



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra environmentálního inženýrství a ochrany prostředí

**Využití vybraných druhů divoce rostoucího plevele (např. křídlatky) z hlediska jejich možnosti jako fyto-sanační a energetické suroviny**

**Diplomová práce**

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc

Autor: Bc. Petr Uriánek

Praha, 2010

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Využití vybraných druhů  
divoce rostoucího plevelu z hlediska jejich možnosti jako fyto-sanační a energetické  
suroviny

(např. křídlatky)“ vypracoval samostatně a použil pouze podkladů a  
literárních pramenů uvedených v referencích.

V Praze, 23.8.2010

.....

## **Poděkování**

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu své diplomové práce Doc. RNDr. Ing. Ivanu Landovi DrSc za empirický přístup. Děkuji.

## Abstrakt

Tato práce se zabývá výskytem a šířením rostlin rodu *Reynoutria* v podmínkách České republiky. Kdysi z vyhledávané okrasné byliny, která fascinovala zahradníky po celé Evropě, se dnes stal velmi obtížně hubitelným plevelem. Křídlatka už dávno neroste jen v parcích a zahradách, ale rozšířila se především v povodí řek, kde místy tvoří několik kilometrů dlouhý zapojený porost. Problém je především v tom, že nekompromisní křídlatka nedá šanci původní vegetaci se prosadit. Cílem této práce bylo posoudit možné fyto-sanitární a energetické využití této invazivní rostliny. Hlavním cílem experimentální části této diplomové práce bylo zjistit, zda prostředky používané při sanacích ekologických zátěží (nanoželezo a vermikompost) má průkazný vliv na klíčení semen křídlatky japonské (*Reynoutria japonica*). Pro srovnání účinků byly použity další dvě rostliny komonice bílá (*Melilotus albus*) a vojtěška setá (*Medicago sativa*). Pokus probíhal v laboratorních podmínkách a byl vyhodnocen dle metodiky ISTA. U čtyř variant byl použit jako inertní substrát křemenný písek. Pátá varianta klíčila na směsi zahradního substrátu s vermikompostem. Výsledkem pokusu je rozdíl v klíčivosti u jednotlivých variant a plodin, které se lišily v ošetření a byly porovnávány s kontrolou.

Klíčová slova: křídlatka, fyto-sanitární využití, energetické využití

## Abstrakt

This thesis describes the presence and spread of plants of *Reynoutria* in the Czech Republic. Once of the popular ornamental plant which has fascinated gardeners across Europe today has become very difficult eradicate weeds. knotweed didn't grow only in parks and gardens, but has spread mainly in the rivers, which are sometimes several miles long, involved vegetation. The problem is mainly that knotweed cannot compromise the original vegetation a chance to get ahead. The aim of this study was to assess possible phytosanitary and energy utilization of invasive plants. The main objective of the experimental part of this thesis was to determine whether funds used for the refurbishment of environmental burdens (nanoiron and vermikompost) has a significant effect on seed germination of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica*). For comparison of the effects were used two other plants melilot white (*Melilotus albus*), and sown alfalfa (*Medicago sativa*). The experiment was proceed under laboratory conditions and was evaluated according to ISTA. For the four variants were used as inert quartz sand substrate. The fifth option germinated on a mixture of garden vermikompost substrate. The result of experiment is the difference in the germination of the various options and crops, which differed in the treatment and was compared with control.

Key words: knotweed, Phytosanitary use, Energy use

## Obsah

1. Úvod.....	7
2. Literární rešerše.....	8
2.1. Ekologické požadavky .....	8
2.2. Botanický popis .....	8
2.2.1. Morfologický popis.....	11
2.3. Introdukce do Evropy .....	12
2.3.1. Introdukce do antropogenních stanovišť .....	12
2.3.2. Introdukce křídlatky japonské ( <i>Reynoutria japonica</i> ).....	13
2.3.4. Introdukce Křídlatky sachalinské ( <i>Reynoutria sachalinensis</i> ) .....	14
2.3.5. Introdukce křídlatky české ( <i>Reynoutria bohemica</i> ).....	15
2.4. Invaze křídlatky .....	16
2.4.1. Před invazí .....	16
2.4.2. Současný stav.....	18
2.4.3. Možný další vývoj .....	18
2.5. Energetické využití křídlatky .....	19
2.5.1. Energetické rostliny pro přímé spalování nebo zplyňování.....	21
2.6. Fytosanitární využití křídlatky .....	26
2.7. Jiné využití křídlatky .....	27
2.8. Pěstování křídlatky .....	28
2.8.1. Pěstování křídlatky na kontaminovaných půdách .....	28
2.8.1. Založení porostu .....	31
2.8.2. Kultivace .....	32
2.8.3. Sklizeň křídlatky .....	33
2.8.3. Ztráty.....	34
2.8.4. Ekonomické hledisko.....	34
2.8.5. Likvidace křídlatek .....	35
2.9. Základní směry výzkumu .....	36
3. Experimentální část.....	38
3.1. Metodika.....	38
3.2. Popis experimentu .....	38
3.3. Popis testovaných rostlin.....	38
3.3.1. Křídlatka japonská .....	38

3.4. Substráty a ošetření .....	40
3.4.1. Vermikompost .....	40
3.4.2. Písek.....	40
3.4.3. Zahradní substrát.....	41
3.4.4. Nanoželezo.....	41
3.5. Organizace .....	43
3.6. Zkouška klíčivosti .....	44
3.7. Zpracování dat .....	45
3.8. Statistická analýza .....	45
4. Výsledky .....	47
5. Vyhodnocení .....	51
6. Diskuze.....	52
7. Závěr .....	55
8. Literatura .....	56
9. Přílohy .....	60

## 1. Úvod

V současné době se často řeší problematika invazních druhů do našich biotopů. Zavlékání rostlinných a živočišných organismů do oblastí, v nichž nejsou původní, je průvodním jevem lidské civilizace. Biologické invaze jsou v posledním desetiletí jedním z nejintenzivněji studovaných oborů současné ekologie. Invazní rostliny jsou u nás řazeny podle míry nebezpečnosti pro ekosystémy do tří kategorií. Do první, s názvem evidence a následná likvidace, patří hned tři zástupci rodu křídlatka.

V našich podmínkách se křídlatka nejčastěji rozmnožuje vegetativně, ale jsou známy i případy jejího pohlavního rozmnožování. To přináší další problémy. Křídlatka, s raketkovitými semeny a anemochorním způsobem šíření, se dostává do velkých vzdáleností od mateřské rostliny a urychluje rozšíření svého rodu. Se svým vzrostlým habitem a zapojeným porostem, je vážným konkurentem ostatním rostlinám. Vzácné druhy pak mizí pod tlakem nekompromisní křídlatky a dochází také k potlačování původních ekosystémů. Ochránci se snaží křídlatku likvidovat především v národních parcích, chráněných oblastech a na vodních tocích.

Naproti tomu, podle VÚRV, dosáhla křídlatka největší výhřevnosti z hektaru mezi kulturními i testovanými plodinami. Podle odborníku zabývajících se touto problematikou, má křídlatka s hustým porostem, rychlým růstem a velkým množstvím biomasy, obrovský potenciál v energetice.

V České republice je jednou z nejrozvinutějších metod v sanační praxi chemická redukce chlorovaných uhlovodíků elementárním nanoželezem. Je to metoda určená především pro aplikace v reduktivních technologiích čištění kontaminovaných podzemních vod. Používá se spolu s vermikompostem při zemědělských revitalizacích starých ekologických zátěží. Cílem této práce je zjistit, zda jsou semena křídlatky schopná klíčit v nanoželeze a vermikompostu a posoudit vhodnost této rostliny ve využití zmiňovanými technologiemi.

## 2. Literární rešerše

### 2.1. Ekologické požadavky

Křídlatky (*Reynoutria spp.*) se dostaly do Evropy jako okrasné zahradní rostliny v minulém století. Pocházejí z východní Asie, vyskytují se v mnoha odrůdách, jsou vytrvalé, vyhovuje jim mírné pásmo a odolávají vymrzání. Systém asimilace je C3. Stanoviště většinou nachází na loukách kolem vodotečí, potoků, kolem řek, rybníků ale i jinde, kde je dostatečná hloubka půdy a dostatek vláhy (Sladký 1998). Oproti sekundárnímu areálu se v původním areálu křídlatky vyskytují na mnohem větším rozpětí stanovištních typů a trpí zde tím, že jsou ve velké míře potravou mnoha bezobratlých živočichů (Bailey 2003).

Odumřelé stonky křídlatky zůstávají v porostu někdy i celý následující rok. Je velmi odolná proti chorobám a plísním. K rozmnožování křídlatce slouží spíše oddenky hlavního, silného kořene. Přestože kvete od září do října drobnými bílými kvítky v latách, semena někdy nedozrají, a proto se rozmnožuje převážně vegetativní cestou. Po “rozpačitém” rozvoji v prvních třech letech dochází postupně k vytlačení veškerého původního porostu v prostoru, kde se křídlatka uchytila. Často se to děje v důsledku povodní a záplavových nánosů (Sladký 1998).

V Japonsku (např. na hoře Fuji) je křídlatka japonská díky své schopnosti akumulace dusíku a klonálnímu růstu jedním z klíčových druhů iniciálních sukcesních stadií. V nejvyšších polohách na nehostinných lávových polích dochází uvnitř klonů ke kumulaci na dusík bohaté biomasy. Rozsáhlé a staré klony (50 m<sup>2</sup>) se poté v centrální části rozpadají a tím je umožněn nástup druhů pokročilejších sukcesních stadií (Adachi et al. 1996).

### 2.2. Botanický popis

Až 4 m vysoká bylina vytrvalého, mohutného charakteru. Lodyhu má přímou, dutou, křehkou, slabě rýhovanou až oblou. V horní polovině je lodyha větvená. Listy celistvé, řapíkaté, celokrajné, podlouhle vejčité až vejčité, na vrcholu tupé až tupě špičaté, na bázi srdčité, až 35 cm dlouhé a 20 cm široké. Květy uspořádány v hustém lichoklasu, drobné, zelenobílé, zřídka žluté, křídla květu sbíhavá po květní stopce.



Kvete v VIII az IX. (Pyšek et Tichý 2001). Rozšiřuje se především na březích, okrajích vlhkých křovin, či v okolí lidských sídel.

### **Zástupci rodu křídlatka**

Mezi asi deset představitelů rodu *Reynoutria* spp. Houtt. řadíme tři hlavní zástupce:

- **křídlatka japonská** – *Reynoutria japonica* (obr. 1), která se v Evropě vyskytuje ve dvou varietách.



**Obr. 1.** *Reynoutria japonica* Houtt. - křídlatka japonská

zdroj: Anonym 1

- Křídlatka sachalinská - *Reynoutria sachalinensis* (obr. 2)



**Obr. 2.** *Reynoutria sachalinensis* Nakai - křídlatka sachalinská

zdroj: Anonym 2

- **křídlatka česká** – *Reynoutria bohemica* (obr. 3), která je křížencem dvou předchozích druhů



**Obr 3.** *Reynoutria bohemica* - křídlatka česká

zdroj: Anonym 3



### 2.2.1. Morfologický popis

Křídlatka je vytrvalá dvoudomá rostlina s bohatě rozvětvenými, silnými a dlouhými oddenky. Lodyhy, vysoké až 3,5 m, jsou přímé, křehké a duté. Listy jsou řapíkaté, tvar listu čepele je vejčitý a na vrcholu jsou zúženy v úzké špičce. Květenství je tvořeno latou, jednotlivé květy jsou bílé nebo narůžovělé a velmi malé. Plod je trojhranná nažka a měří necelé čtyři centimetry.

Křídlatka vytváří oddenkový systém s pupeny přezimujícími pod povrchem půdy. Ve středoevropských podmínkách se rozmnožuje hlavně vegetativně a výborně regeneruje i z pouhých úlomků oddenku (Mandák 2009).

Křídlatky svým vzrůstem patří k evropským nejvyšším vytrvalým bylinám (Pyšek et Mandák 2001). Nejvyšší je křídlatka sachalinská, dorůstá do výšky až 4 m. Křídlatka japonská je o něco menší (2 – 3 m) a výška jejich křížence Křídlatka česká se pohybuje na škále mezi rodiči (2,5 – 4 m) (Bailey et al. 2008). Zakrslá forma Křídlatky japonský dosahuje jen 1,5 m (Bailey et al. 2007).

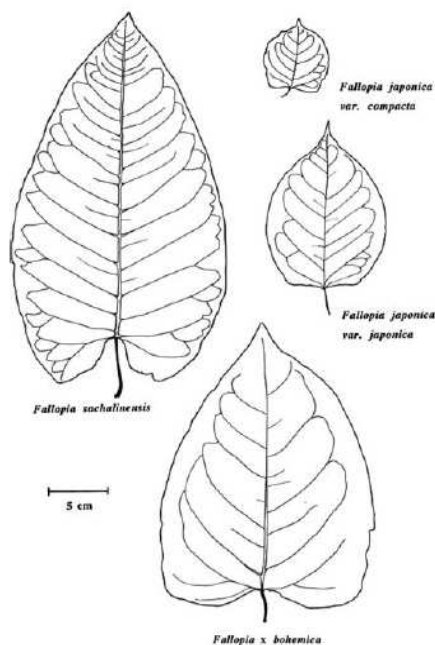
Nejviditelnějším určujícím znakem zástupců rodu křídlatka je tvar listů viz Obr. 4. Podstatné je určovat největší plně vyvinuté listy na stonku. Listy křídlatky sachalinské jsou zdaleka největší (až 40 x 22 cm), mají srdčitou bázi a tupý až zaokrouhlený vrchol. Křídlatka japonská má listy mnohem menší (10 – 15 cm dlouhé), na bázi kolmo utátné, zakončené dlouhou špičkou. Listy křídlatky české kolísají tvarem i velikostí mezi rodiči (Bailey et al. 2008).

Trichomy na rubu listů spolehlivě určují druh. Křídlatka japonská je má nezřetelné (jednobuněčné), redukované na krátké papily a křídlatka sachalinská má chlupy dlouhé (až 14 buněčné), na bázi neztlustlé. Křídlatka česká má roztroušené chlupy (2 – 4 buněčné) se ztlustlou bází (Pyšek et Mandák in Pyšek et Tichý 2001; Bailey et al. 2008).

Dalším určujícím znakem jednotlivých taxonů je povrch kutikuly na listech. Křídlatka japonská má kutikulu velmi hladkou, jen s několika žlábkami, zatímco kutikula křídlatky sachalinské je velmi vrásčitá. Vrásčitost kutikuly křídlatky české kolísá stejně jako ostatní znaky mezi rodiči (Bailey et al. 2008).

Květy křídlatek se objevují od července do října, jsou pětičetné, bělavé až narůžovělé, funkčně jednopohlavné, uspořádané v latách složených z lichoklasů.

Plodem je černá, lesklá, trojhranná nažka, zcela uzavřená ve zvětšeném okvětí. (Pyšek et Tichý 2001).



Obr. 4 Tvary listů křídlatek

(Bailey et al. 2008).

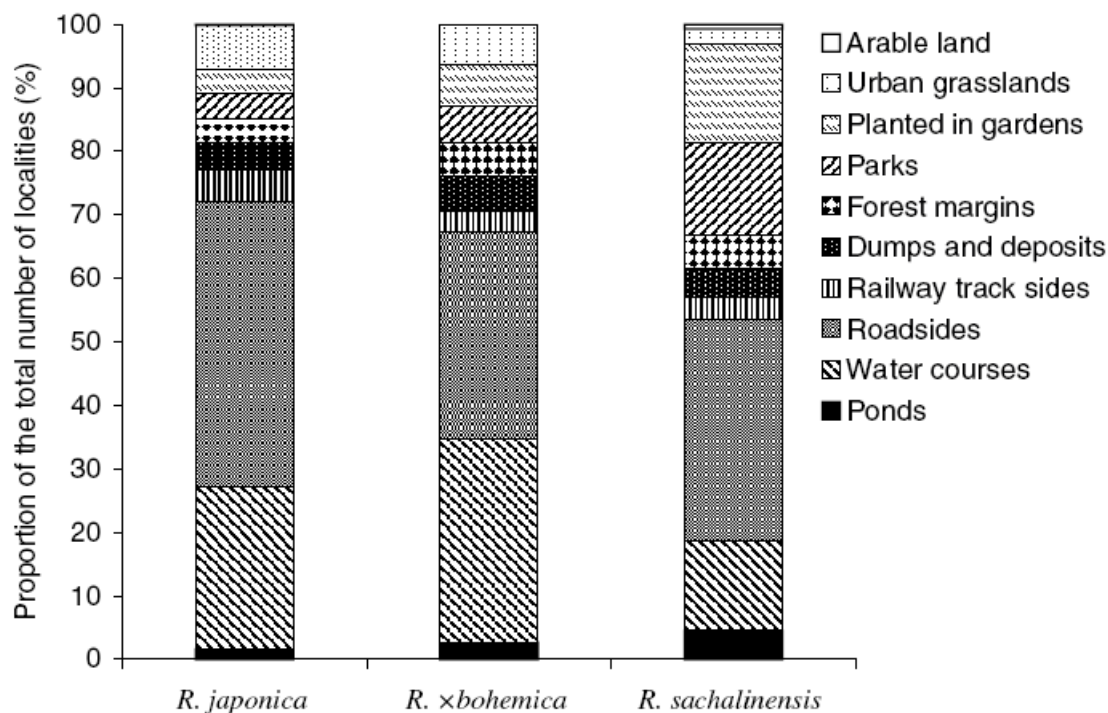
## 2.3. Introdukce do Evropy

V roce 1847 členové zemědělské a zahradnické společnosti v Utrechtu ohodnotili křídlatku japonskou titulem rostlina roku. Podle jejich názoru šlo o nejzajímavější a nejužitečnější nově pěstovanou okrasnou bylinu. Do Evropy se začala dovážet v 19. století z důvodu okrasných. Stala se pak dominantou výsadeb v zahradách a parcích. Jednalo se především o křídlatku japonskou (*Reynoutria japonica*) a křídlatku sachalinskou (*Reynoutria sachalinensis*). Křídlatky se však vyznačují značnou vitalitou a schopností rychlého množení. Brzy proto opustily okrasné zahrady, osídlily rozsáhlá území, z vychvalované rostliny se stal obtížný plevel. V současné době můžeme křídlatky a jejich četné křížence najít po celé Evropě včetně České republiky (Patočka 2005).

### 2.3.1. Introdukce do antropogenních stanovišť

Mimo lidská sídla se vyskytuje na antropogenních stanovištích nejvíce kříženec křídlatka česká (nejčastěji je na lokalitách v okolí vodních toků), viz Obr. 5. (Mandák et al. 2004; Bímová et al. 2004), a je tedy nejméně omezen na ruderální stanoviště. Křídlatka japonská a křídlatka sachalinská se vyskytují nejčastěji v okolí silnic, přičemž výskyt křídlatky sachalinské se poměrně často omezuje na zahrady

a parky, kde byla původně pěstována jako okrasná květina (Mandák et al. 2004). Bímová et al. (2004) dokonce uvádí, že u řeky Jizery se křídlatka japonská vyskytuje pouze na antropogenních stanovištích.



