

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního
prostředí

Ekologie *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth

Ecology of *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth

Autoreferát disertační práce

Pavla Vachová

Školitel: prof. RNDr. Michal Hejčman, Ph.D. et Ph.D.

Praha 2017

Doktorská disertační práce Ekologie Calamagrostis epigejos (L.) Roth byla vypracována v rámci doktorského studia na Katedře ekologie, Fakulty životního prostředí, České zemědělské univerzity v Praze.

Uchazečka: Pavla Vachová

Obor: Ekologie

Školitel: prof. RNDr. Michal Hejcman, Ph.D. et Ph.D.

Oponenti:

Doc. Ing. Zdenka Martinková CSc.

Doc. Ing. Kateřina Berchová PhD.

Doc. RNDr. Alois Honěk CSc.

Obhajoba disertační práce se koná 10. 10. 2017 v 10 hodin, v zasedací místnosti Z239 Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchdol.

S disertační prací je možné se seznámit na Oddělení pro vědu a výzkum FŽP ČZU v Praze, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchdol.

Obsah

1. Úvod	4
2. Cíle disertační práce.....	7
3. Výsledky disertační práce	8
The effect of management on expansion of <i>Calamagrostis epigejos</i> in grasslands.....	8
Stochastic identification of stability of competitive interaction in ecosystems ...	9
Topography of spoil heaps and its role in plant succession and soil fauna presence	10
Wireworms suppress spreading of the expansive weed <i>Calamagrostis epigejos</i> (L) Roth by feeding on its rhizomes	11
Using expansive grasses for monitoring heavy metal pollution in the vicinity of roads.....	12
4. Komentář k publikovaným výsledkům.....	13
4.1. Průběh expanze ve společenstvu s <i>C. epigejos</i>	13
4.2. Reakce <i>C. epigejos</i> na dodané živiny	13
4.3. Stabilita společenstva s dominantní <i>C. epigejos</i>	14
4.4. Možnosti eliminace <i>C. epigejos</i>	16
4.5. Využití <i>C. epigejos</i> pro monitoring znečištění těžkými kovy z atmosférické depozice.....	17
5. Summary.....	19
6. Reference	21
7. Curriculum vitae	26

1. Úvod

Krajinu České republiky tvoří mozaika různorodých biotopů (Chytrý, 2010). Mnoho z nich je postiženo expanzí *C. epigejos*. Jedná se především o úzkolisté a acidofilní suché trávníky (Chytrý et al., 2001). V lesních společenstvech expanduje hlavně do *Luzulo albidae-Quercetum petraeae*, *Abieti-Quercetum*, *Mastigobryo-Piceetum* a dalších méně zastoupených jednotek (Neuhäuslová, 2001). Jako diagnostický, konstantní i dominantní druh je uváděna z třídy *Epilobietea angustifolii* (Chytrý et Tichý, 2003).

Expanze této trávy byla zmapována na různých lokalitách, např. v aluviích řek (Fiala, 2001; Fiala et al., 2003; Sedlaková et Fiala, 2001), lesních ekosystémech (Halarewicz et Pruchniewicz, 2015) či posttěžebních lokalitách. Biotopy typické pro expanzi *C. epigejos* jsou také rekultivované plochy (Hodačova et Prach, 2003; Mudrák et al., 2010; Šebelíková et al., 2016). Zajímavá, z hlediska expanzního chování *C. epigejos* jsou opuštěná vojenská cvičiště. Tyto plochy zahrnují různé typy vegetace a mohou být útočištěm pro mnoho druhů vzácných živočichů (Čížek et al., 2013; Reif et al., 2011). *C. epigejos* se dokáže šířit velmi rychle i na velké vzdálenosti (Lehmann et Rebele, 1994). Kovářovy (2004) studie odkališť prokázaly rozdílný způsob šíření v závislosti na typu substrátu. Zatímco na těžších půdách z rudní činnosti se tato tráva rozšiřuje pomocí typu falanga, v lehčích půdách, vznikajících na popílkových odkalištích, se jedná především o typ guerilla.

