

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



**Stanovení úspěšnosti klíčení invazních  
taxonů rodu křídlatka (*Reynoutria*)**

Bakalářská práce

Autor práce: Monika Vlachová

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

Konzultant: Ing. Martina Kadlecová

2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Monika Vlachová

Environmentální vědy  
Aplikovaná ekologie

Název práce

Stanovení úspěšnosti klíčení invazních taxonů rodu křídlatka (*Reynoutria*).

Název anglicky

Determination of germination rate of invasive taxon of the genus *Fallopia* (*Reynoutria*).

---

### Cíle práce

Cílem práce je zhodnocení klíčících vlastností semen různých hybridních kombinací invazního taxonu křídlatka česká. Hlavním cílem je stanovit klíčivost semen hybridního invazního taxonu *Fallopia xbohemica*, dalším cílem pak srovnat klíčivost mezi populacemi a stanovit invazní potenciál jednotlivých klonů.

### Metodika

Práce bude založena na experimentu, během kterého bude v laboratorních podmínkách sledována klíčivost semen hybridního taxonu křídlatky české (*Fallopia xbohemica*). Experimentální klíčení bude probíhat po dobu 30 dnů v klimaboxu s řízenou teplotou a osvětlením. Semena budou odečítána každý druhý den.

## Doporučený rozsah práce

30-50 stran, 3 grafy

## Klíčová slova

generativní rozmnožování, invaze, klíčivost, semena

---

## Doporučené zdroje informací

Bram M.R., McNair J.N., 2004. Seed germinability and its seasonal onset of Japanese knotweed (*Polygonum cuspidatum*). *Weed Science*, 52: 759-767.

Parepa M, Fischer M, Krebs C, Bossdorf O (2014) Hybridization increases invasive knotweed success. *Evol Appl* 7:413–420. doi: 10.1111/eva.12139

Tiebre M-S, Vanderhoeven S, Saad L, Mahy G (2007) Hybridization and Sexual Reproduction in the Invasive Alien *Fallopia* (*Polygonaceae*) Complex in Belgium. *Ann Bot* 99:193–203. doi: 10.1093/aob/mcl242

---

## Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

## Vedoucí práce

doc. Ing. Kateřina Berchová, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

## Konzultant

M. Kadlecová

---

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2020

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 31. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 06. 2020

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Stanovení úspěšnosti klíčení invazních taxonů rodu křídlatka (*Reynoutria*) vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne:

---

Monika Vlachová

## **Poděkování**

Chtěla bych velmi poděkovat Ing. Kateřině Berchové, Ph.D a Ing. Martině Kadlecové za cenné rady, připomínky a ochotný přístup v průběhu zpracování bakalářské práce. V neposlední řadě děkuji i své rodině a blízkým za trpělivost a velkou podporu během studia.

## Abstrakt

Znalost klíčivosti invazních druhů rostlin je jedním z klíčových faktorů pro posouzení rizik sexuální reprodukce a jeho dopadu na schopnost druhu se šířit a přizpůsobovat různým prostředím. Tato práce má za cíl přinést informace o úspěšnosti klíčení semen 2 invazních taxonů rodu *Reynoutria*, konkrétně: *Reynoutria japonica* var. *japonica* (křídlatka japonská) a křížence *Reynoutria* × *bohemica* (křídlatka česká). Zejména vyhodnocuje klíčivost semen hybridního taxonu. Dále porovnává klíčivost mezi populacemi.

Semena použitá v experimentu byla nasbírána v České republice dále také v Německu a Francii. V laboratorních podmínkách byla sledována klíčivost po dobu 30 dnů v klimaboxu s řízenou teplotou a osvětlením. Vyklíčená semena byla odečítána každý druhý den.

Díky nasbíraným datům bylo zjištěno, že existuje rozdíl v klíčivosti mezi populacemi a studovanými taxony *R.* × *bohemica* a *R. japonica*. Z výsledků práce dále vyplývá, že *R. japonica* klíčí zhruba o třetinu více než hybrid *R.* × *bohemica*. Potvrzena byla i rozdílná klíčivost mezi populacemi. Semena z německé části nevyklíčila vůbec, naopak nejvíce vyklíčených semen bylo z oblasti Grenoble (Francie).

**Klíčová slova:** generativní rozmnožování, invaze, klíčivost, semena

## **Abstract**

Understanding the germinability of invasive plant species is one of the key factors for risk evaluation of sexual reproduction and its impact on the species' ability to spread in and adapt to various environments. This work aims to bring information about germination success of seeds of two invasive taxons of the *Reynoutria* genus, specifically *Reynoutria japonica* var. *japonica* and hybrid *Reynoutria* ×*bohemica*. In particular, this work evaluates the germination of the hybrid taxon seeds. Furthermore, it compares germination between populations.

Seeds used in the experiment were collected in the Czech Republic as well as in Germany and France. The germination was monitored under laboratory conditions for the duration of 30 days in a climabox with controlled temperature and lighting. The germinated seeds were counted every other day.

The collected data showed that there is a difference in germination between populations and the studied taxons *R.* ×*bohemica* and *R. japonica*. The work's results further demonstrate that *R. japonica* germinates approximately a third faster than the hybrid *R.* ×*bohemica*. The difference in germination between populations was also confirmed. The seeds from Germany did not germinate at all while the majority of germinated seeds came from the Grenoble area.

**Key words:** generative reproduction, invasion, germinability, seeds

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce .....	2
3. Literární rešerše .....	3
3.1. Popis generativního rozmnožování .....	3
3.1.1. Popis procesu klíčení semen .....	3
3.1.2. Dormance semen.....	4
3.1.3. Vnější podmínky ovlivňující klíčení semen.....	4
3.2. Charakteristika invazních druhů .....	6
3.2.1. Vlastnosti invazních druhů.....	6
3.2.2. Šíření invazních druhů .....	7
3.2.3. Rizika spojená s invazními druhy .....	7
3.3. Popis rodu <i>Reynoutria</i> .....	7
3.3.1. Morfologie .....	7
3.3.2. Taxonomie .....	10
3.3.3. Etymologie.....	10
3.3.4. Rozšíření .....	10
3.3.5. Typická stanoviště.....	11
3.3.6. Využití.....	12
3.3.7. Ekologická rizika .....	13
3.3.8. Vegetativní rozmnožování .....	13
3.3.9. Generativní rozmnožování .....	14
4. Metodika .....	15
4.1. Sběr semen .....	15
4.2. Stratifikace semen .....	18
4.3. Experimentální část (testování klíčivosti).....	18
4.4. Statistické analýzy.....	19
5. Výsledky .....	19
6. Diskuze .....	22
7. Závěr a přínos práce.....	23
8. Přehled literatury a použitých zdrojů .....	25
Odborné publikace:.....	25
Legislativní zdroje: .....	29
Internetové zdroje: .....	29
Ostatní zdroje:.....	31
9. Přílohy.....	1



# 1. Úvod

Biologické invaze bezesporu představují jeden z klíčových problémů globalizace biosféry. Díky stále více rozvíjejícímu obchodu, zrychlování dopravy a odstraňování ekonomických překážek se očekává další nárůst introdukcí, a to jak nových nepůvodních druhů, tak již druhů přítomných, kterým se bude například dařit pomocí člověka dále rozšiřovat na nová stanoviště (Pyšek 2018<sup>a</sup> ).

Jako téma své bakalářské práce jsem si vybrala studium nepůvodních druhů přítomných na našem území. Konkrétně stanovení úspěšnosti klíčení invazních taxonů rodu křídlatka (*Reynoutria*). V práci se zabývám těmito taxony: *Reynoutria japonica* var. *japonica* (křídlatka japonská), v literární rešerši popisují i *Reynoutria sachalinensis* (křídlatka sachalinská) jako druhého z rodičů *Reynoutria ×bohemica* (křídlatka česká) a to z důvodu, že dostupných informací o jejich klíčivosti a mezipopulačních porovnání je jen velmi málo.

Taxony rodu *Reynoutria* řadíme mezi celosvětově nejproblémovější invazní rostliny, které se stále nedaří v sekundárních areálech efektivně kontrolovat a likvidovat (Abgrall a kol. 2018). Způsobují značné ekologické a ekonomické ztráty (Cyhtrý, Pyšek 2008). Přesto, že se v sekundárním areálu šíří hlavně vegetativním způsobem, tak i generativní rozmnožování je jedním z klíčových výzkumů, díky němu může docházet ke vzniku ohnisek variability a vzniku nových genotypů, které se mohou úspěšně šířit v krajině (Berchová-Bímovát, Mandák 2008). Dochází ke zvýšení genetické rozmanitosti a vytváří se tak nové genotypy, které mohou být lépe přizpůsobeny životnímu prostředí (Berchová-Bímovát, Mandák 2008). Z dostupné literatury je známo, že produkci zralých semen mohou omezovat časné podzimní mrazy. Nicméně i tak nacházíme klíčivá semena a dále se také nabízí otázka, zda probíhající klimatická změna ovlivní mj. také současné bariéry v dozrávání semen studovaných taxonů (Fremstad a Elven 1997).

## **2. Cíle práce**

1. Vyhodnotit klíčivost semen hybridního invazního taxonu křídlatky české (*Fallopia ×bohemica*)
2. Porovnat klíčivost mezi populacemi

### **3. Literární rešerše**

#### **3.1. Popis generativního rozmnožování**

Během životního cyklu rostlin dochází k rodozměně, střídají se generace diploidního sporofytu a haploidního gametofytu. Při probíhající fázi sporofyt se rostlina nemůže rozmnožovat pohlavní cestou, následně nastává přechodná fáze, kdy u krytosemenných rostlin probíhá tvorba květu. Květ umožňuje vznik a následně pak ochranu pohlavních buněk a jejich splynutí a vývoj v semeno. Buňky sporofytu se meioticky dělí a vytváří haploidní spory, ze kterých posléze vzniká gametofyt z toho se metodickým dělením produkují vlastní pohlavní buňky neboli gamety. Samčí gametofyt představuje zralé pylové zrno, samičí gametofyt, zárodečný vak, se vyvíjí uvnitř vajíčka.

