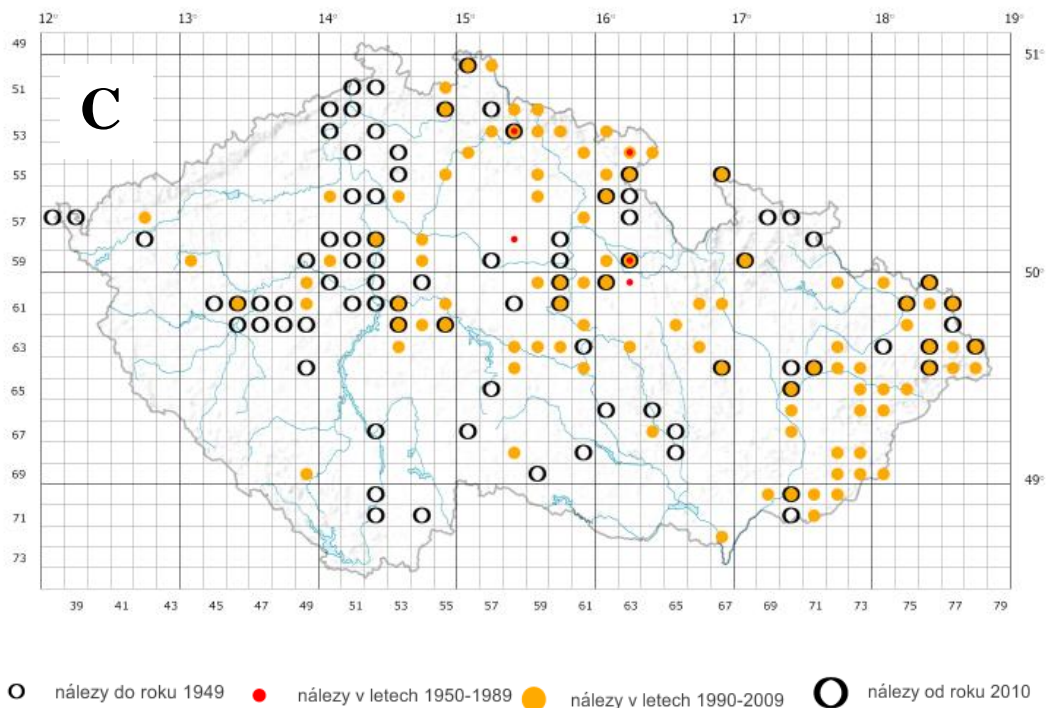
Tab. 1 Srovnání metod likvidace křídlatky (Bajer, 2016 – upraveno)	8
Tab. 2 Počty vzorků křídlatek použitých v experimentu.....	18
Tab. 3 Průměrné rozměry křídlatek změřené při sadbě v cm, zaokrouhleno na 1 desetinné místo	23
Tab. 4 Průměrné rozměry křídlatek změřené před postřikem letní části v cm, zaokrouhleno na 1 desetinné místo	23
Tab. 5 Průměrné rozměry křídlatek podzimní části změřené před postřikem v cm, zaokrouhleno na 1 desetinné místo	23
Tab. 6 Počty zregenerovaných oddenků křídlatek po postřiku – léto.....	24
Tab. 7 Počty zregenerovaných oddenků křídlatek po postřiku – podzim	24
Tab. 8 Účinnosti herbicidu 5% a 8% koncentrace	29
Tab. 9 Údaje o křídlatkách českých z oválných nádo.....	31