C. epigejos dokáže velmi dobře vytlačit jiné druhy (Mudrák et al., 2010) a pokud má dostatek dusíku, stává se dominantním druhem (Holub et al., 2012; van den Berg et al., 2005). K úspěšnému šíření této trávy přispívají i další faktory jako je zastínění (Somodi et al., 2008) nebo velké množství pomalu se rozkládající hmoty (Fiala et al., 2011). Stařina totiž pohlcuje světlo, zastíňuje semena a semenáčky a ovlivňuje teplotu půdy. Mnoho semen se díky silné vrstvě biomasy ani nedostane na půdu a nemá tedy šanci vyklíčit. To samozřejmě ovlivňuje utváření společenstva (Facelli et Pickett, 1991). Ve společenstvu, které je zasaženo expanzí, je obvyklé, že

druhy ubývají úměrně s přibývajícím počtem druhů *C. epigejos* a některé zcela mizí (Fiala et al., 2003; Sedlaková et Fiala, 2001).

Studie, které se v minulosti zabývaly vlivem živin na růst a prospívání *C. epigejos* (např. Holub et al., 2012; Holub et Záhora, 2008; Tůma et al., 2009), jasně ukazují pozitivní vliv živin na její růst. Ovšem reakce tohoto druhu na živiny, zvláště v konkurenčně silném prostředí, se může projevit až po několika letech jejich pravidelné aplikace (např. Rebele, 2000). V expanzním chování *C. epigejos* hraje důležitou roli dusík. Spolu s fosforem možná roli hlavní. Pokud má tato rostlina dostatek dusíku, stává se dominantním druhem (Holub et al., 2012; van den Berg et al., 2005) podobně jako při dostatečném množství dostupného fosforu (Lammerts et Grootjans, 1997; Hejzman et al., 2010; Suss et al., 2004). *C. epigejos* je konkurenčně silnější při dotaci dusíkem a absenci odstraňování biomasy (Tůma et al., 2005). Jako další vlivné vlastnosti byly určeny velká tolerance k abiotickému stresu a efektivnější využití vody a dusíku, než je tomu u jiných druhů rostlin (Fiala et al., 2003).

C. epigejos expanduje především na antropogenně zasažených lokalitách, které pozbyly managementu (např. Prach et Wade, 1992). Bylo prokázáno, že tato tráva velmi dobře prosperuje i na znečištěných stanovištích (Mitrović et al., 2008). Ale její využití při remediaci se ukázalo jako nevhodné (Lehmann et Rebele, 2004).

Čtyřleté nebo i kratší období je pro potlačení expanzních druhů jako je *C. epigejos* velmi krátké (Křivánek et al., 2004). Po návratu managementu totiž začínají tyto druhy ustupovat až po šesti letech (Dostálek et Frantík, 2012). Šíření *C. epigejos* může být způsobeno nedostatečným managementem a dobrou dostupností dusíku (Hejzman et al., 2009). Nejen zastínění (Somodi et al., 2008), ale i velké množství pomalu se rozkládající hmoty (Fiala et al., 2011) brání znovuoživení druhů typických pro pastviny. Zdá se, že na suchých písčítých a živinově chudých půdách může *C. epigejos* koexistovat s větším počtem druhů (Rebele, 2014).