**Obr. 5:** Výskyt 3 taxonů na jednotlivých stanovištích. Arable land – orná půda, Urban grasslands – travní porosty v obcích, Planted in gardens – zahrady, Parks – parky, Forest margins – okraje lesů, Dumps and deposits – skládky, Railway track sides – okolí železničních tratí, Roadsides – okolí silnic, Water courses – okolí vodních toků, Ponds – okolí rybníků (Mandáka et al. 2004).

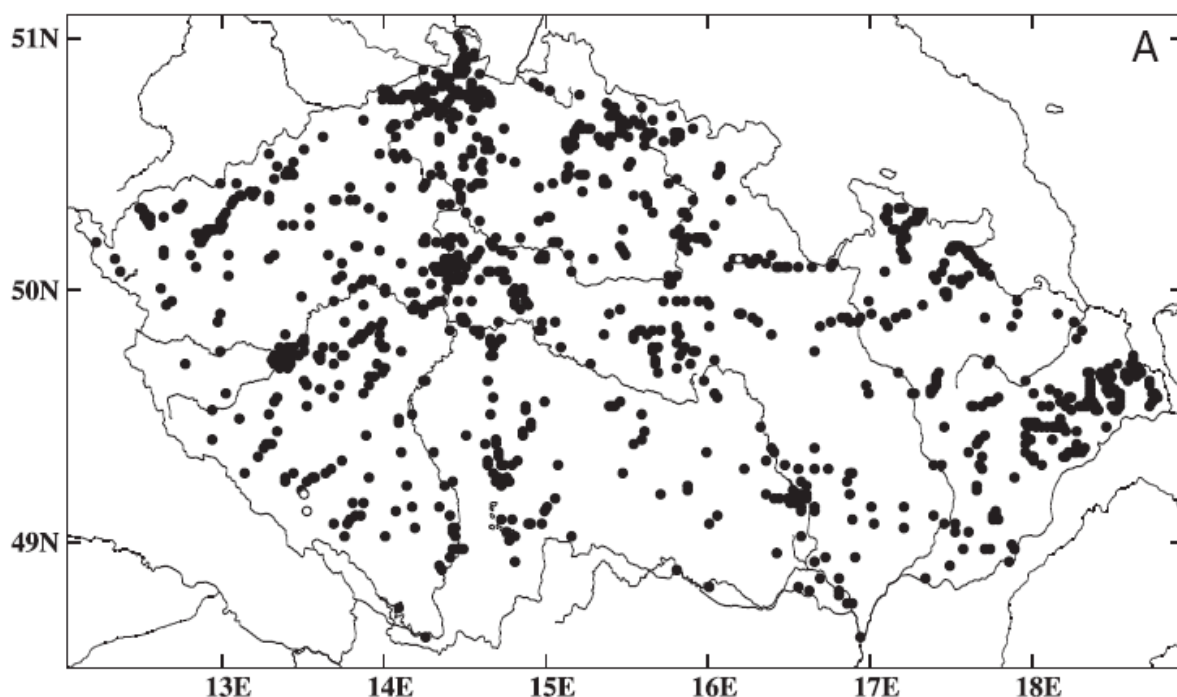
### 2.3.2. Introdukce křídlatky japonské (*Reynoutria japonica*)

Původní výskyt křídlatky japonské je patrně jen v oblasti Japonska. Mimo Japonsko se nejspíš jedná o křídlatku vysokohorskou, která je jinou formou křídlatky japonské (Bailey et al. 2007). Její výskyt spadá do oblastí Taiwanu, Korey a Číny (Pyšek et Tichý 2001), přičemž její nejjižnější lokality jsou v j. Číně (Mandák et al. 2004).

První rostlina rodu křídlatka (jednalo se křídlatku vysokohorskou) byla do Evropy introdukována v r. 1825 z Číny a byla pěstována v zahradnictví Chiswick v Británii. Tam se jí však nepodařilo udržet při životě. Další pokus o introdukci proběhl v roce 1840, kdy Philipp von Siebold dovezl a pěstoval (v Leidenu) klon dlouho citovaný jako rdesno (*Polygonum sieboldii*), ale ve skutečnosti se jednalo o křídlatku japonskou. Po ocenění zlatou medailí v roce 1847 společností Agriculture & Horticulture za nejzajímavější rostlinu, byly sazeničky křídlatky japonské prodávány

(zpočátku za závratné sumy) do celé Evropy. Toto byl tedy výchozí bod pro invazi tohoto taxonu do velké části Evropy (Bailey et Conolly 2000). Oktoploidní ( $2n=8x=88$ ) samičí křídlatka japonská (Mandák et al. 2003) náleží v celé Evropě jednomu jedinému klonu (Mandák et al. 2004 ex B. Mandák et al. nepubl.), díky intenzivnímu vegetativnímu rozmnožování.

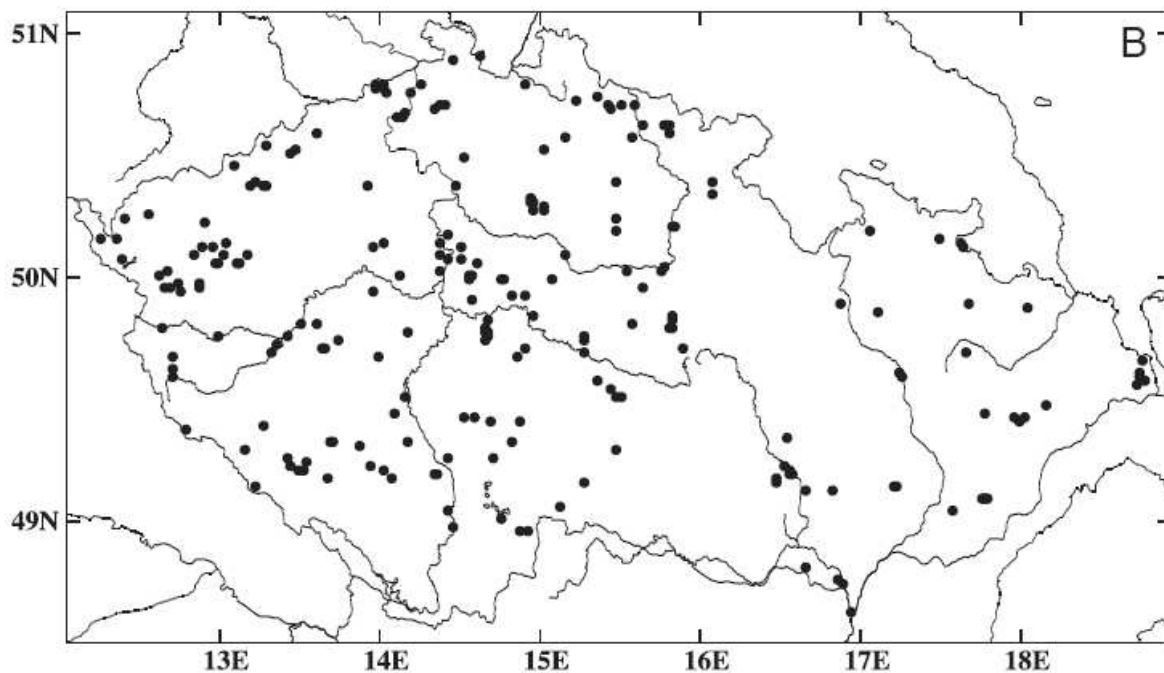
Zplanělá byla poprvé v České republice nalezena křídlatka japonská v r. 1902 a dnešní výskyt zahrnuje na 1335 lokalit (mapa 1). U nás stejně jako ve zbytku Evropy je to tedy nejrozšířenější taxon rodu křídlatka.



**Mapa 1.** rozšíření druhu křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*) v ČR. (Mandák et al. 2004).

#### 2.3.4. Introdukce Křídlatky sachalinské (*Reynoutria sachalinensis*)

Japonsko a ostrovy Sachalin (nad Japonskem) a Ullung-do (mezi Koreou a Taiwanem) jsou primárním areál křídlatky sachalinské. Do Evropy, konkrétně do města Petrohrad byla poprvé dovezena v roce 1855 ze Sachalinu. Z Petrohradské botanické zahrady se postupně šířila do ostatních evropských zahrad (Bailey et Conolly 2000). Dnes se v ČR vyskytuje na 261 lokalitách v místě prvního určení. Poprvé u nás byla určena v r. 1921 (u Kolína). Z invazních druhů křídlatek se jedná o nejméně rozšířený taxon. Nyní se napříč Evropou (mapa 2) vyskytují hermafroditní a samičí tetraploidní klony a v ČR byly nalezeny i hexaploidní a oktoploidní (Mandák et al. 2004).



Mapa 2. Rozšíření druhu křídlatka sachalinská v ČR (Mandák et al. 2004).

### 2.3.5. Introdukce křídlatky české (*Reynoutria bohemica*)

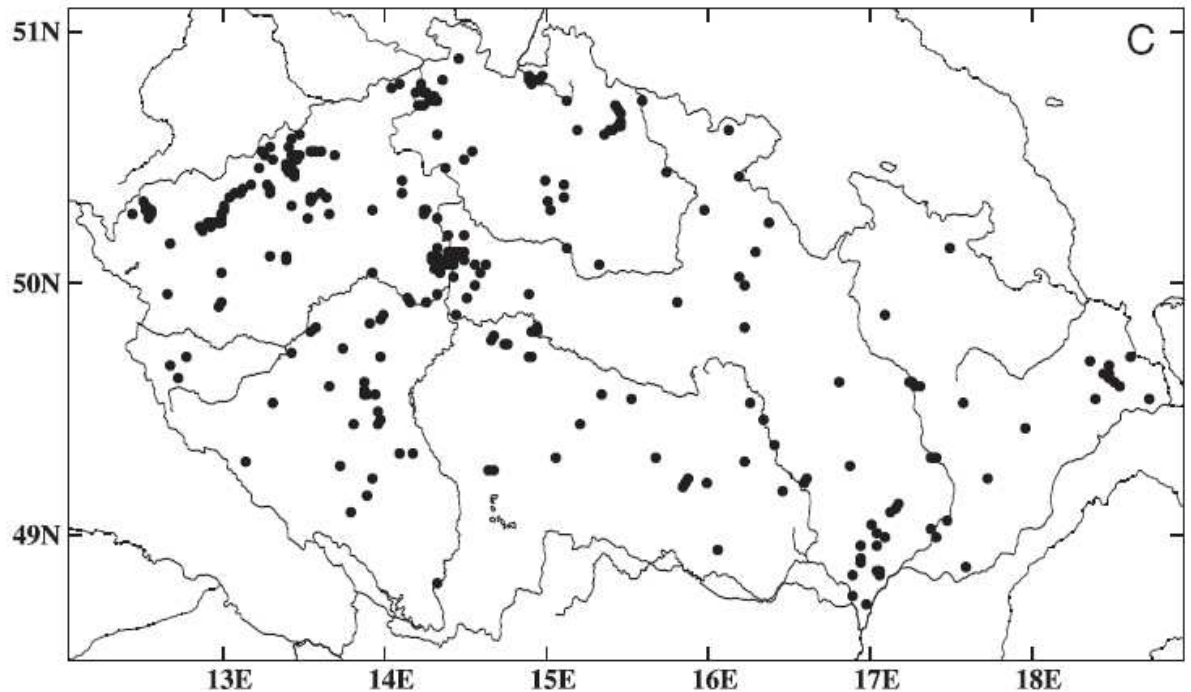
Křídlatka česká, kříženec mezi křídlatkou japonskou a křídlatkou sachalinskou, byl poprvé popsán v ČR v r. 1983. Teprve nedávno byl potvrzen výskyt tohoto křížence v původním areálu, kde koexistují jeho rodiče, a byl zde popsán jako *Reynoutria mizushime*. Nicméně o rozšíření křídlatky české v původním areálu chybí v literatuře údaje. Jediný údaj je, že se vyskytuje v severním Japonsku tam, kde se spolu vyskytují křídlatka japonská a křídlatka sachalinská (BÚAVČR 2009).

Neexistují historické záznamy, které by jednoznačně potvrdily její původ.

Křídlatka česká byla pěstována v anglických zahradách od r. 1872, a je pravděpodobné, že tento taxon vznikl hybridizací přímo v Británii (Bailey et Conolly 2000). Mandák et al. (2003) dle výzkumu genetické variability *Reynoutria bohemica* předpokládá, že její opakovaná hybridizace vysvětluje její vysokou hodnotu pravděpodobněji nežli introdukce.

Z botanické zahrady Karlovy univerzity pochází nejstarší vzorek v ČR. Je uložen v herbáři z r. 1950 (do r. 1983 byl tento kříženec určován jako křídlatka sachalinská s poznámkou o menších listech). Nyní je křídlatka česká v ČR běžná a vyskytuje se

zde na 381 lokalitách (mapa 3). Je rozšířena ve střední a severní Evropě, i na Britských ostrovech (Mandák et al. 2004).



**Mapa 3.** Rozšíření druhu křídlatka česká v ČR (Mandák et al. 2004). (pozn.: uvedený počet lokalit u všech taxonů v ČR reprezentuje pouze část ze skutečného množství a jejich počet se bude pravděpodobně s probíhající invazí zvětšovat – zvláště počet lokalit *Reynoutria bohemica*, který narůstá oproti rodičovským druhům dvojnásobnou rychlostí, přičemž *Reynoutria japonica* var. *japonica* se šíří průkazně rychleji než *Reynoutria sachalinensis*)

## 2.4. Invaze křídlatky

### 2.4.1. Před invazí

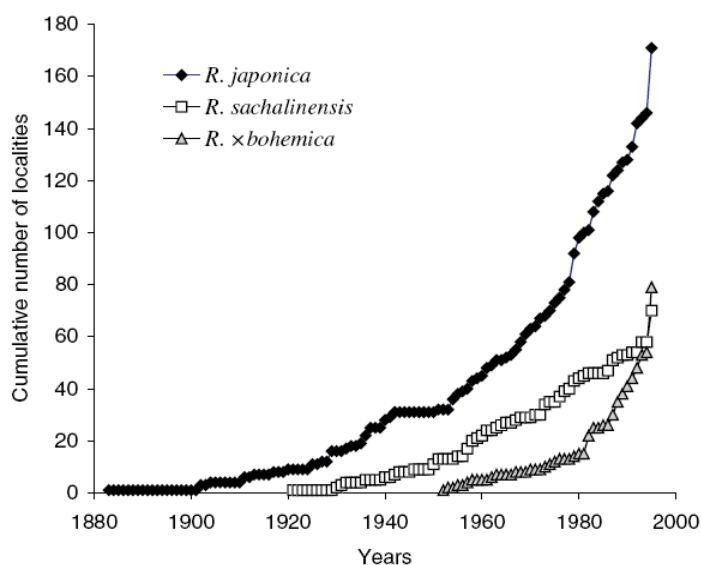
Příkladem druhu, který vsadil na neobvyklou strategii a zajistil si tak velmi rychlé šíření je invazní introdukovaná rostlina křídlatka (r. *Reynoutria*). Vsadila na nízkou konkurenceschopnost našich původních druhů, pro které je tento “vetřelec” něco nového, na co se ve velmi krátkém čase nemohou přizpůsobit. U křídlatky byla popsána schopnost přetvářet obsazené stanoviště “podle svých představ” např. zvýšením obsahu dusíku v půdě, a tak ze stanoviště velmi elegantně vytlačit druhy, které nejsou nitrofilní (Ekrat et Hofhanzlová 2002).

Podle (Pyšek et Tichý 2001) Velké množství ze zavlečených druhů nepřežije nepříznivé klimatické nebo stanovištní podmínky. Jen velmi malá část introdukovaných druhů se následně stane invazními. Některé odhady tvrdí, že pouhá



2 – 3 %. Důležité je období klidu, bývá různě dlouhé a nazývá se lag fáze. Nastává ještě před tím, než se invazní druh začne exponenciální řadou šířit. Toto období je velmi důležitým určujícím činitelem pro následnou invazibilitu daného druhu. Rostlina se při něm díky genetickým změnám adaptuje na nové prostředí. Díky lag fázi nemůžeme nikdy s jistotou předpovědět, zda bude daný druh invazní či nikoli (Bailey et al. 2007). U každého druhu trvá lag fáze různě dlouho. U bolševníku velkolepého je odhadována na 100 let a v jiných případech může trvat ještě mnohem déle. (Pyšek et Tichý 2001)

Od doby, kdy začaly být křídlatky v České republice invazní (křídlatka japonská od r. 1900, křídlatka sachalinská od r. 1930, křídlatka česká od r. 1950 (viz obr. 6), se rozšířily po celém území našeho státu (viz mapa 1,2,3) a nyní patří mezi nejinvazivnější evropské rostliny (Mandák et al. 2003). Na obr. 6 je zachycen exponenciální nárůst počtu lokalit křídlatek v ČR a je zřejmé, že u křídlatky české chybí právě zmíněná lag fáze. Hypotéza, že před rokem 1950 nebyla křídlatka česká rozpoznána botaniky a tudíž, že chybí záznamy o jejím výskytu, je pravděpodobnější, než že lag fáze úplně chybí (Mandák et al. 2004).



**Obr. 6** Kumulativní zvyšování počtu lokalit s výskytem třech druhů rodu *Reynoutria* od počátku introdukce (Mandák et al. 2004)

### 2.4.2. Současný stav

Tok Morávky je vůbec nejpostiženějším lokalitám v ČR. Pramení na severních úbočích Moravskoslezských Beskyd a ústící ve Frýdku-Místku do Ostravice. Vyskytují se zde všechny tři druhy křídlatek. Masivní rozvoj porostů křídlatek na březích Morávky, ale také hluboko v lužním porostu viz Obr. 7., nastartovala zejména povodeň v roce 1997, při níž byly stržené části rostlin rozneseny do dosud nezasazených lokalit. Od této pohromy jsou na Morávce mimořádné plochy přesahující 300 ha zapojených porostů. Z velké části o pokryvnosti 100 % (k tomu je potřeba dále připočítat další izolované lokality). Situace se stala vážnou o to více, že tok Morávky hostí zachovalé ekosystémy. Náklady na projekt byly stanoveny ve výši 1 014 720 €. Výše dotace činí 70 % celkových nákladů a zbytek je financován z prostředků řešitele projektu a partnerů (Birklen 2007). Křídlatky se hubí obtížněji nežli jednoleté druhy, jelikož je nutné zlikvidovat jejich mohutný oddenkový systém (Pyšek et al. 2001).



**Obr. 7.** Zaschlé lodyhy křídlatek v lužním porostu na jaře 2007. Lokalita se 100% pokryvností

Zdroj: P.Birken (2007)

### 2.4.3. Možný další vývoj

Ve střední Evropě je vývoj alarmující. Mohou se objevit a stále se objevují nové genotypy a cytotypy, které mají lepší schopnost šíření a přežívání. Vysoká genetická a cytologická variabilita křídlatky české však značí, že vývoj nových taxonů postupuje kupředu a tento fakt, v kombinaci s vysokým invazním potenciálem rodu křídlatka (Mandák et al. 2003; Bímová et al. 2004).

