

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Invazní druhy rostlin a jejich potencionální využití se
zaměřením na starček úzkolistý (*Senecio inaequidens*)**

Bakalářská práce

Autor práce: Kateřina Plchová

Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině

Vedoucí práce: PharmDr. Jan Kubeš, Ph. D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Invazní druhy rostlin a jejich potencionální využití se zaměřením na starček úzkolistý (*Senecio inaequidens*)" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala PharmDr. Janu Kubešovi, Ph.D. za jeho čas, cenné rady a odborné vedení při psaní mé bakalářské práce. Také děkuji své rodině za jejich trpělivost a motivaci.

Invazní druhy rostlin a jejich potencionální využití se zaměřením na starček úzkolistý (*Senecio inaequidens*)

Souhrn

V současné době se na území České republiky vyskytuje řada invazních druhů rostlin, které v různé míře ovlivňují svá stanoviště a jejich okolí. Tyto rostliny jsou pro své vlastnosti vnímány negativně a s různou mírou úspěšnosti je snaha je buď odstranit, nebo jim alespoň bránit v dalším růstu. Pokud se však na našem území již vyskytují a možnost jejich přímé likvidace je poměrně složitá, je třeba nahlížet na tyto rostliny z více různých hledisek a položit si otázku, zda je nelze naopak využít. Tato práce se zaměřila jednak na představení základních pojmů a konceptů, které souvisejí s rostlinnými invazemi a možné aplikace těchto rostlin, například jejich využití při výrobě biouhlu. Dále byla pozornost soustředěna na poměrně nový invazní druh, starček úzkolistý, jeho habitus, původní a druhotný areál výskytu, první nálezy a jeho další šíření v České republice. Tato rostlina obsahuje specifické sekundární metabolity, pyrrolizidinové alkaloidy, které jsou známé pro jejich toxicitu. Starček úzkolistý je tak považován za nebezpečný nejen pro člověka ale i pro hospodářská zvířata jako jsou koně a skot. Právě způsobené intoxikace vyvolaly zájem o zkoumání obsahových látek této rostliny. Kromě pyrrolizidinových alkaloidů jsou přítomny v rostlinách rodu starček další druhy specifické sekundární metabolity, mezi něž patří i seskviterpenové laktony, které vykazují různou biologickou aktivitu. Lze tedy předpokládat, že jejich účinky a možné využití lze vztáhnout i na zkoumaný starček úzkolistý.

Klíčová slova: invazní druhy rostlin, využití invazních rostlin, hvězdnicovité, starček úzkolistý, pyrrolizidinové alkaloidy

Invasive plant species and their potential use with a focus on *Senecio inaequidens*

Summary

Currently, there are a number of invasive plant species in the Czech Republic that affect their habitats and their surroundings to varying degrees. These plants are perceived negatively for their characteristics and efforts are made, with varying degrees of success, to either remove them or at least prevent them from growing further. However, if they are already present in our territory and the possibility of their direct eradication is quite difficult, it is necessary to look at these plants from several different perspectives and ask whether they can be used instead. This paper has focused on introducing the basic terms and concepts related to plant invasions and possible applications of these plants, for example their use in biochar production. The focus was also on a relatively new invasive species, *Senecio inaequidens*, its habitat, original and secondary range, first records and its further spread in the Czech Republic. This plant contains specific secondary metabolites, pyrrolizidine alkaloids, which are known for their toxicity. *S. inaequidens* is thus considered dangerous not only to humans but also to livestock such as horses and cattle. It was the intoxication caused by this that sparked interest in investigating the contents of this plant. In addition to pyrrolizidine alkaloids, other species-specific secondary metabolites are present in plants of the genus *Senecio* including sesquiterpene lactones, which show different biological activities. Therefore, it can be assumed that their effects and possible uses can be applied to the investigated *S. inaequidens*.

Keywords: invasive plant species, uses of invasive plants, *Asteraceae*, *Senecio inaequidens*, pyrrolizidine alkaloids

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1 Úvod..... | 7 |
| 2 Cíl práce..... | 8 |
| 3 Literární rešerše..... | 9 |
| 3.1 Rostlinné invaze..... | 9 |
| 3.1.1 Základní pojmy..... | 9 |
| 3.1.2 Invazní proces | 10 |
| 3.1.3 Úspěšnost invazních druhů při jejich šíření (Invazibilita, invadovanost, invazivnost)..... | 13 |
| 3.2 Šíření rostlinných druhů | 18 |
| 3.2.1 Způsoby šíření rostlinných druhů v krajině | 18 |
| 3.2.2 Nová klasifikace způsobu šíření nepůvodních druhů | 20 |
| 3.2.3 Mezinárodní doprava a šíření nepůvodních druhů | 21 |
| 3.3 Starček úzkolistý (<i>Senecio inaequidens</i>)..... | 22 |
| 3.3.1 Habitus..... | 22 |
| 3.3.2 Původní areál výskytu | 23 |
| 3.3.3 Druhotný areál výskytu – rozšíření do Evropy..... | 23 |
| 3.3.4 Šíření v České republice | 24 |
| 3.3.5 Toxicita starčku úzkolistého..... | 26 |
| 3.3.6 Intoxikace pyrrolizidinovými alkaloidy | 29 |
| 3.4 Využití invazních rostlin | 33 |
| 3.4.1 Obecné využití invazních rostlin | 33 |
| 3.4.2 Možné využití rostlin rodu starček (<i>Senecio</i>)..... | 35 |
| 4 Závěr | 39 |
| 5 Literatura..... | 41 |
| 6 Internetové zdroje | 46 |
| 7 Seznam obrázků..... | 47 |

1 Úvod

Šíření nepůvodních druhů představuje jeden z nejvýznamnějších důsledků vlivu člověka na životní prostředí. Již v dávných dobách si s sebou na nová území člověk přinášel osvědčené rostlinné druhy z původních sídlišť, které mu měly pomoci zajistit přežití v novém prostředí. Mnoho rostlinných druhů se na nová území, kde se nikdy před tím nevyskytovaly, dostaly zvláště v období zámořských objevů, a především pak v souvislosti s rozmachem mezinárodního obchodu. Obchodníci přiváželi dosud neznámé rostliny jako exotické okrasné druhy určené pro nově zakládané botanické zahrady či zámecké parky. Některé rostlinné druhy se cíleně dovážely z nově objevených území pro potravinářské a zemědělské účely. Jiné se naopak vyvážely do kolonií, buď aby kolonistům připomínaly domov nebo s cílem zvýšit jejich produktivitu (Pyšek & Tichý 2001).

Další rostliny se pak na nová stanoviště dostaly neúmyslně, např. lodní či železniční dopravou při přepravě surovin a zboží. Tyto nepůvodní rostlinné druhy, které se díky úmyslné či neúmyslné činnosti člověka rozšířily na nová stanoviště, se dnes vyskytují téměř po celé naší planetě. Ne každý nepůvodní druh lze ale nazvat invazním. Tím se stává až poté, co se v krátkém časovém úseku vlastně až příliš dobře adaptuje na nové podmínky, postupně obsadí stanoviště původních rostlin a tímto jim zhoršuje podmínky pro vlastní růst. Nejhorším důsledkem může být i úplné vytlačení původní vegetace (Pyšek 2005).

Tematika rostlinných invazí je velmi aktuální. Invazní druhy poměrně rychle kolonizují lesy, říční břehy, rumiště a staveniště, různé obchodní trasy, jako jsou okolí dálnic a železnic, ale nevyhýbají se ani chráněným územím s cennou a unikátní flórou. Invazní rostliny jsou tedy vnímány spíše negativně, jako něco cizího, co působí problémy a před čím je nutné původní ekosystém chránit. Kontrola růstu či likvidace invazních rostlin je nicméně složitá, a především velmi finančně nákladná, a je nutno přiznat, že často také neúspěšná.

Vzhledem k tomu, že se jedná o dlouhodobý a obtížně řešitelný problém, je třeba se na něj podívat i z jiného úhlu pohledu a položit si otázku, zda by nebylo možné alespoň u části těchto rostlin najít i něco pozitivního, tedy vlastnosti, které by byly pro člověka případně využitelné. Tato práce se zabývá invazní rostlinou starčkem úzkolistým (*Senecio inaequidens* DC., 1838), který se na naše území dostal relativně nedávno, když se začal šířit především podél silničních komunikací a železničních tratí a jeho případným využitím.

Botanická nomenklatura byla zpracována dle Klíče ke květeně ČR (Slavík & Štěpánová 2011) a APG IV. (The Angiosperm Phylogeny Group 2016).

2 Cíl práce

Bakalářská práce se v první části zabývá studiem problematiky rostlinných invazí obecně, zaměřuje se na historii, charakteristiku a důsledky rostlinných invazí. Druhá část se soustřeďuje na vybraný invazní druh – starček úzkolistý. Cílem práce je prozkoumat, zda má tato nepůvodní a invazní rostlina potenciální využití v praktické či teoretické rovině.

3 Literární rešerše

3.1 Rostlinné invaze

3.1.1 Základní pojmy

V souvislosti s různorodými definicemi termínu invazní druh a s poměrně složitou terminologií týkající se introdukovaných druhů uváděnou v odborné literatuře, je nutné nejdříve definovat základní pojmy související s touto problematikou. V odborných pracích, které se zabývaly studiem biologických invazí, se v minulosti používalo velké množství různých a často matoucích termínů. Určitý konsenzus přinesla až práce Davida M. Richardsona (Richardson et al. 2000). V ní navržená terminologie byla přijata velkou částí odborníků zabývajících se studiem rostlinných invazí. Tyto termíny jsou zažité i v české odborné literatuře:

Původní druh: vyvinul se postupně na určitém území během evolučního procesu sám, tj. nezávisle na činnosti člověka, nebo se z původních na nová stanoviště dostal přirozeným způsobem, opět bez přispění člověka. Za původní druh tedy považujeme pouze takový, jehož výskyt na určitém území, nemá s činností člověka nic společného. Ve střední Evropě jsou za původní druhy považovány ty, které zde rostly od konce doby ledové do začátku neolitu (Pyšek & Tichý 2001). Příkladem původního druhu na našem území je např. buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), česnek medvědí (*Allium ursinum* L.) a svízel vonný (*Galium odoratum* Scop.).

Nepůvodní druh (zavlečený, introdukovaný): z původního území na nová území, kde se před tím nevyskytoval, se dostává výhradně vlivem určité lidské činnosti. Počátek lidské činnosti datujeme na začátek neolitu, tedy v době, kdy vliv člověka na krajinu začal být větší než vliv jakéhokoli jiného savce. Tehdy člověk začal krajinu přetvářet cíleně a druhy šířit záměrně nebo také někdy i neúmyslně. Nepůvodní rostliny je tedy možné dále dělit podle způsobu zavlečení na úmyslně zavlečené, kdy si člověk si s sebou z původních lokalit na nová sídliště přinášel osivo a na neúmyslně zavlečené v případě, že s osivem si přinášel i plevel (Křivánek 2006). Proces introdukce (zavlečení), je dle Mlíkovský & Stýblo (2006) přesun nepůvodního druhu mimo jeho současné nebo dřívější místo výskytu přímou nebo nepřímou lidskou činností.

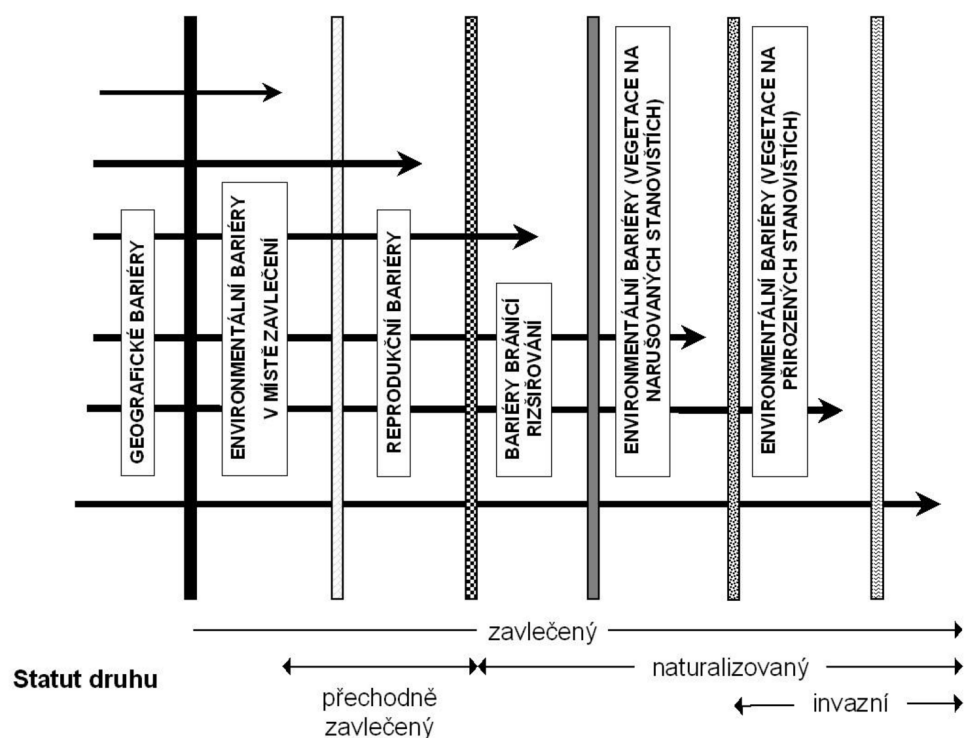
Podle období introdukce jsou neúmyslně introdukované druhy děleny na archeofyty a neofyty. **Acheofyty** představují druhy tzv. Starého světa, které byly zavlečeny přibližně do r. 1500, resp. do období do objevení Ameriky v roce 1492. Příkladem archeofytů je např. koukol polní (*Afrostemma githago* L.), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris* L.) a mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.). **Neofyty** jsou druhy dovezené po tomto datu, tedy po objevení Ameriky, kdy začalo období rozmachu zámořských objevitelských plaveb a tím souvisejícího množství dovážených i přivážených rostlinných i živočišných druhů (Pyšek & Tichý 2001). Příkladem neofytů na našem území je puškvorec obecný (*Acorus calamus* L.), pětour malolobý (*Galinsoga parviflora* Cav.) a lilek brambor (*Solanum tuberosum* L.).

Invazní rostlinný druh: jak vyplývá z výše uvedeného, nepůvodní druh musí být do dané oblasti introdukován člověkem, ať úmyslně či neúmyslně, v dané oblasti je nucen překonat několik bariér, a poté se úspěšně šířit již bez pomoci člověka (Křivánek 2006). Je schopen produkovat velké množství potomstva a překonávat jak velké vzdálenosti od své zdrojové populace, tak i bariéry, které brání jeho prostorovému rozšiřování. Část těchto invazních druhů významně mění charakter invadovaných ekosystémů např. intenzivním využíváním zdrojů jako je voda, kyslík a světlo, podporou eroze či změnou požárového režimu (Pyšek 2005).