Na druhově chudých travníchích bylo zaznamenáno, že pravidelné kosení jednou až dvakrát za sezónu může být pro tento druh stresující a třtina se nedokáže v takovýchto podmínkách šířit a postupně se zlepšuje i druhová skladba (Haková et Wotavová, 2004). Některé studie uvádějí, že po druhém (Házi et al., 2011) nebo po třetím (Rebele et Lehmann, 2002) roce seče se snižuje pokryvnost tohoto druhu. Házi et al. (2011) uvádí, že po čtyřletém sečení se začíná zvyšovat druhová bohatost. Důležité je obnovení managementu. Tím se zastaví degradace luk (Pruchniewicz, 2017). Nástrojem na zabránění rozrůstání by mohla být pastva (např. Stroh et al., 2002). *C. epigejos* se daří eliminovat i pomocí herbicidů (Janauer, 1995; Regal et Šindelářová, 1970). Na heterogenních plochách s dostatkem živin dokáže *Arrhenatherum elatius* vykompetovat *C. epigejos* (Tůma et al., 2009, 2005). U vřesovišť s výskytem *C. epigejos* je vhodné strhnout drn i se svrchní vrstvou půdy, přičemž vypalování při expanzi tohoto druhu není vhodné, protože jen napomáhá vegetativnímu rozšiřování (Prausová et Sádlo, 2004; Sedláková et Prausová, 2004).

Klasické způsoby managementu travních porostů často nenaplní očekávání v podobě potlačení expanzních druhů jako je *C. epigejos*. V posledních letech proto přichází v úvahu alternativní možnosti eliminace nežádoucích druhů, kdy jedním z těchto způsobů je použití dosevu rostlin druhu kokrhel (*Rhinanthus* sp.). *Rhinanthus* je poloparazitická rostlina, jejímiž hostiteli jsou právě rostliny z čeledi *Poaceae* (Kocián, 2016). Kokrhel se svými haustorii napojí na kořenový systém *C. epigejos* (obr. 12) a tímto způsobem čerpá vodu, živiny a to ve výsledku vede ke snížení biomasy této trávy (Těšitel et al., 2017). Nejlepších výsledků při snižování pokryvnosti *C. epigejos* bylo dosaženo, když byla před výsevem kokrhele odstraněna stařina (Mudrák et al., 2014). Tento způsob zásahu našel uplatnění i v plánech péče o zvláště chráněné území (Jongipierová et al., 2015).

2. Cíle disertační práce

Disertační práce je zaměřena na ekologii *C. epigejos*. Hlavním cílem je přispět k rozšíření poznatků o tomto druhu a nalezení jednoduchých řešení, která mohou omezit růst a další rozšiřování *C. epigejos*. Tyto poznatky by mělo být možné využít jak v ochranářské, tak v lesnické a zemědělské praxi. Pozornost byla soustředěna především na tyto cíle:

Hlavní cíle práce:

1. Zjistit, jak probíhá expanze ve společenstvu s *C. epigejos*. (**článek I**)
2. Zjistit reakci *C. epigejos* na dodané živiny. (**článek I**)
3. Zkoumat teoretickou míru stability fytoocenóz s dominantní *C. epigejos*. (**článek II**)
4. Otestovat možnosti eliminace *C. epigejos*. (**článek IIIa IV**)
5. Navrhnout praktické využití *C. epigejos*. (**článek V**)

3. Výsledky disertační práce

The effect of management on expansion of *Calamagrostis epigejos* in grasslands

Abstract

Spreading of *Calamagrostis epigejos* constitutes a serious problem for a wide spectrum of stands. We were interested in the height of vegetation, species diversity, abundance of *C. epigejos* and type of plant community created by management. We created an experimental area of fully randomized blocks. Each block consisted of five types of treatments differing in the quantities of phosphorus, nitrogen and potassium applied in different combinations of kg per hectare (N100, N100P30, N100P30K100, P30). We determined the composition and representation of individual species. We also collected soil samples, in which the amounts of P, Ca, Mg, K, N, C were analysed.

Presence of *C. epigejos* is positively correlated with the total height and coverage/biomass of vegetation. Application of phosphorus itself affects adversely both the height of vegetation and the total abundance and abundance of *C. epigejos*. The number of species is negatively affected by the supply of nutrients, nitrogen in particular, and by high abundance of *C. epigejos*. Good availability of nitrogen and the ability to eliminate smaller heliophytic species through shading their seedlings are main factors promoting expansion of *C. epigejos*. The one-year mowing doesn't affect the ability of the grass to spread.