10 Přílohy

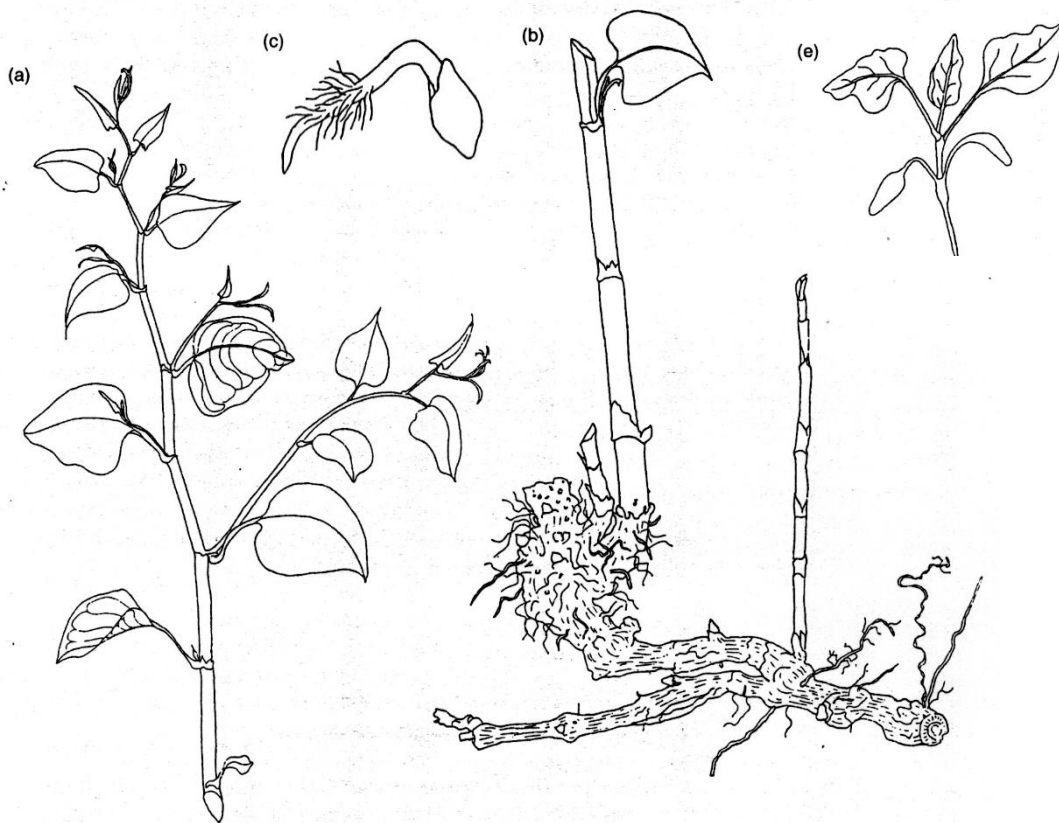
Příloha č. 1 – Výskyt druhu křídlatky A - japonské (*Fallopia japonica*), B - sachalinské (*Fallopia sachalinensis*), C - české (*Fallopia x bohemica*) v jednotlivých periodách podle záznamů v ND OP

převzato z http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39151,
http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39154,
http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39156, autor AOPK ČR 2017





Příloha č. 2 – Ilustrace křídatky japonské; a) aktivně rostoucí nadzemní výhony s rostoucími listy, b) podzemní oddenky a populace rostliny, c) semenáček po 24 h, e) po 3 týdnech, převzato z <http://clopla.butbn.cas.cz/drawing/Fallopia%20japonica.jpg>, autor Klimešová 2015