3.1.2 Invazní proces

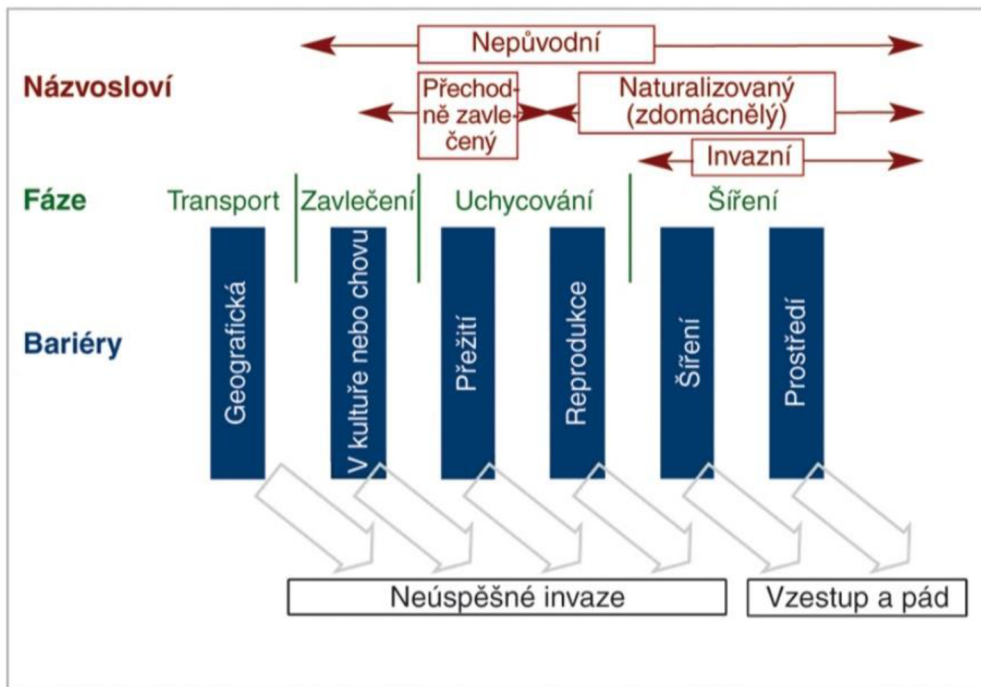
Tento děj si lze dle Richardson et al. (2000) představit jako proces překonávání bariér (Obr. 1), který může mít různou délku a trvat celá staletí nebo jen desítky let. Pokud je rostlinný druh introdukován na jiné stanoviště, překonal první, geografickou bariéru v invazním procesu. Dále musí druh překonat environmentální bariéru (bariéru místního prostředí) a bariéru reprodukční. Pokud se mu podaří v novém prostředí přežít a také se reprodukovat, stane se tzv. přechodně zavlečeným druhem. Tento druh je však reprodukčně stále závislý na opakovaném zavlečení rozmnožovacích částic člověkem. Příkladem přechodně zavlečeného druhu je balsamita, neboli maří list balšámový (*Tanacetum balsamita* L.), která na našem území velmi příležitostně zplaňuje. Rostlinné druhy, které se v novém prostředí dokážou reprodukovat bez podpory člověka, se nazývají jako naturalizované (zdomácnělé). Tyto druhy jsou schopny v krajině existovat zcela nezávisle na člověku a jsou pak trvalou složkou vegetace na daném území. Příkladem u nás je merlík trpasličí (*Dysphania pumilio* Mosyakin et Clemants), hluchavka bílá (*Lamium album* L.) a svlačec polní (*Convolvus arvensis* L.).

Rostlinné druhy, kterým se podaří být nejen trvalou částí vegetace, ale zároveň také mají schopnost šířit se na větší vzdálenosti, obsazovat stanoviště a vytlačovat z nich domácí vegetaci, již nazýváme invazní. Překonaly poslední bariéry svou schopností šíření v člověkem změněném prostředí a schopností šíření v prostředí přírodním, tedy environmentální bariéry, kdy příkladem je vegetace na narušovaných a přírodních stanovištích (Richardson et al. 2000; Křivánek 2006; Pyšek et al. 2008). Podle Valéry et al. (2008) lze invazi obecně popsat jako proces, kdy po vymizení přirozených překážek bránících v šíření získá druh takové konkurenční výhody, které mu umožní jeho rychlé šíření a obsazování nových stanovišť, a tím se pak stává dominantním. Příkladem invazních rostlin, které se rozšířily na našem území, je např. javor jasanolistý (*Acer negundo* L.), bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier) nebo křídlatka japonská (*Reynoutria japonica* Houtt.).



Obr. 1: Model invazního procesu znázorňující hlavní bariéry, které omezují šíření invazních rostlin (Zdroj: Pyšek et al. 2008)

Jiný model invazního procesu si je také možno představit jako kombinaci fází či stádií oddělených bariérami, které musí druh překonat, aby se dostal do fáze následující (Obr. 2). Toto zobecnění invazního procesu je dle autorů modelu platné pro všechny organismy ve všech typech prostředí. Pracuje se čtyřmi fázemi (transport, zavlečení, uchycování, šíření) a šesti bariérami (geografická, v kultuře nebo chovu, přežití, reprodukce, šíření, prostředí). Invaze je tedy chápána jako proces, ve kterém druh překonává geografické, socioekonomické a ekologické bariéry, aby se dostal do další fáze invaze, která je definována na základě populačně-ekologických kritérií (Blackburn et al. 2011; Pyšek 2018).



Obr. 2: Model invazního procesu kombinujícího invazní fáze a bariéry (Zdroj: Pyšek 2018)

Jen velmi malá část nepůvodních rostlinných druhů se ale v procesu introdukce stane opravdu invazními. V úspěšné naturalizaci, či dokonce invazi, brání mnoho okolností. Pokud rostlinný druh překoná geografickou bariéru, nejčastěji uhynie vlivem nepříznivých klimatických či stanovištních podmínek, které způsobí úhyn semenáčků. Rozmnožovací částice, jako jsou semena či plody mohou zplesnivět či se stát kořistí drobných hlodavců, hmyzu nebo ptáků. U jednopohlavných rostlin může nastat situace, kdy jsou na nové stanoviště zavlečeni pouze jedinci stejného pohlaví. Reprodukce je pak závislá na nepohlavním šíření, ovšem ne každý druh je tohoto způsobu rozmnožování schopný. Odhady počtu těchto neúspěšných druhů hovoří o tom, že z každé stovky introdukovaných rostlinných druhů se invazními stanou pouze dva až tři druhy (Pyšek & Tichý 2001). Z dalšího modelu pro odhad pravděpodobnosti přechodu mezi jednotlivými fázemi invazního procesu vyplývá, že fáze přechodného zavlečení dosáhlo průměrně 10 % druhů, 10 % přechodně zavlečených se uchytí a 10 % z celkového objemu naturalizovaných druhů způsobilo ekonomické škody v místě invaze (Williamson & Fitter, 1996).

3.1.3 Úspěšnost invazních druhů při jejich šíření (Invazibilita, invadovanost, invazivnost)

Od konce minulého století vznikla řada teoretických konceptů, které se snaží vysvětlit výskyt invazních druhů v různých společenstvech. Většina z nich propojuje invazibilitu společenstev s vlastnostmi, které podmiňují invazivnost druhů (Pyšek et al. 2008).

Invazibilita je náchylnost (citlivost) společenstva, území, stanoviště či biotopu k invazi. Mírou invazibility je úspěšnost či neúspěšnost přežití nepůvodních rostlin v daném společenstvu, území, stanovišti či biotopu. Čím je nepůvodní druh úspěšnější v přežívání, tím má např. území větší náchylnost k jeho invazi, tedy vyšší invazibilitu (Pyšek 2018). Opakem invazibility je rezistence, tedy odolnost vůči invazím (Chytrý & Pyšek 2008).

Při hodnocení invazibility se zkoumá, která společenstva či území jsou proti šíření nepůvodních druhů odolná a která nikoliv. Hypotéz, které se snaží zodpovědět otázku, **proč jsou některé druhy invazní a některá společenstva více náchylná k invazi**, je velmi mnoho. Shrnutí sedmi klíčových konceptů představuje práce Hierro et al. (2005):

1. **Teorie osvobození od přirozených nepřátel** (The natural enemies hypothesis): zavlečené druhy v novém prostředí získávají výhodu proti původním (domácím) druhům, protože zde nemají přirozeného nepřítele, kterého měly v původním areálu (např. škůdce, parazity, patogeny, viry, predátory).
2. **Teorie evoluce invazivnosti** (The evolution of invasiveness hypothesis): některé zavlečené druhy mohou v introdukovaných oblastech získat dominantní postavení, protože u nich dochází k rychlým genetickým změnám, které souvisejí s novými selekčními tlaky v novém prostředí.
3. **Teorie volných nik** (The empty niche hypothesis): teorie předpokládá, že introdukované druhy využívají volné zdroje, které původní (domácí) druhy nevyužívají.
4. **Teorie nových zbraní** (The novel weapons hypothesis): některé invazní druhy mohou uspět, protože přinášejí nové způsoby interakce s původními druhy. Tyto zavlečené druhy disponují vlastnostmi, které původní společenstva nemají a díky této „výbroji“ jsou nad původními druhy ve výhodě.
5. **Disturbanční teorie** (The disturbance hypothesis): některé invazní druhy mohou být přizpůsobené k disturbancím (narušením). Jedná se zejména o ruderální (rumištní) druhy. Takové se nacházejí i mezi druhy domácimi, nicméně tyto původní druhy nejsou schopny kolonizovat narušené plochy tak úspěšně, jako zavlečené druhy, např. proto, že původní ruderální druhy nezažily typ a intenzitu narušení, na které jsou zavlečené druhy adaptovány.
6. **Hypotéza druhové rozmanitosti** (The species richness hypothesis): hypotéza předpokládá, že druhově rozmanitá společenstva mohou být odolnější vůči invazím než společenstva druhově chudá. Tato společenstva s nižší druhovou diverzitou mají slabší

mezidruhové interakce a více volných zdrojů (prázdných nik). Přítomnost volných zdrojů by mohla způsobit, že druhově chudá společenstva budou náchylnější k invazím.

7. **Teorie přísunu diaspor** (The propagule pressure hypothesis): rozdíly v úrovni invadovosti mohou být způsobeny rozdíly v počtu zavlečených druhů přicházejících do původních společenstev. Když se do společenstva introdukuje velké množství diaspor (tj. rozmnožovacích částic) nových druhů, může to narušit přirozenou rezistenci tohoto společenstva vůči invazím. Pokud se tedy do systému introdukuje nový druh dostatečně dlouho a s velkým množstvím diaspor, bude invazní proces nakonec s velkou pravděpodobností úspěšný.

Invazibilita rostlinných společenstev není náhodným jevem; zdá se, že je možno definovat několik obecných zákonitostí, které s invazibilitou souvisejí (Chytrý & Pyšek 2008):

1. Společenstva, která jsou nejvíce invazibilní, jsou silně nebo často narušována – např. plochy pro pastvu vznikly odstraněním stromů původního lesa, z orné půdy je nejméně jednou za rok odstraněna všechna vegetace, vlnobití nebo vodní proudy narušují růst vegetace na pobřeží.
2. V invazibilních společenstvech způsobuje disturbance dočasný přebytek volných zdrojů, které však nejsou vegetací plně využity – např. v půdě ruderalního trávníku ošetřeného herbicidem, může být hodně živin, ale narušený porost jej nevyužívá.
3. Nejvíce invazibilní společenstva jsou ta, která jsou z vnějších zdrojů současně narušována a obohacována o živiny. Krátkodobě jsou tedy z okolí dodávány volné zdroje, ale rychleji, než je původní vegetace schopna spotřebovat – např. přísun živin prostřednictvím povodňových kalů po záplavách.
4. Nejméně invazibilní společenstva jsou obvykle ta, která jsou málo narušována a zároveň trvale omezena nedostatkem určitého zdroje. V těchto společenstvech se nikdy neprojevuje výrazné krátkodobé zvýšení dostupnosti volných zdrojů.
5. Některá z málo invazibilních společenstev mohou být i pravidelně narušována, avšak kvůli tomu u nich nedochází ke zvýšení dostupnosti nevyužitých zdrojů. Invazibilita je v tomto případě spíše důsledkem odchýlení se od režimu, který je typický pro dané společenstvo. Např. pravidelně sečené louky, nejsou příliš invazibilní, i když jsou sečí narušovány. Pokud však dojde na louce k náhlému a silnému narušení, např. rozoráním, uvolní se živiny a volné zdroje jsou k dispozici pro šíření nepůvodních druhů.

Tyto uvedené body jsou v souladu s **teorií fluktuační dostupnosti zdrojů** (Davis et al. 2000). Teorie říká, že když se na určitou dobu sníží využívání zdrojů nebo se naopak náhle zvýší

jejich dostupnost, jsou pak k dispozici nevyužité zdroje vhodné pro nepůvodní druhy a to je okamžik, kdy jsou rostlinná společenstva obzvláště zranitelná vůči invazi. Teorie zdůrazňuje, že invazibilita společenstva není statická nebo trvalá vlastnost, ale stav, který může v čase kolísat. Invazibilita společenstva se může měnit z roku na rok, dokonce i v rámci jednoho roku podle toho, jak se mění dostupnost volných zdrojů. (Davis et al. 2000).

Invadovanost se rozumí vlastnost společenstva, území, stanoviště či biotopu, která vyjadřuje, do jaké míry je systém invadován. Vyjadřuje tedy podíl (počet) nepůvodních druhů v dané oblasti, resp. jejich relativní zastoupení vzhledem k původním druhům (Pyšek et al. 2008).

Studium invazibility se zabývá otázkou, proč je určité území či společenstvo odolnější nebo jiné naopak náchylnější vůči šíření nepůvodních druhů. Počty nebo podíl nepůvodních druhů z celkové flóry však mohou ovlivňovat rozličné faktory. Zde do problematiky vstupuje teorie přisunu diaspor (viz výše). Lze pozorovat, že společenstvo velmi náchylné k invazím může být invadováno málo, pokud se vyskytuje v místech, kde je přísun diaspor nepůvodních rostlinných druhů nepatrný a naopak, společenstvo odolné vůči invazím může být invadováno značně, pokud se do něj dostává velké množství diaspor nepůvodních druhů. Proto je nutné odlišovat invadovanost (počet či podíl nepůvodních druhů ve společenstvu) od invazibility (citlivosti/náchylnosti společenstva k invazi) (Chytrý & Pyšek 2009).

Dosavadní výzkum shrnuje obecné zákonitosti, které vysvětlují rozdíly v invadovanosti velkých území (Chytrý & Pyšek 2008):

1. **Ostrovy jsou invadovány více než pevnina:** tento jev je vysvětlován teorií volných nik. Na ostrovech se v průměru nachází méně druhů než na stejně velkém území pevniny, některé dostupné zdroje a biotopy jsou tedy nevyužité, resp. neobsazené. Je pravděpodobné, že určité druhy, které jsou na ostrovy zavlékány, budou schopné neobsazené biotopy obsadit a využít volné ostrovní zdroje.

Dalším možným vysvětlením je nízká konkurenceschopnost ostrovních druhů. Ostrovní druhy ve své evoluční historii nebyly vystaveny soužití se silnými konkurenty, proto se u nich nevyvinuly adekvátní adaptace. Zavlečené konkurenčně silné druhy se tak na ostrovech velmi snadno šíří. Větší invazibilitu ostrovů potvrdila i studie, která pomocí počítačového modelu ukázala, že již jen samotná odlišnost v počtech původních druhů u ostrovních a pevninských flór a jejich vzájemné mezidruhové rozdíly v tempu populačního růstu stačí k tomu, aby byly ostrovy více invadovány než pevnina (Herben 2005).

2. **Nový svět je invadován více než Starý svět:** počátky biologických invazí můžeme najít ve Středozeří, kde se rostliny vyvíjely v dlouhodobém a stálém kontaktu s člověkem, který je vystavoval jevům narušujícím jejich stanoviště (disturbancím). Tyto rostliny se na změny adaptovaly po několik tisíc let a po objevení Ameriky se jim otevřela cesta

do ostatních částí světa, kdy si je Evropané přiváželi na nově objevená území, a tím přetvářeli krajinu.