Kříženci invadují na některých lokalitách, kde je vysoká genetická diverzita křídlatek. Jejich invaze dosahuje již enormních rozměrů. Obsazují už nejen štěrkové

břehy, ale i aluviální lesy, louky, a v menším měřítku dokonce i bramborová pole (Bímová et al. 2008 (nepubl.)).

Bailey et al. (2008) pokládá z invazního hlediska za nejvýznamnější F2 semena, produkovaná křídlatkou českou, spolu se semeny křídlatky japonské, kdy je donorem pylu křídlatka česká.

Křídlatka česká vykazuje mnohem lepší regenerační potenciál, produkuje více výhonů (Bímová et al. 2003) a počet jeho lokalit narůstá oproti rodičovským druhům dvojnásobnou rychlostí (Mandák et al. 2004). Je příkladem křížence, který je schopnější a má lepší vlastnosti než jeho rodičovské taxony (*Reynoutria japonica* var. *japonica* a *Reynoutria Sachalinensis*). Vypadá to, že se rozšiřuje na úkor svých rodičů, protože je kompetičně silnější (Bímová et al. 2004 ex Pyšek et Mandák nepubl.). Jeho výskyt je nejméně omezen na antropogenní stanoviště (Mandák et al. 2004) a prokázal také největší odolnost vůči likvidačním metodám (Bímová et al. 2001).

## 2.5. Energetické využití křídlatky

Lidstvu sloužila paliva rostlinného původu (dřevo, byliny) jako zdroj tepla tisíce let. Jejich využívání bylo potlačováno fosilními palivy ve vyspělých zemích až v posledních dvou stech letech. Paliva vzniklá produkcí biomasy jsou čistým obnovitelným zdrojem energie, který nepřispívá produkcí emisí k problematice klimatických změn. Výhodou biomasy je její lokální dostupnost oproti fosilním palivům (Holý 2010).

V současné době se začínají pěstovat rostliny za účelem produkce fytomasy - tzv. energetické plantáže jednoletých nebo víceletých bylin či dřevin. Uvádí se kolem jednoho sta rostlinných druhů rostoucích po celém světě, které byly vytipovány jako potenciální zdroj pro energetické využití. Druh energetické rostliny je volen podle mnoha faktorů jako např. způsobem využití, druhem půdy, prostředky pro pěstování, sklizní a dopravou apod. Dále je nezbytné porovnání nákladů s výnosy na pěstování a výrobu energie (Petříková 1995).

Obrovským zdrojem energie z biomasy jsou opomíjené energetické plodiny, jež se na území ČR pěstují a zkoumají v poloprovozních pokusech zhruba 15 let. Jednou z vůbec nejzatrácovanějších a nejopomíjenějších energetických plodin je křídlatka. Dlouhodobě se potýká s negativními reakcemi veřejnosti ve spojení s invazním

plevelem, který se šíří nekontrolovatelně a velmi rychle. Nejčastěji podél komunikací, vodních ploch a na nevyužívaných hůře přístupných stanovištích. Je to však rostlina s vysokým výnosem sušiny a s významnou využitelností stonků, listů i kořenů. K účelovému pěstování ve velkém se však v ČR vůbec nevyužívá (Stupavský 2008).

Petříková (1995) uvádí, že ideální energetická plodina (ideotyp) by měla mít následující kritéria:

- a) rychlý růst,
- b) biomasu nad zemí (běžně ne plodiny s hlízkami) - sklizeň nadzemní části snižuje cenu a chrání půdu,
- c) obsah prvků, zvláště dusíku (N), co nejnižší - popeloviny snižují kvalitu paliva,
- d) vytrvalé rostliny, vyrůstající z rhizomů a pařezů. - nemusí se financovat setí a další pěstební technologie, měly by dobře přežívat zimní období,
- e) rašit časně na jaře a hynout pozdě na podzim s návratem části živin do přežívajících částí rostliny, plodina by měla růst relativně rychle též při nízkých teplotách, recyklace živin umožňuje nízké inputy živin,
- f) vysokou odolnost proti chorobám,
- g) vysokou konkurenceschopnost proti plevelům,
- h) nízkou spotřebu vody a odolnost proti suchu.

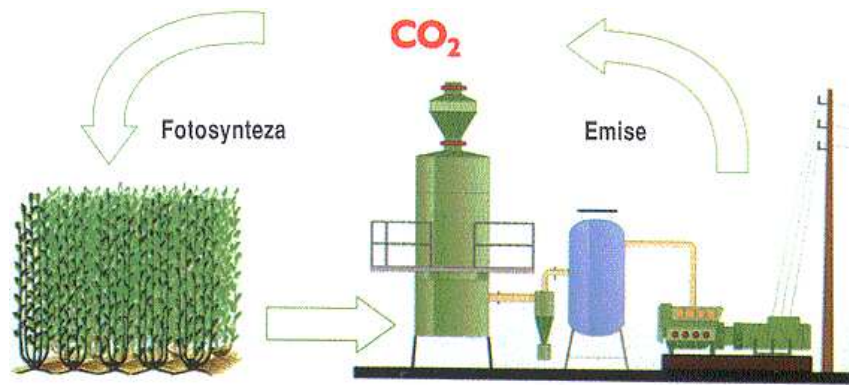
Obecně platí, že ekonomicky a energeticky efektivnější je pěstování víceletých a vytrvalých rostlin než tradičních jednoletých (pokud to není vedlejší produkt jako sláma obilovin či olejnin). Lze efektivně snížit celkové náklady na produkci jednotky biomasy, pokud pěstujeme netradiční vytrvalé plodiny. Zásadně se tím zvýší poměr výstupu energie k vstupu neboli "output:input" (podle zahraničních zdrojů 4 až 10 krát).

Podstata efektivnosti při pěstování vytrvalých rostlin je, že nejvyšší náklady jsou v prvním roce - tj. při založení plantáže (tyto náklady mohou být dokonce mnohem vyšší než u tradičních plodin). V následujících letech se pak celkové náklady na pěstování vytrvalých rostlin prudce zmenší. Odpadávají totiž náklady na zpracování půdy a setí, snižují se náklady na hnojení a chemickou ochranu apod. (Petříková 1995).

### **2.5.1. Energetické rostliny pro přímé spalování nebo zplyňování**

Při vhodně zvoleném přístupu řízené produkce fytohmoty, můžeme prospět biodiverzitě v krajině a péči o ni. Spalování biomasy nevede k nárůstu  $\text{CO}_2$  v atmosféře, neboť množství  $\text{CO}_2$ , které biopaliva uvolní procesem spalování do atmosféry, je vyrovnáno množstvím  $\text{CO}_2$ , které na sebe rostliny navázaly během svého životního cyklu v procesu fotosyntézy a uložily ve formě biomasy. Jsou rostliny, které dokáží na sebe vázat těžké kovy obsažené v půdě. Po spálení se mohou projevit v popelu. Tuto schopnost rostlin lze vhodně aplikovat například při rekultivaci průmyslových zón. Popel z biopaliv (z nekontaminovaných porostů) lze využít jako velmi kvalitní minerální hnojivo obsahující důležité prvky jako je dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, hydroxid draselný, kysličník křemičitý, kyselinu fosforečnou a důležité stopové prvky.

Vzhledem k perspektivě používání fosilních paliv můžeme očekávat výrazné zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie nejen pro vytápění rodinných domů a budov a hledání vhodných cest při využívání málo produktivních zemědělských půd k cílenému pěstování energetických porostů. Energetické porosty účelově založené pro optimální produkci biomasy mohou zachovávat či dokonce zvyšovat kvalitu půdy a plnit i ostatní funkce, zejména funkce půdoochranné, protierozní a krajnotvorné (HOLÝ 2010).



**Obr. 8** Dopady na životní prostředí: Koloběh CO<sub>2</sub>

zdroj: Anonym 4

### **2.5.1.1. Křídlatka na přímé spalování**

Tuhá biopaliva je možno využít v různých formách (řezanka, brikety, pelety, dřevní štěpka, balíky). Výhodou je, že spalováním těchto produktů se nezhoršuje skleníkový efekt a minimalizují se emise SO<sub>2</sub>. Naopak u hnědého uhlí je obsah síry až stonásobně vyšší.

Obsah popele je minimální a popel je dobrým minerálním hnojivem. Vzhledem k odlišným topenářským vlastnostem tuhých rostlinných paliv od paliv fosilních (vysoký podíl snadno zplyňujících látek) je pro tato paliva nutno řešit speciální topeniště, která jsou investičně náročnější než kotle na fosilní paliva (Sladký 1996).

Z tabulky (Tab. I) energetická výtěžnost fytomasy je patrné, že energetická výtěžnost křídlatky je oproti ostatním rostlinám bezkonkurenční.

Skřízeň energetické fytomasy celých rostlin se provádí většinou v období maximální sušiny v pozdním podzimu, někdy až po přemrznutí. Absolutně nejvyšší výnosy energetické fytomasy byly získány pěstováním křídlatek sachalinské, japonské a jejich křížence – křídlatky české (Chrtek et Chrtková 1983). Pěstováním na založené plantáži se jí daří udržovat dobře na určeném stanovišti kultivací okolního prostoru. U nás její semena dozrávají jen zřídka, a to především u méně perspektivní křídlatky japonské. Proto se křídlatka množí především oddenkou, čímž je její expanze do značné míry omezena, zejména při sklizni v suchém stavu. Křídlatka sachalinská, má mnohem nižší schopnost k rozšiřování oddenky než křídlatka japonská, ale je perspektivnější pro fytoenergetiku z důvodu vyšších výnosů dosahujících hodnot 50-60 t suché biomasy z 1 ha. Nedostatek zralých semen omezuje možnost setí této plodiny, proto se zatím běžně používá výsadba oddenků (např. SRN) (Ust'ák 2002).

**Tab. I:** Energetická výtěžnost fytomasy (v průměru z různých stanovišť 1994)

Rostlina	výnosy suché hmoty (t.ha-1)	energetická výtěžnost (GJ.ha-1)
<b>Kulturní a málo rozšířené plodiny</b>		
konopí seté	9,8-12,6	178-229
čirok zrnový	8,4-10,2	153-186
čirok cukrový	9,6-10,8	175-197
čirok Hyso	15,0-18,2	273-331
žito	8,6-11,8	156-215
tritikale	9,4-13,2	171-240
lnička setá	3,2-5,4	58,2-98,3
<b>Trávy*</b>		
kostřava rákosovitá	3,98-5,29	78,7-105
ovsík vyvýšený	3,37-4,31	52-66,5
psineček velký	4,74-8,06	91,2-155
kostřavice bezbranná	5,09-6,94	88,3-121
lesknice rákosovitá	3,82-5,25	60,9-83,7
sveřep vzpřímený	4,09-4,86	75,1-89,3
chrastice rákosovitá	4,5-9,0	78,5-157
<b>Netradiční plodiny</b>		
křídlatka	30-54	546-983
šťovík krmný	14,2-16,2	258-295
sléz Meljuka	7,6-9,6	138-175
sléz kadeřavý	7,9-9,8	144-178
topolovka růžová	12,6-15,2	229-277
mužák prorostlý	15,4-19,6	280-357
bělotrn	14,2-15,4	258-280
boryt	9,9-11,7	180-213
komonice bílá	13,8-14,4	251-262
rákos	12,2-14,2	222-258
<b>Plevelné rostliny na ladem ležících půdách</b>		
lebeda rozkladitá	14,2-18,4	258-335
vrtič obecný	10,0-14,2	182-258
pelyněk černobýl	15,0-17,0	273-309



**Obr. 9** Pořezaná křídlatka. Sušina 80%, objemová hmotnost 46 - 50 kg / m<sup>3</sup>.

Zdroj: Anonym 5

**Tab. II:** Procentické složení křídlatky v sušine

Složení křídlatky	Sušina (%)
Lignin	18,9
Hemicelulóza	20
Celulóza	24
Popeloviny	6,3
Zplyňující látky	75,9
Uhlík	47,7
Vodík	6,6
Křemík (SiO <sub>2</sub> )	0,9
Chlor	0,22
Dusík	0,54
Draslík	0,75
Síra	0,17
Výhřevnost sušiny (MJ/kg) 17,2	

Zdroj: VÚZT (1998)



### 2.5.1.2. Zplyňování křídlatky

Na rozdíl od přímého spalování suché hmoty, které není bez problémů, navrhujeme výrobu bioplynu ze sklizené zelené biomasy jako technologii zcela bezodpadovou. Principem metody je anaerobní termofilní vyhnívání biomasy (Kolář et Kužel 2000), při kterém se získává téměř čistý metan. Ze vznikajícího bioplynu se CO<sub>2</sub> vypere vápenným mlékem a vyhnílé kaly z vyhnívací komory spolu s použitým vápenným mlékem a dalšími přísadami se použijí na výrobu účinného organominerálního hnojiva. Plyn se může zpracovat v plynovém generátoru FIAT na elektrickou energii. Z 1 kg sušiny organické hmoty lze získat cca 280 - 320 l plynu.

Řízená anaerobní digesce je perspektivní způsob ekologického zpracování biomasy. Jedná se o bioenergetickou transformaci organických látek, při které nedochází ke snížení jejich hnojivé hodnoty. V bioplynových stanicích (BPS) je tato technologie běžně využívána a je tudíž souborem procesů, ve kterých směsná kultura mikroorganismů rozkládá biologicky degradovatelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Výslednými produkty jsou biologicky stabilizovaný substrát s vysokým hnojivým účinkem a bioplyn (BP) s obsahem 55-70% metanu a výhřevností cca 18-26 MJ.m<sup>-3</sup>, který se využívá k energetickým účelům. (Mužík et Kára 2004)

Pro výrobu bioplynu ze speciálních substrátů bylo ve VÚZT upraveno laboratorní pracoviště, kde se průběžně provádí sledování produkce bioplynu.

U laboratorních pokusů pro stanovení produkce a složení bioplynu byla použita čerstvá křídlatka s hmotnostním procentem sušiny 21,6%, která byla rozšrotována na velikost jednotlivých částic do 4 mm.

Pro inokulaci procesu metanogeneze byla použita směs vyhnílého fugátu z bioplynové stanice Rabbit Trhový Štěpánov a čerstvé kejdy ze ZD Trhový Štěpánov. Šlo o směs hovězí a vepřové kejdy v poměru 1:1, která byla smíchána s fugátem opět v poměru 1:1. Tato směs kejdy a fugátu pak dále v textu bude nazývána pro zjednodušení kejdou. Jako neutralizační činidlo sloužil vápenný hydrát. Kyselost vzorků s vyšším pH kolem 4-5,5 byla upravována na pH 7,5 (Mužík et Kára 2004).

Provedené pokusy dokazují, že produkce bioplynu ze substrátů s přídatkem křídlatky je nižší než ze samotné kejdy, ale díky vysokému obsahu metanu v bioplynu je možné určitý podíl křídlatky (do 30% hm.) kofermentovat s kejdou bez výraznějších

energetických ztrát. Určitou výhodou kofermentace křídlatky s kejdou může být lepší struktura vyhnílého substrátu a vyšší podíl v něm obsažených organických látek.

Nižší produkce bioplynu ze substrátů s podílem křídlatky je nejspíš způsobena větší zralostí použité křídlatky (zvýšený obsah celulózy a ligninu, vyšší sušina vzorku) a jejím nedostatečným rozdrčením. V budoucnu bude křídlatka rozmělněna na velikost 1 mm, což by mělo přispět ke zrychlení náběhu procesu metanogeneze a zkrácení nutné doby zdržení vsázky ve fermentoru. Další možností zvýšení produkce bioplynu ze substrátů s podílem křídlatky, která bude ověřena, je mírné zvýšení sušiny substrátu na 8 - 10%.

Přes výše zmíněné nedostatky lze konstatovat, že energetické využívání křídlatky anaerobní digescí s kejdou může být přínosné a je žádoucí v tomto výzkumu pokračovat (Mužík et Kára 2004).

## **2.6. Fytosanitární využití křídlatky**

Při obsazích škodlivých látek v půdě, převyšujících přirozené, geologicky podmíněné hodnoty, je možné zemědělské nebo zahradnické využití bez omezení nebo s určitým omezením potud, pokud se škodlivé látky nedostávají v nadměrném množství do potravinového řetězce. Nižší produkce bioplynu ze substrátů s podílem křídlatky je nejspíš způsobena větší zralostí použité křídlatky (zvýšený obsah celulózy a ligninu, vyšší sušina vzorku) a jejím nedostatečným rozdrčením. V budoucnu bude křídlatka rozmělněna na velikost 1 mm, což by mělo přispět ke zrychlení náběhu procesu metanogeneze a zkrácení nutné doby zdržení vsázky ve fermentoru. Další možností zvýšení produkce bioplynu ze substrátů s podílem křídlatky, která bude ověřena, je mírné zvýšení sušiny substrátu na 8 - 10%.

Kontaminace půd způsobená toxickými těžkými kovy dosáhla zejména v okolí hutních provozů a chemických závodů i přes v poslední době přísnější hygienické předpisy značných rozměrů. Povolené koncentrace těchto prvků v takových půdách jsou často překročeny několikanásobně.

Na kontaminované půdě se pěstují dlouhodobě rostlinné hyperakumulátory, které odčerpávají těžké kovy z půdy. Rostliny se po sklizni usuší a spálí, aniž dochází k úletu těžkých kovů do atmosféry. Metoda je náročná na speciální filtry pro spaliny a také zejména z hlediska časového faktoru (Jizba 1993).

Díky výjimečným růstovým schopnostem dokáže křídlatka svým mohutným kořenovým systémem vstřebat z půdy značné množství znečišťujících látek, zejména těžkých kovů. Ty je možno po spálení zachytit v popílku na speciálních filtrech za topeništěm a dále běžně likvidovat nebo dále zpracovat. Jedná se především o olovo a kadmium. Křídlatku by tak bylo možno využívat v budoucnu právě k asanaci zasažených půd (Stupavský 2008).

Na vysokou akumulární schopnost těchto rostlin upozornil již Haase (1988).

## 2.7. Jiné využití křídlatky

Suché rostliny, u kterých ještě nedošlo ke ztmavnutí stonku, lze zpracovávat také na papír a lehce zbarvený pak bělit. Jinak slouží suchá křídlatka i pro výrobu tepelně izolačních materiálů a samozřejmě jako biopalivo.

Zvláštní pozornost bude jistě v budoucnu věnována i sklizni kořene k farmaceutickým účelům. Zatím se kořeny do ČR v upravené formě za vysoké náklady dovážejí z ciziny, kde se sklízí ručně. V tradiční východoasijské medicíně se křídlatkou léčí chronické a hnisavé nemoci kůže a lehčí pohlavní nemoci. Dále má schopnost snižovat hladinu cholesterolu a preventivně tak působit proti srdečním chorobám (Stupavský 2008).

Luhováním listů křídlatky ve vodě nebo alkoholu lze získat ochranný prostředek proti plísním (sama křídlatka je velmi odolná proti nejrůznějším plísním a chorobám). Obsahuje tzv. PROTYKIN, který pozitivně ovlivňuje cévy a srdce, snižuje riziko srdečního infarktu. Zároveň je fytoestrogenem, jenž u žen v menopauze zmírňuje návaly, pocení a změny nálad a u mužů je účinný při problémech s prostatou. Je to rovněž antioxidant (Arndt 2009).