Citation: Vachová P., Vach M., Walmsley A., Hejzman M The effect of management on expansion of *Calamagrostis epigejos* in grasslands. Scientia Agriculturae Bohemica, Under review

Keywords: Disturbed areas; Diversity; Nutrients; Mowing, Vegetation, Abundance

Stochastic identification of stability of competitive interaction in ecosystems**Abstract**

The problem of finding an optimum within a set of possibilities that represent the varying successfulness of numerous subjects competing with one another is highly relevant in the field of ecosystem interactions. We propose a method for solving this problem by the application of the Nash equilibrium concept, which is frequently used in ecology. The proposed model is based on the transformation of the initial payoff vectors of subjects that interact in different situations into a statistical set of symmetrical game matrices that consist of permutations of payoff values. The equilibrium solution is expressed as values of the probability of Nash equilibrium occurrence with uniform distribution over all possible permutations based on uncertainty of positions of payoff values in the matrix. We assume that this equilibrium solution provides information on the distribution of the degree of stability among individual situations and interacting subjects. In this paper, we validate this assumption and demonstrate its application to a dataset that represents interspecies interactions in plant ecology. We propose that the use of the Nash equilibrium in the analysis of datasets formalized according to the Pareto optimality scheme is applicable in numerous other contexts.

Citation: Vach M., Vachová P., Stochastic Identification of Stability of Competitive Interactions in Ecosystems. PLoS One, 2016, roč. 11, č. 5, s. 1-12. ISSN: 1932-6203.

Keywords: Evolutionary game-theory, biodiversity, communities, strategies, management, diversity, ecology.

Topography of spoil heaps and its role in plant succession and soil fauna presence

Abstract

The spoil heaps from brown coal mining without technical reclamation are interesting specific sites for ecological relationships observation. This research was aimed at investigating whether topographic features, which determine soil nutrient and moisture distribution, in combination with soil fauna (wireworm and earthworm) presence, affect plant community composition at a spontaneously revegetated post mining area with an undulating surface. Two sites of different age with three types of topographic features were selected, soil moisture and nutrient contents were measured, and plant community composition and soil macrofauna community were sampled at each position. Wireworms were present at all positions and were most abundant at the bottoms of waves at the younger site; their presence was correlated with the presence of several plant species with high palatability for wireworms, but the direction of the interaction is not clear. Earthworms were only present at the older site and had the highest abundance at flat sections. Earthworm presence affected the amount of nitrogen in soil - the highest nitrogen content was at the site with the highest earthworm density and was followed by a higher diversity of plant community. The plant community composition was generally correlated with plant available nutrient content - especially P and N. We infer that topographic features affect nutrient and soil fauna distribution, which consequently influences the plant community composition.

Citation: Walmsley A., Vachová P., Vach M., Topography of Spoil Heaps and Its Role in Plant Succession and Soil Fauna Presence. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2017, roč. 48, č. 1, s. 30-38. ISSN: 1211-3174.

Keywords: plant community composition; spontaneous succession; earthworms; wireworms

Wireworms suppress spreading of the expansive weed *Calamagrostis epigejos* (L) Roth by feeding on its rhizomes

Abstract

We tested whether wireworms (Elaterid beetle larvae) prefer the expansive grass *Calamagrostis epigejos* to other early-successional plant species from the spoil heaps in two microcosm experiments and in a field survey of wireworm abundance and *C. epigejos* coverage on the spoil heaps at different topographic positions at the spontaneously revegetated sites with an undulating surface. In the first experiment, wireworms reduced rhizome biomass of *C. epigejos* the most out of the belowground organs of the 5 plant species, but did not affect its root biomass. In the second greenhouse experiment, wireworms negatively affected the growth of rhizomes of a growing *C. epigejos*, whilst they did not affect the other plant species or the aboveground biomass. In the field survey, *C. epigejos* coverage was lowest at the bottoms of depressions, despite the higher moisture and nutrient levels at this position. Wireworm numbers were the highest in depressions. The results of this study support the hypothesis that wireworms can negatively impact the *C. epigejos* by feeding on its rhizomes and have the potential to slow down the expansion of this weed.