3. **Tropické oblasti jsou invadovány méně než mírný a subtropický pás:** přirozená odolnost tropických ekosystémů proti nepůvodním druhům je zřejmě hlavní příčinou nízké invazibility tropických oblastí. Tuto odolnost způsobuje velké množství biomasy a velmi rychlá obnova vegetačního krytu po narušení. Nízká invazibilita tropických ekosystémů byla však potvrzena pouze na pevnině, v případě tropických ostrovů se jí potvrdit nepodařilo. U ostrovů, které se nacházejí v tropickém pásmu, je pravděpodobně vysoká náchylnost ostrovních ekosystémů k invazím důležitějším faktorem než odolnost rychle rostoucí vegetace.
4. **Horské oblasti jsou invadovány méně než nížiny:** příčiny menší invadovanosti horských oblastí nejsou zcela jasné, nicméně množství studií dokázalo, že s narůstající nadmořskou výškou klesá počet nepůvodních druhů. Za pravděpodobnou příčinu je považována izolovanost horských oblastí, jejich nižší hustota osídlení a menší intenzita dopravy. Nížiny jsou naopak více zalidněné a dostupné prostřednictvím sítí nejrůznějších cest a všechny tyto faktory pak zvyšují možnost zavlékání a následného přísunu diaspor nepůvodních druhů.

Poznatky o **invadovanosti na úrovni rostlinných společenstev** byly až do nedávné doby spíše skromné a hlavně nepodložené relevantními daty, která by srovnávala větší množství společenstev. Na konci 90. let minulého století se zdrojem dat pro hodnocení invadovanosti rostlinných společenstev staly velké databáze fytoecologických snímků, které byly vytvářeny zejména v Evropě. Velmi zajímavé výsledky přinesla studie vzniklá ze srovnání dat pro Českou republiku, Velkou Británii a Katalánsko (Chytrý M. et al. 2008). Z této studie vyplynulo, že nejvíce invadována jsou tato společenstva (Chytrý & Pyšek 2008):

- společenstva ovlivňovaná disturbancemi, které způsobil člověk nebo mechanické vlivy vodního proudu a příboje,
- společenstva s dobrou dostupností živin,
- společenstva, která se vyskytují v oblastech s vyšším přísunem diaspor nepůvodních druhů.

Mezi **nejméně invadovaná společenstva** patří podle výše zmíněné studie ta společenstva, která trpí omezenou dostupností zdrojů (hlavně vody a živin) a společenstva, která se vyskytují v chladnějších oblastech. Velmi málo invadované jsou např. živinami chudá vřesoviště a rašelinště, středomořská vegetace adaptovaná na sucho, alpské a subalpské trávníky a křoviny (Chytrý & Pyšek 2008)

Invazivnost: vlastnost druhu, jeho schopnost invadovat (Pyšek et al. 2008). Invazivností druhů jsou míněny takové biologické vlastnosti rostlinných druhů, které je předurčují stát se invazními (Chytrý & Pyšek 2008). Tyto vlastnosti jsou klíčové pro výsledek invazního procesu.

Jedná se především o vlastnosti, které souvisejí s plodností, klíčivostí, dobrým šířením, bujným růstem a schopností přežít. Mezi hlavní vlastnosti invazních rostlin patří (Pyšek 2001):

- schopnost snadného šíření
- vysoká růstová rychlost
- dobrý vegetativní růst
- rychlá klíčivost
- včasná reprodukce
- výška, vzrůst (invazní rostliny jsou v průměru vyšší než původní druhy)
- velikost (charakter) původního areálu
- vysoká tolerance podmínek prostředí
- způsob opylení (např. samoopylení, větrem)
- velká morfologická a genetická proměnlivost
- tvorba semenné banky (životaschopná semena přítomná v půdě, korunách stromů či keřů, která při změně vnějších podmínek začnou klíčit)
- apomixe (nepohlavní rozmnožování rostlin semeny)
- absence predátorů, patogenů a parazitů

Kromě těchto vlastností je podle autora studie nutno vzít v potaz ještě faktor neurčitosti či nahodilosti, kdy se u určité části invazí jedná o specifickou událost, na níž se podílela řada okolností, které neznáme, nemůžeme je předpokládat a dějí se tedy náhodou, shodou okolností. Jako příklad se uvádí případ šedesáti nepůvodních druhů rodu *Ficus*, tyto stromy jsou úmyslně pěstovány na Floridě a jsou ceněny jako stromy poskytující stín. Dlouhou dobu se nemohly šířit a nepředstavovaly tak nebezpečí pro národní park Everglades, protože druhy rodu *Ficus* mají velmi komplikované opylení hmyzem (každý ze 750 druhů rodu má svůj druh vosičky fíkovnice). Na počátku sedmdesátých let minulého století však došlo k nechtěnému zavlečení opylovačů na Floridu a dále na západní pobřeží USA. Proto se z několika druhů rodu *Ficus* staly druhy naturalizované a je zřejmě jen otázkou času, kdy začnou narušovat ceněný ekosystém národního parku Everglades (Pyšek 2001).

3.2 Šíření rostlinných druhů

3.2.1 Způsoby šíření rostlinných druhů v krajině

Rostlinné druhy se, na rozdíl od zvířat, nemohou aktivně pohybovat v krajině z místa na místo, ale i tak mají určité mechanismy, které jim umožňují jejich šíření v prostoru. U rostlin se ale v krajině šíří jen jejich diaspory a to několika způsoby. Buď vlastními silami mateřských rostlin nebo za pomocí vnějších vlivů. Základní mechanismy pro šíření rostlinných druhů jsou tyto (Matějček 2006; Jehlík 1998; Lhotská et al. 1987):

- **autochorie:** šíření rostlin jejich vlastními mechanismy, samorozšiřování. Jedná se například o vystřelování semen, známé u netýkavek (*Impatiens* sp.) nebo hrachorů (*Lathyrus* sp.), či o pouhé padání rostlinných plodů (např. žaludů, kaštanů) na zem a jejich následné rozkutálení po okolí. Vzdálenosti, které diaspory tímto mechanismem překonávají jsou však zanedbatelné proti vzdálenostem, které mohou diaspory překonat následujícími způsoby.
- **anemochorie:** rozšiřování diaspor větrem. Diaspory, které se šíří větrem, jsou k tomuto uzpůsobeny svým tvarem nebo nízkou hmotností. Semena jsou tak opatřena různými chloupky, chmýřími nebo blanitými lemy a díky nim mohou za pomoci větru urazit značnou vzdálenost. Nejznámějším příkladem jsou ochmýřené „padáčky“ semen pampelišek (*Taraxacum* sp.). Blanité lemy mají semena jilmu (*Ulmus* sp.), malá křídélka zase semena mnohých jehličnanů, která volně vypadávají z rozevřených šišek a jsou větrem unášena na vzdálenost mnoha kilometrů. Snadné šíření diaspor umožňuje také jejich nízká hmotnost a to hlavně u kapradin, hub a mechů.
- **hydrochorie:** šíření diaspor prostřednictvím vody. Pro pohyb diaspor má význam především tekoucí voda. Ve vodě plavou celé rostliny nebo jejich části. Na velkých tocích voda unáší celé stromy i s kořenovým balem. Semena rostlin, které využívají pro své šíření vodu, jsou na svém povrchu nejrůzněji „upravena“ tak, aby se mohla vznášet na vodní hladině. Například pryskyřník plazivý (*Ranunculus repens* L.) má na sobě mikroskopické rýhování, ve kterém se udržují vzduchové bublinky. Rostlinné druhy, které se šíří mořskou vodou, musí mít takové diaspory, které odolají působení slané vody. Příkladem je kokosovník (*Cocos nucifera* L.), jehož tvrdou skořápku obaluje vrstva vláken vzdušného pletiva
- **zoochorie:** rozšiřování rostlin pomocí živočichů. Rozlišujeme endozoochorii, kdy rostlinné diaspory (semeno nebo plod) procházejí trávicím traktem živočicha a jeho exkrementy jsou pak šířeny v prostoru dále. Příkladem je třešeň ptačí (*Cerasus avium* L.). Při epizoochorii dochází k šíření semen nebo plodů na povrchu zvířecího těla. Diaspory jsou k uchycení na zvířecí srsti uzpůsobeny různými háčky či ostny či lepkavým povrchem. Příkladem je svízel přítula (*Galium aparine* L.) nebo šalvěj lepkavá (*Salvia glutinosa* L.).

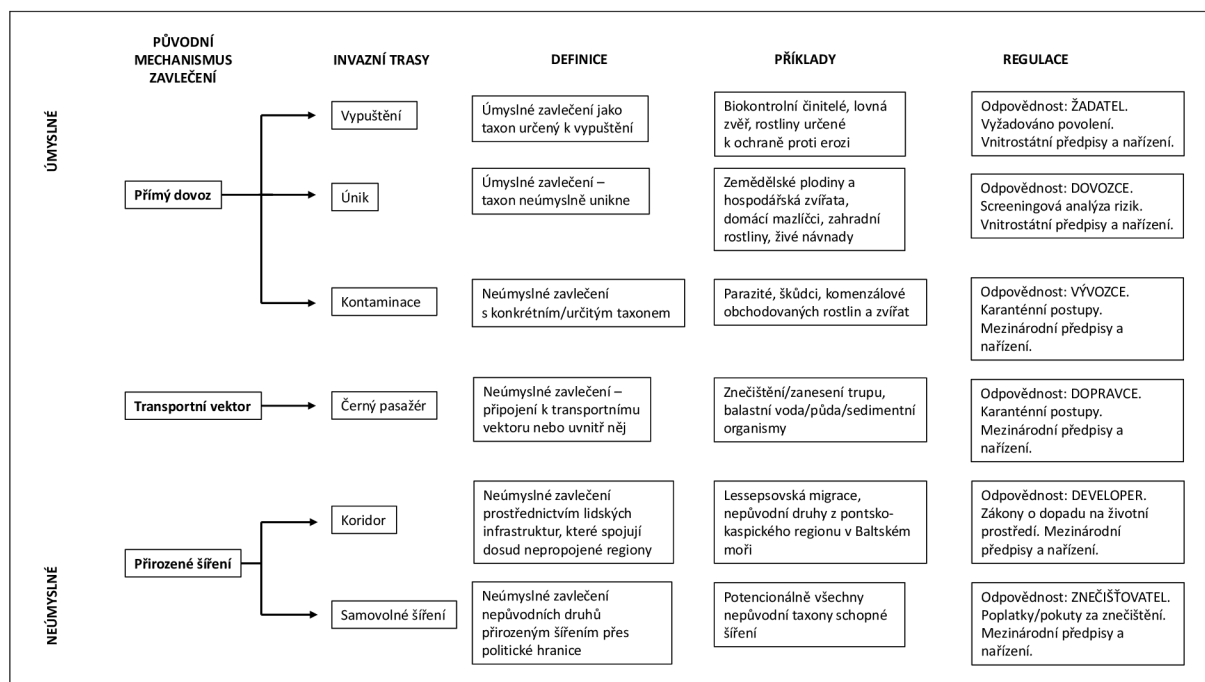
- **antropochorie:** šíření pomocí člověka. Tato strategie hraje nejdůležitější roli v souvislosti s rostlinnými invazemi. Tento způsob šíření je značně efektivní a to jak do množství, v jakém se šíření děje, ale hlavně ve vzdálenostech, které jsou u tohoto způsobu šíření překonávány. Jsou rozeznávány další způsoby antropochorního šíření a to:
 - **speirochorie:** zavlékání a šíření diaspor spolu s osivy, případně semeny, která jsou určena k lidské výživě, technickým účelům či jako krmivo. Známým příkladem šíření s osivem jsou invazní pětour malolůbný (*Galinsoga parviflora* Cav.) a pětour srstnatý (*Galinsoga quadriradiata* Ruiz et Pavón).
 - **etelochorie:** záměrné šíření člověkem. Člověk si s sebou vždy z původních sídel nebo z navštívených zemí přinášel rostliny pro jejich estetickou nebo užitkovou hodnotu a vysazoval je u svých domů, v botanických zahradách nebo na svá pole. Příkladem může být bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier), který byl do Evropy dovezen jako okrasná rostlina. **rypochorie:** šíření diaspor s přepravovaným nákladem z místa nakládky do místa skládky. Děje se tak například při svozu odpadu ze zahrad, skládek a hřbitovů, při rozvážce kompostované chlévské mrvy, nebo při přemísťování zeminy při stavebních úpravách silnic a dálnic a dalších staveb. Se stavebním materiálem se například často zavléká pouva řepňolistá (*Iva xanthiifolia* Nutt.).
 - **agestorie:** šíření diaspor dopravou. Vlivem dálkové dopravy (zejména železniční a kamionové) jsou na nová stanoviště poměrně rychle a na velké vzdálenosti zavlékány nepůvodní rostlinné druhy. Diaspory nepůvodních druhů ulpívají na spodku vozidel či železničních vagonů, na kolech a povrchu vozidla, mísí se ulpívajícím bahnem a blátem a následně se oddrolují, například při svozu zrna nebo píce nebo krmných směsí. Takto se rozšířil rukevník východní (*Bunias orientalis* L.)
 - **amenoagostorie:** souvisí také s dálkovou dopravou. V tomto případě je šíření diaspor umožňováno nárazy vzduchu a vzdušnými víry, které se tvoří okolo rychle projíždějících vozidel. Uvolněné diaspory jsou vzdušnými proudy zanášeny na vzdálenost až 15 m od krajů silnice a usazují se při krajnicích, dělících pásech, příkopech a sousedících polích. Kombinace agestorního a amenoagestorního šíření je příčinou zavlečení (mimo jiných rostlinných druhů) starčku úzkolistého (*S. inaequidens*) do České republiky.

3.2.2 Nová klasifikace způsobu šíření nepůvodních druhů

Novější klasifikaci způsobu šíření nepůvodních druhů přinesl na základě dat z Evropské unie Hulme et al. (2008). Tento rámec pro označování typů biologických invazí pracuje se šesti invazními trasami a třemi hlavními mechanismy zavlečení. Nepůvodní druhy se mohou přímým nebo nepřímým důsledkem lidské činnosti dostat do nového regionu třemi mechanismy - přímým dovozem, pomocí transportního vektoru (neúmyslným dovozem) nebo přirozeným šířením (Obr. 3).

Tyto mechanismy ústí v šest hlavních invazních tras, kde pět z nich je spojeno s lidskou činností. Vypuštěním a únikem se šíří ty druhy, které jsou původně dovezené jako využitelná komodita a posléze jsou buď úmyslně vypuštěny, nebo ze zajetí uniknou (zemědělské plodiny, okrasné rostliny, lovná zvěř). Třetím mechanismem je pak kontaminace (hmyzí škůdci, patogenní mikroorganismy).

Invazní druhy se velmi často šíří také jako černí pasažéři, kteří se „svezou“ v rámci převozu jako takového nebo převáženého média, kterým mohou být např. odpadní vody či půda. Poměrně opomíjené je možné zavlečení různými druhy koridorů dopravní infrastruktury, jako jsou například tunely, mosty a kanály propojující vodní plochy. Šestá kategorie zahrnuje původně neinvazivní druhy, které se na nová území mohou dostat bez pomoci člověka v důsledku samovolného (přirozeného) šíření. Zatímco se často uvádějí rozdíly mezi úmyslným a neúmyslným zavlečením, toto schéma zdůrazňuje faktor lidského záměru, který odráží obtíže při rozlišování mezi nevědomým a promyšleným jednáním (Hulme et al. 2008, Šíchová 2014).



Obr. 3: Klasifikace způsobu šíření nepůvodních druhů (Zdroj: upraveno dle Hulme et al. 2008)

3.2.3 Mezinárodní doprava a šíření nepůvodních druhů

Šíření starčku úzkolistého po Evropě nepochybně souvisí s rozvojem mezinárodní dopravní sítě. Postupně se šíří směrem ze západu na východ a místa jeho nálezů souvisejí hlavně s dálkovou dopravou. Na význam šíření rostlin podél cest a silnic poukázal již v r. 1931 český botanik Karel Domian a definoval tak pojem viatická migrace rostlin, kdy se podél komunikací šíří četné rostliny do oblastí, kde původně nebyly zastoupeny. Šíření nepůvodních druhů podél železničních tratí je nazýváno ferroviatická migrace (Jehlík 1998).