Dá se též využívat k léčení abscesů, zánětů tlustého střeva, závratím, hučení v uších, nespavosti, anémiím, chronické hepatitidě, podpoře tvorby kostní dřeně, mají proti revmatické účinky, zpevňují šlachy a kosti, a dále mají kladný vliv na mužskou a ženskou plodnost, také působí na bolesti kloubů a na dřevění končetin. Celkově má detoxikační a tonizační účinky. Potvrdily se také dobré výsledky při preventivní aplikaci proti plísní bramborové na rajčatech (Huleš 2004).

## 2.8. Pěstování křídlatky

### 2.8.1. Pěstování křídlatky na kontaminovaných půdách

Všechny půdy obsahují těžké kovy, ze kterých některé působí při zvýšené koncentraci toxicky na rostliny, zvířata i člověka. Pro nejdůležitější těžké kovy s toxickými účinky byly stanoveny hraniční hodnoty. Nařízením o používání čistírenských kalů. Jak pro obsahy v půdě, tak i pro obsahy v čistírenských kalech. Je zakázáno používat čistírenské kaly na těch půdách, kde jsou překročeny hraniční hodnoty pro půdy a podobně nesmí být ke hnojení zemědělsky využívaných ploch používány ty kaly, ve kterých je u jednoho kovu překročena hraniční hodnota pro kaly. (Dr. Th. Diez, Dr. M. Krauss 1992)

V Bavorském zemském ústavu pro půdní úrodnost a pěstování rostlin ve Freisingu byl v roce 1991 založen pokus na půdě silně kontaminované těžkými kovy (TK). Jeho účelem bylo zjistit odběry těžkých kovů křídlatkou sachalinskou a sloní trávou (*Miscanthus sinensis*). Pro srovnání jsem vložil tabulku s agrochemickými vlastnostmi severočeských popelů a obsah těžkých kovů.

**Tab.III:** Agrochemické vlastnosti severočeských popelů a obsah těžkých kovů (ve srovnání s MPK pro lehkou půdu podle vyhl. č .13/1994 Sb.)

Ukazatel	Jednotka	Popel Počerady	Popel Prunéřov	MPK
Cd	mg/kg	0,08	0,17	0,4
Pb	mg/kg	1,61	2,3	100
As	mg/kg	14,64	14,84	30
Cr	mg/kg	3,32	2,6	100
Ni	mg/kg	4,57	7,7	60
Co	mg/kg	1,89	10,43	25
Zn	mg/kg	16,89	19,19	130
pH	—	6,22	4,97	
Ncelk.	%	0,1	0,21	
Cox	%	1,19	2,92	
P	mg/kg	85	29	
K	mg/kg	341	189	
Mg	mg/kg	99	464	

Zdroj: Anonym 6

K pokusům s křídlatkou byla použita populace, která byla ve Freisingu delší dobu aklimatizována. Výsadba se podařila na 100%, v následujících zimách nebylo pozorováno žádné vyhynutí. Výsadba sloní trávy (odrůda Goliath) byla méně zdařilá, po první zimě zůstalo pouze 20% rostlin. Jako srovnávací rostlina byla každoročně pěstována kukuřice (Dr. Th. Diez, Dr. M. Krauss 1992).

Jiná výzkumná skupina z Giessenu propočítala podle výsledků nádobových pokusů, že pomocí krmného šťovíku (Englischer Spinat), což je druh šťovíku, může být za rok na 1 ha odčerpáno více než 300 g kadmia. Nikl a olovo může být odčerpáváno ve zvýšených množstvích křídlatkou hrotolistou (DLG-Mitteilungen, č. 3, 1995).

Obsahy těžkých kovů nejsou v nadzemní hmotě křídlatky sachalinské (listy a stonky) vyšší než v kukuřičné slámě (tab. IV). V kořenech jsou obsahy těžkých kovů mnohem vyšší než v nadzemní hmotě, a to jak u křídlatky, tak i u kukuřice; rozdíly mezi oběma rostlinnými druhy nejsou však velké. Obsahy těžkých kovů ve sloní trávě jsou vesměs nižší než u křídlatky a u kukuřice. To platí jak pro nadzemní hmotu, tak i pro kořeny.

Výnosový potenciál křídlatky nesplnil očekávané výsledky (tab. V). V roce 1992 byly výnosy negativně ovlivněny obdobím sucha, avšak i v roce 1993 bylo sklizeno pouze 84 q/ha sušiny přes normální povětrnostní podmínky. Z tohoto důvodu jsou také odběry těžkých kovů nadzemní hmotou velmi nízké. O něco vyšší jsou odběry kořeny, sklizeň kořenů však není jednoduchá a kromě toho by byla zničena celá velice nákladná výsadba.

V pokuse provedeném v Rostocku s křídlatkou sachalinskou byly docíleny podobné výnosy a obsahy Cd jako v Grosslappenu u Mnichova (Schweder 1994). Průměrné výnosy nadzemní hmoty činily 48 q/ha, obsahy Cd v listech 3-4 mg/kg a ve stoncích 1,5-2,5 mg/kg. Vyšší obsahy těžkých kovů ve srovnání s pokusy v Grosslappenu a v Rostocku zjistili v nádobovém pokusu v Berlíně Metz a Wilke (1992 a 1994); zůstávají však rovněž daleko od očekávaných hodnot.

Podle výsledků našich pokusů bude dekontaminace půd zamořených těžkými kovy pomocí rostlin sotva možná, trvala by při nejmenším několik desetiletí nebo staletí. K malému odběru těžkých kovů rostlinami přistupují dále neodstranitelné vnosy z imisí, které mohou být u některých těžkých kovů dokonce vyšší, než odběry rostlinami, např. u olova

**Tab. IV:** Obsahy těžkých kovů v křídlatce, sloní trávě a v kukuřici pěstovaných na silně kontaminované půdě v mg/kg sušiny

	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>
Obsahy v půdě	1279	42	220	288	64	1569
<b>Křídlatka sachalinská</b> - listy	3	5,4	1,1	6	3,4	311
- stonky	1,9	2,9	1,4	6,9	2,6	83
- kořeny	14	3,7	3,1	25,8	7,1	80
<b>Sloní tráva</b> - nadzemní hmota	3,1	2,2	1,4	5,4	0,3	123
- kořeny	7,3	7	2,3	18,1	2,6	161
<b>Kukuřice</b> - sláma	4,5	3,7	1,9	9,7	0,7	192
- kořeny	15,9	6,5	9,9	51,7	9,9	98

Obsahy v listech, stoncích, nadzemní hmotě a ve slámě jsou průměry z let 1992 - 1993, obsahy v kořenech jsou z roku 1993 zdroj: (Diez Krauss 1993)

**Tab. V:** Množství těžkých kovů odčerpaná křídlatkou, sloní trávou a kukuřicí ze silně kontaminované půdy v kg/ha za 1 rok

	<b>Výnos q/ha</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>
Obsah v půdě		4279	126	660	192
<b>Nadzemní hmota</b>	59	0,011	0,023	0,004	0,017
- křídlatka					
- kukuřice	39	0,011	0,019	0,004	0,002
<b>Kořeny</b> - křídlatka	105	0,147	0,039	0,032	0,075
- kukuřice	8	0,013	0,005	0,008	0,008

Nadzemní hmota - průměr z let 1992 a 1993; kořeny - údaje z roku 1993

zdroj: (Diez Krauss 1993)

Křídlatka se zatím v běžné praxi k těmto účelům nepoužívá, i když výsledky mluví za sebe. S takovou hyperakumulační schopností vázat na sebe těžké kovy, by se mohla skvěle uplatnit na rekultivacích složiště popele. Petříková et al. (1996), tvrdí, že základem je optimální způsob setí. V prvních letech rekultivace je tzv. kejdoosev, kdy se seje současně s hnojením kejdou. Nezkypřený povrch popele se vyhnojuje kejdou v dávce 100–500 t/ha, uvláčí se a oseje pomocí nižší dávky kejdy (cca 30t/ha) tak, že se osivo vysype přímo do cisterny, zhomogenizuje vnitřním čerpadlem a postřikem rozprostře rovnoměrně s kejdou na zkyplený povrch popele (Petříková 1996).

**Tab. VI:** Zakládání plantáží víceletých a vytrvalých energetických rostlin

Rostlina	Termín	Výsevek (kg/ha)	Hloubka setí (výsadby) (cm)	Šířka řádků (cm)
Křídlatka	III.–IV.	oddenky 40000ks	8	50x50
Lesknice kanárská	IV.	10	5	50
Šťovík krmný	IV.	6	1,5	50
Jestřabina	IV.	20	3	50
Mužák	IV.	15	3	50
Topolovka	IV.	5	2	50
Slézy	IV.	5	2	50

zdroj: (VÚRV, VS Chomutov 1998)

### 2.8.1. Založení porostu

Křídlatka je víceletá plodina, vyžadující vynaložení značných nákladů při zakládání porostu. Plné její využití připadá v úvahu až druhým nebo třetím rokem. Setí, sázení a sklizeň se provádí pomocí běžné zemědělské techniky (Sladký 1998). Rozmnožuje se semeny a kořenovými oddenky. Semena se po sklizni uskladní nejméně 14 dní při teplotě 1°C. Potom se zasejí do kompostové půdy s vyšším obsahem dusíku. Jsou ponechány při teplotě 20°C 16 hodin ve dne a 10°C 8 hodin v noci, než klíčící rostliny dosáhnou výšky cca 5 cm. Po přesazení jsou pěstovány ve skleníku v podmínkách dlouhého dne. Na počátku května, při výšce rostlin cca 60 cm, se vysadí na pozemek 1 rostlina na 1 m<sup>2</sup> (Strašil 1999). Vyhovují jí hlubší neutrální půdy zásobené živinami, zejména dusíkem s dostatečnou vlhkostí. Snášejí dobře i půdy s pH od 4 do 8.

Byl proveden pokus pod patronací VÚRV, VS Chomutov, ovšem pokus probíhá pouze za vlastní vložené finanční prostředky pěstitelů. Během pokusu, který je dnes rozšířen na 2 ha a v budoucnu se uvažuje podle potřeby sušárny rozšíření na zajištění paliva až na 7 ha.

Vlastní množení porostů není tak snadné. Situace nás donutila založit pěstitelskou školku. Ujímatelnost čerstvě odebrané sadby je po výsadbě v rozsahu 40 - 60% podobně jako u sádí chmele. Navíc je velmi důležitá hloubka výsadby. Udávaná se 15 cm znamená značné ztráty a mezerovitost porostu, která mizí teprve až po řadě

let. Nejvhodnější hloubka je v rozmezí 18 - 25 cm, tedy na hloubku střední orby. Ukazuje se, že mělká výsadba podobně jako nerovnoměrná do hloubky trpí velmi pozdními mrazíky, navíc nerovnoměrně vzešlý porost trpí zaplevelením a také je velmi citlivý na příliš časté přejezdy - to vše znamená silné omezení růstu a velké ztráty ve výnosu nadzemní hmoty (Huleš 2004).

### 2.8.2. Kultivace

I když je možno vysazovat křídlatku na větší hustotu než 1 kus na 1 m<sup>2</sup> nedoporučuje se to, protože jeden kořenový systém v průběhu let zabírá zhruba tento prostor a při hustější výsadbě se nedocílí většího výnosu, rostliny si navzájem stíní a brzy odpadávají listy v dolejších partiích. Na počátku vegetace je vhodné mulčování, tím se potlačí plevel v počátku vegetace prvním rokem. Během dalšího vývinu již dochází k úplnému potlačení plevele. Pokud je nutno prvním rokem odstranit přesto narostlý plevel, je tuto práci nutno vykonat ručně, protože se mechanizmy mohou křehké rostlinky poškodit, zejména tlak kol strojů škodí kořenům, rostoucím do šířky (Petříková 1995).

V sušších obdobích roku se vyplatí zavlažování. Během několika let vytvoří mohutný kořenový systém, dosahující značné hloubky a šířky, umožňující překonat nepříznivá vegetační období. Zpracování půdy zahrnuje podmítka s rozmělněním posklizňových zbytků, hlubokou orbu, přípravu seťového lůžka, rozmělnění půdy do hloubky 10 cm, chemické a mechanické hubení plevelů. Sází se modifikovanými sazeči na cibuli nebo stroji k výsadbě lesních stromků. Vysazují se sazenice z odkopků, nebo vypěstované, nejlépe takové, které přečkaly již jednu zimu (Sladký 1999).

Zkoušky hnojení ukázaly, že pro vzrůst rostlin křídlatky je nejpotřebnější dusík, zajišťující vyšší vzrůst a vyšší výnos sušiny z plochy. Dávky hnojiv, v prvním roce pěstování kolem 250 kg/ha fosforu, 50 kg/ha draslíku a 200 kg/ha dusíku, zajistili v prvním roce přírůstky 75 cm. V dalších letech se rostliny přihnojují nejlépe na jaře před vyrašením nových výhonků a výnos sušiny je až 3,4 t/ha. Dávky hnojiv jen 100 kg/ha dusíku zajistily výšku 65 cm přírůstků a výnos sušiny 2,8 t/ha.

Polní pokusy ukázaly, že křídlatka je odolná vůči většině chorob, ale sazenice v prvním roce rádi okusovali králíci a listům škodily mšice černé (*Aphis fabae*).



Vzhledem k tomu, že křídlatka je vytrvalá rostlina, není třeba se starat o její vegetační rotaci na různých pozemcích. Naopak při rušení plantáže je nezbytné do posledního vybrat a rozbít části kořenového systému (Petříková 1995).

### 2.8.3. Sklizeň křídlatky

Podle způsobu použití je možno křídlatku sklízet jednou, ale i vícekrát za rok. Nejméně jednoměsíční přestávka by měla být mezi dvěma sklizněmi, aby rostliny mohly regenerovat. Jednou za rok se křídlatka sklízí pokud možno v nejsušším stavu pro energetické využití.

Pro dlouhodobé skladování by vlhkost neměla být vyšší než 8 - 12, max. 16%. Toho se může dosáhnout i přirozeným usušením "nastojato", zpravidla ke konci zimy a v předjaří. Pokud křídlatka při sklizni vykazuje vyšší vlhkost než 16%, je nutno zajistit její dosušení, většinou postačí uskladnění pod střechou ve formě delší "štěpky" (5 - 10 cm) a vystavení průvanu. Při vlhkosti přes 20% musí být zajištěno umělé provětrávání a rychlejší usušení, neboť s ohledem na obsah biologicky rozložitelných látek a narušení pletiv dochází k fermentaci a odbourání energeticky významných složek (Ust'ak 2002).

Pro energetické využití se sklízí v zimě, kdy mají uschlé rostliny nejmenší vlhkost (kolem 15 až 22 %). Po sklizni je nutno zajistit dosušení. Vlhkost neměla být vyšší než 8 - 12, max. 16%. Usušená biomasa se slisuje do briket nebo do balíků. Palivo se využívá k výrobě tepla či k výrobě elektřiny v parních kotlích. Lze ho kombinovat s jinými biopalivy nebo fosilními palivy. Spalné teplo křídlatky je 19,4 MJ/kg sušiny (Petříková, Váňa, Ust'ak 1996). Při výnosu suché hmoty 54,4 t/ha je energetická výtěžnost 1057 GJ/ha (Sladký 1998).

Křídlatka je velmi výnosná plodina, v podmínkách mírného pásma a na dobrém stanovišti vůbec nejvýnosnější - počínaje třetím rokem vegetace. Při sklizni na podzim, kdy listy sice již zasychají, ale ještě neopadly, dosahuje maximálního výnosu hmoty i sušiny 30 až 40 t/ha. V předjaří a na podzim po opadu listů je sice výnos nižší, ale o to vyšší je obsah sušiny. Jestliže se pro sklizeň používá mechanizace, zvláště těžší, například samojízdná řezačka s taženým vozem nebo se sklizená hmota dopravuje do vedle jedoucího vozu, je třeba dbát, aby kola nepoškozovala kořenový systém. Z tohoto důvodu by měla být rozměřena již i sadba tak, aby bylo dosti místa pro průjezd kol sklízeců a dopravních prostředků. Toto je

významné zejména v prvních letech, kdy by spíše měla být sklizeň uskutečněna ručně, aby se zabránilo poškození ještě slabých kořenů, které ještě nejsou hluboko pod povrchem. Počínaje druhým rokem se již může opatrně použít mechanizace obvykle používané na sklizeň kukuřice (Ust'ak 2002).

Vysoké výnosy energetické fytomasy byly získány pěstováním křídlatky hrotolisté a sachalinské. Tato rostlina je považována za rostlinu expandující. Při pěstování na založené plantáži se však dobře daří udržovat ji na určeném stanovišti odstraňováním nadbytečných rostlin. Její semena u nás zpravidla nedozrávají, množí se oddénky, čímž je její expanze do značné míry omezená. Křídlatku jsme úspěšně vyzkoušeli k odstraňování těžkých kovů z kontaminované půdy (hyperakumulace těžkých kovů). V souladu s touto technologií pěstují křídlatku v Německu, speciálně k těmto účelům (Haase 1988; Dietz et Krauss 1995).

### **2.8.3. Ztráty**

Důležitou otázkou je, o jaké množství se sníží výnosy fytomasy přes zimu olomem, opadem listů apod. Průměrné hodnoty ztrát hmotnosti sledovaných vytrvalých plodin přes zimní období jsou uvedeny v procentech. Největší ztráty fytomasy přes zimní období jsme zaznamenali u čiroku (37,5 %) a křídlatky (35,1 %). Relativně nízké ztráty byly naopak u ozdobnice (22,3 %), chrastice (27,3 %) a kostřavy (28,9 %). Zahraniční prameny uvádějí, že ztráty fytomasy nesmí obecně překročit 50 %, jinak je pěstování nerentabilní. Např. pro ozdobnici jsou uváděny ztráty fytomasy přes zimní období 26 % (KAHLE et al. 2001).

### **2.8.4. Ekonomické hledisko**

Obecně platí, že ekonomicky a energeticky efektivnější je pěstování rostlin víceletých a vytrvalých než tradičních jednoletých (pokud to není vedlejší produkt jako sláma obilovin či olejnin). Pěstováním netradičních vytrvalých plodin lze efektivně snížit celkové náklady na produkci jednotky biomasy a zásadně zvýšit poměr výstupu energie ke vstupu neboli "output:input" (podle zahraničních zdrojů 4 až 10 krát).

Je to dáno tím, že při pěstování vytrvalých rostlin jsou nejvyšší náklady v prvním roce. To znamená při založení plantáže. Tyto náklady bývají dokonce i mnohem vyšší než u tradičních plodin. V následujících letech celkové náklady na pěstování

vytrvalých rostlin prudce klesají, neboť odpadají náklady na zpracování půdy a setí, snižují se náklady na hnojení a chemickou ochranu apod. (Ust'ak 2002).

Huleš (2004) prokazuje výsaz provedený ručně za pluhem a celkové náklady na založení 1ha porostu křídlatky odpovídá nákladu cca 70 000 Kč. Přitom musíme počítat s tím, že do ekonomicky únosné sklizně porost vstupuje nejdříve třetím rokem. Pro porovnání u křídlatky sachalinské tomu je až za 5 - 7 let podobně jako bambusu a ostatních gigantických vytrvalých druhů rostlin.