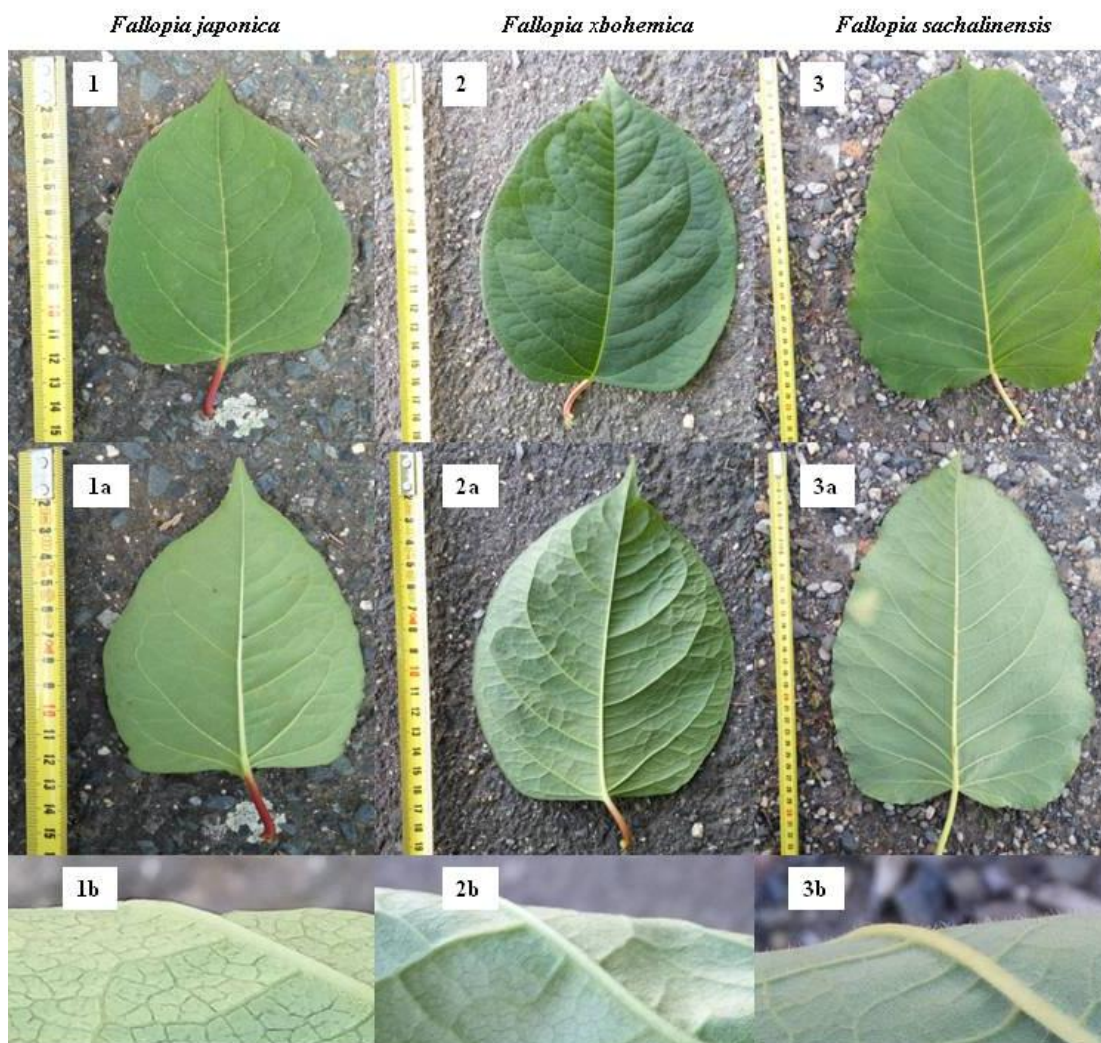


Příloha č. 3 - Srovnání tvarů listové čepele jednotlivých druhů křídlatek (fotografie a sběr srpen 2017)




1-Líc listu křídlatky japonské, 1a-Rub listu křídlatky japonské, 1b-Detail žilnatiny a trichomů křídlatky japonské

2-Líc listu křídlatky české, 2a-Rub listu křídlatky české, 2b-Detail žilnatiny a trichomů křídlatky české