Rychlé šíření neofytů tedy souvisí s jejich migračním potenciálem prostřednictvím moderní dopravy. Úspěšné invazní druhy využívají pro svůj transport hustou evropskou dopravní síť, tedy dálnice, rychlostní silnice a železnice. Na nová stanoviště je dovezou kamiony nebo vlaky a prostor pro uchycení jim poskytují různá synantropní stanoviště. Těmi jsou nákladová či seřazovací nádraží či překladiště, náspy, okraje silnic a dálnic, vlečky, nejrůznější sklady a rozmanitá rekultivovaná území tvořená navážkami, například po ukončení těžební činnosti (Kocián 2009).

Příkladem specifického typu biotopu jsou dálniční komunikace a to z několika důvodů. V zimním období se zde mění chemismus půdy, protože se jízdni pruhy udržují sjízdné pomocí posypových solí. Ze studie, která se zabývala vlivem zasolení na klíčivost semen *S. inaequidens* vyplynulo, že mírné zasolení nemá na klíčení starčku úzkolistého vliv, a až vyšší koncentrace NaCl klíčení tohoto druhu potlačí (Venclová 2012). Alespoň jednou ročně na dálničních komunikacích také dochází k mechanickému narušování půdního pokryvu sečí.

Kombinací měnícího se chemismu půdy a disturbančního režimu tak zejména na středních dělicích pásech a na krajnicích vzniká biotop, který umožňuje uchycení a růst konkurenčně slabších druhů, které by se za jiných okolností nedokázaly existovat. Také přísun diaspor je v dálničních koridorech mnohem intenzivnější, souvisí hlavně s velkou mírou provozu, který nelze srovnávat s jinými komunikacemi. Pro šíření neofytů pomocí dopravní infrastruktury proto sítě dálnic vytvářejí optimální podmínky (Kocián et al. 2016).

Obdobně je pro transport neofytů důležitá železniční doprava. S rozvojem železniční přepravy nastala nová éra v šíření nepůvodních druhů, protože ferroviatická agestochorie a migrace jim umožnily šíření na velké vzdálenosti a poskytly nové areály pro jejich uchycení a následnou invazi do nových území. Komunikace a areály související s železniční dopravou mají několik specifických stanovištních podmínek. Jedná se o rozsáhlá území, kde lze nalézt četné plochy bez vegetace. Půdy jsou zde velmi mladé a představují umělou formu reliéfu, substrát má většinou tmavou barvu, což zároveň s faktem, že se zde většinou nenacházejí zdroje podzemní vody, zvyšuje teplotu daného mikroklimatu. Trvalý přísun nových diaspor také podporuje neustálé ovlivňování půdního pokryvu přímým nebo nepřímým působením člověka (Jehlík 1998).

3.3 Starček úzkolistý (*Senecio inaequidens*)

3.3.1 Habitus

Starček úzkolistý je cévnatá rostlina patřící do čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae* Bercht. & J. Presl, 1820). Jedná se o poměrně vysoký polokeř kulovitěho tvaru s bohatě větveným stonkem, který průměrně dorůstá výšky kolem 40-60 cm (Kocián 2009). Z mělkého vytrvalého kořene vyrůstá na bázi dřevnatějící lodyha, která se dále bohatě větví a její povrch může být zcela lysý nebo pokrytý roztroušenými chloupky. Listy jsou čárkovité (úzké), celokrajné, v některých případech s nepravidelnými drobnými zoubky, na vrcholech zakončené ostrou tuhou špičkou. V paždí listů pak často vyrůstají svazečky drobných lístků.

Květy čeledi *Astraceae* jsou uspořádány do květenství, tzv. úboru. Úbor starčku úzkolistého je dlouze stopkatý, formovaný do bohatého chocholíku. Zákrovní listeny jsou zelené, na špičce tmavě fialově naběhlé. Špičky listenů a někdy i celé listeny zákrovečků jsou nápadně tmavě fialově naběhlé. Rostlina má úbor složený z jazykovitých a trubkovitých květů, ty vyrůstají z okraje květenství a jejich počet se pohybuje mezi deseti až patnácti květy. Okrajové jazykovité květy mají ligulu dlouhou asi pět až osm milimetrů se zlatožlutým zabarvením (Obr. 4). Rostlina kvete od června do listopadu, plodem jsou válcovité, hustě a krátce chlupaté nažky (Grulich 2004; Kocián 2009; Mandák & Bímová 2001).

V odborné literatuře nepanuje shoda, zda je rostlina samosprašná či cizosprašná. Ernst (1998) uvádí, že rostlina je samosprašná, jiné studie (Vanparys et al. 2011) pracují s myšlenkou, že je na evropském kontinentě spíše cizosprašná či velmi slabě samosprašná. Hypotézu cizosprašnosti vyslovuje i Kocián (2012).

Mezi základní morfologické znaky, které odlišují starček úzkolistý od jiných starčků, které na našem území můžeme nalézt, patří jednoduché čárkovité listy a v paždí listů se nacházejí svazečky drobných lístků (Mandák & Bímová 2001).



Obr. 4: Starček úzkolistý (*Senecio inaequidens*) (Zdroj: Pladias 2014-2022)

3.3.2 Původní areál výskytu

Za původní areál výskytu starčku úzkolistého je považována Jihoafrická republika, přesněji bývalé severovýchodní provincie Transvaal a Natal (Grulich 2004). Zde se vyskytuje v nadmořských výškách od 1400 do 2850 metrů nad mořem a rostlina roste především na pastvinách a horských loukách, vyhovují jí vlhké travnaté a strmé kamenité svahy nebo i křemičité písky na svažitých březích vodních toků (Mandák & Bímová 2001).

Díky šíření lidmi byl původní areál výskytu starčku úzkolistého druhotně zvětšen. Rostlina se tak rozšířila na rozličně ruderalizovaná a narušovaná stanoviště, například na místa, která byla zbavena vegetace po požárech. Aktuálně na jihu Afriky osidluje velmi pestré spektrum stanovišť – od suchých po zamokřené, vyskytuje se na zastíněných i otevřených plochách, vyhovují jí půdy kamenité i hlinité. Z toho lze usoudit, že je tato rostlina velmi přizpůsobivá k vnějšímu prostředí a jedinou podmínkou, která by mohla omezit její výskyt, je přítomnost konkurenčně silnějších rostlinných druhů, které by jí mohly z dané lokality vytlačit (Mandák & Bímová 2001).

3.3.3 Druhotný areál výskytu – rozšíření do Evropy

Starček úzkolistý se na evropský kontinent dostal v souvislosti s dovozem jihoafrické ovčí vlny, která byla kontaminována semeny této rostliny. První výskyty v Evropě proto byly zaznamenány výhradně v okolí továren na zpracování ovčí vlny poblíž Hannoveru v roce 1889 a v Brémách v roce 1896. Také všechny další nálezy souvisely s vlnářským zpracovatelským průmyslem, do vypuknutí druhé světové války se dále jednalo o oblasti ve Skotsku, Německu, Francii, Belgii, Nizozemí a Itálii (Ernst 1998). Tehdy se však rostlina na stanovištích vyskytovala vzácně a neměla tendenci kolonizovat další stanoviště (Mandák & Bímová 2001).

V průběhu dalších let se starček úzkolistý zřejmě adaptoval na odlišné klimatické podmínky, které panují v Evropě, protože od počátku padesátých let minulého století lze pozorovat jeho rozšíření po celé západní, střední a jižní Evropě a to do prostředí, která již s transportem nebo zpracováním jihoafrické vlny nesouvisí. (Ernst 1998). V sedmdesátých letech minulého století se začal úspěšně šířit na území Německa a dále směrem na východ. V současnosti se starček úzkolistý vyskytuje na území všech našich sousedů, v Německu, Rakousku, jižním Polsku a na několika místech na Slovensku (Kocián 2009).

Rostlina se vyznačuje poměrně vysokou adaptabilitou na podmínky v druhotném areálu výskytu. Ernst (1998) uvádí, že její populace v letech 1937 až 1977 kvetla pouze od srpna do října, což odpovídá době kvetení v jižní Africe. Nyní rozkvétá dříve (již v květnu) a její kvetení dosahuje na jedné rostlině dvou vrcholů v průběhu jednoho roku. První mezi červencem a srpnem, druhý mezi zářím a říjnem, z obou period rostliny produkují životaschopné diaspory. Rostlina se také adaptovala na poměrně chladné evropské zimy, protože její semena jsou schopna odolat teplotám pod -15 °C. Dospělá rostlina je velmi odolná a schopná přežít i díky vytrvalému kořeni (Ernst 1998; Mandák & Bímová 2001).

3.3.4 Šíření v České republice

První zaznamenaný nález starčku úzkolistého (*S. inaequidens*) byl učiněn V. Jehlíkem v roce 1997 v prostorách labského překladiště v Děčíně. Jednalo se o jedinou rostlinu (Mandák & Bímová 2001). Vzhledem k místu nálezu lze usuzovat, že na naše území byl zavlečen spolu s nákladem z území Německa.

Druhý nález byl učiněn v horním Pojizeří v roce 1999, jihozápadně od města Semily, na volné ploše při silnici č. 14. Na rozdíl od prvotního nálezu se zde jednalo o několik desítek velmi vitálních jedinců. V oblasti, kde byla rostlina nalezena, se dříve soustředil textilní průmysl, existovala zde velké množství přádelen. Starček úzkolistý byl zavlekán spolu s ovčí vlnou, většina zdejších přádelen však zpracovávala bavlnu, proto však přímou souvislost s textilním průmyslem nelze prokázat. Vzhledem k tomu, že rostliny byly nalezeny na okraji silnice, v hrubém nasypáném štěrku, je pravděpodobné, že jejich výskyt je důsledkem transportu z jiných míst (Mandák & Bímová 2001).

Opětovný nález starčku úzkolistého v Ústí nad Labem byl zaznamenán v roce 2000. Jednalo se o stanoviště v blízkosti železniční stanice. Vyskytovali se zde jen dva jedinci, kteří rostli na železničním náspu. Jejich výskyt lze dávat do souvislosti s železniční dopravou z Německa, nelze však ani vyloučit klasický způsob zavlečení spolu s ovčí vlnou. V Ústí nad Labem totiž zpracovávala ovčí vlnu firma Vlnola, která však svůj provoz ukončila několik let před nálezem (Lepší 2003). Nicméně dlouhověkost semen starčku úzkolistého není prokázána, semena tak přežívají spíše jen několik měsíců (Heger & Böhmer 2005).

Ve stejném roce byli jedinci starčku úzkolistého nalezeni v severních a východních Čechách. První lokalita se nacházela v Děčíně v centru města, asi 100 m od břehu Labe. Jediný mohutný trs zde rostl u štěrkového okraje silnice. Druhá lokalita se nacházela v okrese Chrudim, asi 500 m od okraje osady Topol. Byla nalezena také jediná rostlina, která rostla na kamenitém náspu železniční trati (Špryňar & Havlíček 2001).

V roce 2001 bylo v České republice již pět lokalit výskytu starčku úzkolistého. Výskyt tří exemplářů rostliny byl zaznamenán v areálu seřazovacího nádraží Praha-Vršovice, další nálezy jsou z oblasti Děčína, třetí z Ústí nad Labem. Čtvrtá lokalita se nacházela nedaleko města Harrachov a poslední v okrese Chrudim. Všechna místa nálezů souvisela buď s železniční, nebo silniční sítí (Jehlík et al. 2003).

V roce 2008 přinesl podrobný přehled výskytu starčku úzkolistého Joza (2008). Od prvního nálezu v r. 1997 byl zaznamenán na více než sto lokalitách. Většina nálezů byla vázána na intravilány obcí a to hlavně v Praze, dále pak na železnicích a dopravních komunikacích, mimo ně starček úzkolistý dosud nebyl nalezen. Uchycuje se na rozličných narušovaných stanovištích podél svých migračních cest. Pro šíření starčku úzkolistého nadále narůstá význam silnic, a to hlavně dálkových tranzitních tras. Bylo zaznamenáno jeho šíření z Prahy směrem na severozápad prostřednictvím dálnice D8 a na východ prostřednictvím dálnice D11. První výskyty starčku úzkolistého byly následně zaznamenány i na Moravě (Joz 2008).

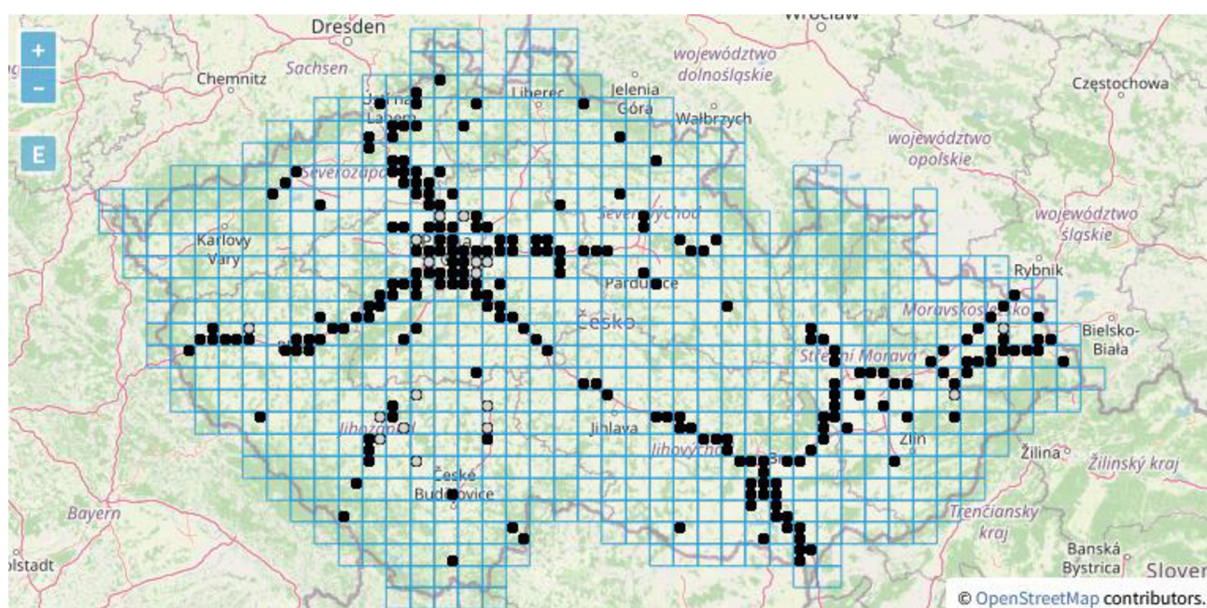
Šíření *S. inaequidens* pokračovalo dále na severovýchod. V roce 2009 byly evidovány tři další lokality, z toho dvě ve Slezsku (Karviná-Doly, Český Těšín) a jedna na severní Moravě (Ostrava). Nálezy opět souvisely se zavlékáním železniční přepravou, resp. v případě nálezu v Ostravě s překládkou uhlí. Za zdroj diaspor by mohl být považován pražský železniční uzel, odkud náklad dále směřuje na severní Moravu a do Slezska na trase Praha-Olomouc-Ostrava-Bohumín-Český Těšín (Kocián 2009).

V roce 2012 byl na severní Moravě zaznamenán další výskyt starčku úzkolistého a to v Novém Jičíně, v prostoru u překladištní haly přepravní společnosti DHL. Je tedy vysoce pravděpodobné, že byl na toto místo zavléčen nákladní silniční dopravou (Kocián 2012).

Rostoucí význam dálniční sítě a sítě rychlostních silnic pro šíření této rostliny směrem na Moravu a do Slezska bylo potvrzeno i v dalších letech, kdy bylo zachyceno celkem 58 dalších lokalit výskytu. Šíření probíhá dopravou většinou ve směru ze západu na východ, resp. na severovýchod a kopíruje dálnici D2 ve směru z Brna na Bratislavu a D1 ve směru Praha-Brno-Ostrava (nachází se zde největší populace, okolo 100 jedinců).