Byly sledovány ekonomické bilance jednotlivých plodin a následně stanoveny obecné závěry. Do ekonomických bilancí byly zahrnuty jak variabilní tak fixní náklady. Z energetického a ekonomického hlediska byly porovnávány maloparcelkové polní pokusy vybraných energetických plodin na stanovištích v Ruzyni a Lukavci. Byl sledován vliv hnojení dusíkem a různých termínů sklizně (podzim, jaro) na výnosy fytomasy, obsah vody a některých prvků v jednotlivých plodinách. Ze sledovaných ukazatelů pro energetické účely (spalování) jsou nejvhodnější ozdobnice čínská, chrastice rákosovitá, křídlatka česká. Fytomasa daných plodin není ani koncem listopadu vhodná pro okamžité spalování nebo uskladnění, což je hlavně zapříčiněno vysokým obsahem vody. Jarní termín je vhodnější. Snížení výnosů fytomasy v porovnání s podzimním termínem sklizně je vyváženo zvýšenou kvalitou paliva (z hlediska technického a tvorby emisí). Není třeba dosoušení, které je ekonomicky relativně nákladné. Ze sledovaných plodin reagovaly v průměru nejlépe na rostoucí dávky dusíku čirok, kostřava a křídlatka. Z výsledků vyplývá, že bez dotací je třeba obecně prodávat fytomasu na palivo nejméně za cenu 1 600 Kč za tunu, aby se pokryly náklady na pěstování (Stražil 2005).

#### **2.8.5. Likvidace křídlatek**

Účinného hubení křídlatky může být dosaženo kombinací translokovaných herbicidů a mechanických nebo pěstebních metod, které zasahují rhizomy. Neexistují žádné plně vědecky nezávislé údaje z pokusů financovaných vládou, na čem zakládat doporučení, ale některé organizace - včetně univerzit, organizace National Trust, místní úřady a různí dodavatelé a smluvní strany - již podnikly pokusy (Vondrášková 2004).

Křídlatky se oproti jednoletým druhům hubí obtížně, jelikož je nutné zlikvidovat jejich mohutný oddenkový systém (Pyšek et Tichý 2001).

Herbicidy, které se osvědčily jako účinné, jsou glyfosát, 2,4-D amin, triclopyr a picloram. První dvě aktivní látky mohou být sice povoleny tam, kde existuje možnost průniku do vodních toků, ale je nutné si vyžádat radu úřadu pro životní prostředí Environment Agency. Herbicidy mohou být aplikovány jako postřiky, ale mohou být účinnější a méně riskantnější pro okolní vegetaci, jestliže jsou injektovány do seříznutých stonků.

Osvědčené účinné herbicidy jsou glyfosát, 2,4-D amin, triclopyr a picloram. První dvě aktivní látky mohou být sice povoleny tam, kde existuje možnost průniku do vodních toků, ale je nutné si vyžádat radu úřadu pro životní prostředí Environment Agency. Herbicidy jsou konvenčně aplikovány jako postřiky na list, ale účinnější je injektovat ho do seříznutých stonků.

Účinným sekundárním opatřením, jak zabránit dalšímu šíření rhizomů ze stanovišť kontrolovaných jinými způsoby, jsou gumové a geotextilní překážky. Mladé výhonky jsou jako potrava přijatelné pro pasoucí se zvířata a toto může být možností likvidace křídlatky za určitých okolností, ačkoliv to nebude mít za výsledek dlouhodobější likvidaci plevele (Vondrášková 2004).

Snahu o likvidaci křídlatek však všeobecně znesnadňuje nízká informovanost veřejnosti. Pyšek et Mandák (in Pyšek et Tichý 2001) zmiňují, že i v současnosti se křídlatky nezdídky pěstují a rostliny v zahrádkách či městských parcích představují zdroje dalšího šíření.

## 2.9. Základní směry výzkumu

Ve své podstatě je křídlatka obdivuhodnou plodinou, je to statná rostlina, která se do Evropy dostala jako okrasná zahradní plodina, či do zemědělství jako pícnina. Patří mezi rdesnovité se silným sklonem ke zplaňování a křížení. Botanici ji počítají k nepůvodním, invazním, agresivním rostlinám a snaží se ji ze všech sil spolu s ochránci přírody a úřady za velké státní peníze likvidovat (Stupavský 2008).

Je škoda, že rostlina s takovým mnohasměrným potenciálem není u nás využívána. Jak tvrdí Stupavský (2008) zakládání senergetických plantáží křídlatky není v rozporu s žádnými legislativními předpisy. V loňském roce byl zrušen dotační titul

pro pěstování speciálních energetických plodin, kde křídlatka nebyla zařazena a ztratila i tento handicap. Pro veškeré agrotechnické operace spojené s údržbou plantáže lze použít stávající zemědělské technologie a stroje. Odbyt vyprodukované hmoty je možný do energetických provozů využívajících biomasu k výrobě tepla či elektřiny ve formě štěrky či jiných tvarových biopaliv (pelety, brikety), do bioplynových stanic k produkci bioplynu, či jako farmaceutickou nebo jinou technickou surovinu.

Sklizená biomasa křídlatek použitá k dekontaminaci kadmíem zatížených půd je vhodná pro energetické využití. Jako nejperspektivnější se jeví Křídlatka sachalinská, dosahující výnosů 50 - 60 t suché biomasy z 1 ha (Ust'ak 1998).

Naše uvedené zkušenosti potvrzují, že pěstování křídlatky má smysl. Křídlatka není jen bezúčelný invazní plevel, ale také regulérní a velmi perspektivní plodina budoucnosti se širokým spektrem využití. Tedy do kultury ano (Huleš 2004).

Z uvedených citací vyplývá, že podstatná část odborníků zabývajících se problematikou invazního plevele křídlatka, dává zelenou výzkumu této neuvěřitelné bylině. Je sice pravda, že je křídlatka velmi konkurenčně schopná a obtížně hubitelná. Dokáže udělat velkou neplechu v chráněných územích, ale musíme vidět i pozitivní vlastnosti tohoto cizince a dát mu šanci. Dle uvedených výsledků je tato rostlina bezkonkurenční ať už se jedná o kulturní plodinu či plevel.

## **3. Experimentální část**

### **3.1. Metodika**

Tato část práce se zabývá pokusem, který měl prokázat, zda má vermikompost a nanoželezo pozitivní či negativní vliv na klíčivost vybraných rostlin. Pro tento pokus byla vybrána z rodu *Reynoutria* křídlatka japonská. Sběr semen proběhl v únoru 2010 na Suchdole. K porovnání pokusu klíčivosti byla použita semena kulturních plodin vojtěšky seté a komonice bílé, které pocházejí z katedry pěstování a travníkářství na FAPPZ. Pokus byl proveden dvufázově podle metodiky ISTA. Po ukončení pokusu byly získané výsledky zpracovány. Vyhodnoceny na kumulativní klíčivost viz graf 1,2,3 a dynamiku klíčení viz graf 4,5,6 u jednotlivých rostlin, variant a porovnány mezi sebou. Celý pokus je podrobně popsán v následující části. Na závěr tohoto pokusu proběhlo statistické šetření, které mělo dokázat, zda měl vermikompost a nanoželezo vliv na klíčivost vybraných rostlin. Výsledky pokusu jsou uvedeny v příloze této práce ve formě tabulek a grafů, fotografické dokumentace.

### **3.2. Popis experimentu**

Tento pokus se zabýval vlivem nanoželeza a vermikompostu na klíčivost vybraných rostlin (křídlatky japonské, komonice bílé a vojtěšky seté). Tento experiment by mohl pomoci ujasnit schopnost semene reagovat při kontaktu s technologiemi, které se používají při revitalizaci kontaminovaných pozemků.

### **3.3. Popis testovaných rostlin**

#### **3.3.1. Křídlatka japonská**

Vytrvalá, dvoudomá, až 2,5 m vysoká bylina. Lodyha přímá, dutá, křehká, červeně skvrnitá, v horní polovině větvená. Roste především na březích, okrajích vlhkých křovin, v okolí lidských sídel, na skládkách, apod. Pochází z východní Asie a v Evropě, kde je pěstována od roku 1825, velmi často zplaňuje (Pyšek et Tichý 2001).

### 3.3.2. Komonice bílá (*Melilotus alba Medikus*)

Odrůda vznikla z přírodních sběrů z oblasti Třebíčska s následným výběrem vhodných typů. Dvouletá forma. Má silný kulovitý kořen, sahající do větších hloubek. Lodyha vzpřímená, dorůstá do výšky 150 cm a více. List je drobný, trojčetný, zoubkovitý. Květ je bílý. Semeno v jednosemenných luscích. Rostlina i semeno obsahují kumarin. Je nenáročná na půdní a klimatické podmínky, řadí se k nejskromnější'm pícninám. Velmi dobře snáší sucho, nevymrzá. Nehodí se do zamokřených půd. Roste i na vysušných písčitých a kamenitých stráních, které zpevňuje, obohacuje půdu dusíkem. Již v roce zásevu vytváří značné množství zelené hmoty. V užitkovém roce dává 2-3 seče s dobrým výnosem zelené hmoty. Sklízí se nejpozději v období květních poupat, jinak dřevnatí. Při seči je nutno zachovat 2-3 nejspodnější internodia, z nichž komonice obrůstá. Na semeno se ponechává z první seče. Dozrává postupně. Sklízí se v době, kdy spodní lustičky začínají hnědnout a semeno je tuhé. Semeno je nutně vydrhnout (použít lze i kombajnová vložka).



**Obr. 10.** Komonice bílá

zdroj: Anonym 6

### 3.3.3. Vojtěška setá (*Medicago sativa L.*)

Vojtěška je vytrvalá, vícesečná plodina s mohutným, 1 – 2 m dlouhým hlavním kořenem, který může dosáhnout až 10 m hloubky. Při výběru pozemků je nutno věnovat pozornost reziduím herbicidů použitých u předplodin a vybírat pozemky nezaplevelené vytrvalé plevely (pýr, pcháč, šťovík, lopuch, kokotice). Nemá

specifické požadavky na pěstování, je plastická, vhodná do podmínek odpovídajících pěstování vojtěšky.



Obr. 11. Vojtěška setá

zdroj: Anonym 7

### 3.4. Substráty a ošetření

#### 3.4.1. Vermikompost

Vermikompost byl získán z katedry environmentálního inženýrství a ochrany přírody. Vzorek byl odebrán a následně analyzován v laboratorních podmínkách. Hodnoty uvedené v mg/kg jsou vztažené na sušinu ve vzorku.

- **Chemické a fyzikální ukazatele**
- nepolární extrahované látky 200 mg/kg
- uhlovodíky C10-C40 110 mg/kg
- extrahovatelné látky 340 mg/kg
- Vlhkost 60%
- N celkem 23000 mg/kg

#### 3.4.2. Písek

Byl použitý křemenný písek z katedry pěstování rostlin na FAPPZ. Písek byl čistý, bez choroboplodných zárodků a toxických látek, které záporně ovlivňují klíčení



semen. Písek byl stejnozrný, bez příliš velkých částic. Po navlhčení vodou měl písek takovou vlhkost, že zaručoval soustavnou vláhu pro semena a klíčící rostliny, avšak také dostatečnou poréznost pro provzdušnění při klíčení semen a růstu kořenů. Koncentrace vodíkových iontů měla hodnotu pH mezi 6,0 – 7,5.

### 3.4.3. Zahradní substrát

Substrát připraven ze směsi kvalitní rašeliny a vyzrálého kůrového humusu, s upravenou reakcí a obohacený živinami (*Primaflora*).

#### **Chemické a fyzikální vlastnosti**

pH 5,0 – 7,0; spalitelné látky min. 50%; částice nad 20 mm max. 5%, vlhkost max 65%, elektrická vodivost v mS.cm ve vodním výluhu 1:25 max. 1.2. Obsah celkového dusíku jako N 1,9%, obsah celkového fosforu jako P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> max. 0,5%, obsah celkového draslíku jako K<sub>2</sub>O max. 0,9% .Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity v mg/kg sušiny: Cd 2; Pb 100; Hg 1,0; As 10; Cr 100; Cu 100; Mo 5; Ni 50; Zn 300.

### 3.4.4. Nanoželezo

#### **Nanofer 25S**

Vodná disperze nanočástic Fe (0) se speciální patentovanou povrchovou modifikací, která je založena na kombinaci biodegradovatelného organického a anorganického stabilizátoru. Díky úzké velikostní distribuci částic a sofistikovanému stabilizačnímu procesu se produkt vyznačuje nejen vysokou reaktivitou při styku s organickými i anorganickými polutanty, ale také velmi nízkou mírou aglomerace a tudíž i vynikajícími migračními a sedimentačními vlastnostmi. Je určen především pro aplikace v reduktivních technologiích čištění kontaminovaných podzemních vod.

#### **Aplikace produktu**

- Dekontaminace podzemních vod, půdy
- Čištění povrchových vod
- Čištění vod vstupujících do technologických procesů
- Čištění odpadních vod od kontaminantů

**Tab. VII:** Nanočástice nulamocného železa, dispergované ve vodě

<b>Chemické složení nanočástic Fe(0)</b>	Fe(jádro) FeO(povlak)
<b>Hmotnostní obsah pevného podílu</b>	20%
<b>Hmotnostní obsah Fe(0) v pevném podílu</b>	≈ 85%
<b>Ostatní látky v pevném podílu</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , FeO, C
<b>Ostatní látky v kapalně fázi</b>	Organický stabilizátor
<b>Hmotnostní obsah Fe(0) v disperzi</b>	17%
<b>Krystalická modifikace</b>	Fe
<b>Morfologie částic</b>	sférické
<b>Granulometrie částic Fe(0)</b>	d <sub>50</sub> < 50nm
<b>Měrný povrch</b>	>25m <sup>2</sup> /g
<b>Barva</b>	černá
<b>Měrná hmotnost disperze</b>	1210 kg/m <sup>3</sup>
<b>Měrná hmotnost Fe(0)</b>	7870 kg/m <sup>3</sup>
<b>Měrná hmotnost Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	5700 kg/m <sup>3</sup>

Zdroj: Anonym 9

## POMŮCKY

- Stěrka
- Hladítko
- Pinzeta
- Digitální váha
- Misky pro namáčení semen
- Misky k nakličování semen s víky
- Klimabox

## Skříň pro klíčení (Klimabox)

Běžným druhem přístroje pro klíčení je uzavřená skříň pro nakličování semen ve tmě nebo na světle. Moderní skříně pro klíčení jsou dobře izolované, opatřené jak topným, tak chladicím systémem s možností nastavení potřebných teplot. Lůžka se

semeny se do nich ukládají do roštových přihrádek. Teplota v nich je udržována cirkulací vody nebo vzduchu. U některých typů skříní je kontrolována vzdušná vlhkost, takže se lůžka mohou ponechat bez přikrytí, aniž by vyschla.

### 3.5. Organizace

Pokus byl prováděn v pěti různých variantách:

- 50 ks suchých semen jednotlivě vysetých do 210g písku (kontrolní varianta).
- 50 ks semen namočených po dobu šesti hodin ve vodě, následně jednotlivě vysety do 210g písku.
- 50 ks semen namočených po dobu šesti hodin v roztoku nanoželeza, následně jednotlivě vysety do 210g písku.
- 50 ks semen namočených po dobu dvanácti hodin v roztoku nanoželeza, následně jednotlivě vysety do 210g písku.
- 50 ks semen vysetých jednotlivě do směsi 70g vermikompostu a 140g zahradního substrátu.

Pokusy byly prováděny ve čtyřech opakováních pro každou rostlinu. Celkem tedy bylo naklíčeno 1000 semen od každé rostliny.

Dle metodiky ÚKZÚZ byla zjištěna délka klíčivosti jednotlivých rostlin. Komonice bílá má délku klíčivosti 7 dní, vojtěška setá 10 dní. Křídlatka jelikož není brána jako kulturní plodina, neuvádí se v tabulkách ISTA její doba klíčivosti.

Semena byla uložena za konstantních podmínek při teplotě 20° C v klimaboxech na FAPPZ.

### 3.6. Zkouška klíčivosti

Klíčivost osiva stanovená laboratorní zkouškou je schopnost semen poskytnout ve stanovených podmínkách za stanovenou dobu maximální počet normálně vyvinutých klíčících rostlin, u nichž je předpoklad, že v příznivých podmínkách v půdě se vyvinou v normální rostliny. Pokus byl proveden dvoufázově a podle metodiky ISTA. Klíčivost je specifická pro jednotlivé botanické druhy, vyjadřuje určitým způsobem vztah k vitalitě osiva. Klíčivost semen závisí na věku, druhu a způsobu sušení, nemá stálou hodnotu a při skladování klesá. Pro jednotlivé druhy je mezi 60-85%.

Zkušební vzorek byl připraven z dobře promíchaného podílu čistých semen. Namátkově bylo odpočteno od každé rostliny 1000 semen. Ta byla rozdělena do sáčků po 50-ti a ošetřena dle příslušné varianty viz obr.20. Semena z kontroly a varianty s příměsí vermikompostu nebyla ošetřena viz obr.15. Varianty ošetřené nanoželezem se lišili intervalem namočení semen v roztoku nanoželeza viz obr.24. Na variantu po šesti hodinách a variantu po dvanácti hodinách. Poslední varianta byla namočena šest hodin ve vodě, aby byl vidět vliv fyziologické dormance.

Ten byl přesypán do plastových nádob s víkem 18 x 11cm viz obr.. Do nádob s pískem bylo přilito 32ml čisté vody z kohoutku. Směs byla důkladně promísena stěrkou a uhlazena hladítkem viz obr.13. Varianta s příměsí vermikompostu byla řešena obdobně. Bylo naváženo 0,5 kg vermikompostu a 1,5 kg zahradního substrát viz obr.14. Promíchaný substrát v poměru 1 : 3 byl navážen po 210 g a uložen do plastových nádob, promísený s 32 ml vody a uhlazený hladítkem. Do takto připravených lůžek byla položena přímo odpočítaná semena viz obr.19. Dbalo se na to, aby semena byla rozložena rovnoměrně a v takových rozestupech, aby se vzájemně nedotýkala a nepřekážela si při klíčení. Nesmělo docházet k vzájemnému propletení kořenů klíčících rostlin, aby semeny přenosné choroby nevyvolávaly sekundární infekci. Takto rozmístěná semena byla zatlačena do lůžka, aby docházelo k neustálému zásobování semena vodou. Pro udržení vzdušné vlhkosti byly nádoby uzavřeny plastovým víkem. Nádoby byly vyskládány na sebe do sloupců viz obr.21. Nádoby ve sloupcích byly nakombinovány tak, aby po sobě nikdy nešly dvě schodné varianty a zamezilo se tak případné chybě. Lůžka se semeny byly vloženy do roštových příhrádek klimaboxu viz obr.22. Kontrola byla provedena čtvrtý, sedmý, devátý a jedenáctý den. Byla počítána dynamika klíčení a kumulativní klíčivost.