Samotná reprodukce probíhá ve dvou etapách. Nejprve dochází k opylení, přenesení pylu na vajíčko, dochází k oplození, následně pylové zrno vyklíčí v pylovou láčku, která proroste skrze čnělku do semeníku. Láčka pronikne do mladého zárodečného vaku, roztrhne se a vyprázdní svůj obsah. Tímto procesem vzniká semeno a plod (Hromadová 2017).

##### **3.1.1. Popis procesu klíčení semen**

Klíčivost sestává ze tří překrývajících se procesů. První je absorpce vody, způsobující bobtnání semen a případné rozložení semenného obalu. Pokračuje enzymatická aktivita, zvýšená rychlost dýchání a asimilace. Rozšíření buněk a rozdělení vedoucí ke vzniku radikuly a plumule (Wurzburger 1968). Klíček (radikula) protrhne osemení a semeno tak vizuálně vyklíčí. Klíčení samotné ale začíná již před uvolněním klíčku, a to se začátkem prodlužování embryonálních buněk (Šerá 2014). Dále klíčení semen může probíhat dvěma způsoby. Při hypogeickém klíčení zůstávají dělohy pod zemí a nad půdu prorůstá první nadděložní článek - epikotyl (např. hrách, líska, dub). Při epigeickém klíčení se prodlužuje podděložní článek - hypokotyl, který vynáší dělohy nad půdu (např. len, slunečnice, buk). Ty zezelenají a jsou prvními asimilačními listy. Rostoucí embryo žije ze zásobních látek, které postupně spotřebovává. Zakotvením klíčku v substrátu a především uvolněním plumuly z osemení přechází vyvíjející se semenáček na autotrofní výživu (Šerá 2014).

### 3.1.2. Dormance semen

Dormance nebo také spánek osiva byl definován jako neschopnost životaschopného semene klíčit i za příznivých podmínek (Bewley 1997). Je to jeden ze způsobů rostlin pro přežití v měnících se podmínkách (Harper 1997). Díky semenům se mohou rostliny udržovat na určitém místě i desítky let (v tzv. semenné bance), proto je důležité znát a studovat dormanci jednotlivých druhů (Šerá 2012).

Dormanci můžeme rozdělit na dva typy. První je primární (vrozená) dormance. Ta ovlivňuje načasování klíčení, aby zvýšila pravděpodobnost, že se doba klíčení bude shodovat s vhodnými podmínkami okolí pro přežití semenáčků. To je časté u druhů jejichž období klíčení je omezeno jen na krátkou část sezóny. Například, aby rostlinné druhy vzcházející na jaře, nezačaly růst již na podzim. Toto můžeme pozorovat u většiny jednoletých druhů, které mají hlavní období klíčení na jaře následujícího roku po uzrání semen. Takto je maximalizována jejich populační úspěšnost. Ne vždy ale semena začnou klíčit jen po uplynutí určitého času. Často ke klíčení potřebují určitý podnět. Tím může být například vystavení světlu nebo když se začnou pravidelně střídát teploty v povrchových vrstvách půdy během dne a noci (Šerá 2012).

Druhý typ je sekundární (vyvolaná) dormance. Vzniká u semen, která již ležící v půdě a buď už prošla primární dormancí (indukovaná dormance) nebo jí ani neměla (vnucená dormance), jako reakce na nepříznivé podmínky. Tento proces může být krátkodobý, kdy rostlina jen čeká na zlepšení podmínek, nebo dlouhodobě i na několik sezón (Paulů 2014, Šerá 2012). Děje se tak například v létě, kdy jsou vysoké nebo vzrůstající teploty, aby se zamezilo klíčení. (Schütz 2000).

Dále můžeme dormanci rozdělit do šesti podtypů: fyziologická dormance, morfologická dormance, morfofyziologická dormance, fyzická dormance, kombinace fyzické a fyziologické dormance, chemická dormance (Paulů 2014).

### 3.1.3. Vnější podmínky ovlivňující klíčení semen

Hlavními vnějšími faktory, které ovlivňují klíčení jsou: voda, teplota, světlo a kyslík.

### **3.1.3.1. Voda**

Voda provádí aktivaci vnitřních pletiv semene, semeno tedy musí přijmout značné množství vody a proto je osemení propustnější pro vodu směrem dovnitř než naopak. Semeno nabobtná a dochází k obnovení metabolické aktivity zárodku a dýchání, díky tomu může začít dělení buněk a samotný růst a vývoj. Dále je voda nezbytná pro aktivaci enzymů, které štěpí složité zásobní látky na jednodušší, které semenu dodávají energii. Nadměrné množství vody může mít na semeno i inhibiční účinek, protože při tomto procesu je uvolňováno teplo a zvyšuje se intenzita aerobního dýchání (Šerá 2014).

### **3.1.3.2. Teplota**

Rostlinná semena mají na klíčící teplotu různé nároky. Teplota může klíčení výrazně urychlit nebo velmi zpomalit až úplně zastavit. Teplota a její změna bývá také důležitá pro dormanci nebo její ukončení (Xia a kol. 2018).

### **3.1.3.3. Kyslík**

Vliv na semeno má i množství dostupného kyslíku. Výsledkem reaktivních druhů kyslíku může dojít k oxidačnímu stresu, který vede k předběžnému stárnutí semene a může docházet k mutacím (Waterworth a kol. 2015). Pro některé druhy je však nedostatek kyslíku (anoxie) nezbytný pro spuštění klíčení, díky tomu mohou vyklíčit i vodní a bažinné druhy (Šerá 2014).

### **3.1.3.4. Světlo**

I potřeba světla se u různých druhů významně liší. Semena vyžadující světlo klíčí nejlépe při rozsahu vlnových délek od cca 500 do 700 nm. Většina semen ovšem vykazuje v zásadě klíčivost nezávislou na světle nebo na tmě (Šerá 2014).

## 3.2. Charakteristika invazních druhů

Invazní druhy můžeme definovat jako podskupinu naturalizovaných druhů, vytváří reprodukce schopné potomky, často ve velkých množstvích, které se v území rychle šíří na značné vzdálenosti od mateřských populací a zpravidla obsadí rozsáhlé území. (Mlíkovský, Stýblo 2006) Tota definice vychází z ekologického hlediska a není omezená dalšími kritérii. Podle definice IUCN můžeme k této definici ještě dodat, že jsou to druhy invadující na přirozených a polopřirozených stanovištích (Pyšek 2018<sup>b</sup>). Dalším kritériem často bývá impakt. Protože ne vždy musí mít nepůvodní organismus negativní dopad na člověka a přírodu, někdy naopak přinášejí hospodářské a jiné užitky. Toto se však může z pohledu různých zájmových či profesních skupin lišit (ochrana přírody, zemědělství, lesnictví, rybářství). Impakt je ale rozhodující pro tvorbu tzv. černých (black lists), šedých seznamů (gray lists), bílých seznamů (white lists) a specifickou kategorií je varovný seznam (watch list) (Pergl a kol. 2016). Tyto seznamy jsou základem pro právní úpravu na úrovni celé Evropské unie, která byla přijata Nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 1143/2014 o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů (Pergl a kol. 2018). Celkem je nyní v seznamu 66 druhů - 23 suchozemských rostlin, 13 rostlin vodních, 8 bezobratlých, 4 ryby, 2 obojživelníci a plazi, 5 ptáků a 11 savců. Avšak v tomto dokumentu chybí řada invazních druhů naší přírody včetně *Reynoutria* (Kadlecová 2017).

### 3.2.1. Vlastnosti invazních druhů

Jako vlastnosti invazních druhů jsou u rostlin často zmiňovány výška, prostorový růst spojený s vegetativním klonálním rozrůstáním, velká plodnost, vyšší účinnost a rychlost fotosyntézy, rezistenci vůči herbivorii, účinné šíření, delší dobu kvetení, klíčení v širokém rozmezí podmínek nebo lepší přežívání semenáčků. Nově díky dostatečným datům také můžeme posuzovat podle schopnosti vytvářet semennou banku nebo podle velikosti genomu. Neexistuje však univerzálně platná vlastnost podle které by se dala předpovědět invaznost rostlin (Pyšek 2018<sup>b</sup>).

### 3.2.2. Šíření invazních druhů

V německém Senckenbergově ústavu a Vídeňské univerzity bylo zjištěno, že počty naturalizovaných druhů celosvětově za posledních 200let rostou, dokonce více než jedna třetina ze všech druhů byla bylo zavlečeno mimo své původní území za posledních 40let. Zavlékání nezpomaluje a nic nenaznačuje tomu, že by invazí ubývalo. Toto tvrzení je založeno na analýze rozsáhlé databáze více než 45 tisíc záznamů, kdy byl nepůvodní druh, který později zdomácněl, poprvé zaznamenán v určitém území – k dispozici máme údaje pro více než 16 tisíc druhů rostlin a živočichů, z nichž téměř polovinu tvoří rostliny. Takto rozsáhlou invazi lze vesměs vysvětlit lidskou činností. Můžeme tedy předpokládat s dalším rozvojem ekonomiky bude invazí stále přibývat a již přítomné nepůvodní druhy se budou stále rozrůstat. (Pyšek 2018<sup>a</sup>)

### 3.2.3. Rizika spojená s invazními druhy

Hrozba, kterou invazní nepůvodní druhy představují pro biologickou rozmanitost a související ekosystémové služby, má různé podoby, včetně vážných dopadů na původní druhy a strukturu a funkci ekosystémů v důsledku změn přírodních stanovišť, predace, konkurence, přenosu nákaz, vytlačení původních druhů ve značné části areálu a genetických účinků křížení. Kromě toho mohou mít invazní nepůvodní druhy také závažný nepříznivý dopad na lidské zdraví a hospodářství. Biologickou rozmanitost a související ekosystémové služby, lidské zdraví či hospodářství ohrožují pouze živí jedinci nebo jejich části, které se mohou rozmnožovat, a proto by se pouze na ně měla vztahovat omezení dle tohoto nařízení dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1143/2014.