Pozorováním rostlin bylo zjištěno, že v místech, kde se vyskytuje pouze jedna rostlina, není tato schopna vytvořit vyvinuté nažky a patrně se jedná o cizosprašné jedince. To vede k potvrzení hypotézy, že jednotlivě se vyskytující rostliny nejsou schopné samoopylení a k jejich úspěšné reprodukci je nezbytně nutná přítomnost buď jedince, který je částečně samosprašný, nebo alespoň dvou jedinců geneticky odlišných (Kocián 2014).

Další pozorování potvrzují, že intenzivní mezinárodní i vnitrostátní kamionová doprava je v současnosti primárním způsobem šíření starčku úzkolistého. Místa výskytu v České republice prakticky kopírují nejvytíženější dálniční trasy (Obr. 5.).



Obr. 5: Mapa rozšíření starčku úzkolistého v ČR (Zdroj: Pladias 2014-2022)

3.3.5 Toxicita starčku úzkolistého

Starček úzkolistý obsahuje řadu biologicky aktivních látek, mimo jiné i tzv. pyrrolizidinové alkaloidy, které patří mezi sekundární metabolity. Metabolismus rostlin lze obecně dělit na primární a sekundární, kdy primární představuje tvorbu a přeměny základních sloučenin buňky a zahrnuje biochemické pochody, které probíhají u většiny organismů. Produkty primárního metabolismu jsou pro rostlinu nepostradatelné a jsou nutné pro fungování základních fyziologických procesů. Týká se sacharidů, bílkovin, nukleových kyselin a lipidů a je tedy aktivní po celý život rostliny. Naproti tomu sekundární metabolismus zahrnuje tvorbu a přeměnu látek, které jsou označovány jako druhotné (sekundární) a rostlina je vytváří pouze v určitých stádiích vývoje a jen v některé své části (Tiwary & Rana 2015).

Sekundární metabolity mají v rostlinách velmi důležité funkce. Mohou sloužit jako přenašeče informací (hormony, transmittery), skladovací formy odpadních produktů primárního metabolismu, ovlivňují jiné organismy (vůně, insekticidy, toxiny, barviva, atraktanty). Další funkce sekundárních metabolitů mají ekologickou povahu, tyto látky slouží jako ochrana proto parazitům, nemocem a případným predátorům (antibiotika, inhibitory antibiotické aktivity, chelatační činidla). Sekundární metabolity slouží také ke komunikaci nebo obraně rostlin (Zaynab et al. 2018). Nové chemické a genetické studie ukazují, že sekundární metabolity rostlin mohou působit jako regulátory vývoje, růstu a obrany (Erb & Kliebensten 2020). Výraz „sekundární“ v tomto smyslu tak nevyjadřuje menší význam těchto látek, ale spíše jejich speciální funkce. Zatímco se různé druhy rostlin svým primárním metabolismem od sebe neliší, téměř každý druh vyšších rostlin má svůj specifický typ sekundárního metabolismu. Přítomnost specifických sekundárních metabolitů lze tedy využít i jako taxonomický znak (Tiwary & Rana 2015).

Hlavními skupinami sekundárních látek, které se nacházejí v rostlinách, jsou isoprenoidy (terpenoidy), fenolické látky a alkaloidy. Sekundární metabolity, které ve své molekule obsahují alespoň jeden atom dusíku, jsou nazývány alkaloidy. Vyskytují se u téměř dvaceti procent rostlinných druhů (De Luca & St-Pierre 2000). Podle uspořádání formace základního cyklu lze alkaloidy dále dělit na chinolizidinové, piperidinové a pyridinové, pyrrolizidinové, iozochinolinové, indolové, chinolinové, imidazolové, terpenové a steroidní. (Hrdina et al. 2004).

Pyrrolizidinové alkaloidy jsou popisovány v několika rodech čeledí *Asteraceae*, *Fabaceae* (bobovité) a *Boraginaceae* (brutnákovité). Pyrrolizidinové alkaloidy jsou esterově vázané alkaloidy tvořené bazickou necinovou složkou a kyselinou necikovou nebo její částí. Nenasycená necinová báze je výrazně toxičtější než příslušná nasycená forma. Pyrrolizidinové alkaloidy jsou v rostlině syntetizovány v kořenech ve formě N-oxidů a pomocí cévních svazků rozváděny do rostliny a následně jsou pak uskladněny ve vakuolách buněk. N-oxidy lze z rostlinného materiálu lehce extrahovat.

Ve střevech obratlovců jsou pak netoxické N-oxidy redukovány na toxické terciální alkaloidy (Jahodář 2018), které se rychle koncentrují především v játrech a plicích, poškozují však i centrální nervový systém. Bylo tak popsáno mnoho případů intoxikací ve formě fytofarmak nebo potravy (Jahodář & Klečáková 1999).

Mezi rostliny, které obsahují pyrrolizidinové alkaloidy, patří i *S. inaequidens*. Podezření, že rostliny patřící k rodu *Senecio*, mohou způsobovat poškození jater, se objevilo již okolo roku 1920 (Frohne & Pfander 2005), pozdější výzkumy vedené v Jihoafrické republice toto potvrdily (Selzer & Parker 1951). Studie Bicchi et al. (1985) pomocí kapilární plynové chromatografie a kapilární plynové spektrometrie identifikovala ve starčku úzkolistém pět sloučenin, které patří do skupiny pyrrolizidinových alkaloidů: senecivernin, senecionin, integerrimin, retrorsin a analog retrorsinu. Nejvyšší koncentraci ve vzorku měl retrorsin (27,6 %), dalším byl senecionin (21,3 %), následoval senecivernin (16,4 %). Malý obsah byl zaznamenán u integerriminu (4,7 %) a analogu retrorsinu (1,2 %). Výsledky ukazovaly také na výskyt dalších dvou sloučenin, které se ale nepodařilo identifikovat. Alkaloidy z celkové hmotnosti sušiny rostliny představovaly 0,3-0,4 % (Bicchi et al. 1985).

Rostliny druhu rodu *Senecio* jsou obvykle nejedlé a hospodářská zvířata je spásají pouze tehdy, když je jiné píce nedostatek nebo pokud je porost tak hustý, že je pro zvíře nemožné se mu vyhnout nebo ho odlišit od jiné rostliny. Může také dojít ke kontaminaci sena nebo siláže. V roce 2004 byl v Jihoafrické republice, ve Frankfortu v provincii Free State zaznamenán případ masivního úmrtí skotu. V místě pastvy se hojně vyskytoval zelený keř, který byl kravami silně spásán. Skot v krátké době uhynul, ačkoli byl po otravě převezen do jiné oblasti. Výsledky pitvy odhalily u uhynulých krav těžkou jaterní nekrózu. Rostlina byla z místa výskytu odebrána a později identifikována jako *S. inaequidens* DC (Dimande et al. 2007).

Potvrdit toxicitu starčku úzkolistého, který se podílel na úmrtí skotu v Jihoafrické republice, bylo cílem studie Dimande et al. (2007). Ze vzorku byly izolovány dvě skupiny pyrrolizidinových alkaloidů – retrorsin a senecionin a další dvě neidentifikovatelné sloučeniny. Nejhojněji zastoupeným pyrrolizidinovým alkaloidem byl retrorsin (75,8 %), následovaný senecioninem (20 %) a dalšími dvěma sloučeninami, o kterých studie předpokládala, že též patří do skupiny pyrrolizidinových alkaloidů a které představovaly menší podíl (méně než 5 %). Dimande et al. konstatovali, že toxicita druhů rodu *Senecio* pro zvířata závisí na celkovém obsahu pyrrolizidinových alkaloidů v rostlině a vnímavosti zvířat na tyto alkaloidy. Obsah pyrrolizidinových alkaloidů v *S. inaequidens* se velmi liší a závisí na růstové fázi, ročním období a lokalitě, v níž se daná rostlina nachází. To bylo prokázáno analýzou rostlinného materiálu *S. inaequidens* získaného ze tří různých lokalit v Jihoafrické republice během tří různých ročních období. Studie také potvrdila, že koncentrace pyrrolizidinových alkaloidů je vyšší v květech a semenech a nižší v listech a stoncích.

V rámci experimentu byl potkanům a ovcím podáván surový extrakt ze starčku úzkolistého. Při vyšších dávkách se u potkanů objevovala deprese, nejistá chůze, piloerectce (husí kůže), zvýšené hodnoty bilirubinu, kreatininu a močoviny v séru. Pitva těchto jedinců pak

konstatovala závažnou nekrózu jater. U ovcí se klinické zjevné příznaky otravy nevyskytovaly, ovce však projevovaly jistou sníženou chuť k jídlu. Retrorsin a senecionin byly získány z jater pokusných potkanů i z jater ovcí. Retrorsin byl zjištěn také v ledvinách ovcí a u dvou potkanů, kromě toho byl zjištěn také v plicích, žluči a moči ovcí. Nicméně se nepodařilo detekovat pyrrolizidinové alkaloidy v bachoru ovcí, což mohl způsobit specifický tzv. bachorový metabolismus, díky kterému jsou ovce vůči těmto alkaloidům zřejmě částečně rezistentní. Ze závěru studie lze říct, že pyrrolizidinové alkaloidy byly skutečně s největší pravděpodobností odpovědné za úhyn skotu v Jihoafrické republice (Dimande et al. 2007).

Určit obsah toxických pyrrolizidinových alkaloidů v rostlině během celého jejího vegetačního období bylo cílem studie Elles & Chizzola (2016). Při přípravě studie byly vybrány dvě lokality v údolí Val Venosta v Itálii, které se nacházely na strmých horských svazích a které nebyly využívány k zemědělským účelům. První lokalita se nacházela přibližně v 700 m n. m., druhá v nadmořské výšce asi 1175 m. Na každé lokalitě bylo odebráno osm vzorků, ty byly dále rozděleny na květy, listy a stonky. Studie ze vzorků izolovala celkem devět druhů pyrrolizidinových alkaloidů, z nichž šest bylo možné identifikovat: retrorsin, senecivernin, senecionin, integerrimin, usaramin a seneciphyllin.

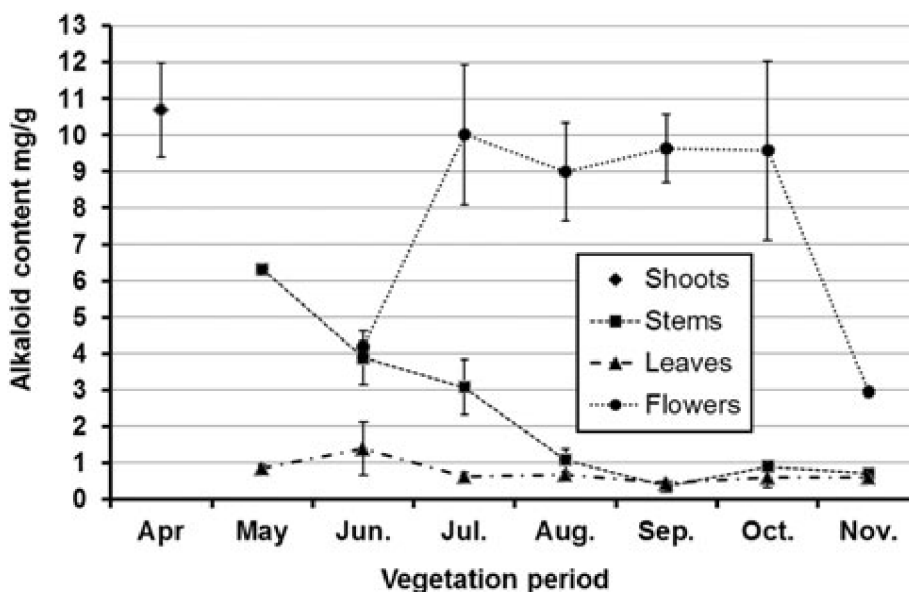
Nejvyšší koncentraci měl ve vzorku retrorsin – 68 % ve stoncích, naopak v květenstvích pouze 47 %. Druhou látkou s vysokým podílem byl senecivernin, který měl koncentraci 26 % v květenstvích a 11 % ve stoncích. Senecionin představoval 5-10 % alkaloidní frakce, itegerrimin 5-7 %, usaramin 3-4 %, seneciphyllin asi 1 %. Kromě toho alkaloidní frakce vykazovala přítomnost dalších tří sloučenin, avšak ty se vyskytovaly pouze v nepatrném množství (Eller & Chizzola 2016).

Během vegetačního období je obsah pyrrolizidinových alkaloidů v rostlině velmi dynamický. Průměrný obsah pyrrolizidinových alkaloidů za celé vegetační období činí 3,34 mg/g hmotnosti sušiny. Na začátku sezóny je produkce toxických látek nejvyšší a v dalším průběhu vegetačního období pak klesá. Celkové hodnoty obsahu pyrrolizidinových alkaloidů tak kolísají v rozmezí 1,14-10,7 mg/g hmotnosti sušiny (Eller & Chizzola 2016).

Obsah pyrrolizidinových alkaloidů v mladých výhoncích a stoncích s malými listy byl v dubnu 10,7 mg/g hmotnosti sušiny. V pozdějším období klesal obsah pyrrolizidinových alkaloidů ve stoncích až do srpna a září, kdy se ustálil na hodnotě kolem nebo pod 1 mg/g sušiny. Množství pyrrolizidinových alkaloidů v listech je během vegetačního období téměř neměnné a pohybuje se okolo 1 mg/g hmotnosti sušiny (Eller & Chizzola 2016).

Kvetení starčku úzkolistého začíná na počátku června a trvá až do konce listopadu. V období od července do října se obsah alkaloidů v květenstvích zvýšil až na 10 mg/g. Nejvyšší obsah pyrrolizidinových alkaloidů byl tedy zjištěn na jaře a v období kvetení od července do října. Ze závěrů studie lze tedy konstatovat, že v těchto důležitých obdobích v sobě rostlina koncentruje vysoké podíly pyrrolizidinových alkaloidů proto, aby tím chránila sama sebe, např. aby odradila býložravce (Obr. 6).

Nejvyšší obsah pyrrolizidinových alkaloidů v květenstvích byl pozorován nejen u dalších druhů rodu *Senecio*, ale i u dalších rostlin, např. užanky lékařské (*Cynoglossum officinale* L.) z čeledi brutnákovitých (*Boraginaceae*) (Eller & Chizzola 2016).



Obr. 6: Průměrný sezónní obsah pyrrolizidinových alkaloidů ve výhoncích, stoncích, listech a květenstvích (Zdroj: Eller & Chizzola 2016)

3.3.6 Intoxikace pyrrolizidinovými alkaloidy

Intoxikace člověka

Pyrrolizidinové alkaloidy jsou považovány za hepatotoxické, genotoxické, teratogenní, karcinogenní a pneumotoxické látky nebezpečné pro zvířata i člověka (Wiedenfeld et al. 2008). Člověk se těmito látkami může intoxikovat nevědomky, konzumací kontaminovaných potravin – např. chlebem, jak je uvedeno dále, nebo pitím různých čajů a nálevů, konzumací mléka, medu a pylu (Fröhne & Pfander 2005).

Toxicitu pyrrolizidinových alkaloidů potvrdila jihoafrická studie, která shrnovala dvanáct případů otravy alkaloidy rostliny rodu *Senecio*. Většina pacientů uváděla, že jedla chléb z nedokonale vymleté pšenice. Mouka byla kontaminovaná semeny rodu *Senecio*, který zde běžně roste v pšenici jako plevel a zřejmě kontaminoval mouku, která byla z této pšenice vyrobená (Selzer & Parker 1951). Úmrtnost v těchto případech kontaminace může být poměrně velká, jak dokazuje relativně nedávný případ z iráckého Mosulu. Tehdy ze čtrnácti intoxikovaných osob dvě zemřely, přičemž odhadovaná úmrtnost činila 14 % (Altaee & Mahmood 1998).