### **3.7. Zpracování dat**

Po ukončení pokusu byla shromážděná data zpracována v programu Excel. Tabulky se staly výstupní formou k provedení statistické analýzy, která měla potvrdit nebo vyvrátit, pozitivní či negativní, účinnost nanoželeza a vermikompostu na klíčivost rostlin. V přílohách této práce jsou prezentovány výsledky pokusu ve formě tabulek, grafů a fotodokumentace.

### **3.8. Statistická analýza**

Získaná data byla vyhodnocena pomocí statistického balíku SAS, verze 9. 1. (SAS) Institute Inc., Cary, NC, USA). Po primárním rozboru zjištěných dat přišlo na vyloučení chybných měření. Programem SAS byly odstraněny extrémní hodnoty hodnoty dle ISTA. K hodnocení výsledků byla pro stanovení vlivu jednotlivých faktorů použita vícefaktorová analýza rozptylu ( ANOVA ), konkrétně GLM (General Linear Model), zvláště vhodná pro nevyvážená data.

K podrobnějšímu vyhodnocení průkaznosti rozdílů mezi průměry byla použita metoda HSD Tukey. Rozdíly mezi jednotlivými průměry označené stejným písmenem nebyly statisticky průkazné.

**Tab. VIII:** Rozdíly klíčení v různých prostředí

Varianta	EK4	CKL
Kontrola	9b	75ab
KŘ H2O	70a	85a
KŘ Fe6	13b	54c
KŘ Fe12	17b	63bc
KŘ Vermikompost	7b	79a
HSD	<b>19,2</b>	<b>12,7</b>

Varianta	EK4	CKL
Kontrola	17b	20b
KO H2O	26a	30a
KO Fe6	17b	20b
KO Fe12	17b	20b
KO Vermikompost	25ab	32a
HSD	<b>8,2</b>	<b>8,4</b>

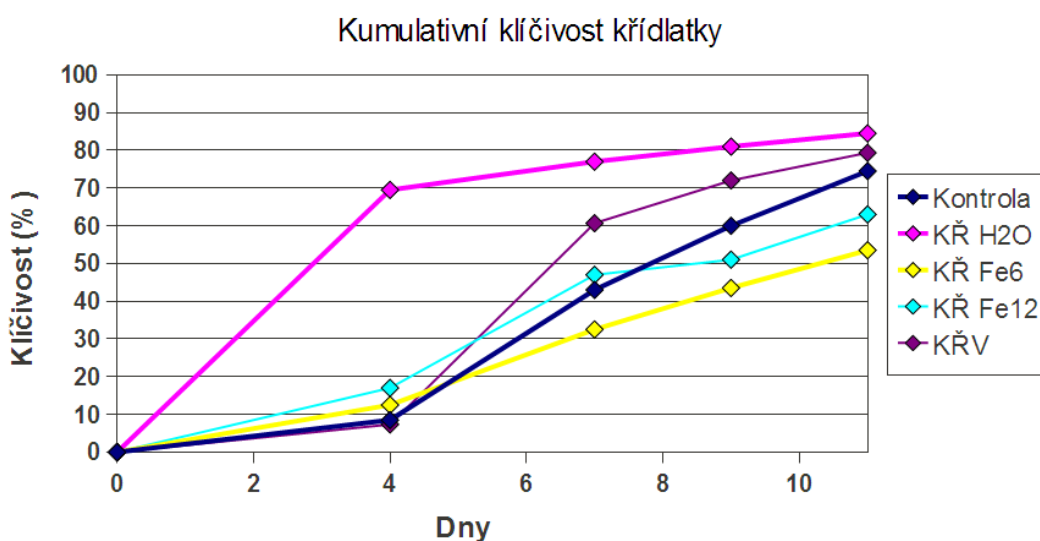
Varianta	EK4	CKL
Kontrola	80a	82a
VO H2O	81a	83a
VO Fe6	74a	83a
VO Fe12	84a	88a
VO Vermikompost	76a	81a
HSD	<b>11,3</b>	<b>8,4</b>

EK- energie klíčení, CKL- celková klíčivost. HSD – Minimální rozdíl průkaznosti. Průměry označené stejným písmenem jsou navzájem neprůkazně odlišné ( $P < 0.05$ )

- Hodnoty v tabulkách jsou zaokrouhleny, průkaznosti odpovídají nezaokrouhleným hodnotám.

## 4. Výsledky

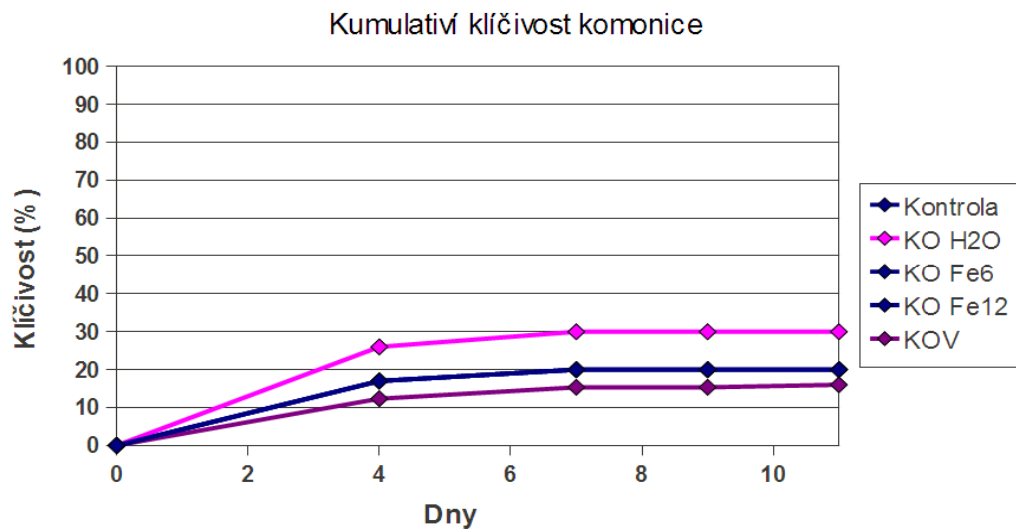
Z grafu 1. je patrné, že v první kontrolní den prokázala nejvyšší kumulativní klíčivost varianta ponechaná 6 h ve vodě. Během měření pak už výrazně kumulativní klíčivost nevrstla. Naopak varianta klíčící na substrátu vermikompost prokázala nejvyšší přírůstky druhý kontrolní den. Obě varianty měli v den ukončení pokusu lepší výsledky K. K. nežli kontrola. Varianty ošetřené nanoželezem měli podobný průběh K. K. Jako kontrola. Při ukončení pokusu však dopadly hůře.



**Graf 1. Kumulativní klíčivost křídlatky (použité zkratky v grafech : K.K. - kumulativní klíčivost, D.K.- dynamika klíčení, KŘ H2O – varianta křídlatka namočená 6h ve vodě, KŘ Fe6 – varianta křídlatka namočená 6h v roztoku nanoželeza, KŘ Fe12 – varianta namočená 12h v roztoku nanoželeza, KŘV – varianta křídlatka v substrátu vermikompostu. KO – komonice bílá, VO – vojtěška setá**

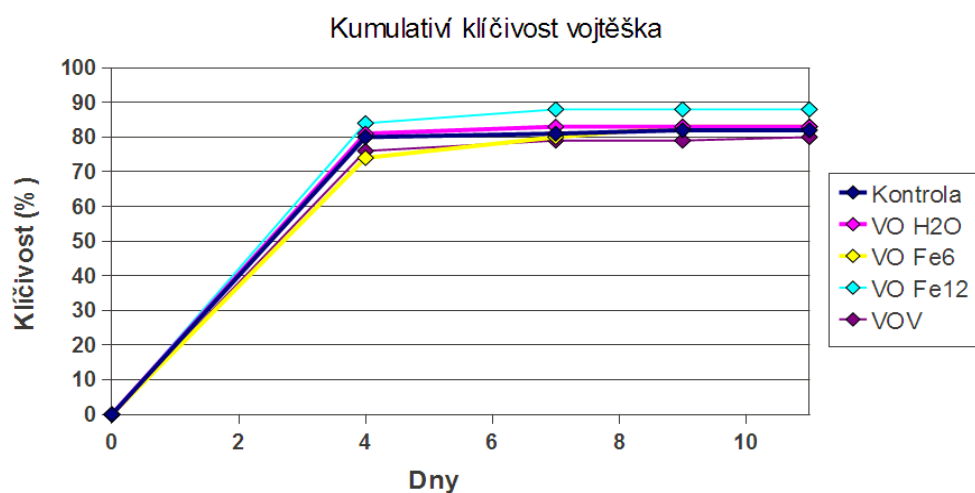
Z grafu 2. je patrné, že v první den kontroly si nejlépe vedla varianta ponechaná 6 h ve vodě. Křivka s kontrolní variantou a průběh variant ošetřených v nanoželeze jsou identické. Nejhorší se dařilo variantě klíčící na substrátu vermikompostu.





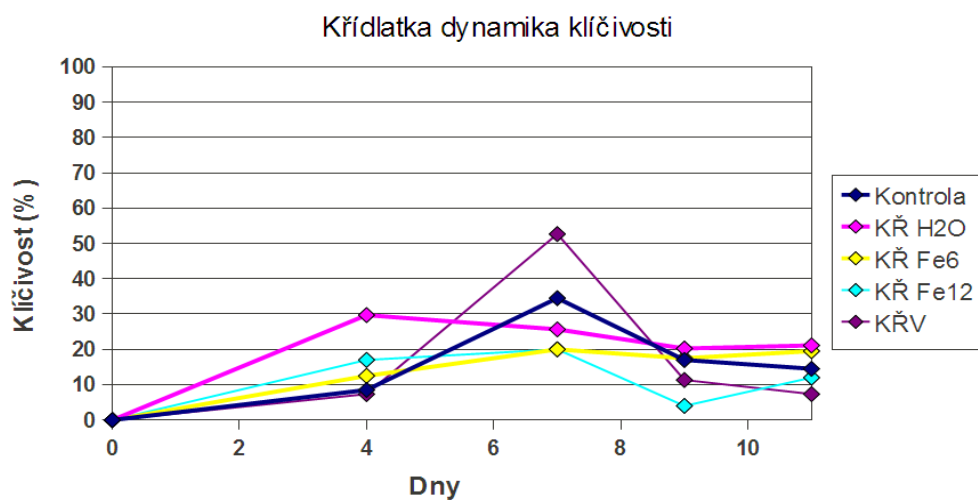
**Graf 2. Kumulativní klíčivost komonice**

Průběh křivek v grafu 3. je u všech variant takřka identický. Vojtěška prokázala nejvyšší K.K. v první den kontroly a pak už měla jen pozvolné přírůstky. Nejlepší výsledky ukázala varianta ponechaná 12h v roztoku nanoželeza.



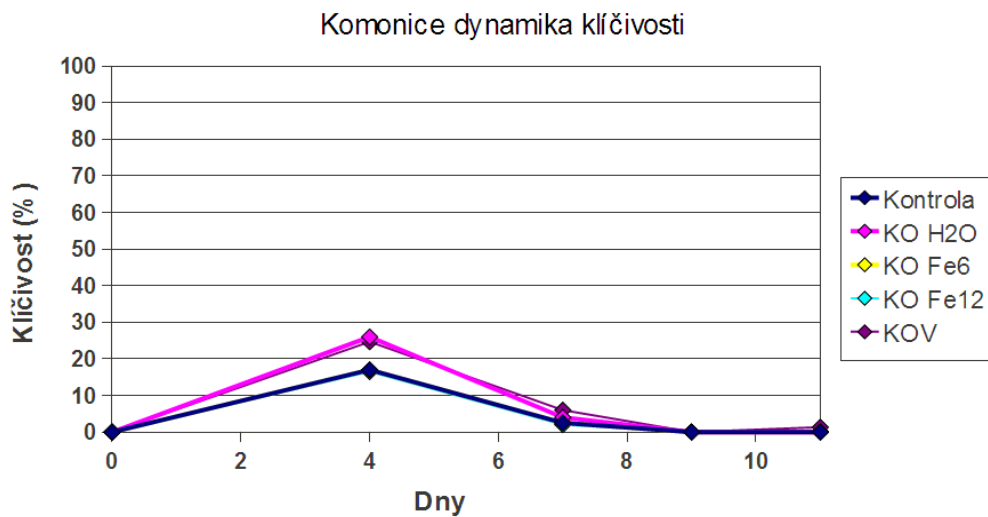
**Graf 3. Kumulativní klíčivost vojtěška**

Z grafu 4. je na první pohled patrné, že nejlepší dynamiku prokázala varianta klíčící na substrátu vermikompostu, v druhý kontrolní den.



Graf 4. Dynamika klíčivosti křídlatky

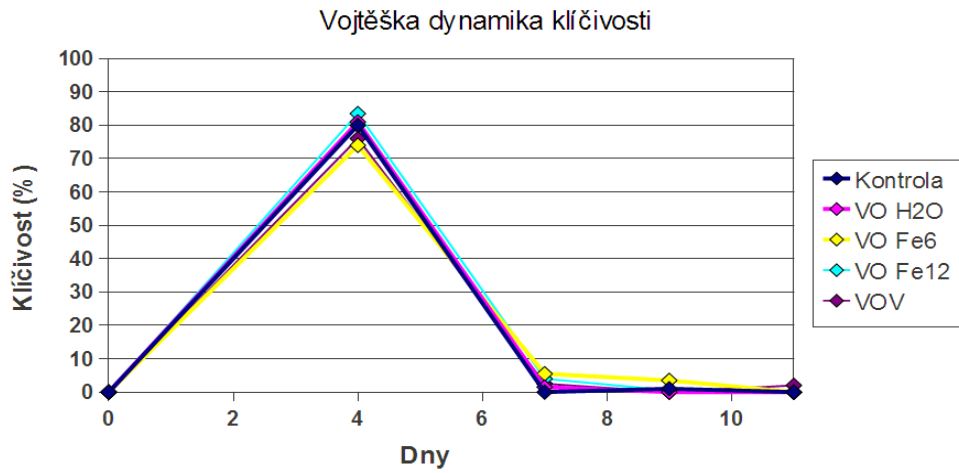
Graf 5. se dělí na dvě křivky. Obě prokázaly nejvyšší dynamiku v první den kontroly. Avšak kontrolní varianta a varianty ošetřené nanoželezem měly nižší hodnoty než varianta klíčící na substrátu vermikompostu a variante namočené 6 h ve vodě.



Graf

#### 5. Dynamika klíčivosti křídlatky

Z grafu 6. je patrné, že dochází k největší dynamice p první den kontroly. Křivky jsou takřka totožné. Minimální odchylka je mezi variantami ošetřenými v roztoku nanoželeza. Varianta ošetřená 12 h má vyšší D. K. Než varianta ošetřená 6h.



Graf 6. Dynamika klíčivosti vojtěšky

## 5. Vyhodnocení

Ze statistického vyhodnocení vyplývá následující. Křídlatka v tab. VIII je vidět, že varianta ponechaná 6h před založením pokusu ve vodě má vyšší CKL než kontrola je vůči ní statisticky průkazný rozdíl a tím pádem i potvrzen hydratační efekt. Vermikompost má ve srovnání s kontrolou průkazně pozitivní efekt na klíčivost křídlatky. Varianty ošetřené v nanoželeze mají průkazně negativní vliv na klíčivost. Zajímavé je, že varianta ponechaná v nanoželeze dvanáct hodin vykazuje oproti variantě v šesti hodinách CKL o deset procent vyšší klíčivost. Vysvětlení by mohlo být, že roztok nanoželeza působí na semeno jako osmotikum. Semena namočená dvanácti hodin v roztoku nanoželeza, patrně nasála větší objem vody, která nastartoval klíčení u této varianty.

U komonice se varianta vermikompost a voda ukázala od sebe neprůkazná, vykazuje však průkazný pozitivní rozdíl od kontroly a variant ošetřených v nanoželeze. U komonice je třeba přihlédnout na tvrdosemennost osiva.

Vojtěška vykazuje ve variantě ošetřené dvanáct hodin v roztoku nanoželeza lehce pozitivní tendenci v klíčivosti vzhledem ke kontrole. Nikoliv však průkazně, ze statistického hlediska.

## 6. Diskuze

Křídlatky (*Reynoutria* spp.) jsou obecně považovány za invazní druh, jehož výskyt je nechtěný (Mlíkovský et Stýblo 2006). Vzhledem k jejich velkému rozšíření je vhodné uvažovat o jejich využití. Nejdéle se v České republice vyskytuje křídlatka japonská. Dále se zde vyskytuje křídlatka sachalinská. Jejich křížencem je křídlatka česká (Mandák 2004). Všechny tři taxony mají velmi podobné ekologické vlastnosti, ale při aplikaci likvidačních metod se ukazuje, že reakce jednotlivých taxonů jsou různé. V případě křídlatky české je regenerace po mechanickém narušení poměrně masivní a výrazně rozložena do delšího časového úseku. Z tohoto pohledu je mnohem vitálnější než rodičovské druhy. K jeho úplné likvidaci by bylo nutné provádět mechanické narušování stanovišť v kombinaci s postřikem herbicidu po několika vegetačních sezón.

Bojem s tímto druhem se zabývá mnoho publikací (Vondrášková 2004, Pyšek et Tichý 2001) spolu s legislativou (č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči, zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu) avšak prací věnujících se využití tohoto druhu jej již o poznání méně.

V první části diskuze bude prodiskutováno využití křídlatky, v druhé experimentální část.

### 6.1. Využití vybraných druhů divoce rostoucího plevelu, např. křídlatky

Křídlatky skýtají potenciální možné užití v rámci farmacie a papírenského průmyslu, tato zhodnocení těchto využití však nebyla prioritní na rozdíl od jejího fytošanačního potenciálu. Haase (1988) upozornil na akumulární schopnost těchto rostlin, kterou by bylo možné užít k fixování těžkých kovů, o jejichž toxicitě se není nutné zmiňovat (Svobodová 2008).

Možnosti fytošanačního využití byly zkoumány také v Rostocku, kdy byla věnována pozornost pozitivnímu působení této rostliny při čerpání těžkých kovů z půdy (Metz et Wilke 1992). Další výzkum pozitivního působení byl uskutečněn také v Mnichově (Schweder 1994).

Tyto pokusy poukázaly na vysokou schopnost fixace křídlatky oproti jiným druhům.

Křídlatka sachalinská oproti penízku alpinském (*Thlaspi alpestre*) v pokusech prováděných v Anglii akumulovat až 40 kg/ha zinku za rok (McGraht 1994) křídlatka sachalinská dosáhla také lepších výsledků při fixaci olova (viz. tab V) v porovnání s kukuřicí (Krauss 1992).

Sloní tráva skoro srovnatelná fixace olova sachalinská (Krauss 1992) (viz. tab. IV)

I při fixování kadmia, zinku a niklu fixovala křídlatka lépe oproti sloní trávě-*Miscanthus sinensi* (Krauss 1992). Z těchto porovnání je zřejmé, že je tento druh pro fytosanace více než vhodný.

Podle výsledků pokusů je nutné poukázat na dobu trvání samotné dekontaminace, která by trvala při nejmenším několik desetiletí nebo staletí. Dále je nutné podotknout, že během této doby by docházelo k imisím těžkých kovů.