## 3.3. Popis rodu *Reynoutria*

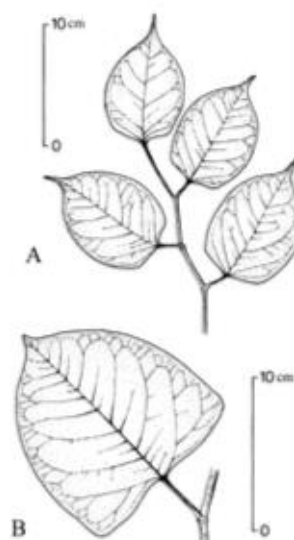
### 3.3.1. Morfologie

V této studii jsem se zaměřila na dva taxony *Reynoutria*: *Reynoutria japonica* var. *japonica* (křídlatka japonská), křížence *Reynoutria* × *bohemica* (křídlatka česká).

Popisují zde i druhého z rodičovských taxonů, též invazní, *Reynoutria sachalinensis* (křídlatka sachalinská). Obecně jsou to dvoudomé byliny s dlouhými silnými a velmi rozvětvenými oddenky. Můžou být až 4 m vysoké (*R. sachalinensis*; *R. japonica* maximálně 2 m)(Müllerová). Jejich nejcharakterističtější a už v terénu dobře pozorovatelný rozlišovací znak je velikost a tvar listu. V případě pochybností může dopomoci typ chloupků na spodní straně listu (Mandák a Pyšek 1997).

### 3.3.1.1. *Reynoutria japonica*

Listy mají široce oválně-trojúhelníkový tvar. Báze je rovná nebo mírně klínovitě zúžená. Čepel má protáhlou. Listy *R. japonica* jsou ze všech tří zástupců nejmenší. 5-15(-18) cm dlouhé a 4-10(-13) cm široké. Chloupky na spodní straně listu neviditelné, redukováné na jednobuněčné papily se sině oteklou bází, lze pozorovat lupou. Kvete bíle, šířka květu je 3-4 mm, má 2-4 tyčinky vyčnívající z periantu. Křídla okvěti jsou široká, po květní stopce nesbíhavá. Květenství uspořádané do lat, květ není rozlišen na kalich a korunu. Vrchní část květenství je 4-12 cm dlouhá, nejvzdálenější větve květenství dosahují 3/4 lamel (5-7 cm delší než řapík). Plody jsou, jako i následujících dvou, třístranné nažky, semeno je černé a lesklé (Fojcik a Tokarska-Guzik 2000; Müllerová)

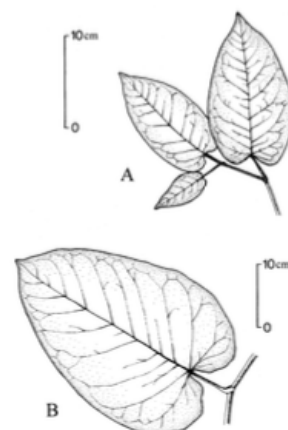


Obr. č. 1: *Reynoutria japonica*  
(Fojcik a Tokarska-Guzik 2000)



### 3.3.1.2. *Reynoutria sachalinensis*

15-35(-43) cm dlouhé a 10-20(-27) cm široké listy jsou podlouhlé a podélně vejčité mají srdčité obloukovitou bázi. Spodní strana listu je výrazně chlupatá. Chlupy jsou na bázi neztlustlé. Má 4 až 7 tyčinek vyčnívají z periantu. Květy jsou zelenobílé. Křídla okvěti se postupně zužují, jasně se sbíhají na stopce, jeho šířka je 1,5-2 mm. Lata je 8-9 cm dlouhá, nejvzdálenější větve květenství dosahují 1/4 lamely (1-2 cm delší než řapík). Semeno je také lesklé, ale narozdíl od *R. japonica* je tmavě fialové. (Fojcik a Tokarska-Guzik 2000; Müllerová)

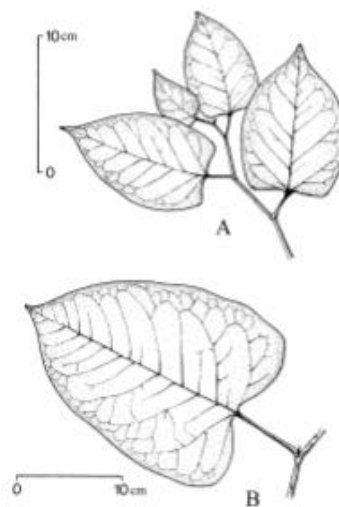


Obr. č. 2: *Reynoutria sachalinensis*

(Fojcik a Tokarska-Guzik 2000)

### 3.3.1.3. *Reynoutria ×bohemica*

List *R. ×bohemica* má dlouhý ostrý konec, srdčitý tvar a na bázi je klínovitá nebo mírně ve tvaru srdce, zejména u spodních listů. Velikostí je přesně uprostřed obou rodičů 10-23(-27) cm dlouhá a 9-20(-22) cm široká. Listy mají na rubu špatně viditelné, krátké chloupky se zesílenou bázi. V okvětním lístku má 3-5(-6) tyčinek, květy má 2-3 mm široké. Lata je 5-10 cm dlouhá, nejvzdálenější větve květenství dosahují 1 / 2–1 / 4 lamel (2-4 cm delší než řapík). Semeno má hnědou barvu. (Fojcik a Tokarska-Guzik B 2000)



Obr. č. 3: *Reynoutria ×bohemica*

(Fojcik a Tokarska-Guzik 2000)

Rozdíly mezi jednotlivými taxony jsou velmi dobře zpracovány a ilustrovány, i přesto je však identifikace konkrétního taxonu stále velmi obtížná a často chybná.

### 3.3.2. Taxonomie

Oddělení *Magnoliophyta* (krytosemenné rostliny) » třída *Rosopsida* (vyšší dvouděložné) » řád *Polygonales* (rdesnotvaré) » čeleď *Polygonaceae* (rdesnovité). (Müllerová)

Zařazení do rodu se historicky vyvíjelo, kvůli novým vědeckým poznatkům. Nejprve byly v roce 1735 zařazeny do rodu rdesno (*Polygonum*) další vývoj byl následující *Fallopia* Adans. (1736), *Reynoutria* Houttuyn (1777), *Polygonum* sect. *Tiniaria* Meissner (1826), *Bilderdykia* Dumort. (1827), *Pleuropterus* Turcz. (1848), *Polygonum* sect. *Pleuropterus* (Turcz.) Berntham & Hooker (1880), *Polygonum* sect. *Reynoutria* (Houtt.) Nakai (1909), *Fallopia* sect. *Tiniaria* Hedberg (1946), *Bilderdykia* (Dumort) Webb (1964), *Fallopia* sect. *Reynoutria* Shinnars (1967), *Reynoutria* Houtt. (Holub 1971), *Fallopia* sect. *Reynoutria* Ronse Decrane & Akeroyd (1988), *Reynoutria* Houtt. (Chrtek 1990), *Fallopia* sect. *Reynoutria* Bailey & Stace (1991). (Bímová a kol. 2009)

V současnosti se tedy řadí do rodu opletka (*Fallopia*), ale v osmdesátých letech minulého století byl pro ně vyčleněn rod křídlatka (*Reynoutria*), které se používá ve Střední Evropě (Bímová a kol. 2009).

### 3.3.3. Etymologie

Rod *Reynoutria* byl pojmenován na počest vlámského mecenáše botaniky Karla van Sint Omaars (van Reynoutre). Rod *Fallopia* vychází z latinského slova fallo=klamu (Šmíd 2002).

### 3.3.4. Rozšíření

Původní území *R. japonica* se táhne od severního Japonska přes Koreu a Čínu do Tchaj-wanu (Maruta 1983). Do Evropy byla poprvé přivezena v 19. stol z Číny, v chiswickově zahradě v Británii nepřežila (Bailey, Conolly 2000). Úspěšně zavedl *R. japonica* do Evropy Philipp von Siebold. Začal prodávat oddenky v Leudenu do celé Evropy (Bailey 1994). V současné době nepopulární rostlina tehdy získala zlatou

medaili společnosti zemědělství a zahradnictví v Utrechtu za nejzajímavější novou okrasnou rostlinu roku (Bailey, Conolly 2000). V Čechách se *R. japonica* začala do volné krajiny šířit z hlavně v meziválečném období, kdy se běžně prodávala v zahradnictví (Horáčková a kol. 2014.)

*Reynoutria sachalinensis* původně pochází z menšího území, a to konkrétně z Japonska, Sakhalin a Ullung-do (ostrov mezi Koreou a Japonskem). Do Evropy se dostala asi od 20 let později než *R. japonica* zato postupně hned třikrát. Všechny tři rostlinné sbírky byly ze Sachalinu převezeny do botanické zahrady v Petrohradě a odtud distribuovány do celého světa. (Bailey, Conolly 2000). V České republice (dále jen ČR) byla *R. sachalinensis* poprvé sbírána V. Vlachem na počátku 20. století u Kolína (Horáčková a kol. 2014).

O původu vzniku *R. ×bohemica* se spekuluje. Byla poprvé pozorována v Británii jako „*Polygonum Cooki*“ neví se však jestli byl převezen ze Severní Ameriky nebo vznikl hybridizací přímo v Británii (Bailey, Conolly 2000). Svůj název získala od českých autorů manželů Chrtkových (Chrtek, Chrtková 1983).

### 3.3.5. Typická stanoviště

*Reynoutria* obecně vyhledávají vlhké, mírně kyselé půdy s velkým obsahem živin (Bímová a kol. 2003). Na druhou stranu jsou to velmi tolerantní k celé řadě podmínek jako jsou např: plný stín, vysoké teploty, vysoká slanost a sucho. V USA roste v různých typech půd, jako je bahno, hlína a písek, s pH v rozmezí 4,5 až 7,4 (Seiger 1993). Dokonce dokáže tolerovat i nedostatek dusíku a nadlimitní hodnoty oxidu siřičitého ve městech. Nepříznivý vliv na ni mají jarní a podzimní mrazy a nedostatečný úhrn srážek menší než 500 mm, to vysvětluje její nepřítomnost v kontinentální východní Evropě nebo subtropických oblastech (Beerling a kol. 1994).