Citation: Vachová P., – Walmsley A., Wireworms suppress spreading of the expansive weed *Calamagrostis epigejos* (L) Roth by feeding on its rhizomes. *European Journal of Soil Biology*, 2017, roč. 81, č. , s. 19-24. ISSN: 1164-5563.

Keywords: *Calamagrostis epigejos*; Wireworms; Root herbivory; Pot experiment; Rhizome; Spoil heaps

Using expansive grasses for monitoring heavy metal pollution in the vicinity of roads

Abstract

We propose a method for monitoring heavy metal deposition in the vicinity of roads using the leaf surfaces of two expansive grass species which are greatly abundant. A principle of the proposed procedure is to minimize the number of operations in collecting and preparing samples for analysis. The monitored elements are extracted from the leaf surfaces using dilute nitric acid directly in the sample-collection bottle. The ensuing steps, then, are only to filter the extraction solution and the elemental analysis itself. The verification results indicate that the selected grasses *Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius* are well suited to the proposed procedure. Selected heavy metals (Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, and Cd) in concentrations appropriate for direct determination using methods of elemental analysis can be extracted from the surface of leaves of these species collected in the vicinity of roads with medium traffic loads. Comparing the two species showed that each had a different relationship between the amounts of deposited heavy metals and distance from the road. This disparity can be explained by specific morphological properties of the two species' leaf surfaces. Due to the abundant occurrence of the two species and the method's general simplicity and ready availability, we regard the proposed approach to constitute a broadly usable and repeatable one for producing reproducible results.

Citation: Vachová P., Vach M., Najnarová E. Using expansive grasses for monitoring heavy metal pollution in the vicinity of roads. *Environmental Pollution*, 2017, roč. 229, č. , s. 94-101. ISSN: 0269-7491.

Keywords: heavy metals; deposition; monitoring; expansive grasses; extraction

4. Komentář k publikovaným výsledkům

4.1. Průběh expanze ve společenstvu s *C. epigejos*

Z článku I vyplynulo, že počet druhů ve sledovaných čtvrcích byl **negativně ovlivněn** nejen vzrůstajícím množstvím *C. epigejos*, ale také časem. Jednoroční **kosení se pozitivně neprojevílo na počtu druhů** a neovlivnilo ani množství *C. epigejos* v jednotlivých experimentálních čtvrcích. Druhy *Veronica officinalis*, *Plantago lanceolata*, *Epilobium* sp., *Lotus corniculatus*, *Potentilla argentea*, *Festuca pratensis*, *Hypericum perforatum*, *Thymus chamaedris*, *Gnaphalium sylvaticum*, *Trifolium arvense*, *Trifolium pratense* mizí při expanzi *C. epigejos* nejdříve. Zvyšující se abundance *C. epigejos* negativně korelovala s abundancí *A. elatius*. Kontrolní, tedy bezzásahový režim vyhovuje především *L. corniculatus*, *C. jacea*, *P. lanceolata*. Během sledovaných let došlo k ústupu druhů jako *H. perforatum*, *Poa pratensis*, *P. argentea*, *V. officinalis*, *G. sylvaticum*, *T. chamaedris*, *Bromus sterilis* a *Epilobium* sp. Společenstvo se měnilo kontinuálně v čase. Velkou roli zde hraje zvyšující se pokryvnost *C. epigejos*. Nejdůležitějším faktorem změny společenstva v čase bude zřejmě přirozená sukcese, která ovšem směřuje k porostu s dominantní *C. epigejos*.