Křídlatka se zatím v běžné praxi k těmto účelům nepoužívá, i když výsledky mluví za sebe. S takovouto hyperakumulační schopností vázat na sebe těžké kovy, by se mohla skvěle uplatnit na rekultivacích složiště popele.

Je škoda, že rostlina s takovým mnohasměrným potenciálem není u nás využívána. Jak tvrdí Stupavský (2008) zakládání senergetických plantáží křídlatky (Stupavský 2008) není v rozporu s žádnými legislativními předpisy. Odbyt vyprodukované hmoty je možný do energetických provozů využívajících biomasu k výrobě tepla či elektřiny. Sklizená biomasa rostlin rodu *Reynoutria* použitá k dekontaminaci půd těžkými kovy je vhodná pro energetické využití. Jako nejperspektivnější se jeví křídlatka sachalinská dosahující výnosů 50 - 60 t suché biomasy z hektaru (Ust'ák 1998). Vysoké náklady na založení plantáží křídlatky ze strany jedné a její ekologická závadnost na straně druhé nečiní prozatím tuto plodinu perspektivní pro běžnou zemědělskou praxi (Ust'ák 2002). Na druhou stranu likvidace těchto rozsáhlých porostů stojí stát také nemalé peníze (Stupavský 2008). Nutno však dodat, že i ostatní sanační technologie jsou nákladné a na rozdíl od křídlatky mohou totálně zdevastovat celé území nejet jeho druhové složení.

## 6.2. Experimentální část

Ačkoliv většina zavlečených druhů není schopná přežít počáteční lag fáze (Pyšek et Tichý 2001), křídatka japonská tuto fázi překonala, ba dokonce byla schopna se díky křížení s křídatkou sachalinskou adaptovat na podmínky v České republice (Bailey et al. 2008).

Rozdílné výsledky u klíčivosti semen mohly být způsobeny také tím, že komonice spolu s vojtěškou náleží do skupiny bobovitých, která je typická svoji tvrdosemenností (Baskin et Baskin 1998). Tudíž o výběru druhů k porovnávání by bylo možné polemizovat. Tyto druhy však byly zvoleny záměrně vzhledem k jejich častému užití při fyto-sanaci (Landa 2004).

Vermikompost je technologie používaná v sanačním procesu. Je to vhodný ekologický způsob, jak recyklovat biologicky degradovatelný odpad pomocí kalifornských žížal. Dá se říci, že z hlediska likvidace ekologických zátěží je vhodnou alternativou k rašelině. Na rozdíl od rašeliny si vermikompost může každý člověk vyrobit doma sám a nemusí se tak ohrožovat vzácné biotopy naší krajiny. Proto byl vermikompost zařazen i do tohoto pokusu.

Na základě provedení těchto pokusů lze doporučit křídatky k fyto-sanačnímu využití, především k čerpání těžkých kovů z půdy. Vzhledem však k malé rychlosti odčerpávání kovy rostlinami (Metz et Wilke 1992) je vhodné doporučit tyto technologie v kombinaci s jinou sanační technologií, např. vermikompostem. Tato problematika kombinování křídatek s jinými technologiemi vyžaduje však další pozornost a pokusy. Přes neisté užití fyto-sanačních užití rostlin, lze naprosto bez pochyb doporučit tento druh pro energetické užití. Je tedy rozumné smířit se s markantním rozšířením této rostliny a nadále zkoumat prostředky, které by v boji proti ní pomohly? Nebo v opačném případě se s touto bylinou smířit a využít ji ve svůj prospěch ať ji při fyto-sanacích nebo při výrobě elektřiny?



## 7. Závěr

Tato práce se zabývala výskytem a užitím křídlatek (*Reynoutria* spp.) v České republice. Rostliny tohoto rodu jsou řazeny mezi invazní druhy, což je důvodem opomíjení jejich pozitivního potenciálu, jakým může být právě fyto-sanační využití.

Křídlatky utvářejí celistvé porosty, jež jsou pod povrchem půdy podpořeny mohutnými oddenky, které spolu s jejich statnou nadzemní částí rostliny umocňují jejich invazní potenciál. Právě velké množství biomasy, kterou rostliny poskytují, lze využít k akumulaci znečišťujících látek, zejm. těžkých kovů. Dále je možné tuto biomasu pálit, čímž se zlikvidují škodlivé látky a zároveň získá energie k výrobě tepla či elektřiny. Možné je také užití jako biopaliva do bioplynových stanic. Biomasa rostliny nabízí také využití i v papírenském průmyslu i lékařství.

Práce poukázala na široké spektrum užití tohoto druhu (nejen při fyto-sanacích). Možný potenciál křídlatek je vhodné podpořit dalším výzkumem, který je dále součástí experimentální části této práce.

V experimentální části práce byla porovnána klíčivost křídlatky japonské na rozdílných substrátech (nanoželezo, vermikompost, zahradní substrát a písek). K porovnání výsledků byla užitá klíčivost druhů komonice bílé a vojtěšky seté, které jsou často využívány právě k fyto-sanačním účelům. Semena křídlatky ponechaná 6 hodin ve vodě již od prvního kontrolního dne vykazala nejvyšší kumulativní klíčivost. Semena klíčící na vermikompostu prokázala nejvyšší nárůst klíčivosti druhý kontrolní den. Obě tyto varianty měly v den ukončení pokusu nejvyšší klíčivost v porovnání s ostatní variantami.

Komonice ponechaná 6 hodin ve vodě se prokázala také schopností klíčit. Oproti křídlatce však nejhůře klíčila varianta semen klíčících na vermikompostu. Klíčivost u vojtěšky byla u všech variant velice podobná, nejvyšší přírůstky bylo však možné sledovat u semen ponechaných 12 hodin v roztoku nanoželeza. Tímto pokusem byl potvrzen hydratační efekt křídlatky. Dále vermikompost prokázal výrazně pozitivní efekt na klíčivost tohoto druhu. Výsledky tohoto experimentu rozšiřují znalosti o využití křídlatky k fyto-sanaci, jelikož byla semena v kontaktu s technologiemi, které se používají právě při revitalizaci kontaminovaných pozemků.

Křídlatky (*Reynoutria* spp.), i přes jejich negativní invazní charakter, v sobě skrývají velký potenciál, jehož využití si zaslouží další výzkum.

## 8. Literatura

Adachi et al., 1996: Central die-back of monoclonal stands of *Reynoutria japonica* in an early stage of primary succession on Mount Fuji. *Annals of Botany* 77: 477–486 s.

Bailey J. P., 2003: Japanese knotweed s. l. at home and abroad. In: Child L. E., Brock J. H., Brundu G., Prach K., Pyšek P., Wade P. M. et Williamson M., (eds): *Plant invasions: ecological threats and management solutions*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 183–196 s.

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

Bailey J. P., Bímová K. et Mandák B., 2007: The potential role of polyploidy and hybridisation in the further evolution of the highly invasive *Fallopia taxa* in Europe. *Ecological Research* 22: 920–928 s.

Bailey J. P., Bímová K. et Mandák B., 2008: Asexual spread versus sexual reproduction and evolution in Japanese Knotweed s.l. - the “Battle of the Clones?” *Biological Invasions* DOI 10.1007/s10530-008-9381-4

Baskin C. C. et Baskin J. M. (1998): *Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego.

Birklen P. (2007): Projekt na záchranu lužních stanovišť v povodí řeky Morávky, [http://hostetin.veronica.cz/dokumenty/OPAK/ucebni%20materialy/blok%205/doplnujici%20materialy/Birklen - Projekt.pdf](http://hostetin.veronica.cz/dokumenty/OPAK/ucebni%20materialy/blok%205/doplnujici%20materialy/Birklen_-_Projekt.pdf) [online].

Dietz T., Krauss M 1995: Odčerpávání těžkých kovů z kontaminovaných ploch pomocí rostlin. Sborník z česko-bavorského semináře, VÚRV Praha, str. 41-43

Diez, Krauss 1992: Možnosti zemědělského využití ploch kontaminovaných škodlivými látkami, <http://stary.biom.cz/sborniky/sb95vana/diez4.html>

Ekrt L. et Hofhanzlová E. 2002: Proč jsou určité druhy vzácné – problematika malých populací. *Ochrana přírody* 57(8): 242-244

Haase E., 1988 : Pflanzen reiningen Schwermetall-Böden. *Umwelt* 7-8, s. 342-344

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

Mlíkovský J, Stýblo P. [EDS.], 2006: *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP, Praha: 496s.

Holý 2010, : Přínosy vytápění biomasou z hlediska vlivu na životní prostředí. *Biom.cz* [online]. 2010-05-26 [cit. 2010-07-29]. Dostupné z WWW:

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/prinosy-vytapeni-biomasou-z-hlediska-vlivu-na-zivotni-prostredi>>. ISSN: 1801-2655.

Huleš 2004 Patří křídlatka do kultury nebo ne, Dostupné z WWW: [<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/patri-kridlatka-do-kultury-nebo-ne>] [online].

Jizba J.1993 Metoda ostraňování těžkých prvků z půdy. Dostupné z WWW: <http://stary.biom.cz/sborniky/sb95vana/jizba.html> [online].

Kahle kol., 2001. Kahle P., Beuch S., Boelcke B., Leinweber P., Schulten, H. : Cropping of Miscanthus in Central Europe: biomass production and influence on nutrient and soil organic matter. European Journal of Agronomy, 15 (2001): 171-184.

Kiekens L., Camerlyck R. 1982,:Transfer characteristic for uptake of heavy metals by plants. Landwirtschaftliche Forschung SH 39, s. 255-261

Kolář L., Kužel S. 2000,,: Imunogenní extrakt z rostliny Echinacea pupurea (L.) Moench jako přísada do mléčných výrobků. Návrh grantu pro Danone institut, 7s.

Kužel S., Cígler P., Ledvina R., Kolář L., Fajtl J., Šperl M. 1999: Imobilizace kadmia v difúzně znečištěných zemědělských půdách. Sborník referátů z mezinárodní konference Agregion 99, "Trvale udržitelný rozvoj venkovských regionů", 2.-3.9.1999, JU ZF v Českých Budějovicích, s. 234-236.

Mandák B. 2009: Biologická, ekologická a genetická studie invazních druhů rodu Reynoutria (Polygonaceae) v České republice. [online]. 2009 [cit. 24. 4. 2009]. Dostupné na: [http://www.ibot.cas.cz/invaze/projekty/mandak\\_reynoutria.html](http://www.ibot.cas.cz/invaze/projekty/mandak_reynoutria.html)

Mandák B., Pyšek P., Lysák M., Suda J., Krahulcová A. et Bímová K., 2003: Variation in DNA-ploidy levels of Reynoutria taxa in the Czech Republic. Annals of Botany 92: 265–272 s.

Mandák B., Pyšek P. et Bímová K., 2004: History of the invasion and distribution of Reynoutria taxa in the Czech Republic: a hybrid spreading faster than its parents. Preslia 76: 15–64 s.

Mandák B., Bímová K., Pyšek P., Štěpánek J. et Plačková I., 2005: Isoenzyme diversity in

Reynoutria taxa: escape from sterility by hybridization. Plant Systematics and Evolutions 253: 219–230 s.

Metz R., Wilke B.M. 1992 : Dekontamination von schwermetallbelasteten Rieselfeldböden durch Anbau von Energiepflanzen am Beispiel des Elementes Cadmium. VDLUFA 1992

Metz R., Wilke B.M.1994 : Sachalinknöterich (Polygonum oder Reynoutria sachalinense) - eine alternative Pflanze zur Dekontamination von schwermetallbelasteten Rieselfeldern ? VDLUFA 1994

Mlíkovský J, Stýblo P. [EDS.], 2006: Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP, Praha: 496s.

Mužík O., Kára J. 2004 <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kofermentace-kridlatky-pri-anaerobni-digesci-hovezi-a-praseci-kejdy> [online].

Pyšek, P. a Tichý, L.(2001): Rostlinné invaze. 1. vyd.. Brno: Rezekvítek, 40 p.

Petříková V.: Produkce energetických rostlin v pánevních oblastech. In: Biomasa pro energii, Praha 1996 : 29-34

Petříková V. a kol 1996, Pěstování a využití technických a energetických plodin na rekultivovaných pozemcích. Dostupné z WWW <http://stary.biom.cz/clen/vp/kniha.html> [online].

Schweder P., Krawielitzki H., Sarich W., 1994: Der Versuch einer Cadmium-Dekontaminierung eines Bodens mit Sachalin-Knöterich. VDLUFA 1994

Stupavský V. 2008 Nezapomínejme na křídlatku. Dostupné z WWW

<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nezapominejme-na-kridlatku> [online].

Sladký V 1998 .: Technika potřebná pro využívání biomasy pro energii. Sborník ze semináře a exkurze "Biomasa v teplárnách ČR a Rakousku". Dešná, listopad 1998.

Dostupné z WWW <http://www.vurv.cz/czbiom/sborniky/sb98petr/sladky.html> [online].

Sladký V. 1999: Křídlatka - perspektivní energetická plodina. Časopis Biom, 2, 1999. Dostupné z WWW <http://www.vurv.cz/czbiom/biom/6/sladky.html> [online].

Stražil Z. 1999: Pěstování a využití některých energetických plodin. Sborník přednášek z konference Technologie pro spalování biomasy. PRAGA AGRO '99. Praha - Letňany, 1999

Dostupné z WWW <http://www.vurv.cz/czbiom/sborniky/99kara/03.html> [online].

Ušťák S., Váňa J., Honzík R. 1998 : Energetické a průmyslové rostliny IV. Chomutov. CZ - Biom, 1998, 138 s.

Ušťák S., Váňa J. 1998: Plant Production 44(10): 477-485

Transfer rizikových prvků z kontaminované půdy do vybraných energetických rostlin. Dostupné z WWW <http://www.vurv.cz/index.php?key=publication&id=914> [online].

UŠŤÁK S. 2002: Nedřevnaté technické plodiny perspektivní pro bioenergetické účely v podmínkách ČR. Biom.cz [online]. 2002-06-03 [cit. 2010-08-22]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nedrevnate-technicke-plodiny-perspektivni-pro-bioenergeticke-ucely-v-podminkach-cr>. ISSN: 1801-2655.

Vondrášková Š. 2004: Horticulture, 2004, 3 June, s. 18 -19. Dostupné z WWW:  
<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=0&ch=1&typ=1&val=29422> [online].

[http://www.darius.cz/archeus/B\\_kridlat.html](http://www.darius.cz/archeus/B_kridlat.html)

<http://www.celostnimedicina.cz/kridlatka-japonska-reynoutria-japonica.htm#ixzz0xMk6fN9D>

[http://www.ekodomov.cz/index.php?id=bioodpad\\_kompostovani](http://www.ekodomov.cz/index.php?id=bioodpad_kompostovani)

zdroj : Anonym 1. <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id99593/?taxonid=38823>

zdroj : Anonym 2. <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id8015/?taxonid=38826>

zdroj : Anonym 3. <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id38170/?taxonid=38822>

zdroj : Anonym 4 <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/prinosy-vytapeni-biomasou-z-hlediska-vlivu-na-zivotni-prostredi>

zdroj : Anonym 5. <http://stary.biom.cz/biom/6/sladky.html>

zdroj : Anonym 6. <http://stary.biom.cz/biom/6/sladky.html>

zdroj : Anonym 7. [http://www.rozhlas.cz/rostliny/motylokvete/\\_zprava/519356](http://www.rozhlas.cz/rostliny/motylokvete/_zprava/519356)

zdroj : Anonym 8. <http://www.agrogen.cz/inpage/vojteska-seta/>

zdroj: Anonym 9. <http://www.nanoiron.cz/cs/nanofer-25s>

#### **seznam zkratek:**

BPS – BYOPLYNOVÁSTANICE

CKL – CELKOVÁ KLÍČIVOST

DK – DYNAMIKA KLÍČENÍ

EK – ENERGIE KLÍČENÍ

HSD – MIN. ROZDÍL PRŮKAZNOSTI

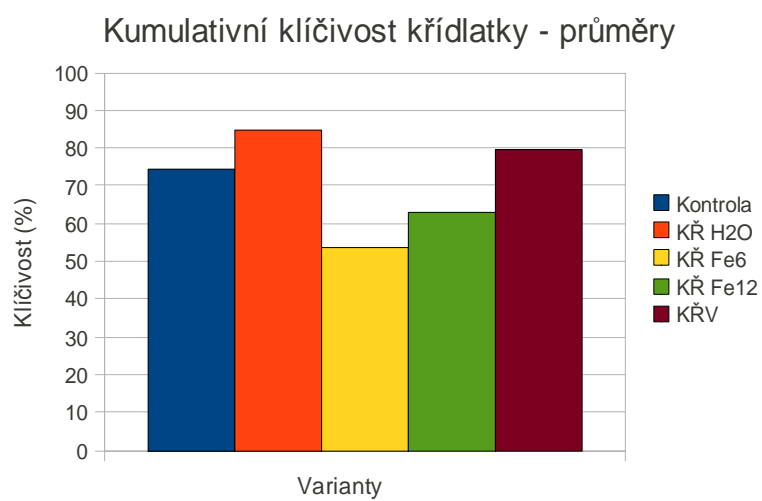
KK – KUMULATIVNÍ KLÍČIVOST

VÚRV – VÝZKUMNÝ ÚSTAV ROSTLINNÉ VÝROBY

VÚZT - VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY

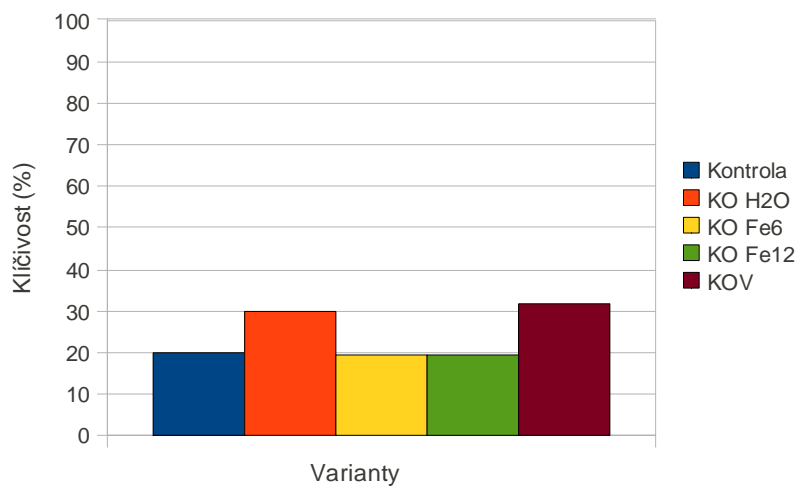
TK – TĚŽKÉ KOVY

## 9. Přílohy



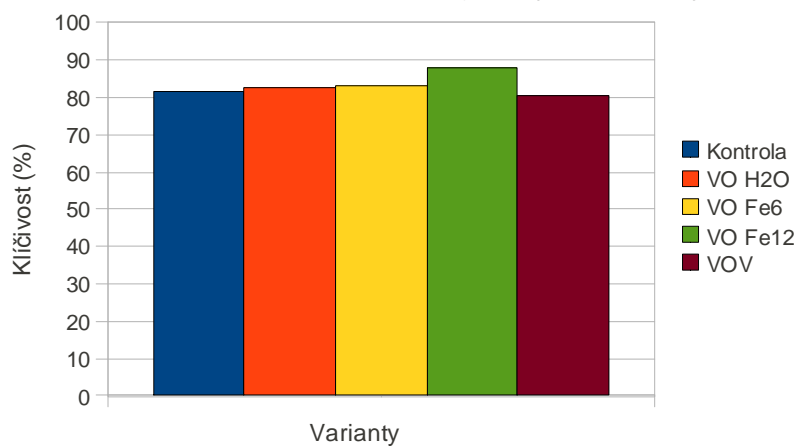
**Graf 7.** Kumulativní klíčivost křídlatky - průměry