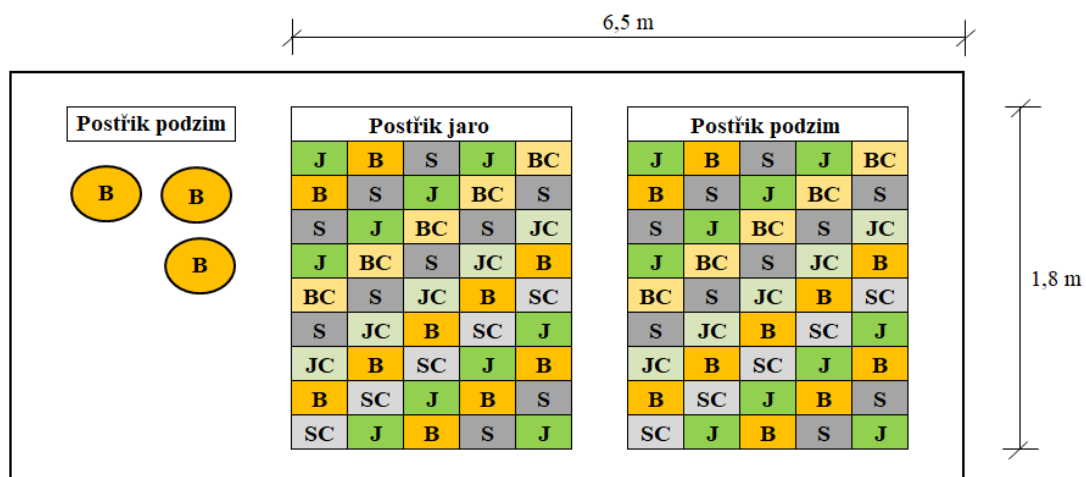
3-Líc listu křídlatky sachalinské, 3a-Rub listu křídlatky sachalinské, 3b-Detail žilnatiny a trichomů křídlatky sachalinské



Příloha č. 4 - Souhrn hlavních rozlišovacích znaků křídlatek (Cvachová et al., 2002– upraveno)

	Fallopia japonica	Fallopia sachalinensis	Fallopia xbohemica
			
Výška rostliny	1 – 2,5 m	1,5 – 4 m	1,5 – 3 m
Tvar čepele	zpravidla široce trojúhelníkovitá	podlouhle vejčitá	zpravidla široce vejčitá
Délka čepele	9 – 22 cm	20 – 40 cm	10 – 27 cm
Šířka čepele	6 – 20 cm	15 – 30 cm	9 – 22 cm
Vrchol čepele	u spodních listů zakončen tupou trojúhelníkovitou špičkou, u horních dlouhou ostrou špičkou	u spodních listů tupý až tupě špičatý	u horních i spodních listů špičatý nebo vybíhající do dlouhé ostré špičky
Báze čepele	uťatá	hluboce srdcovitá	tupě klínovitá nebo mělce srdcovitá
Rub čepele	trichomy lupou špatně viditelné, krátké (redukované) s nafouknutou bází	rouztroušeně dlouze chlupatý, trichomy stejných rozměrů, na bázi nenafoknuté	trichomy lupou dobře viditelné, krátké, se silně nafouknutou bází
Barva čepele	zelená až světlezelená	na líci zelená až tmavozelená, na rubu světlezelená	na rubu světlouzelená
Konzistence čepele	tuhá (kožovitá)	měkká (listy vypadají jako zvadlé)	tuhá
Soukvětí	rozvolněné, v obrysu trojúhelníková, aspoň některé větvičky soukvětí převislé	nakupené, v obryse oválné, všechny větvičky soukvětí vzpřímené	nakupené, v obryse oválné, všechny větvičky soukvětí vzpřímené
Nejdelší větvičky v soukvětí	o 5-7 cm delší než stopky, sahající do ¼ čepele	o 1-2 cm delší než stopky, sahající do ¼ čepele	o 2-4 cm delší než stopky, sahající do ¼ až ½ čepele
Křídla okvětí na zralých plodech	3-4 mm široké, po stopku plodu, nesbíhavé	1,5-2 mm široké, pozvolna zúžené, po stopku plodu sbíhavé	2-3 mm široké, po stopku plodu sbíhavé