Nejčastěji se nachází v okolí lidských sídel z důvodu jejich prvotního vysazování jako okrasné rostliny v parcích a zahradách. Odtud se dále šířily do volné krajiny převážně vegetativně oddenky například pomocí vody podél toků nebo lidskou činností při manipulaci s rostlinným materiálem a špatným managementem. Můžeme je tedy nalézt v blízkosti železničních tratí, silnic, skládek. Nejnižší míru zastoupení v lidských sídlech vykazuje hybridní *R. ×bohemica*, kterou můžeme nejčastěji nalézt podél vodních toků (Mandák a kol. 2004).

### 3.3.6. Využití

Invazní taxony *Reynoutria* lze stále nalézt v řadě internetových obchodů jako okrasné parkové rostliny, dále jako součástí mnoha tinktur a doplňků stravy např: Resveratrol - extrakt z *R. japonica*. Lifestylové magazíny dokonce radí k přípravě vlastního doplňku stravy, který lze připravit z kořene a je účinným lékem na boreliózu, ale i velmi silným antioxidantem, který prý chrání buňky před volnými radikály, má vliv na dlouhověkost a snižuje výskyt kardiovaskulárních chorob. Z květů a lodyh lze připravit i nepřeberné množství kulinářských specialit od limonád přes polévky až po zmrzlinu (Ouhřabková 2015, Dům bylinek).

Dalším velmi moderním využitím je její využití jako energetické plodiny. V podmínkách mírného pásma na vhodném stanovišti je třetím rokem vegetace vůbec nejvýnosnější plodina. V přepočtu na užité teplo můžeme z 1 hektaru dostat až 580 GJ, což by mohlo stačit pro vytápění cca 6 rodinných domů. *Reynoutria* je možno spalovat jako štěpku nebo jako paketované - briketované palivo s dobrou výhřevností a nízkou hladinou emisí (Sladký 1998).

Studie ukázaly, že právě těmto třem taxonům *Reynoutria* se dobře daří na půdách kontaminovaných těžkými kovy (Cu, Zn a Cd). V České republice byly pozorovány na haldách a poblíž kalů s extrémně vysokou úrovní antropogenního znečištění. Vysoké koncentrace Cd byly nalezeny v kořenech a oddencích všech taxonů. Toto naznačuje specifickou schopnost *Reynoutria* přijímat těžké kovy a velký fyto-remediační potenciál (Berchová-Bímová a kol. 2014). Spolu s velmi rychlým růstem je to ideální kombinací pro rekultivace skládek a výsypek, nebo k asanacím půdy kontaminované těžkými kovy. Vzhledem k mírnému fyto-remediačnímu potenciálu a vysoké druhové invazivnosti však nelze tento proces podpořit (Sirka a kol. 2016), ze stejného důvodu není vhodné její využití jako energetickou rostlinu - ekologické riziko převyšuje užitek.

Naposledním použitím je využití jako čerstvé krmivo pro dobytek a jako erozní a stabilizační rostlina (Müllerová).

### 3.3.7. Ekologická rizika

Všechny tři taxony *Reynoutria* jsou velmi silně invazivní. Jsou zařazeny na blacklist nepůvodních druhů mezi další 78 rostlinných druhů v ČR, který byl zveřejněn AOPK v roce 2016. Nové porosty, ať už z okrasných nebo hospodářských důvodů, by neměly být zakládány a je doporučena jejich likvidace. Nová rostlina může vzniknout z oddenku již o hmotnosti asi 0,7g (Brock 1995).

Dobrá konkurenční schopnost je dána rychlým růstem, následně velké množství spadaneho listí zabraňuje klíčení jiných rostlin (Müllerová). Vzniká tak absence původních nitrofilních rostlinných druhů, které jsou zdrojem potravy pro hlemýžďe jejich početnost takto ubývá (Horáčková a kol. 2014). Dále okyseluje půdu, snižuje druhovou rozmanitost členovců to ovlivňuje počet obojživelníků, plazů, ptáků i savců, kteří se jimi živí (Pyšek a kol. 2002). Platí také, že studované taxony vykazují vyšší úroveň rezistence na býložravce než původní druhy rostlin, což naznačuje, že jak rodičovské, tak hybridní taxony mohou dobře odolávat herbivorům v Evropě (Krebs a kol. 2011).

*Reynoutria japonica* se šíří výrazně rychleji než *R. sachalinensis* a hybrid *R. ×bohemica* vykazuje dvojnásobnou míru invaze svých rodičů (Mandák a kol. 2004). Hybridizace výrazně zvýšila invazní potenciál rostlin, protože hybrid často získává výhodné kombinace genů, které mu umožní lépe konkurovat v daném prostředí než rodičovské taxony. Byla zaznamenána vyšší vitalita a invazní schopnost křížence *R. ×bohemica*, který v místech, kde se vyskytoval spolu s rodičovskými taxony zcela převládal a z terénních pozorování se zdálo, že se šíří na úkor již poměrně etablované *F. japonica* (Berchová-Bímovát, Mandák 2008). Hybridy také vykazují určitou plodnost a dochází ke zpětnému křížení. Hybridizace nabízí potenciální únik před povinnou asexualitou způsobenou neexistencí funkčních samců *R. japonica* a produkce pohlavně získaných genotypů může sloužit ke zvýšení dlouhodobého přežití a úspěchu této invaze (Bailey 1994).

### 3.3.8. Vegetativní rozmnožování

Způsob vegetativního rozmnožování v sekundárním areálu u všech taxonů *Reynoutria* převládá. Vodou nebo transportem zeminy se šíří úlomky lodyh a oddenků

ze kterých velmi dobře regenerují z nodů, kde se nachází laterální pupeny (Adachi a kol. 1996) K regeneraci jim stačí velmi malé úlomky lodyh či oddenků jestliže obsahují alespoň jeden vegetativní pupen, jak už bylo řečeno, může stačit 0,7g (Brock, Wade 1992).

Existuje rozdíl ve schopnosti a rychlosti regenerace mezi regenerací z lodyh, ze stonků a mezi jednotlivými taxony. Regenerace z oddenků je vyšší než z lodyh, kromě *R. sachalinensis*, kde bylo nalezeno, že lodyhy regenerují lépe. Oddenky *R. japonica* velmi dobře regenerují ve vlhké půdě, ale ne ve vodě. U jejích stonků byl nalezen opačný vzorec: dobře se regenerovaly, pokud byly vystaveny působení vody, ale v půdě se neregenerovaly vůbec. Mezi narušenými a neporušenými nody nebyl zjištěn významný rozdíl jak ve tvorbě pupenů, tak v konečné regeneraci a jak už bylo řečeno oddenky jsou pro regeneraci mnohem důležitější než lodyhy. Proto šíření *Reynoutria* velmi napomáhají disturbance půdy. Při narušení půdy dochází ke fragmentaci oddenků, tím porost zhoustne a rozšíří se nebo se může například pomocí vody nebo člověka šířit na jiná stanoviště (Bímová a kol. 2003). Nejvíce regenerují v letním období, kdy rychlost růstu nových výhonů je až 29 mm/den (Pergl 2001).

Rozdíly v regeneraci nejsou jen mezi jednotlivými taxony, ale i mezi jejich genotypy. Nejnižší regenerační schopnost byla zjištěna u *R. sachalinensis* (v průměru do 20 % fragmentů) a jednotlivé genotypy v rámci druhu se od sebe průkazně neliší. Mnohem vyšší potenciál regenerace byl zaznamenán u *R. japonica*. U křížence *R. ×bohemica* je rozdíl mezi genotypy markantní a jednotlivé genotypy se v regeneraci liší velmi. Zatímco nejrozšířenější genotypy regenerují velmi snadno (80– 100 %), vzácné genotypy mají regenerační schopnost nízkou (20 %) (Bímová a kol. 2003).

### 3.3.9. Generativní rozmnožování

Donedávna se *R. japonica* považovala jako jediný samčí klon, který se vyskytuje v celém sekundárním areálu jako oktoploidní ( $2n = 88$ ) samičí genotyp. (Bímová a kol. 2003, Mandák a kol. 2004). Tuto domněnku, ale vyvrátila molekulární studie, která v Severní Americe detekovala osm haplotypů (Gammon a Kesseli 2010). Další studie potvrdila výskyt populací s odlišnou genetickou variabilitou (pět odlišných genotypů na území Polska) (Bzdega a kol 2016). Autoři se domnívají, že nalezené variace nemohou být způsobeny vícenásobnými introdukcemi a postintrodukčními mutacemi.

*Reynoutria sachalinensis* má jistou variabilitu způsobenou buď mnohonásobných introdukcí z původního areálu, anebo příležitostného sexuálního rozmnožování (Mandák B, Pyšek P, Bímová K., 2004). U *R. sachalinensis* byly v ČR zaznamenány hermafrodity a funkčně samičí tetraploidní ( $2n = 4x = 44$ ) klony. Kromě toho byly nedávno nalezeny klony typu hexaploid ( $2n = 6x = 66$ ) a oktoploid ( $2n = 8x = 88$ ) (Bímová a kol. 2003).

Hybrid *R. ×bohemica* je hlavně hexaploid ( $2n = 6x = 66$ ), ale byly také nalezeny tetraploidní a oktoploidní klony (Bímová a kol. 2003). Tento taxon vykazuje nejvyšší genetickou variaci všech zástupců rodu (Mandák a kol. 2004), pravděpodobně v důsledku občasné sexuální reprodukce vytvářející nové genotypy, které jsou fixovány vegetativním rozšířením (Bímová a kol. 2003).

Znalost faktorů ovlivňujících vlastnosti klíčivosti je nezbytná, má-li být posouzeno riziko sexuální reprodukce a jeho dopad na schopnost druhu se šířit a přizpůsobovat různým prostředím.