Mnoho hospodářských zvířat, která jsou určena k produkci masa, se může dostat do kontaktu s rostlinami obsahující tyto alkaloidy. Nebylo však zcela jasné, zda v mase zvířat zůstávají nebezpečná rezidua těchto alkaloidů, některé údaje naznačovaly, že vyšší hladiny pyrrolizidinových alkaloidů zůstávají v játrech a ledvinách hospodářských zvířat. Byly provedeny pokusy, kdy byla štěňata krmena vařeným masem zvířat otrávených druhem *Trichodesma*, který produkuje pyrrolizidinové alkaloidy. Tento pokus vedl během čtyř měsíců k úhynům zvířat nebo k nevratným patologickým změnám. To potvrdilo, že maso, kterým byla pokusná zvířata krmena, obsahovalo rezidua toxických alkaloidů, které nezničilo ani tepelné ošetření podávaného masa (Wiedenfeld et al. 2008).

Prostřednictvím kravského mléka nebyly u lidí zaznamenány žádné případy otravy pyrrolizidinovými alkaloidy a toto mléko se tak nepovažuje za významné zdravotní riziko pro své spotřebitele vzhledem k tomu, že pochází z mnoha zdrojů a při jeho zpracování dochází k jeho smíchání. Avšak i nízké hladiny pyrrolizidinových alkaloidů v kravském mléce mohou být pro lidské zdraví nebezpečné, vzhledem k jejich hepatotoxickým a genotoxickým účinkům. Záleží i na formě krmiva, senáž množství pyrrolizidinových alkaloidů zachovává, silážováním se jejich obsah částečně snižuje (Kalač & Kaltner 2021). Existuje několik případů otrav u dětí po požití mléka mateřského do kterého pyrrolizidinové alkaloidy přešly (Wiedenfeld et al. 2008). Nejzávažnější intoxikace byla zaznamenána v roce 1988, kdy došlo k úmrtí novorozence. Jeho matka v těhotenství dlouhodobě užívala léčivý čaj z podbělu lékařského (*Tussilago farfara* L.) a devětsilu lékařského (*Petasites hybridus* L.) (Jahodář 2018). Obě léčivé rostliny pomáhají při problémech s horními cestami dýchacími, nicméně také zároveň obsahují pyrrolizidinové alkaloidy a musí se tedy používat pouze krátkodobě.

Intoxikace pyrrolizidinovými alkaloidy prostřednictvím medu je teoreticky možná, avšak s ohledem na to, kolik medu je člověk schopen sníst, málo pravděpodobná. Ačkoliv se původně předpokládalo, že zdrojem alkaloidů je nektar v medu, objevily se také názory, že mohou pocházet také z pylu (Wiedenfeld et al. 2008). Výzkumný ústav včelařský v Dole (Česká republika) před časem prozkoumal tři vzorky medu, který pocházel z oblastí, kde jsou hojně rozšířeny rostliny rodu *Senecio*. U těchto medů byla provedena kvantitativní pylová analýza. Ve dvou vzorcích medu byl pyl starčku detekován 1% podílem a ve třetím vzorku se starček podílel 2 % ze všech pylových zrn. S ohledem na nepatrný podíl pylových zrn ve vzorcích, a s tím souvisejícím množstvím pyrrolizidinových alkaloidů, tedy tento med podle autorů studie nepředstavuje žádné závažné riziko ohrožení lidského zdraví (Kamler & Titěra 2018).

U drůbeže chované pro vejce může riziko intoxikace prostřednictvím krmných směsí s pyrrolizidinovými alkaloidy tak existovat. Jsou uváděny případy, kdy krmivo komerčního chovu nosnic obsahovalo semena otočníku evropského (*Heliotropium europaeum* L.) a pyrrolizidinové alkaloidy typické pro tuto rostlinu pak byly nalezeny ve snesených vejcích, obdobný případ se pak týkal hadince jitrocelovitého (*Echium plantagineum* L.). Drůbež a další hospodářská zvířata jsou někdy krmena obilím, resp. krmnými semeny, které jsou nevhodné pro lidskou spotřebu, ale považují se za dostačující jako krmivo.

Zajištění jeho kvality pro hospodářská zvířata je důležitým faktorem při snižování rizika vystavení člověka přírodním toxickým látkám, jako jsou zmíněné alkaloidy (Wiedenfeld et al. 2008).

Při pravidelném vnitřním užívání rostlin (formou čajů či nálevů), které obsahují pyrrolizidinové alkaloidy, může dojít k nejzávažnějším intoxikacím. I když byly otravy těmito alkaloidy zaznamenávány spíše v rozvojových zemích, kde se hojně používají tradiční bylinné léky, i průmyslově vyspělé země evidují případy intoxikace pyrrolizidinovými alkaloidy po konzumaci bylinných produktů. Na německém trhu byl dlouhou dobu dostupný tradiční bylinný čaj s antidiabetickými účinky „Kruziflora“. Obsahoval i zelené části starčku Fuchsova (*Senecio nemorensis* ssp. *Fuchsii* Hoppe), který je v gynekologii ceněn pro své hemostatické účinky. Protože nebylo zajištěno, aby se tento čaj užíval k léčebným účelům pouze po krátkou dobu, německé úřady jeho používání a další prodej nedoporučily (Frohne & Pfander 2005).

Příznaky chronické intoxikace pyrrolizidinovými alkaloidy se u člověka poprvé objeví až po několika týdnech nebo měsících. Začínají se projevovat nespecifickými příznaky, jako je nechutenství, vyčerpání a bolesti břicha. S postupujícím časem dochází k chřadnutí organismu, otokům břicha a dolních končetin a možné je i poškození plic. S další intoxikací dochází k charakteristickým změnám jater, k jejich zvětšení, tvrdnutí a později k cirhóze. Tento stav je popisován jako venookluzivní onemocnění (VOD, senecióza). U člověka nebyla zatím akutní forma intoxikace zaznamenána (Fröhne & Pfander 2005; Jahodář 2018).

Intoxikace zvířat

V rámci zvířat jsou koně k intoxikaci pyrrolizidinovými alkaloidy rodu *Senecio* velmi vnímaví. Sice se na pastvách běžně kvetoucím rostlinám vyhýbají, nebezpečí však nastává, pokud je píče nedostatek. Nejčastěji jsou popsány otravy druhem starček přímětník (*Senecio jacobaea* L.), byla však popsána i otrava starčkem Fuchsovým. Problémem je, že k otravě může dojít jak z čerstvé píče, tak i z kontaminovaného sena či senáže, protože pyrrolizidinové alkaloidy se sušením neničí, rostlina naopak sušením ztrácí svou hořkou chuť a koně ji tak snadněji pozřou. V našich podmínkách je otrava těmito rostlinnými alkaloidy známá jako Žďárská choroba. Název onemocnění je odvozen od jihočeské obce Žďár, kde na přelomu devatenáctého a dvacátého století uhynulo asi padesát koní, kteří všichni vykazovali stejné klinické příznaky (Novotná et al. 2021).

Toxická dávka sušeného starčku je mezi 2-5 % tělesné hmotnosti zvířete (Novotná et al. 2021). Co se týká čerstvého starčku, smrtelná intoxikace nastává, pokud ho kůň zkonzumuje tolik, kolik se rovná sedmině jeho hmotnosti (Ježková 2021). Toxický efekt pyrrolizidinových alkaloidů je kumulativní, uvedenou dávku nemusí kůň pozřít najednou, klinické příznaky se dostaví po postupném příjmu rostliny, u koní (a skotu) to může být už při denním příjmu, které se rovná 1 % tělesné hmotnosti zvířete (Novotná et al. 2021).

Akutní otrava vyústí v nekrózu jater s krvácením, klinicky lze pozorovat depresi, koma až úhyn. Častěji se však vyskytuje chronická intoxikace pyrrolizidinovými alkaloidy, která se u koní projevuje hubnutím, kolikami, průjmy, dysfagií (potíže při polykání), lze u nich pozorovat změny chování (agresivita), tlačení hlavou proti zdi až slepotu. Antidotum neexistuje, léčba je jen symptomatická. Proto je důležité co nejdříve odstranit zdroj alkaloidů z krmiva a nahrazení kvalitním senem (Novotná et al. 2021).

Další velmi vnímavou skupinou, co se týká intoxikace pyrrolizidinových alkaloidů, je skot. Stejně jako koně, i skot rostliny rodu *Senecio* obvykle ignoruje, ale může ho spásat spolu s ostatní trávou nebo pokud je opět nedostatek jiné pastvy. Tak jako pro koně, je pro skot tato rostlina nebezpečná i v seně a senáži. Smrtelná dávka čerstvého starčku je pro skot asi 5-20 % tělesné hmotnosti. Skot uhynie na akutní otravu do dvaceti dnů, pokud jsou zvířata krmena senem, které obsahuje 10 % sušeného starčku. Pokud je starčku 1 %, skot uhynie do tří měsíců. Příznaky intoxikace jsou podobné jako u koní, chronická forma intoxikace je též častější než akutní forma. Zvířata hubnou, mají průjem, žloutenku a kolikovitě bolesti, mohou se u nich objevit otoky nohou nebo břicha. Zasažena je i centrální nervová soustava, příznaky zahrnují bezcílné bloumání, točení se v kruhu, slepotu, potácivý pohyb. K úhynu dochází několik dní po projevení prvních příznaků (Ježková 2021).

Ovce a kozy jsou vůči intoxikaci pyrrolizidinovými alkaloidy dosti odolné, což dokládá fakt, že při experimentech se podařilo vyvolat příznaky intoxikace při zkrmení starčku, který odpovídal více než 200 % tělesné hmotnosti u ovce a 125-400 % tělesné hmotnosti u kozy. Ovce a kozy rozkládají pyrrolizidinové alkaloidy v bacheru a při metabolizaci v játrech u nich vzniká pouze malé množství pyrrolových sloučenin. Příčinou této rezistenci je tzv. bacherový metabolismus, kdy se na rozkladu této skupiny metabolitů podílí specifická střevní mikrobiota těchto zvířat. Ovce a kozy (dospělá, nebřezí a nedojená zvířata) se proto používají k záměrnému spásání na těch pastvinách, kde se vyskytují rostliny rodu starček, protože na rozdíl od koní a skotu, ovce a kozy tyto rostliny záměrně vyhledávají. I tak je lze pro tento účel využít jen jednu sezónu, další rok by se i u těchto odolných zvířat mohla vyvinout žloutenka a následovat jejich úhyn (Ježková 2021).

3.4 Využití invazních rostlin

3.4.1 Obecné využití invazních rostlin

Invazní rostliny se vyznačují velkou vitalitou, schopností rychlého množení a produkcí značného množství biomasy. Tyto vlastnosti může člověk využít ke svému prospěchu a to především k energetickým účelům. Příkladem energeticky významných rostlin mohou být křídlatky (*Reynoutria* sp.). Tyto rostliny původem z Japonska, Tchajwanu, Korey a severní Číny byly v 19. století dováženy do Evropy jako okrasné rostliny, které mají i další využití. Jednalo se o křídlatku japonskou (*Reynoutria japonica* Houtt.) a křídlatku sachalinskou (*Reynoutria sachalinensis* Nakai.), které byly ceněny pro svůj dekorativní vzhled i pro další využití jako pícniny a medonosné rostliny. Také byly vysazovány ke zpevňování písečných dun, oddenky se využívaly v japonské a čínské medicíně i jako kulinářská zajímavost. Křídlatky však mají také značné negativní vlastnosti, narušují původní rostlinná společenstva, poškozují protipovodňová zařízení, prorůstáním narušují chodníky a silnice a zneprístupňují napadené plochy (Patočka 2005).

V současnosti se o křídlatkách uvažuje jako o perspektivních rostlinách s vysokým potenciálem pro další využití. Kořen by se dal využít k farmaceutickým účelům, v tradiční východoasijské medicíně se jím léčí chronické a hnisavé nemoci kůže, lehčí pohlavní choroby a má schopnost snižovat hladinu cholesterolu (Stupavský 2008). Listy obsahují antioxidačně účinné flavonoidy a antrachinony a další, dosud neznámou fungicidní látku, která působí proti různým druhům padlí. Rostliny je dále možno zpracovat na papír nebo izolační materiály (Patočka 2005).

Největší potenciál mají však křídlatky jako energetické plodiny k výrobě bioplynu nebo jako pevná ekologická paliva. Křídlatky je tedy možné místo namáhané likvidace zužitkovat a upravit je do formy, která je vhodná, po zaschnutí ve formě štěpky nebo briketového paliva, pro spalování k výrobě tepla nebo elektřiny. Křídlatky jsou energeticky velmi výnosné, z jednoho hektaru křídlatky je možné získat takové množství energie, které by mělo postačit pro celoroční vytápění šesti rodinných domů (Patočka 2005). Jako surovina pro bioplynovou stanici se křídlatky mohou sklízet i vícekrát ročně v zeleném stavu. Pro jejich energetický potenciál by bylo možné zakládat jejich plantáže záměrně, nicméně jako velmi invazivní druhy je nutné je pěstovat na zvláštních lokalitách a vytvořit umělé překážky, např. ochranné pruhy kolem plantáže, dále je nutno odstraňovat kořeny a oddenky a požívat chemické přípravky (Stupavský 2008).

Ve svůj prospěch mohou invazní rostliny využít i lidé z rozvojových zemí, kde je problém s dostupností elektrické energie a tepla. Hladinu Viktoriina jezera v Keni pokryla tokozela nadmutá, zvaná také vodní hyacint (*Eichhornia crassipes* Mart.). V Keni patří mezi nejinvazivnější rostlinné druhy, pochází z Jižní Ameriky a do Afriky byla přivezena jako okrasná vodní rostlina, která byla do Viktoriina jezera zavlečena kolem roku 1980.

Velmi rychle se zde rozmnožila a na hladině dnes vytváří souvislé plochy, které znesnadňují lodní dopravu po jezeře tím, že se rostlina namotává na lodní šrouby. Husté porosty vytvářejí vhodné podmínky pro množení larev moskytů a zabraňují přístupu slunečních paprsků pod vodní hladinu a způsobují nedostatek kyslíku ve vodě, což přispívá k poklesu rybích populací. U lidí, kteří žijí na březích jezera bylo zaznamenáno zvýšené množství výskytu kožních vyrážek, kašle, malárie, encefalitidy a schistosomózy. Rostlina svými tvrdými kořeny ucpává systémy na úpravu vody, zavlažování a zásobování vodou, celkově tedy poškozují jezerní rybolov, ekonomiku i zdraví obyvatel, kteří žijí v blízkosti jezera. Keňané se však naučili s touto rostlinou žít a dokonce ji využívat jako surovinu na výrobu bioplynu. Vytvořili systém malých bioplynových stanic, které slouží potřebným lidem, kteří dříve museli platit za dřevěné uhlí, palivové dříví nebo parafín (Langat 2021).

Rostlinnou biomasu získanou z invazních rostlin lze také využít jako prostředek pro zlepšení kvality zemědělské půdy. Biouhel (angl. biochar) je materiál, který lze získat z biomasy thermochemickou přeměnou v prostředí s omezeným obsahem kyslíku - pyrolýzou. Biouhel zvyšuje kvalitu půdy, a tím poskytuje možnou cestu pro využití invazních rostlin i řešení současných výzev, jakými jsou projevy půdní eroze nebo negativních dopadů sucha. Jeho využití je široké, protože jej lze přidávat do zemědělské půdy, kde ovlivňuje její úrodnost. Udrží v půdě značné množství uhlíku, který se tak neuvolní do atmosféry a tím pomáhá bojovat se změnami klimatu. Má rovněž schopnost adsorbovat těžké kovy a v půdě zvyšuje zádržnost vody. Pokud dosahuje vysoké kvality, lze jej použít i jako krmnou surovinu (samostatně nebo jako součást krmiva). Pro své retenční schopnosti je vhodný pro městské zelené střechy, kořenové čističky odpadních vod, pro parky a zahrady. Kromě uvedených možných použití, zvyšuje i kvalitu kompostu, zkracuje dobu jeho kompostování a snižuje jeho zápach (Feng et al. 2021; Martínek 2020).