4.2. Reakce *C. epigejos* na dodané živiny

Dotace živinami se **projevila na výšce vegetace již v prvním roce** po jejich použití. Tento výsledek plně koresponduje s výsledky jiných studií o vlivu dostupného dusíku na rychlou tvorbu biomasy. Všeobecně přijímaný pozitivní **vliv fosforu na množství biomasy** zde **nebyl potvrzen**. Výška vegetace ve variantě, kde byl aplikován pouze fosfor, byla prokazatelně nižší. Tento rozdíl setrval ještě nadcházející sezonu roku 2012. To mohlo být způsobeno větším množstvím stařiny, která se v tomto čtvrci naakumulovala. Zajímavý je i vývoj kontrolních variant. První tři sledované sezóny byla abundance *C. epigejos* velmi podobná. Ovšem v roce 2013 byl zaznamenán **prudký nárůst** tohoto druhu. Obdobný průběh měly i ostatní varianty, ale tento vývoj neměl statisticky významný charakter.

V prvním roce po aplikaci živin byl zaznamenán nárůst *A. elatius*, *L. corniculatus* a *P. lanceolata*. Vyjma *P. lanceolata* tyto druhy v dalších letech opět ustoupily. I když efekt kosení nebyl prokázán, zdá se, že kosené plochy s dostatkem dusíku jsou náchylnější k expanzi *C. epigejos* než jiné. V roce 2013 nebyl ve výšce vegetace v jednotlivých variantách zaznamenán rozdíl. Bylo zaznamenáno prokazatelné zvýšení vegetace během sledovaných let. Výška vegetace je pozitivně ovlivněna vzrůstajícím množstvím *C. epigejos*.

4.3. Stabilita společenstva s dominantní *C. epigejos*

S cílem vyhodnotit stabilitu společenstva s dominantní *C. epigejos* byly analyzovány dva faktory – abundance *C. epigejos* a počet ostatních druhů pod vlivem managementu. Každá dvojice hodnot reprezentující abundanci *C. epigejos* a počet ostatních druhů je brána jako výsledek interakce dvou protihráčů odpovídající strategiím uplatňovaným v závislosti na managementu. Nashova rovnováha představuje takovou kombinaci strategií každého hráče, která je nejlepší odpovědí na strategii ostatních hráčů (Nash, 1951). Naše výsledky publikované v článku **Stochastic identification of stability of competitive interaction in ecosystems** ukazují, že aplikace navrhovaného postupu nabízí možnost řešení problému rovnovážného optima – **nejlepšího kompromisu mezi pay-off hodnotami**, které jsou pro každý z interagujících subjektů nejvýhodnější. Zadání není triviální, maximum payoff je u obou subjektů dosahováno v rozdílné situaci. Pro *C. epigejos* je nejvýhodnější situace hnojení dusíkem, fosforem, draslíkem a kosení. Nejvyšší počet druhů je v kontrolní, nekosené variantě. Vyhodnocení výchozích payoff hodnot vede k preferenci maxima pro počet ostatních druhů, kde vychází významně vyšší pravděpodobnost výskytu Nashovy rovnováhy interpretovatelná jako míra stability. Tento výsledek odpovídá obecným předpokladům – nejvyšší míra stability je dosahována u situace bez zásahu a tato **stabilita koresponduje s počtem vyskytujících se druhů** – tedy s biodiverzitou a nikoli s abundancí expanzní třtiny. Výsledkem navrhovaného konceptu je spojitá distribuce míry stability