## 4. Metodika

### 4.1. Sběr semen

Sběr dat probíhal v roce 2019 v části sekundárního areálu křídlatek – ve Francii (Obr. č. 5), České republice (Obr. č. 4) a Německu. Francouzské lokality (celkem 17) jsou soustředěny na okolí Grenoble (GPS lokalit je uvedeno v Tab. č.1). Jedná o lokality, které nám poskytl francouzský institut *Irstea*, který se mj. zabývá také studiem křídlatek např. tolerancí k zastínění (Dommanget et al. 2013), negativními účinky taxonů na nativní společenstva (Dommanget et al. 2014) a omezením růstu křídlatkových porostů (Dommanget et al. 2019). Jedná se o lokality, kde byly u rostlin pozorovány nezvyklé morfologické charakteristiky a existuje tedy pravděpodobnost, že se jedná o hybridy vzniklé zpětným křížením *R. ×bohemica* s rodičovskými taxony. České lokality (celkem 14) byly vytipovány pomocí vlastního terénního průzkumu. Sběr semen probíhal na přelomu října a listopadu. GPS lokalit a jejich charakteristiky jsou uvedeny v Tab. č. 1.. Německé lokality (celkem 4) také mají uvedené charakteristiky a GPS uvedeny v Tab. č. 1..



Obr. č. 4: Semena *R. Japonica* (lokalita: FJ\_CZ3, Čakovice, říjen 2019)



Obr. č. 5: Sběr semen ve Francii (lokalita: FB\_22, Tencin, září 2019)



Kód	Město	GPS souřadnice	Nadmořská výška [ m n. m. ]	Průměrná roční teplota
RJ_CZ1	Měchenice	49.909047, 14.387190	205	8.6 °C
RJ_CZ2	Čakovice	50.150567, 14.516351	246	8.6 °C
RJ_CZ3	Čakovice	50.149524, 14.519113	246	8.6 °C
RJ_CZ4	Čakovice	50.151096, 14.515023	246	8.6 °C
RJ_CZ5	Konopiště	49.784055, 14.660963	380	8.6 °C
RJ_CZ6	Lobkovice	50.252258, 14.539663	167	8.6 °C
RJ_CZ7	Mlékojedy	50.262336, 14.529657	146	8.6 °C
RJ_CZ8	Neratovice	50.261727, 14.517956	162	8.6 °C
RJ_CZ9	Neratovice	50.262281, 14.526143	162	8.6 °C
RJ_CZ10	Tišice	50.260089, 14.550549	167	8.6 °C
RJ_CZ11	Úvaly	50.069018, 14.731167	253	8.6 °C
RJ_CZ12	Úvaly	50.060736, 14.735284	253	8.6 °C
RJ_CZ13	Vysočany	50.106349 14.501301	211	8.6 °C
RJ_CZ14	Neratovice	50.263221, 14.526299	162	8.6 °C
RB_1	Grenoble	45.189620023593307; 5.786079978570342	340	11.2 °C
RB_12	Grenoble	45.19631096161902; 5.761455958709121	340	11.2 °C
RB_17	Grenoble	45.213380958884954; 5.83057195879519	340	11.2 °C
RB_19	Grenoble	45.211634002625942; 5.830813022330403	340	11.2 °C
RB_2	Grenoble	45.189656987786293; 5.786090036854148	340	11.2 °C
RB_21	Tencin	45.316178966313601; 5.941092967987061	673	11.2 °C
RB_22	Tencin	45.317917037755251; 5.946949990466237	673	11.2 °C
RB_25	Aiton	45.584721984341741; 6.271756030619144	626	12.7 °C
RB_26	Grenoble	45.350468996912241; 5.791371976956725	340	11.2 °C
RB_31	Tullins	45.286620017141104; 5.526918992400169	481	13.3 °C
RB_32	Tullins	45.286620017141104; 5.526918992400169	481	13.3 °C
RB_38	Frankeneck	49.370767, 8.045760	173	10 °C
RB_39	Lindenberg	49.368476, 8.100749	764	8 °C
RJ_4	Grenoble	45.146384993568063; 5.829707030206919	340	11.2 °C
RB_5	Grenoble	45.16678998246789; 5.798205994069576	340	11.2 °C
RB_6	Grenoble	45.166769027709961; 5.798228038474917	340	11.2 °C
RJ_27	Tullins	45.280258990824223; 5.540156029164791	481	13.3 °C
RJ_29	Tullins	45.302488971501589; 5.513998959213495	481	13.3 °C
RJ_34	Erfenstein	49.350333, 8.014639	214	10 °C
RJ_37	Erfenstein	49.355755, 8.021032	214	10 °C
RJ_8	Grenoble	45.166769027709961; 5.798228038474917	340	11.2 °C

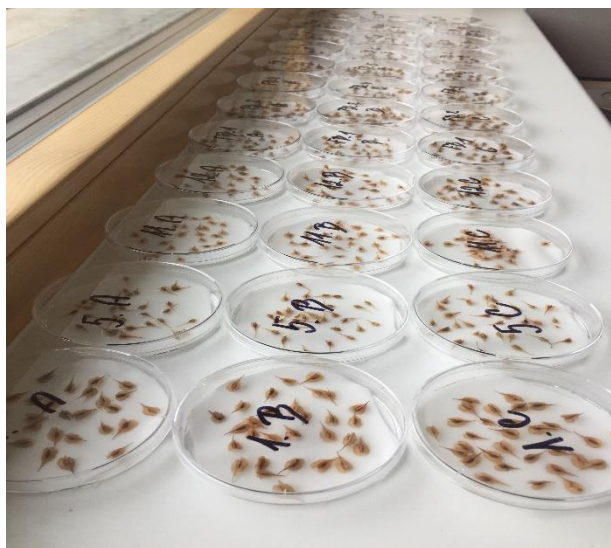
Tab. č. 1: Základní popis lokalit a jejich kód, který byl použitý na statistické metody. RJ = *R. japonica*, RB = *R. ×bohemica*. Zdroj průměrné roční teploty z Českých lokalit ČHMÚ 2019, ze zahraničních lokalit Weather Spark.

## 4.2. Stratifikace semen

Dormance semen byla přerušena ponecháním semen při teplotě -16 °C po dobu 3 týdnů.

## 4.3. Experimentální část (testování klíčivosti)

Klíčivost semen byla testována v klimaboxu laboratoře ČZU. Z každé lokality bylo klíčeno 90 semen (3 Petriho misky po 30 semenech) (Obr. č. 6). Do každé Petriho misky byl vložen filtrační papír ve dvou vrstvách, který se pomocí stříčky smočil destilovanou vodou. Petriho misky se poté vložily do klimaboxu, který simuloval střídání dne a noci. Režim dne byl zajištěn světlem po dobu 14 h a teplotou 21 °C. Při simulované noci bylo v klimaboxu 15 °C a tma po dobu 10 h. Klíčení probíhalo po dobu 30 dní. Odečty vyklíčených semen probíhaly každé 2 dny (Obr. č. 7).



Obr. č. 6: Příprava semen na experiment (ČZU, leden 2020)



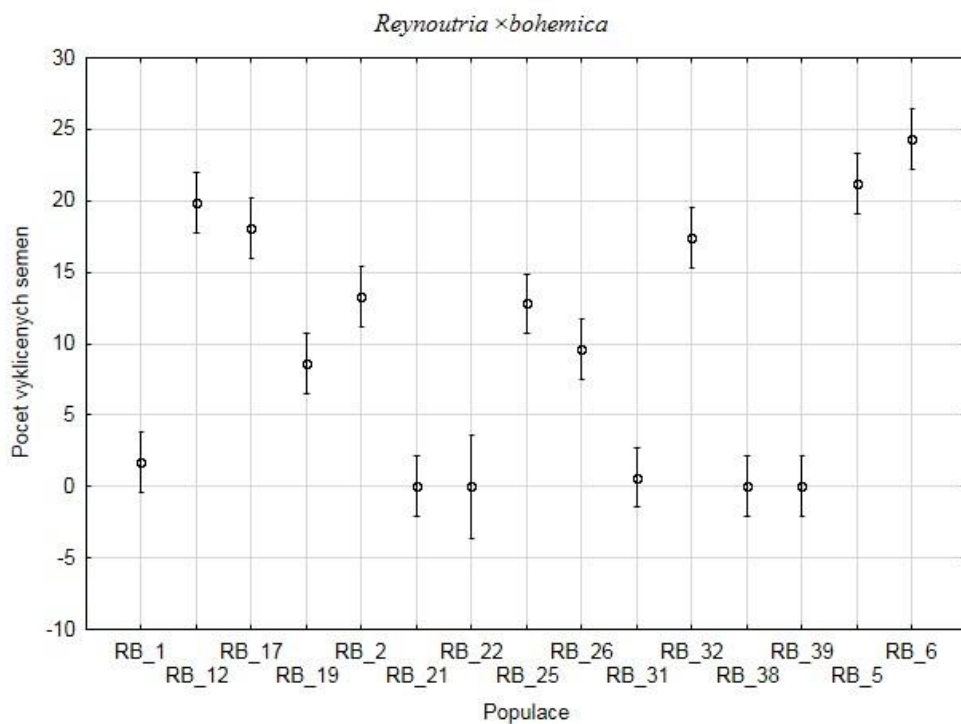
Obr. č. 7: Klíčení semen (ČZU, leden 2020)