Kumulativní klíčivost komonice - průměry

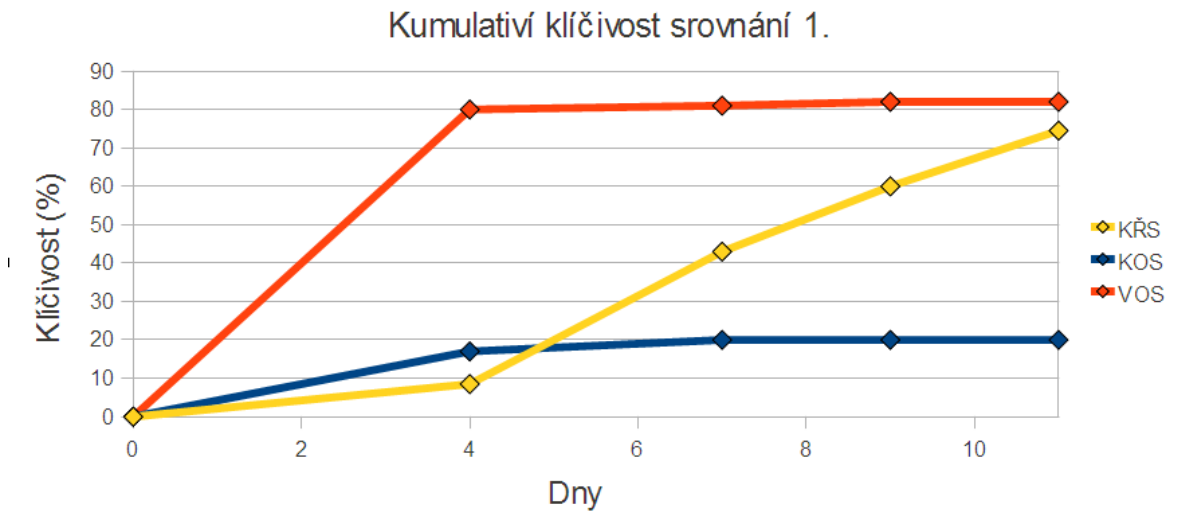


**Graf 8.** Kumulativní klíčivost komonice - průměry

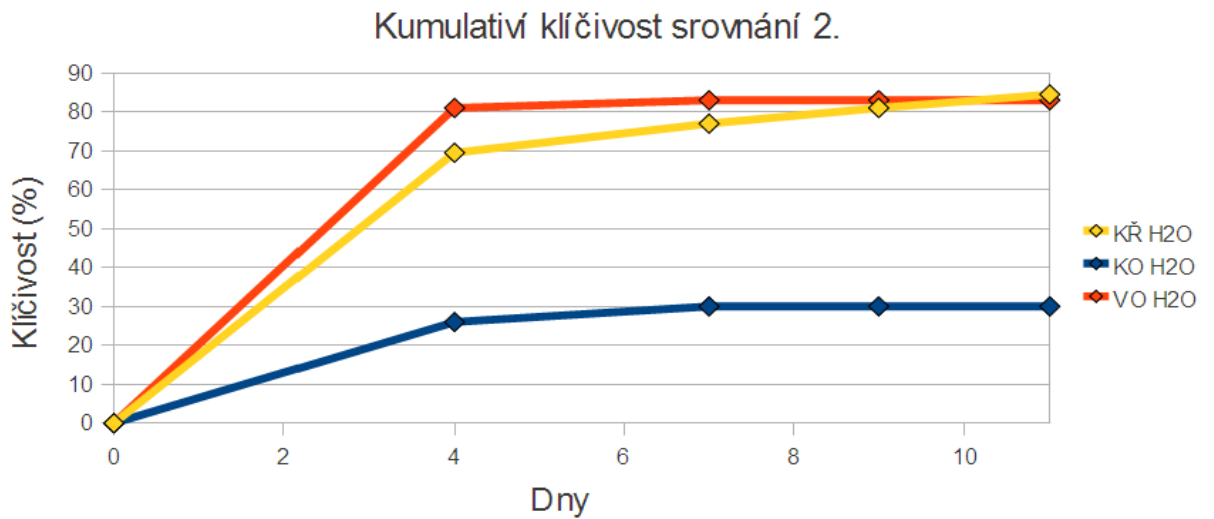
Kumulativní klíčivost vojtěšky - průměry



**Graf 9.** Kumulativní klíčivost vojtěšky - průměry

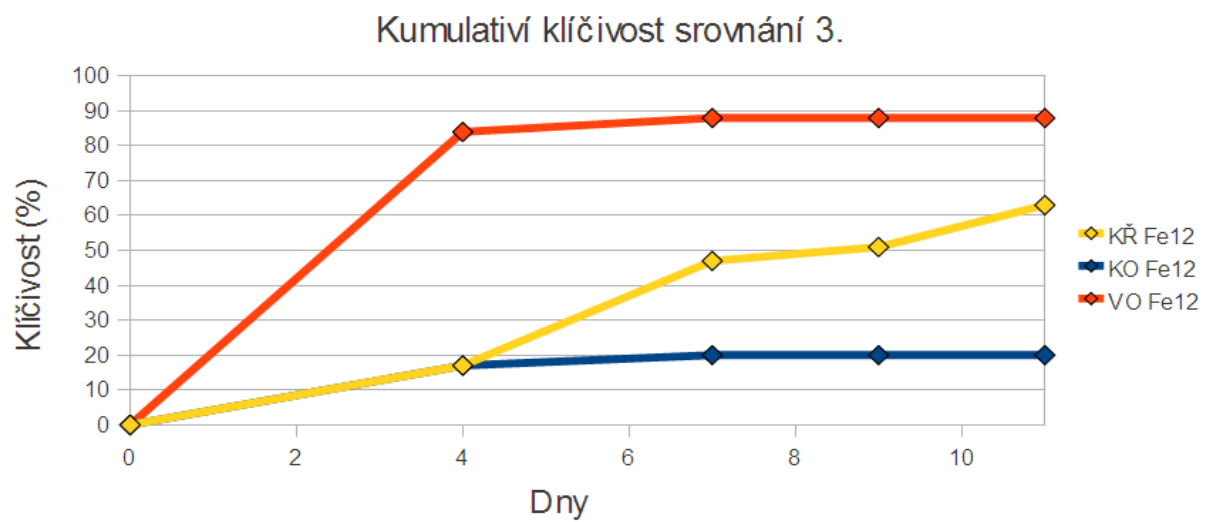


**Graf 10.** Kumulativní klíčivost srovnání



**Graf 11.** Kumulativní klíčivost 2.





**Graf 12.** Kumulativní klíčivost srovnání 3



**Obr. 12.** Zakládání nádobového pokusu



**Obr. 13.** Zakládání nádobového pokusu



**Obr. 14.** Vážení vermikompostu



**Obr. 15.** Nádobový pokus, varianta vermikompost

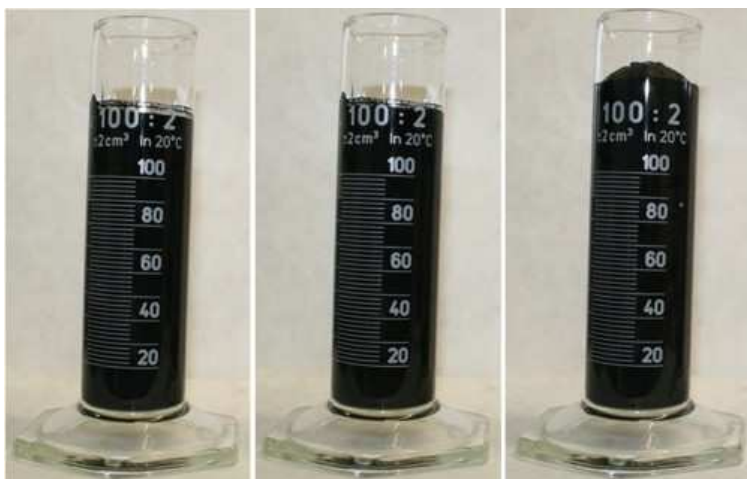


**Obr. 16.** Ošetření v roztoku nanoželeza



**Obr. 17.** Příprava substrátu s vermikompostem





**Obr. 18.** Fotografie demonstrující nízkou míru aglomerace a pomalou sedimentaci stabilizovaných nanočástic NANO FER 25S. Vlevo: Nanočástice bezprostředně po dispergaci. Uprostřed: po 1 hod bez míchání. Vpravo: Nanočástice po 5 h bez míchání. Hmotnostní obsah nanočástic v disperzi: 20%.



**Obr. 19.** Křídlatka v inertním substrátu



**Obr. 20.** Všechny varianty



**Obr. 21.** Pokus připravený do klimoboxu



**Obr. 22.** Klimobox s nádobovým pokusem





**Obr. 23.** Všechny varianty pokusu s křídlatkou





**Obr. 24.** Klíčenci křídlatky ošetření roztokem nanoželeza



**Obr. 25.** Klíčenci křídlatky všech variant



**Obr. 26.** Klíčenci komonice v inertním substrátu



**Obr. 27.** Klíčenci vojtěšky ve vermikompostu



**Obr. 28.** vývojová stadia klíčenců křídlatky



**Obr. 29.** vývojová stadia klíčenců vojtěšky





**Obr. 30.** vývojová stadia klíčenců komonice



**Obr. 31.** počítání klíčenců



## Kumulativní klíčivost křídlatky

**Tabulka 1.1.1.**

Kontrola	0	4	7	9	11	Průměr (%)
KŘS - I	0	5	32	35	41	82
KŘS - II	0	1	13	26	35	70
KŘS - III	0	4	20	29	34	68
KŘS - IV	0	7	21	30	39	78
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>43</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>75</b>

**Tabulka 1.1.2.**

KŘ H <sub>2</sub> O	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KŘ H <sub>2</sub> O - I	0	29	33	37	44	88
KŘ H <sub>2</sub> O - II	0	38	40	40	40	80
KŘ H <sub>2</sub> O - III	0	37	38	42	42	84
KŘ H <sub>2</sub> O - IV	0	35	43	43	43	86
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>77</b>	<b>81</b>	<b>85</b>	<b>85</b>

**Tabulka 1.1.3.**

KŘ Fe6	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KŘ Fe6 - I	0	6	13	17	27	54
KŘ Fe6 - II	0	2	13	19	24	48
KŘ Fe6 - III	0	14	27	30	31	62
KŘ Fe6 - IV	0	3	12	21	25	50
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>33</b>	<b>44</b>	<b>54</b>	<b>54</b>

**Tabulka 1.1.4.**

KŘ Fe12	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KŘ Fe12 - I	0	2	12	21	23	46
KŘ Fe12 - II	0	9	23	24	31	62
KŘ Fe12 - III	0	6	28	31	41	82
KŘ Fe12 - IV	0	8	24	27	32	64
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>47</b>	<b>51</b>	<b>63</b>	<b>63</b>

**Tabulka 1.1.5.**

KŘV	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KŘV - I	0	6	32	39	41	82
KŘV - II	0	5	33	37	40	80
KŘV - III	0	0	20	27	27	54
KŘV - IV	0	0	26	32	38	76
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>61</b>	<b>72</b>	<b>79</b>	<b>79</b>

## Kumulativí klíčivost komonice

**Tabulka 1.2.1.**

Kontrola	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KOS - I	0	9	9	9	9	18
KOS – II	0	9	10	10	10	20
KOS – III	0	9	12	12	12	24
KOS – IV	0	7	9	9	9	18
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

**Tabulka 1.2.2.**

KO H <sub>2</sub> O	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KO H <sub>2</sub> O - I	0	12	14	14	14	28
KO H <sub>2</sub> O – II	0	11	17	17	17	34
KO H <sub>2</sub> O – III	0	12	12	12	12	24
KO H <sub>2</sub> O – IV	0	17	17	17	17	34
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

**Tabulka 1.2.3.**

KO Fe6	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KO Fe6 – I	0	7	7	7	7	14
KO Fe6 – II	0	9	11	11	11	22
KO Fe6 – III	0	8	9	9	9	18
KO Fe6 – IV	0	10	11	12	12	24
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

**Tabulka 1.2.4.**

KO Fe12	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KO Fe12 – I	0	9	9	9	9	18
KO Fe12 – II	0	7	11	11	11	22
KO Fe12 – III	0	8	9	9	9	18
KO Fe12 – IV	0	9	10	10	10	20
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

**Tabulka 1.2.5.**

KOV	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
KOV - I	0	38	44	45	45	90
KOV – II	0	12	15	15	17	34
KOV – III	0	10	14	14	14	28
KOV – IV	0	15	17	17	17	34
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>32</b>

## Kumulativí klíčivost vojtěška

**Tabulka 1.3.1.**

Kontrola	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
VOS - I	0	41	41	41	41	82
VOS – II	0	42	42	42	42	84
VOS – III	0	37	37	39	39	78
VOS – IV	0	40	41	41	41	82
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>82</b>

**Tabulka 1.3.2.**

VO H <sub>2</sub> O	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
VO H <sub>2</sub> O - I	0	39	40	40	40	80
VO H <sub>2</sub> O – II	0	36	38	38	38	76
VO H <sub>2</sub> O – III	0	43	43	43	43	86
VO H <sub>2</sub> O – IV	0	44	44	44	44	88
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>81</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>83</b>

**Tabulka 1.3.3.**

VO Fe6	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
VO Fe6 - I	0	38	40	40	40	80
VO Fe6 – II	0	37	43	44	44	88
VO Fe6 – III	0	33	34	40	40	80
VO Fe6 – IV	0	40	42	42	42	84
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>74</b>	<b>80</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>83</b>

**Tabulka 1.3.4.**

VO Fe12	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
VO Fe12 – I	0	43	44	45	45	90
VO Fe12 – II	0	40	45	45	45	90
VO Fe12 – III	0	44	45	45	45	90
VO Fe12 – IV	0	40	41	41	41	82
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>84</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>88</b>

**Tabulka 1.3.5.**

VOV	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)	Průměr (%)
VOV - I	0	39	40	40	42	84
VOV – II	0	39	40	40	40	80
VOV – III	0	36	38	38	39	78
VOV – IV	0	38	39	39	40	80
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>76</b>	<b>79</b>	<b>79</b>	<b>80</b>	<b>81</b>



Křídlatka dynamika klíčivosti

**Tabulka 2.1.1.**

Kontrola	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KŘS - I	0	5	27	3	6
KŘS - II	0	1	12	13	9
KŘS - III	0	4	16	9	5
KŘS - IV	0	7	14	9	9
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>15</b>

**Tabulka 2.1.2.**

KŘ H <sub>2</sub> O	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KŘ H <sub>2</sub> O - I	0	29	4	4	7
KŘ H <sub>2</sub> O - II	0	38	2	0	0
KŘ H <sub>2</sub> O - III	0	37	1	4	0
KŘ H <sub>2</sub> O - IV	0	35	8	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>21</b>

**Tabulka 2.1.3.**

KŘ Fe6	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KŘ Fe6 - I	0	6	7	4	10
KŘ Fe6 - II	0	2	11	19	24
KŘ Fe6 - III	0	14	13	3	1
KŘ Fe6 - IV	0	3	9	9	4
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>20</b>

**Tabulka 2.1.4.**

KŘ Fe12	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KŘ Fe12 - I	0	2	10	9	2
KŘ Fe12 - II	0	9	4	1	7
KŘ Fe12 - III	0	6	22	3	10
KŘ Fe12 - IV	0	8	16	3	5
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>12</b>

**Tabulka 2.1.5.**

KŘV	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KŘV - I	0	6	26	7	2
KŘV - II	0	5	27	4	3
KŘV - III	0	0	20	7	0
KŘV - IV	0	0	26	6	6
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>53</b>	<b>11</b>	<b>7</b>

Komonice dynamika klíčivosti

**Tabulka 2.2.1.**

Kontrola	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KOS - I	0	9	0	0	0
KOS - II	0	9	0	0	0
KOS - III	0	9	3	0	0
KOS - IV	0	7	2	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabulka 2.2.2.**

KO H <sub>2</sub> O	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KO H <sub>2</sub> O - I	0	12	2	0	0
KO H <sub>2</sub> O - II	0	11	6	0	0
KO H <sub>2</sub> O - III	0	12	0	0	0
KO H <sub>2</sub> O - IV	0	17	0	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabulka 2.2.3.**

KO Fe6	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KO Fe6 - I	0	7	0	0	0
KO Fe6 - II	0	9	2	0	0
KO Fe6 - III	0	8	1	0	0
KO Fe6 - IV	0	10	2	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabulka 2.2.4.**

KO Fe12	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KO Fe12 - I	0	9	0	0	0
KO Fe12 - II	0	7	4	0	0
KO Fe12 - III	0	8	0	0	0
KO Fe12 - IV	0	9	0	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabulka 2.2.5.**

KOV	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
KOV - I	0	38	6	1	0
KOV - II	0	12	3	0	2
KOV - III	0	10	4	0	0
KOV - IV	0	15	2	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Vojtěška dynamika klíčivosti

**Tabulka 2.3.1.**

Kontrola	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
VOS – I	0	41	0	0	0
VOS – II	0	42	0	0	0
VOS – III	0	37	0	2	0
VOS – IV	0	40	0	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

**Tabulka 2.3.2.**

VO H <sub>2</sub> O	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
VO H <sub>2</sub> O – I	0	39	1	0	0
VO H <sub>2</sub> O – II	0	36	2	0	0
VO H <sub>2</sub> O – III	0	43	0	0	0
VO H <sub>2</sub> O – IV	0	44	0	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>81</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabulka 2.3.3.**

VO Fe6	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
VO Fe6 – I	0	38	2	0	0
VO Fe6 – II	0	37	6	1	0
VO Fe6 – III	0	33	1	6	0
VO Fe6 – IV	0	40	2	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>74</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

**Tabulka 2.3.4.**

VO Fe12	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
VO Fe12 – I	0	43	1	1	0
VO Fe12 – II	0	40	5	0	0
VO Fe12 – III	0	44	1	0	0
VO Fe12 – IV	0	40	1	0	0
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>84</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

**Tabulka 2.3.5.**

	0	4.den / (ks)	7.den / (ks)	9.den / (ks)	11.den / (ks)
VOV – I	0	39	1	0	2
VOV – II	0	39	1	0	0
VOV – III	0	36	2	0	1
VOV – IV	0	38	1	0	1
<b>Celkem (%)</b>	<b>0</b>	<b>76</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>