Určité specifické vlastnosti jednotlivých invazních druhů mohou být také využity, např. ve farmaceutickém průmyslu, potravinářství nebo k rekultivaci krajiny. Příkladem může být trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* L.). Jedná se o velmi invazivní dřevinu, navíc jsou všechny její části, kromě květů, v různé míře toxické. Akát se používal pro lesnictví, v Čechách byl vysazován na strmých svazích kolem řek a na opuštěných pastvinách. Akát zde měl zabraňovat erozi a regenerovat narušené půdy, protože vytváří velmi bohatý kořenový systém. Začal se však spontánně šířit a vytlačovat některé domácí druhy. Proto se v současné době nová výsadba těchto dřevin na našem území neprovádí, naopak v Maďarsku i do budoucna počítají s jeho výsadbou a Maďaři akát všeobecně vnímají jako svůj neoficiální národní strom (Kuneš et al. 2019).

Trnovník akát je velmi ceněn pro své dřevo, které je velmi trvanlivé a výhřevné. Akátový med je také velmi ceněn. V lidovém léčení byly květy akátu používány na vysoký tlak a jako prostředek, který zklidňuje kašel, dále na léčbu dny. Léky s výtažky květu a čerstvé kůry jsou indikovány při bolestech hlavy, na žaludeční vředy a při krvácení ze stěny žaludku.

Z ekologického hlediska má trnovník akát schopnost kolonizovat chudé a degradované půdy, tuto vlastnost lze využít v městském prostředí nebo pro rekultivaci biotopů na územích po těžbě nerostných surovin. V krajině, která je intenzivně zemědělsky využívána, a ve které se akátu nedovoluje jeho spontánní šíření, může tato dřevina plnit velmi pozitivní roli, může přispívat ke zvýšení diverzity i estetické hodnoty krajiny a může mít i značný ekonomický potenciál (Kuneš et al. 2019).

3.4.2 Možné využití rostlin rodu starček (*Senecio*)

Kromě pyrrolizidinových alkaloidů jsou dalšími důležitými bioaktivními látkami, které jsou syntetizovány převážně rostlinami z čeledi hvězdicovité, tzv. seskviterpenové laktony. Jedná se o sekundární metabolity odvozené od seskviterpenů (Peterková et al. 2019) a dále se dělí na několik strukturních typů: guajanolidy, eremofilanolidy, eudesmanolidy, pseudoguajanolidy, xanthanolidy a germakranolidy (Jahodář & Klečáková 1999).

Seskviterpenové laktony jsou v různých koncentracích přítomny ve všech částech rostlin a plní pro rostlinu ochrannou funkci. Rostlina tak díky seskviterpenovým laktonům může mít hořkou chuť a odpuzovat tak herbivory či hmyz, případně může způsobovat lokální podráždění kůže (Peterková et al. 2019). Strukturní typy seskviterpenových laktonů jsou obvykle druhově specifické (Jahodář & Klečáková 1999), pro rostliny rodu *Senecio* jsou charakteristickými obsahovými látkami seskviterpeny furoeremofilanového a eremofilanolidového typu (Grulich 2004).

Dalšími důležitými bioaktivními látkami jsou cacalolidy (cacalolides). Zatímco eremofilanolidy jsou seskviterpeny biogeneticky popsány jako produkty přeskupení vzniklé cyklizací farnesylpyrofosfátu (Burgueno-Tapia et al. 2007), cacalolidy jsou biogenetické produkty Wagner-Meerweinova přesmyku odvozené od furoeremofilanů a jejich název je odvozen od cacalolu, látky izolované z rostliny *Cacalia desomposita* A. Gray (Yang 2011). Tyto sekundární metabolity jsou spolu s pyrrolizidinovými alkaloidy nejčastějšími přírodními látkami, které byly izolovány z rostlin rodu *Senecio* a společně vykazují následující biologické aktivity, které úzce souvisejí s jejich případným využitím pro člověka:

- Antibakteriální a antimykotická aktivita: rostliny rodu starček byly používány v rámci lidového léčitelství k hojení ran, jako antiemetikum (proti nevolnosti a zvracení, k potlačení příznaků kinetózy), byly ceněny jako protizánětlivý a vazodilatační prostředek. Nedávné studie naznačily, že mohou vykazovat rovněž antibakteriální a antimykotické účinky. Pro výzkum byly vybrány sušené nadzemní části *S. inaequidens* a starčku obecného (*Senecio vulgaris* L.), které byly testovány u bakterií *Pseudomonas aeruginosa* Migula, *Staphylococcus aureus* Rosenbach, *Bacillus subtilis* Cohn a *Escherichia coli* Theodor Escherich a tří druhů způsobujících kvasinkové infekce – *Candida albicans* Berkhout, *Trichophyton tonsurans* Malmsten a *Microsporum gypseum* Guiart & Grigoraki.

Výsledky prokázaly antibakteriální aktivitu starčku obecného proti bakteriím *B. subtilis* a *S. aureus*, zatímco starček úzkolistý proti těmto organismům nevykázal žádnou aktivitu. Oba starčky vykazovaly nízkou aktivitu proti dermatofytům, naopak extrakt ze starčku obecného vykazoval významnou aktivitu proti bakterii *T. tonsurans* (Loizzo et al. 2004).

- **Antituberkulózní účinky:** nálev z nadzemních částí rostliny *Senecio chionophilus* Phil. se v Chile tradičně používá při léčbě silného nachlazení a rýmy. Sloučeniny izolované z tohoto rostlinného druhu byly testovány a byl zkoumán antituberkulózní účinek proti *Mycobacterium tuberculosis* Koch. Izolované sloučeniny (1 α -Hydroxy-6 β -[(2methylbutyryl)oxy]-10 α H-furanoeremophilan-9-one, 6 β -(Angeloyloxy)1 α H-furanoeremophylan-9-one, 4-Hydroxyacetophenone) vykazovaly mírnou antituberkulózní aktivitu. Jedná se tak o první důkaz, že seskviterpeny furoeremofilanového typu mohou být považovány za potenciální antituberkulózní látky (Yang et al. 2011). Vzhledem k tomu, že tento typ sekundárních metabolitů se nalézá i *S. inaequidens*, bylo by možné látky z něj proti tomuto patogenu také otestovat.
- **Protizánětlivé účinky:** léčivá rostlina *Senecio salignus* se v Mexiku často používá k léčbě horečky a revmatismu, dále jako insekticid v kukuřičných skladech a také jako okrasná rostlina. Z nadzemních částí *S. salignus* byly izolovány některé pyrrolizidinové alkaloidy, seskviterpenové laktony (furoeremofilany) a další sloučeniny. O protizánětlivé aktivitě této rostliny však nebyly dosud žádné zprávy, výzkum se tedy zaměřil na případné prokázání této vlastnosti. U pokusných myší byl indukován edém na uších a tlapkách. Z chloroformového extraktu byla oddělena účinná frakce *S. salignus* a výsledky pokusu protizánětlivé účinky rostliny potvrdily. Aktivní frakce dokázala inhibovat edém o 46,9 % na uších, u edému tlapek bylo pozorováno snížení edému o 58,9 % (González et al. 2013).
- **Antiulcerózní účinky:** listy a květenství rostliny *Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less se v lidovém léčitelství využívají k léčbě zánětlivých procesů, k regulaci krevního oběhu a ke zmírnění bolesti žaludku. Při výzkumném pokusu byl hodnocen surový alkaloidní extrakt z květenství *S. brasiliensis*, který obsahoval pyrrolizidinové alkaloidy. Extrakt byl hodnocen z hlediska preventivního antiulcerózního účinku těchto alkaloidů na hlodavcích, kterým byly indukovány žaludeční a dvanáctníkové vředy. Bylo zjištěno, že pyrrolizidinové alkaloidy zde významně potlačovaly vznik lézí a podílely se na úpravě hodnot pH v prostředí žaludeční a dvanáctníkové sliznice. Výsledky pokusu naznačily významný antiulcerózní účinek pyrrolizidinových alkaloidů u těchto typů vředů. V současné době probíhají další studie, jejich cílem je určit další možné mechanismy podílející se na antiulcerózním účinku těchto metabolitů (Yang et al. 2011).

- Protipožerový efekt: jak bylo popsáno výše, rostlinám rodu starček se zvířata na pastvách obvykle vyhýbají. Odrazuje je také hořká chuť rostlin a to naznačuje, že rostliny rodu starček disponují specifickou ochranou proti herbivorům. Bylo zjištěno, že se na tomto efektu významně podílejí především seskviterpeny eremofilanolidového typu a cacalolidy. V rámci výzkumu byly testovány sloučeniny izolované ze *Senecio madagascarensis* Poir., *Senecio barba-johannis* DC. a *Senecio toluccanus* DC. a jejich případný efekt proti hmyzu *Spodoptera littoralis*, *Leptinotarsa decemlineata* a *Myzus persicae*. Závěr pokus prokázal protipožerový efekt a postingestivní (zažívací) účinek cacalolidů a eremofilanolidů (Burgueno-Tapia et al. 2007). Tento potenciál seskviterpenů furoeremofilanolidového a eremofilanolidového typu přítomných v rostlinách rodu starček potvrdila i práce Portero et al. (2012).
- Cytotoxická aktivita: studie Stenkamp et al. (2001) zkoumala vliv pyrrolizidinových alkaloidů na buněčnou linii Huh-7., což je linie odvozená od maligního tumoru jater. Byla testována rostlina *Senecio latifolius* DC., která se v Jižní Africe tradičně používá v rámci lidového léčitelství. Extrakty pyrrolizidinových alkaloidů vyvolaly hrubé morfologické změny závislé na dávce. Při vysokých dávkách byla pozorována nekróza a při nižších dávkách byla zjištěna destrukce cytoskeletu, fragmentace jader a apoptóza buněk linie. Dávky nižší než ekvivalent 330 ng/ml retrorsinu vedly k vícejaderným buňkám s poruchou tvorby dělicích vřetének a shlukováním jaderného chromatinu. Toto poslední zjištění naznačuje, že dlouhá léčba nízkými dávkami těchto tradičních léčivých přípravků by mohla ale vyvolat teratogenní a/nebo karcinogenní účinek (Stenkamp et al. 2001).
- Antimitotické účinky (inhibice dělení buněk): Santos-Mello et al. (2002) studovali antimitotickou aktivitu pyrrolizidinových alkaloidů extrahovaných z rostliny *S. brasiliensis*. Ta byla skladována a vystavena světlu po více než 23 let za proměnlivých teplotních a vlhkostních podmínek. I po tak dlouhé době byl antimitotický účinek pozorovatelný a pyrrolizidinové alkaloidy si zachovaly schopnost vyvolat akutní toxicitu u myší, které vedla k jejich úhynu za méně než 24 hodin.
- Rodenticidní, neurotoxické účinky: dvaasedesát rostlinných druhů ze střední Číny mělo údajně insekticidní účinky. Aktivní insekticidní složka rostliny *Senecio palmatus* Pall. byla identifikována jako jakaranon. Jeho toxické působení u myší bylo spojeno s neurologickými příznaky a deplecí (úbytkem, nedostatkem) aktivní formy antioxidantu glutathionu. Neurotoxický účinek (třes, porucha koordinace pohybů) vedl za 30-90 minut k úmrtí (Xu et al. 2003).

- Inhibitor koroze: kyselina chlorovodíková (HCl) je jednou z nejpoužívanějších kyselin v průmyslu, používá se např. při odstraňování nežádoucích usazenin a koroze, pro čištění kotlů, potrubí a výměníků tepla, které jsou vyrobeny z nízkouhlíkové oceli. Nízkouhlíková ocel je náchylná ke korozi a není vhodná pro expozice s agresivními kyselinami. Použití inhibitorů koroze je jednou z nejlepších možností ochrany kovů, většina z používaných inhibitorů je však vysoce toxická a při jejich používání tak dochází k vážnému ohrožení člověka i životního prostředí. Proto se výzkum zaměřil na použití ekologicky šetrných sloučenin, jako jsou extrakty z běžných rostlin, a to z důvodu biologické rozložitelnosti, ekologické šetrnosti, nízkých nákladů a snadné dostupnosti obnovitelných zdrojů materiálu. Výzkum se soustředil na rostlinné extrakty, zejména esenciální oleje, které jsou bohatým zdrojem látek, které mají vysokou inhibiční účinnost, a proto jsou označovány jako ekologické inhibitory. Pro další výzkum tak byl jako potenciální inhibitor koroze nízkouhlíkové oceli v prostředí roztoku 1M HCl vybrán také esenciální olej ze starčku úzkolistého. Získané výsledky prokázaly, že esenciální oleje starčku úzkolistého mohou sloužit jako ekologický inhibitor koroze (Andreani et al. 2013).

4 Závěr

Při úvahách o případném využití invazních rostlinných druhů se nejčastěji bere v potaz jejich schopnost produkovat v relativně krátkém čase velké množství biomasy. Rostlina se tak buď za tímto účelem může záměrně pěstovat, nebo se může dále zužitkovat v rámci omezení jejího růstu či celkové likvidace na daném stanovišti. Lze ji poté také upravit do vhodné formy pro výrobu tepla nebo elektrické energie. Starček úzkolistý nicméně tolik biomasy neprodukuje, neobsazuje rozsáhlá stanoviště, např. celé louky, dosud se šíří hlavně pomocí dálkové mezinárodní dopravy podél hlavních silničních tahů a železničních tratí. Nehodí se tedy jako samostatná surovina pro výrobu bioplynu či elektrické energie, může být však pro tyto účely „sklizen“ v rámci likvidace dalších invazních rostlinných druhů, které se případně vyskytují na určitém stanovišti. Stejným způsobem, jako součást rostlinné biomasy, pak může být starček úzkolistý využit pro výrobu biouhlu, který v půdě pomáhá zvyšovat zadržnost vody a celkově zlepšuje kvalitu půdy.

Při úvahách o využití starčku úzkolistého je nutno vzít v potaz, že se jedná o rostlinu s toxickými účinky. Mezi její sekundární metabolity patří pyrrolizidinové alkaloidy, které způsobily mnoho závažných intoxikací jak zvířat (především skotu a koní), tak i lidí. Tato intoxikace lidem i zvířatům způsobuje venookluzivní onemocnění a není možné proto tuto rostlinu využít jako krmivo pro zvířata. Především skotu a koním je třeba zamezit, aby se na pastvinách dostali se starčkem úzkolistým do kontaktu a nespásali ho, nebo aby se tato rostlina omylem nestala součástí sena nebo dalších krmných směsí. K intoxikacím člověka docházelo jak v rozvojových zemích, kde tyto rostliny využívaly/využívají? v rámci lidového léčitelství, tak i v rozvinutých zemích, po konzumaci prodávaných bylinných produktů. Dlouhodobé vnitřní využívání bylinných směsí, které obsahují pyrrolizidinové alkaloidy, bez pravidelného dohledu lékaře je proto nevhodné a pro člověka velmi nebezpečné.

Kromě pyrrolizidonových alkaloidů jsou pro rod starček charakteristické seskviterpenové laktony, jejichž strukturní typy jsou obvykle druhově specifické. Pro rostliny tohoto rodu jsou charakteristickými obsahovými látkami seskviterpeny furoeremofilanového a eremofilanolidového typu (Grulich 2004). Tyto látky vykazují pestrou biologickou aktivitu, která byla popsána u různých rostlin rodu starček. Pokud tedy rostliny tohoto rodu obsahují druhově specifické látky a vykazují zjištěné biologické aktivity, lze usuzovat, že tyto účinky a s nimi související možná aplikace lze teoreticky vztáhnout i na zkoumaný starček úzkolistý. Za předpoklady, že bude brána v úvahu přítomnost pyrrolizidinových alkaloidů v rostlině a nežádoucí vliv těchto toxických látek bude eliminován, lze využití starčku úzkolistého hledat i v těchto oblastech:

- lékařství: antituberkulózní, protizánětlivé a antibakteriální účinky
- průmysl: ekologický inhibitor koroze
- zemědělství: protipožerový efekt a postingestivní účinek, výroba přírodního insekticidu nebo rodenticidu

Nicméně i pyrrolizidinové alkaloidy obsažené v rostlině mohou mít své případné pozitivní využití, a to opět v lékařství. Výsledky vědeckých pokusů naznačily významný antiulcerózní účinek těchto jinak toxických alkaloidů a při hledání terapeutika, které by se zaměřilo na rychle se dělící nádorové buňky.