#### 4.4. Statistické analýzy

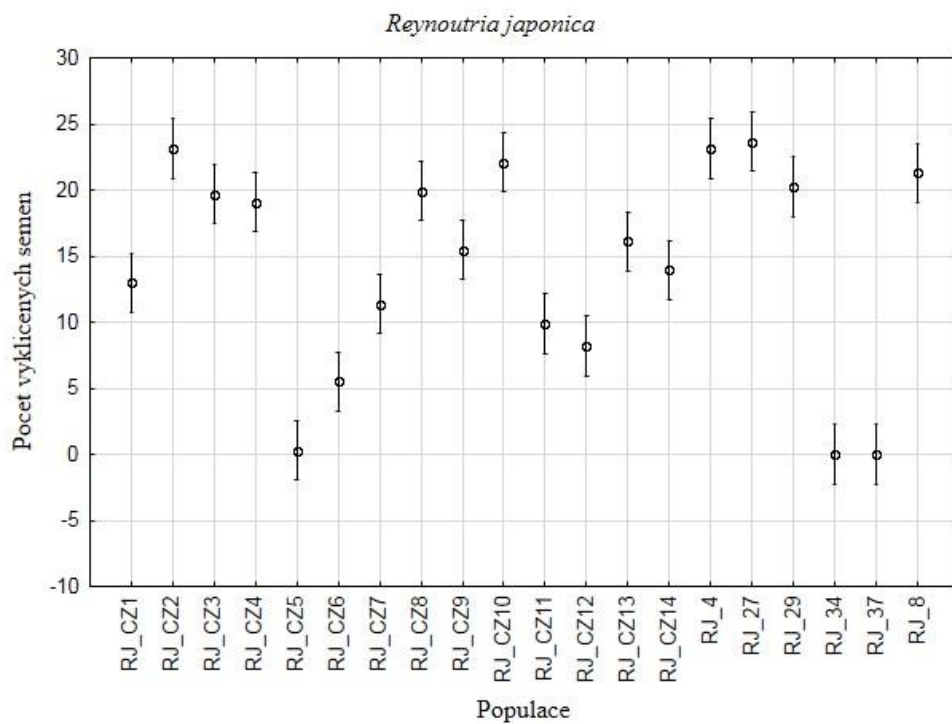
Pro statistické testy byl použit matematický statistický software R a Statistica 13. Protože data nemají normální rozdělení a normalita nebyla dosažena ani po logaritmické transformaci, byl jako statistický model použit zobecněný lineární model. Závislou proměnnou byl počet vyklíčených semen, prediktory taxon (*R. ×bohemica*, *R. japonica*) a lokalita výskytu.

### 5. Výsledky

Výsledek zobecněného lineárního modelu pro předpoklad, že je klíčivost semen statisticky významně ovlivněna lokalitou výskytu, vyšel průkazný ( $F=54,59$ ,  $Df=33, 68$ ,  $p<10^{-6}$ ). Nejvyšší klíčivost má populace RB\_6 ( $\bar{O}= 24.29167$ ), nejnižší klíčivost má populace RB\_21, RB\_22, RB\_38, RB\_39, RJ\_34, RJ\_37 ( $\bar{O}=0$ ) viz obr. 8 a 9. Kódy lokalit jsou upřesněny v Tab. č. 1. Z experimentu vyplývá, že semena z německé části nevyklíčila vůbec, naopak nejvíce vyklíčených semen bylo z oblasti Grenoble (Francie).

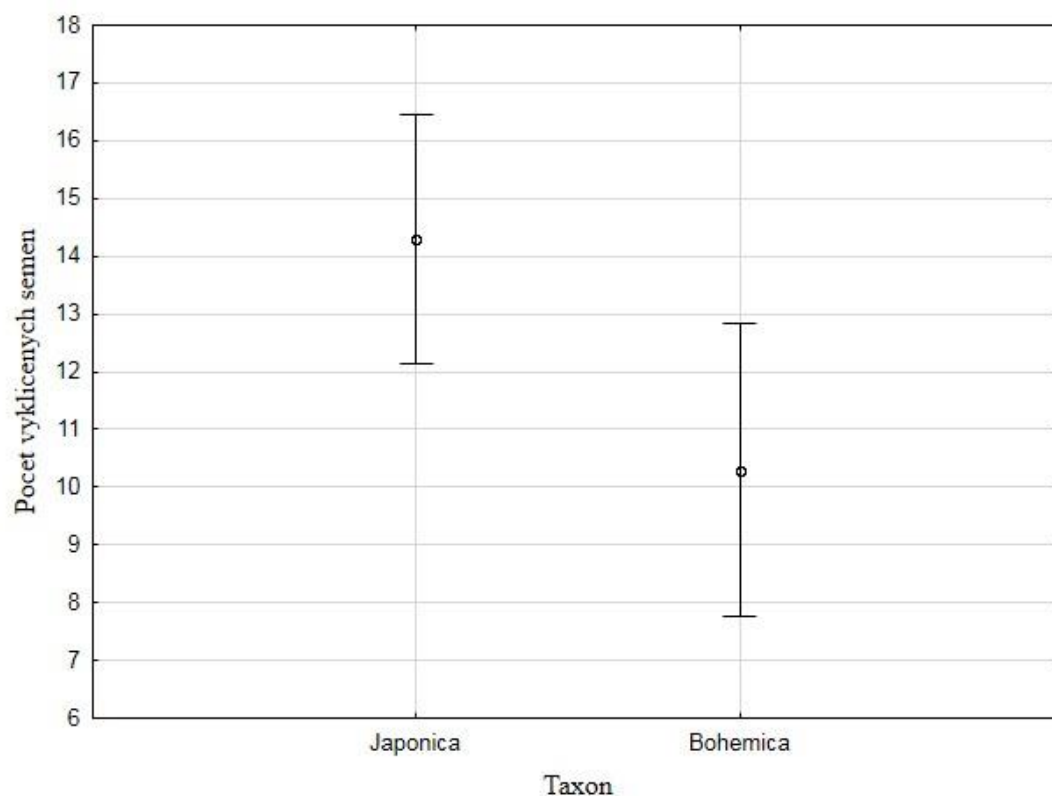


Obr. č. 8: Průměrný počet vyklíčených semen dle lokality výskytu. Značka kolečka zobrazuje průměr a je ohraničená kvartily.



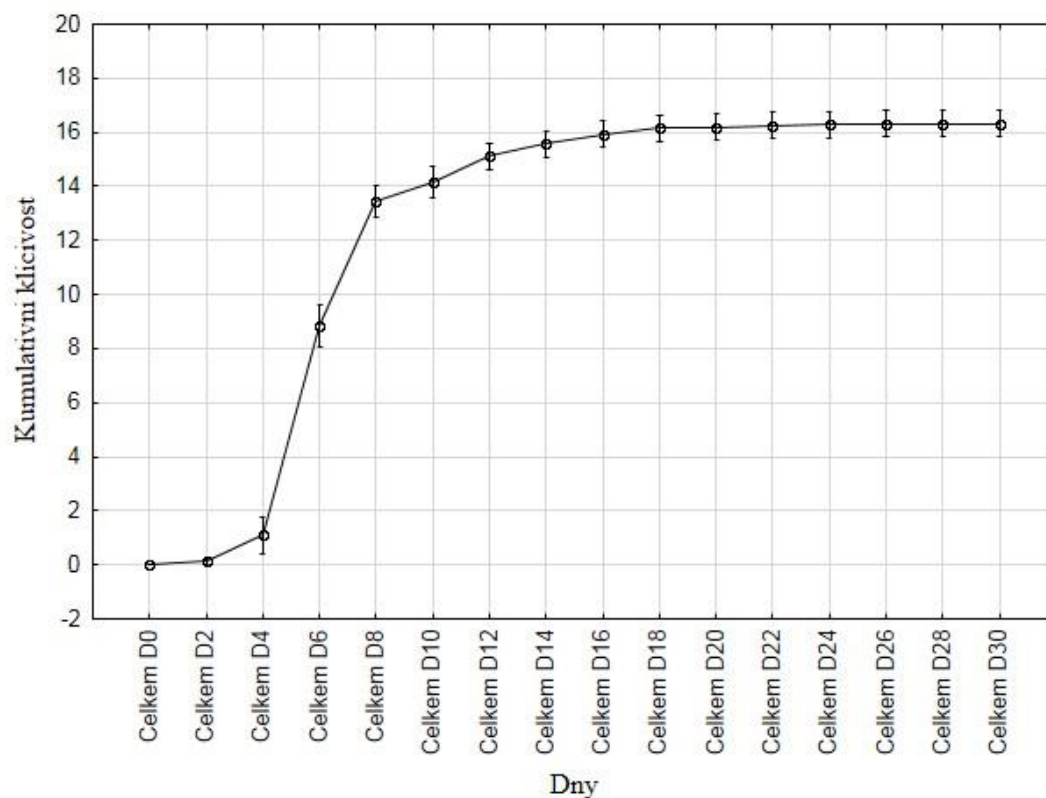
Obr. č. 9: Průměrný počet vyklíčených semen dle lokality výskytu. Značka kolečka zobrazuje průměr a je ohraničená kvartily.

Dále bylo pomocí tohoto modelu testováno, zda je klíčivost semen ovlivněná taxonem. Výsledky prokázaly, že klíčivost je taxonem statisticky významně ovlivněná ( $F=154,34$ ,  $Df=1, 68$ ,  $p<10^{-6}$ ). *Reynoutria japonica* klíčí zhruba o třetinu více ( $\bar{O}=14,29479$ ) než *R. ×bohemica* ( $\bar{O}=10,29215$ ). (Obr. č. 10)



Obr. č. 10: Závislost klíčivosti na taxonu. Značka kolečka zobrazuje průměr a je ohraničená kvartily.

Semena nejvíce, klíčila zhruba do první poloviny experimentu, tedy do šestnáctého dne, poté již klíčení bylo minimální. (Obr. č. 11)



Obr. č. 11: Průběh klíčení ve dnech. Značka kolečka zobrazuje průměr a je ohraničená kvartily. D0 – nultý den, odečtu, D2 – druhý den odečtu atd.

## 6. Diskuze

Během této experimentální studie byly zaznamenány rozdíly v klíčivosti mezi populacemi a taxony *R. ×bohemica* a *R. japonica*.