Příloha č. 5 - Schéma rozmístění křídlatek na experimentální ploše v areálu ČZU



- | | | | |
|----------|---|-----------|--|
| J | Křídlatka japonská (<i>Fallopia japonica</i>) | JC | Kontrolní vzorek Křídlatky japonské |
| S | Křídlatka sachalinská (<i>Fallopia sachalinensis</i>) | SC | Kontrolní vzorek Křídlatky sachalinské |
| B | Křídlatka česká (<i>Fallopia bohemica</i>) | BC | Kontrolní vzorek Křídlatky české |
| B | | | |

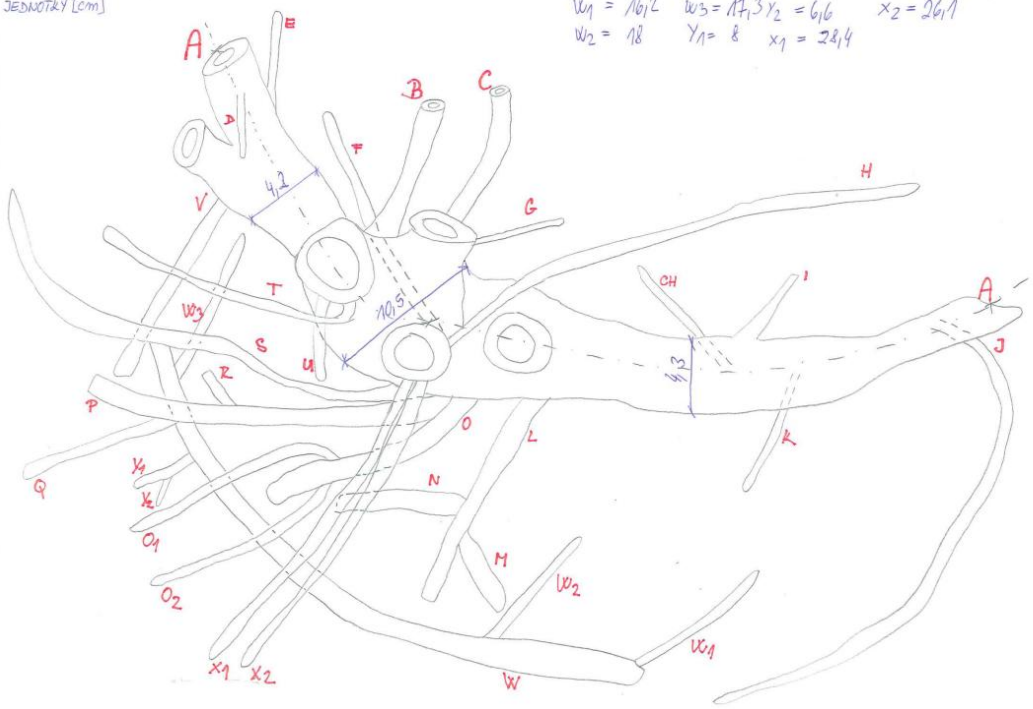
Příloha č. 6 - Zregenerovaný oddenky kontrolní křídlatky japonské vzorek č. 5 - letní fáze pozorování



Příloha č. 7 - Složitý systém oddenků křídlatky české vzorek č. 33 z oválných nádob po sklizni podzimní části experimentu.



FB 33 A = 48,2 C = 14,6 E = 7,3 G = 12,2 CH = 14,5 J = 43,6 L = 13 N = 15 O₁ = 10,4 P = 27 R = 5,5 T = 34 V = 25,1
 B = 11,3 D = 4,1 F = 25,7 H = 31,4 I = 5 K = 10,1 M = 11,5 O = 19,2 O₂ = 12,7 Q = 15,8 S = 58,6 U = 11,2 W = 36,5
 JEDNOTKY [cm]
 $w_1 = 16,2$ $w_3 = 17,3$ $y_2 = 6,6$ $x_2 = 26,1$
 $w_2 = 18$ $y_1 = 8$ $x_1 = 28,4$



Příloha č. 8 - Křídlatky české z oválných nádob po postřiku herbicidem v podzimní části.



Příloha č. 9 – Květenství křídlatky české z oválných nádob v podzimní části.