Toxický účinek pyrrolizidinových alkaloidů lze naopak využít pro případnou výrobu rodenticidu. Při pokusech byla potvrzena toxicita pyrrolizidinových alkaloidů, které byly extrahovány z 23 let starého vzorku. Byl pozorován antimitotický účinek, alkaloidy si zachovaly svou účinnost a vyvolaly akutní toxicitu u myší, která vedla k jejich úhynu do 24 hodin. Další potencionální využití této rostliny může být předmětem následujícího vědeckého výzkumu.

5 Literatura

- Altaee MY, Mahmood MH. 1998. An outbreak of veno-occlusive disease of the liver in northern Iraq. *Eastern Mediterranean Health Journal*, **4** (1): 142-148
- Andreani, S, Znini M, Paolini, Majidi L, Hammouti B, Costa J, Muselli A. 2013. Application of *Senecio inaequidens* essential oil and its fractions as eco-friendly inhibitors of mild steel corrosion in 1M HCl solution. *International Journal of electrochemical Science* **8**: 11896-11915
- Bicchi C, D'Amato A, Cappelletti E. 1985. Determinations of pyrrolizidine alkaloids in *Senecio inaequidens* d.c. by capillary gas chromatography. *Journal of Chromatography* **349**: 23-29
- Blackburn TM, Pyšek P, Bacher S, Carlton, JT, Duncan RP, Jarošík V, Wilson JRU, Richardson DM. 2011. A proposal unifiend Framework for biological invasions. *Trends in ecology and evolution*, **26** (7): 333-339
- Burgueno-Tapia E, Gonzáles-Coloma A, Martín-Benito D, Joseph-Nathan, P. 2007. Antifeedant and phytotoxic activity of cacalolides and eremophilanolides. *Z. Naturforsch* **62c**: 362-366
- Davis MA, Grime JP, Thompson, K. 2000. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology* **88**: 528-534
- De Luca V, St-Piere B. 2000. The cell and developmental biology of alkaloid biosynthesis. *Trends Plant Science* **5**: 168-173
- Dimande AFP, Botha CJ, Prozesky L, Bekker L, Rösemann GM, Labuschagne L, Retief E. 2007. The toxicity of *Senecio inaequidens* DC. *Journal of the South African Veterinary Association* **78** (3): 121-129
- Eller A, Chizola R. 2016. Seasonal variability in pyrrolizidine alkaloids in *Senecio inaequidens* from Val Venosta (Nothern Italy). *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* **150**: 1306-1312
- Erb M, Kliebenstein DJ. 2020. Plant secondary metabolites as defenses, regulators and primary metabolites: the blurred functional trichotomy. 2020. *Plant Physiology*, **184**: 39-52
- Ernst WHO. 1998. Invasion, dispersal and ecology of the South African neophyte *Senecio Inaequidens* in The Netherlands: from wool alien to railway and road alien. *Acta Botanica neerlandica* **47**: 121-151
- Feng Q, Wang B, Chen M, Wu P, Lee X, Xing Y. 2021. Invasive plants as a potential sustainable feedstock for biochar production and multiple applications: a review. *Recources, Conservation & Recycling* 164 (2021) **105204**: 1-14
- Fröhne D, Pfander HJ. 2005. *Poisonous plants: a handbook for doctors, pharmacists, toxicologists, biologists and veterinarians*. 2nd ed. London: Manson Publishing

- Grulich V. 2004. Starček úzkolistý (DC.). 278-279 in Slavík B, Štěpánková J eds. Květena České republiky, díl 7. Academia, Praha
- Grulich V. 2004. Senecio L. – starček. 250-254. in Slavík B, Štěpánková J eds. Květena České republiky, díl 7. Academia, Praha
- Heger T, Böhmer HJ. 2005. The invasion of Central Europe by *Senecio inaequidens* DC: a complex biogeographical problem. *Erdkunde - archive for scientific geography* **59**: 34-49
- Herben, T. 2005. Species pool size and invasibility of island communities: a null model of sampling effect. In: *Ecology Letters* **8**: 909-917
- Hierro, JL, Maron JL, Callaway RM. 2005. A biological approach to plant invasions: the importance of studying exotic in their introduced and native range. *Journal of Ecology*, **93**: 5-15
- Hrdina V, Hrdina R, Jahodář L, Martinec Z, Měrka V. 2004. Přírodní toxiny a jedy. Praha: Galén
- Hulme PE, Bacher S, Kenis M, Klotz S, Kuhn I, Minchin D, Nentwig W, Olenin S, Panov V, Pergl J, Pyšek P, Roques A, Sol D, Solarz W, Vila M. 2008. Grasping the routes of biological invasions: a framework for integrations pathways into policy. *Journal of Applied Ecology* **45**: 403-414
- Chytrý M, Pyšek P. 2008. Invaze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech. Zprávy české botanické společnosti, Praha, 43, Materiály **23**: 17-40
- Chytrý M, Pyšek P. 2009. Kam se šíří zavlečené rostliny? 1. Rozdíly v invadovanosti velkých území. *Živa* **1/2009**: 11-14
- Chytrý M, Jarošík V, Pyšek P, Hájek O, Knollová I, Tichý L, Danihelka J. 2008. Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. *Ecology* **89**: 1541-1553
- Jahodář L. 2018. Rostliny způsobující otravy. Praha: Karolinum
- Jahodář L, Klečáková J. 1999. Toxicita hvězdicovitých s přihlédnutím k farmaceuticky významným druhům. *Chemické listy* **93**: 320-326
- Jehlík V. 1998. Cizí expanzivní plevele České a Slovenské republiky. Praha: Academia 1998.
- Jehlík V, Ducháček M, Hradil K. 2003. Šíření jihoafrického starčku *Senecio inaequidens* v České republice pokračuje. Zprávy České botanické společnosti, Praha, **38**: 79-83
- Joza V. 2008. Přehled výskytu starčku úzkolistého (*Senecio inaequidens*) v České republice. *Muzeum a současnost, Roztoky*, **23**: 201-210
- Kalač P, Kaltner F. 2021. Pyrrolizidine alkaloids of European *Senecio*/*Jacobea* species in forage and their carry-over to milk: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 280, **115062**: 1-11
- Kamler M, Titěra D. 2018. Z výzkumného ústavu včelařského Dol: starček a jedovaté medy. *Včelařství* **71** (153): 56

- Kocián P. 2009. Invazní starček úzkolistý (*Senecio inaequidens*) také na severní Moravě a ve Slezsku. *Acta Musei Beskidensis* **1**: 23-29
- Kocián P. 2012. Nález starčku úzkolistého (*Senecio inaequidens*) v Novém Jičíně (severní Morava, Česká republika). *Acta Carpathica Occidentalis*, **3**: 111-113
- Kocián P. 2014. První nálezy invazního starčku úzkolistého (*Senecio inaequidens*) na dálnicích a rychlostních silnicích Moravy a Slezska (Česká republika). *Acta Carpathica Occidentalis*, **5**: 46-55
- Kocián P, Danihelka J, Lengyel A, Chrtek Jun J, Ducháček M. 2016. Limonka Gmelinova (*Limonium gmelinii*) na dálnicích České republiky. *Acta rerum naturalium*, vol. 19, no **1**: 1-6
- Křivánek M. 2006. Biologické invaze a možnosti jejich předpovědi: predikční modely pro stanovení invazního potenciálu vyšších rostlin. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice
- Kuneš I, Baláš M, Gallo J, Šulitka M, Suraweera, C. 2019. Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) a jeho role ve středoevropském a českém prostoru: review. *Zprávy lesnického výzkumu*, **64**, (4): 181-190
- Lhotská M, Krippelová T, Cigánková K. 1987: Ako sa rozmnožujú a rozširujú rastliny. Bratislava: Obzor
- Lepší M. 2003. Další výskyt invazního starčku *Senecio inaequidens* v České republice. *Zprávy České botanické společnosti, Praha*, **38**: 77-78
- Loizzo MR, Statti GA, Tundis R, Conforti F, Bonesi M, Auteliano G, Houghton PJ, Miljkovic-Brake A, Menichini F. 2004. Antibacterial and antifungal activity of *Senecio inaequidens* DC. and *Senecio vulgaris* L. *Phytotherapy Research* **18**: 777-779
- Mandák B, Bímová K. 2001. Nový druh jihoafrického starčku v České republice – *Senecio inaequidens*. *Zprávy České botanické společnosti, Praha*, **36**: 29-36
- Matějček T. 2006: Šíření rostlin v krajině. *Geografické rozhledy* **15** (5): 12-13
- Mlíkovský J, Stýblo P. 2006. Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP, Praha
- Patočka V. 2005. Křídlatka: obtížný plevel, nebo perspektivní surovina? *Vesmír* **84**, **8**: 465
- Peterková L, Rimpelová S, Kmoníčková E, Ruml T. 2019. Seskviterpenové laktony: od plevelu k léčivu. *Chemické listy* **113**: 149-155
- Portero AG, Gonzáles-Coloma A, Reina M, Díaz CE. 2012. Plant-defensive sesquiterpenoids from *Senecio* species with biopesticide potential. *Phytochemistry Review* **11**: 391-403
- Pyšek P. 2018. Historie, definice, hypotézy a budoucnost biologických invazí. *Živa* **5**: 210-213
- Pyšek P. 2001. Které biologické vlastnosti usnadňují invazi rostlinných druhů. *Zprávy české botanické společnosti, Praha*, **35**, Materiály **18**: 21-30

- Pyšek, P. 2005. Zavlečené a invazní druhy jako ukazatele změn biodiverzity. 129-147 in Vačkář D. Ukazatele změn biodiverzity. Academia, Praha
- Pyšek P, Chytrý M, Prach K. 2008. Dvanáct let výzkumu rostlinných invazí v České republice a ve světě. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 43, Materiály **23**: 3-15
- Pyšek P, Chytrý M, Moravcová L, Pergl J, Perglová, I, Prach K, Skálová H. 2008. Návrh české terminologie vztahující se k rostlinným invazím. Zprávy české botanické společnosti, Praha, 43, Materiály **23**: 219-222
- Pyšek P, Tichý L. 2001. Rostlinné invaze. Rezekvítek, Brno
- Richardson DM, Pyšek P, Rejmánek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity and Distributions **6**: 93-107
- Selzer RG, Parker RGF. 1951. Senecio poisoning exhibiting as Chiari's syndrome: a report on twelve cases. The American Journal of Pathology **27**(5): 885-907
- Steenkamp V, Stewart MJ, van der Merve S, Zuckerman M, Crowther NJ. 2001. The effect of *Senecio latifolius* a plant used as a South African traditional medicine, on human hepatome cell line. Journal of Ethnopharmacology **78**: 51-58
- Špryňar P, Havlíček P. 2001. Nová invazní rostlina *Senecio inaequidens* v severních a východních Čechách. Muzeum a současnost **15**: 27-32
- The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2016-05-01, roč. 181, čís. 1, s. 1–20. ISSN 1095-8339. DOI10.1111/boj.12385
- Tiwarý R, Rana CS. 2015. Plant secondary metabolites: a review. International Journal of Engineering Research and General Science, **3** (5): 661-670
- Vanparys V, Cawoy V, Mahaux O, Jacquemart, AL. 2011. Comparative study of the reproductive ecology of two co-occurring related plants species: the invasive *Senecio inaequidens* and the native *Jacobea vulgaris*. Plant Ecology and Evolution, **144** (1): 3-11
- Wiedenfeld H, Roeder E, Bourauel T, Edgar J. 2008. Pyrrolizidine alkaloids: structure and toxicity. Gottingen: V&R unipress
- Williamson M, Fitter A. 1996. The varying success of invaders. Ecology **77** (6): 1661-1666
- Yang Y, Zhao L, Wang YF, Chang ML, Huo CH, Gu YC, Shi QW, Kiyota H. 2011. Chemical and pharmacological research on plants from the genus *Senecio*. Chemistry & Biodiversity **8**: 13-72
- Zaynab M, Fatima M, Abbas S, Sharif Y, Umair M, Zafar MH, Bahadar K. 2018. Role of secondary metabolites in plant defence against pathogens. Microbial Pathogenesis, **124**: 198-202

Xu H, Zhan N, Casida JE. 2003. Insecticides in Chinese medical plants: survey leading to jacaranone a neurotoxic and glutathione-reactive quinol. *Agricultural Food Chemistry* 51, **9**: 2544-2547

6 Internetové zdroje

González CP, Vega RS, González-Chávez M, Sánchez MAZ, Gutiérrez SP. 2013. Anti-inflammatory activity and composition of *Senecio salignus* Kunth. [online]. [cit. 25.3.2022]. Dostupné z WWW: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/814693>

Ježková T. (2021). Veterinární průvodce: stránky o zdraví a nemocech domácích zvířat [online]. [cit. 26.02.2022]. Dostupné z WWW: <https://zverolekarka.com/otrava-starckem>

Langat A. 2021. Turning Kenya's problematic invasive plants into useful bioenergy [online]. [cit. 19.03.2022]. Dostupné z WWW: <https://news.mongabay.com/2021/07/turning-kenyas-problematic-invasive-plants-into-useful-bioenergy/>

Novotná T, Svobodová Z, Jahn P. (2021). Nejčastější otravy koní rostlinami na území České republiky. Brno: Veterinární univerzita Brno [online]. [cit.26.02.2022]. Dostupné z WWW: https://www.vfu.cz/files/upload/904/2410_49_vystup_Nejcastejsi%20otravy%20koni%20ro%20stlinami%20na%20uzemi%20Ceske%20republiky%20finalni%20verze.pdf

Pladias. 2014-2022. *Senecio inaequidens* – starček úzkolistý [online]. [cit. 05.02.2022]. Dostupné z WWW: <https://www.pladias.cz/taxon/overview/Senecio%20inaequidens>

Stupavský V. 2008. Nezapomínejme na křídlatku [online]. [cit. 19.03.2022]. Dostupné z WWW: <https://biom.cz/cz-pestovani-biomasy/odborne-clanky/nezapominejme-na-kridlatku>

Šíchová K. 2014: Návrh nové klasifikace způsobu šíření nepůvodních druhů organismů a jejich legislativní aplikace [online]. [cit. 05.02.2022]. Dostupné z WWW: www.forumochranyprirody.cz/navrh-nove-klasifikace-zpusobu-sireni-nepuvodnich-druhu-organizmu-jeji-legislativni-aplikace

Venclová S. 2012. Ekologická studie invazního druhu *Senecio inaequidens* (DC.): diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, přírodovědecká fakulta [online]. [cit. 1.3.2022]. Dostupné z WWW: <https://theses.cz/id/nwyikg/Binder1.pdf>

7 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Model invazního procesu znázorňující hlavní bariéry, které omezují šíření invazních rostlin (Zdroj: Pyšek et al. 2008)

Obrázek č. 2: Model invazního procesu kombinujícího invazní fáze a bariéry (Zdroj: Pyšek 2018)

Obrázek č. 3: Klasifikace způsobu šíření nepůvodních druhů (Zdroj: Hulme et al. 2008)

Obrázek č. 4: Starček úzkolistý (*Senecio inaequidens*) (Zdroj: Pladias 2014-2022)

Obrázek č. 5: Mapa rozšíření starčku úzkolistého v ČR (Zdroj: Pladias 2014-2022)

Obrázek č. 6: Průměrný sezónní obsah pyrrolizidinových alkaloidů ve výhoncích, stoncích, listech a květenstvích (Zdroj: Eller & Chizzola 2016)