Nasbíraná data prokázala vyšší klíčivost u taxonu *R. japonica* (přibližně o třetinu než u *R. ×bohemica*). Z 90 semen *R. japonica* vyklíčí průměrně 14,3 semen, u taxonu *R. ×bohemica* pak tento počet klesá na 10,3. Tento výsledek je v souladu se studií Bram a McNair (2004) kteří popisují, že *R. japonica* má vysokou klíčivost a dokáže vyklíčit rychle, což je k velkému počtu semen, která *R. japonica*, jako invazní rostlina produkuje, nebezpečné a doporučuje rostliny nebo jejich květenství odstranit. Dobrou klíčivost u *R. japonica* (48-79 %) potvrzuje i studie (Engler a kol., 2011) které opět varuje před zvýšením sexuální produkce v důsledku měnících se podmínek prostředí nebo genetické adaptace. Klíčivostí *R. ×bohemica* a *R. japonica* se zabývala i studie

Funkenberg a kol. (2012), která studovala jednu populaci *R. japonica* a šest porostů *R. ×bohemica*. Výsledkem byla průměrná klíčivost 91,8 % bez výrazných rozdílů mezi porosty. Vysokou schopnost klíčení prokazují i starší experimenty. Až 100 % zaznamenal Bailey (1994) a až 80,7 % zaznamenal Adler v roce 1993. Otázkou je proč se tak málo semen uchyťí, když produkují tolik životaschopných? Nad tímto se zamýšlí i studie (Bailey a kol., 2009). Autoři přisuzují nízkou životaschopnost časným mrazům, které je ve střední Evropě postihují. Výsledkem této studie je i mimo jiné to, že aneuploidie má malý dopad na životaschopnost rostlin a předpokládá, že by neměly mít problém přežít a vegetativně se šířit jako jejich euploidní rodiče. Nicméně publikací zabývajících se touto otázkou je málo. Tato práce by tedy mohla sloužit jako podklad pro navazující experiment zaměřený na ploidii rostlin pomocí průtokové cytometrie. Bylo by dobré znát ploidii populací, které jsou předmětem této studie a vyhodnotit, jaký vliv na klíčivost má.

Data také pokázala rozdíl mezi jednotlivými populacemi. Toto by mohlo být dáno především tím, že semena byla sbírána ve velké vzdálenosti od sebe. Odlišné podmínky Středních Čech, podhorské oblasti Grenoble a oblast na jihu Německa vykazují odlišné klimatické podmínky, které by mohly mít vliv na klíčivost populací (špatné dozrávání semen apod.). Tento předpoklad je také v souladu se studií Bailey a kol. (2009), která potvrzuje, že se semena liší podle počasí, dostupnosti vhodného pylového materiálu a vitalitou jednotlivých populací.

## 7. Závěr a přínos práce

Tato experimentální studie zaznamenala rozdíly v klíčivosti mezi populacemi a taxony *R. ×bohemica* a *R. japonica*. Výsledkem práce je, že *R. japonica* klíčí zhruba o třetinu více než *R. ×bohemica*. Potvrzena byla i rozdílná klíčivost mezi populacemi. Semena z německé části nevyklíčila vůbec, naopak nejvíce vyklíčených semen bylo z oblasti Grenoble.

Práce shrnula a doplnila informace o klíčivosti těchto invazních druhů a provedla mezipopulačních porovnání. Studií na toto téma je jen velmi málo. Práce zároveň

slouží jako podklad na navazující studii, která bude studovat ploidii rostlin pomocí průtokové cytometrie.



## 8. Přehled literatury a použitých zdrojů

### Odborné publikace:

Abgrall, C., Forey, E., Mignot, L., Chauvat, M., 2018: Invasion by *Fallopia japonica* alters soil food webs through secondary metabolites. *Soil Biol Biochem* 127:100–109. doi: 10.1016/J.SOILBIO.2018.09.016

Adachi N., Terashima I. & Takahashi M., 1996: Central die-back of monoclonal stands of *Reynoutria japonica* in an early stage of primary succession on Mount Fuji. – *Ann. Bot.* 77: 477–486.

Bailey J. P., 1994: The reproductive biology and fertility of *Fallopia japonica* (Japanese Knotweed) and its hybrids in the British Isles. – In: de Waal C., Child L. E., Wade M. & Brock J. H. (eds.), *Ecology and management of invasive riparian plants*, p. 141–158, John Wiley & Sons, Chichester.

Bailey, J. P., Bímová, K., & Mandák, B., 2009: Asexual spread versus sexual reproduction and evolution in Japanese Knotweed sets the stage for the “Battle of the Clones”. *Biological Invasions*, 11(5), 1189-1203.

Bailey J. P., Conolly A. P., 2000: Prize-winners to pariahs – A history of Japanese Knotweed s. l. (*Polygonaceae*) in the British Isles. – *Watsonia* 23: 93–110.

Bewley J. D., 1997: Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*. 96(1). 1055–1066.

Beerling D. J., Bailey J. P., Conolly A. P., 1994: *Fallopia Japonica* (Houtt.) Ronse Decraene. *Journal of Ecology*. Vol. 82, No. 4. P. 959–979.

Berchová-Bímovát K., Mandák B., 2008: Všechno zlé je k něčemu dobré: evoluce křídlatek (*Fallopia*) v sekundárním areálu rozšíření. *Zprávy České botanické společnosti*, roč. 23, č. 0, s. 121–140.

Berchová-Bímová K., Soltysiak J., Vach M., 2014: Role of different taxa and cytotypes in heavy metals absorption in knotweeds (*Fallopia*). *Scientia agriculturae bohemica*, 2014/45. P. 11–18

Bímová K., Mandák B., Pyšek P., 2003: Experimental study of vegetative regeneration in four invasive *Reynoutria* taxa (Polygonaceae). – *Plant Ecology* 166. P. 1–16.

Brock J. H., 1995: Standing crop of *Reynoutria japonica* in the autumn of 1991 in the United Kingdom. *Preslia* 66: 337–343.

Bram M.R., McNair J.N., 2004. Seed germinability and its seasonal onset of Japanese knotweed (*Polygonum cuspidatum*). *Weed Science*, 52: 759-767.

Brock J. H., Wade M., 1992: Regeneration of Japanese knotweed (*Fallopia japonica*) from rhizome and stems: Observation from greenhouse trials. – In: Proc. IXth Intern. Symp. on the Biology of Weeds, p. 85–94, Dijon, France

Bzdega K., Janiak A., Książczyk T., Lewandowska A., Gancarek M., Sliwiska E. A Tokarska-Guzik B., 2016: A survey of genetic variation and genome evolution within the invasive *Fallopia* complex. *PLoS ONE*, 11, e0161854

Engler, J., Abt, K., Buhk, C., 2011: Seed characteristics and germination limitations in the highly invasive *Fallopia japonica* s.l. (Polygonaceae). *Ecol. Research*, 26 (3), 555-562.

Fojcik B., Tokarska-Guzik B., 2000: *Reynoutria × bohemica* (Polygonaceae) – nowy takson we florze Polski. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 7: 63–71. Kraków. PL

Funkenberg, T. I. M., Roderus, D., a Buhk, C. (2012). Effects of climatic factors on *Fallopia japonica* sl seedling establishment: evidence from laboratory experiments. *Plant Species Biology*, 27(3), 218-225.

Fremstad E. a Elven R., 1997: Fremmede planter i Norge. De store *Fallopia*-artene. *Blyttia*, 55, 3–14

Gammon M. A., a Kesseli R, 2010: Haplotypes of *Fallopia* introduced into the US. *Biological Invasions*, 12, 421–42

Harper J.L., 1997: *Population biology of plants*. Vydal Academic Press, London.

Chytrý M., Pyšek P., 2008: Invaze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech (Invasion by alien species in plant communities). *Zprávy Čes. Bot. Společ.* 43, S. 17-40.

Chrtek J., Chrtková A., 1983: *Reynoutria* × *bohemica*, nový kříženec z čeledi rdesnovitých. – *Čas. Nár. Muz. Praha, ser. nat.*, 152: 120.

Krebs C., Gerber E., Matthies D. et Schaffner., 2011: Herbivore resistance of invasive *Fallopia* species and their hybrids. *Oecologia*, 167(4), 1041-1052.

Mabey R., 1998: *Flora Britannica*. Nakladatelství Sinclair Stevenson, Wallingford, United Kingdom.

Mandák B. a Pyšek P. 1997: Druhy rodu *Reynoutria* na území České republiky. – In: Pyšek P. & Prach K. (eds), *Invazní rostliny v české flóře*, *Zpr. Čes. Bot. Společ.* 32, S. 14: 45–57.

Mandák B, Pyšek P, Bímová K., 2004: History of the invasion and distribution of *Reynoutria* taxa in the Czech Republic: a hybrid spreading faster than its parents. *Preslia* 2004 Vol.76 No.1 P.15-64 ref.45

Maruta E. 1983: Seedling establishment of *Polygonum cuspidatum* and *P. weyrichii* var. *alpinum* at high altitudes of Mt. Fuji. – *Ecol. Res.* 9: 205–213.

Mlíkovský J., Stýblo P. (ed.), 2006: *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP, Praha, 496 s.

Parepa M., Fischer M., Krebs C. a Bossdorf O., 2014: Hybridization increases invasive knotweed success. *Evolutionary Applications*, 7(3), 413–420.

Pergl J., Sádlo J., Petrášek A., Laštůvka Z., Musil J., Perglová I., Šanda R., Šifrován H., Šíma J., Vohralík V. a 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

Pergl J., Šíma J., Görner T., Pěkníková J., 2018: Biologické invaze a související právní nástroje. *Živa* 5/2018

Pyšek P., Sádlo J. a Mandák B., 2002: Catalogue of alien plants of the Czech Republic. *Preslia*, 74(2): 97-186.

Pyšek P., 2018<sup>a</sup>: Rostlinné invaze v současném světě – fakta, příčiny a souvislosti. *Živa* 5/2018

Pyšek P., 2018<sup>b</sup>: Historie, definice, hypotézy a budoucnost biologických invazí. *Živa* 5/2018

Seiger L. A., 1993: The ecology and control of *Reynoutria japonica* (*Polygonum cuspidatum*). George Washington University, Washington, D.C., USA.

Schütz W., 2000: Ecology of seed dormancy and germination in sedges (*Carex*). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 3/1, P. 67 – 89

Sírka V.H., Jakovljević K., Mihailović N. Jovanović S., 2016: Heavy metal accumulation in invasive *Reynoutria × bohemica* Chrtek & Chrtková in polluted areas. *Environ. Earth Sci.* P. 75-951.

Šerá B., 2012: Dormance semen u planě rostoucích rostlinných druhů se zřetelem k problematice plevelů. Vybrané kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výzkumu, Vydal Powerprint, Praha, Editors: Bláha L., Šerá B., S.130-137

Šerá B., 2014: Klíčivost jako běžný test v botanickém pozorování, šlechtění a experimentech. In: Bláha L., Šerá B.: Příspěvky v problematice zemědělského pokusnictví, Powerprint, Praha.S. 9-17

Šmíd M. (2002): Průvodce odbornými názvy rostlin. Nakladatelství Brázda, Praha: 320 s.

Tiebre M-S., Vanderhoeven S., Saad L., Mahy G. (2007): Hybridization and Sexual Reproduction in the Invasive Alien Fallopia (Polygonaceae) Complex in Belgium. *Ann Bot* 99:193–203. doi: 10.1093/aob/mcl242

### **Legislativní zdroje:**

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1143/2014 ze dne 22. října 2014 o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů

### **Internetové zdroje:**

Bímová K., Koukolíková I., Kužel S., Mandák B., Pergl J., Richterová J., Šerá B., Vrchotová N., ©2009: Křídlatky (online) [cit. 2020.2.9], dostupné z <<https://web.archive.org/web/20090208220313/http://www.ibot.cas.cz/invaze/druhy/eznam/kridlatka.html>>.

ČHMÚ, ©2019: Územní teploty v roce 2019 (online) [cit.2020.05.05], dostupné z <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>>.

Dům bylinek: Resveratrol 400 mg 90 kapslí (online) [cit.2020.02.05], dostupné z <<https://www.dumbylinek.cz/vitaminy-mineraly/574/resveratrol-400-mg-90-kapsli>>

Horáčková J., Juříčková L., Šizling A. L., Jorošík V. a Pyšek P., ©2014: Invasiveness Does Not Predict Impact: Response of Native Land Snail Communities to Plant

Invasions in Riparian Habitats (online) [cit. 2020.02.10], dostupné z <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0108296>>.

Müllerová J.: Křídlatky (online) [cit. 2020.2.10], dostupné z <<http://invaznirostliny.ibot.cas.cz>>.

Ouhrabková Z., ©2015: Křídlatka japonská, sachalinská i česká (online) [cit. 2020.02.05], dostupné z <<https://www.zkvaseno.cz/2015/05/kridlatka-japonskasachalinska-i-ceska.html>>.

Waterworth W. M., Bray C. M., West, C. E. ©2015: The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. (online) [cit 2020.02.012], dostupné z <<https://doi.org/10.1093/jxb/erv080>>.

Weatherspark, ©2019: Average Weather (online) [cit.2020.05.05], dostupné z <<https://weatherspark.com/>>.

Wurzbürger J., Y., ©1968: The physiological action and biological importance of germination inhibitors. (online) [cit. 2020.02.012], dostupné z <<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1469-8137.1969.tb06445.x>>.

Xia O., Maharajah P., Cuff G., Rajjou L., Prodhomme D., Gibon Y., Bailly C., Corbineau F., Meimoun P., El-Maarouf-Bouteau H., ©2018: Integrating proteomics and enzymatic profiling to decipher seed metabolism affected by temperature in seed dormancy and germination (online). ScienceDirect. 2018 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945217311305>>.

## Ostatní zdroje:

Hromadová M., 2017: Úloha malých nekódujících RNA v regulaci generativního vývoje rostlin. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha. 33 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. Univerzity Karlovy

Kadlecová M., 2017: Působení systemického herbicidu na oddenkový systém křídlatek. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované ekologie, Praha. 104 s. (diplomová práce) „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

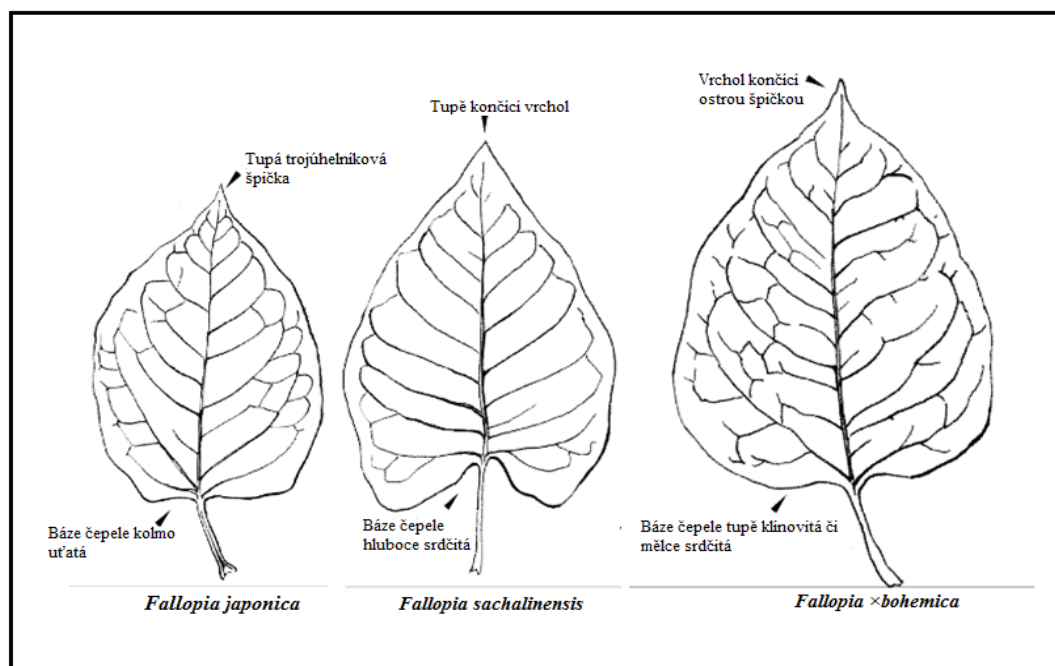
Paulů A., 2014: Faktory určující klíčení vzácných druhů, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha. 50 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. Univerzity Karlovy.

Pergl J., 2001: Biometrická studie druhů rodu *Reynoutria*. – Ms., 60 p. [Diplomová práce, Praha; depon. in: Lesnická fakulta, Česká zemědělská universita, Praha].

Sladký V., 1998: Technické aspekty spalování pevných biopaliv. Přednáška na mezinárodní konferenci OZE, Kroměříž, 8. 7. 1998.

## 9. Přílohy

Příloha č. 1: Morfologické charakteristiky listů křídlatek (upraveno dle Cvachová et al., 2002)



Příloha č. 2: Sběr semen ve Francii (lokalita: Grenoble, září 2019)





**Příloha č. 3:** Sběr semen ve Francii (lokalita: Grenoble, září 2019)



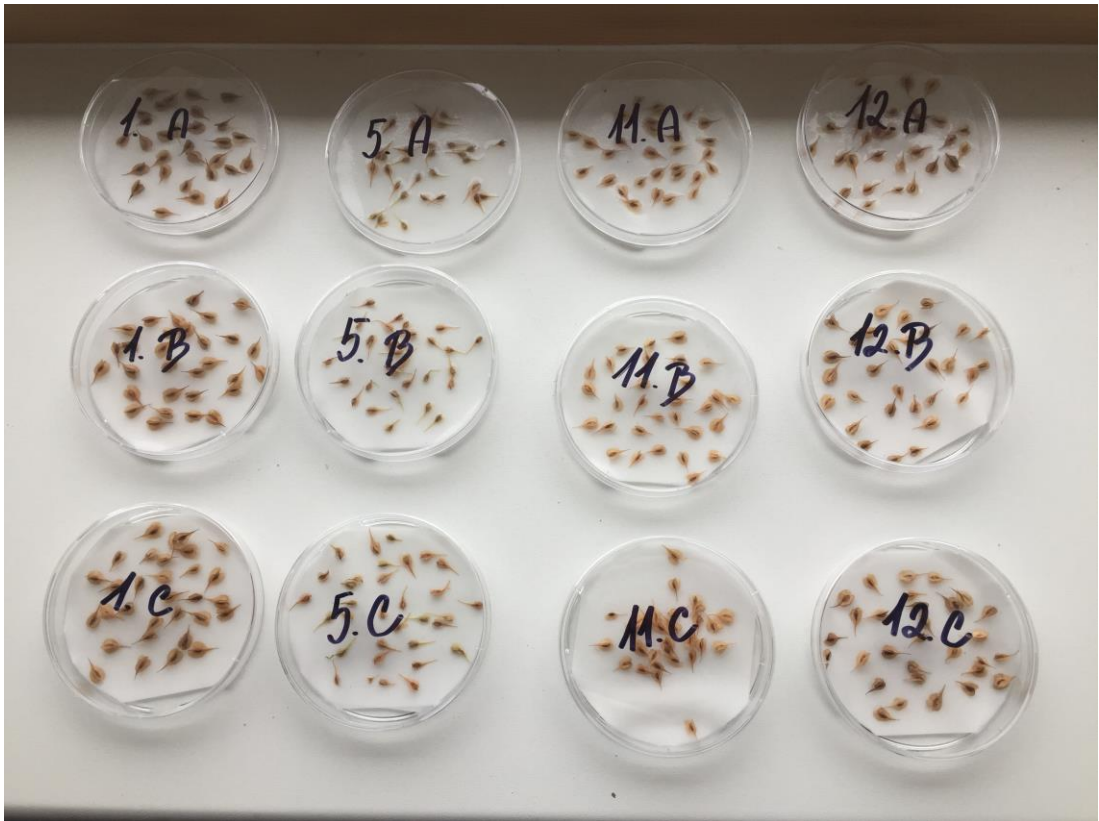
**Příloha č. 4:** Semena a květy *Reynoutria japonica* (lokalita: Vysočany, září 2019)



**Příloha č. 5:** Semena *Reynoutria japonica* (lokalita: Vysočany, září 2019)



**Příloha č. 6:** Příprava semen na klíčení (ČZU, leden 2020)



Příloha č. 7: Klíčení semen (ČZU, leden 2020)