vyhodnocovaných situací. Korelace této závislosti se souborem výchozích payoff hodnot vychází jednoznačně ve prospěch výskytu ostatních druhů – **stabilita koresponduje s biodiverzitou**. Určujícím faktorem determinujícím obdrženy výsledek je výskyt Nashových rovnováh v čistých formálních strategiích, takže vypočítaná distribuce míry stability není pro oba subjekty významně rozdílná. Z výsledků tedy nelze vyvozovat např. doporučení, která varianta managementu by mohla být stabilnější pro výskyt ostatních druhů oproti abundanci *C. epigejos*. Nicméně i tak mohou obdržené výsledky provedení vyhodnocení znamenat přínos k údajům majícím praktický význam při řešení problému expanzních a invazních druhů. Na základě provedení vyhodnocení lze shrnout – **existují varianty managementu vedoucí k významnější eliminaci výskytu *C. epigejos* v rostlinných společenstvech**, např. varianta, kde byl aplikován pouze draslík. Jejich předpokládaná míra stability je však oproti situaci bez zásahu velmi nízká a tyto stavy nemusí být dlouhodobě udržitelné.

Navrhovaný přístup je založen pouze na **porovnávání měřitelných nebo pozorovatelných hodnot kvantitativních parametrů** bez zahrnutí specifických interních faktorů určujících složité interakce ekosystému. Interpretace větší pravděpodobnosti výskytu Nashovy rovnováhy jako vyšší ekologické stability je pouze předpokladem, který nemusí v řadě případů platit. Takto vymezená míra stability je navíc pouze relativní - je větší či menší pouze v porovnání s výsledky obdrženy pro ostatní vyhodnocované situace.

Zde navrhovaný koncept vycházející ze stochastického herního modelu může být použit především při **aplikaci na rozsáhlejší datové soubory** reflektující např. ekologické parametry většího počtu krajinných prvků, u kterých by mohla být takto vyhodnocována relativní ekologická stabilita. Respektive vyhodnocení pravděpodobnosti výskytu Nashovy rovnováhy by mohlo takovýchto dat vhodně doplňovat standardní statistickou analýzu. Navrhovaný koncept je jistě využitelný v mnoha dalších aplikacích.

4.4. Možnosti eliminace *C. epigejos*

Studie ze Sokolovských výsypek publikovaná pod názvem **Topography of spoil heaps and its role in plant succession and soilfauna presence** ukazuje, že morfologie terénu při tvorbě výsypek má vliv na rozložení živin v půdě, což ovlivňuje složení rostlinných společenstev a přítomnost půdní fauny. Může také urychlit migraci některých půdních živočichů. Zařazení ploch rovných spolu se zvlněnými představuje pozitivní přínos pro rozmanitost stanovišť na místech se spontánní sukcesí.

V naší studii byla **nejvyšší hodnota celkového dusíku** měřena **na dně vln** na mladší lokalitě. Vrcholy vln byly živinově chudší. Byl zjištěn velmi **nízký obsah dostupného fosforu**. Složení rostlinných společenstev se lišilo mezi oběma lokalitami. Rostlinná společenstva na vyrovnaných plochách byly podobné těm na vrcholcích vln. Výsypkové půdy jsou velmi bohaté na montmorillonit, který efektivně zadržuje vodu. Pokud se ovšem tato zemina vysuší, stává se velmi tvrdou. Takovéto podmínky jsou velmi nepříznivé pro kořeny rostlin i půdní faunu. **Počty půdní fauny byly ovlivněny jak věkem místa, tak topografickou polohou**. Drátovci byli nejčastěji v terénních depresích na obou místech. Počet drátovců je nižší na starší lokalitě, která má odlišné složení rostlinného společenstva od mladší plochy.

Zdá se, že **vegetace je lepším prediktorem pro přítomnost drátovců a žížal než měřené faktory prostředí**. Variabilita, kterou vysvětluje vegetace, odráží biotické interakce mezi půdní makrofaunou a vegetací.

Výsledky předchozí studie nás přivedly na myšlenku otestovat trofické preference drátovců, kteří by mohli významně snižovat abundanci *C. epigejos* a zpomalovat její expanzi. Dva experimenty a jedna studie jsou uvedené v článku **Wireworms suppress spreading of the expansive weed *Calamagrostis epigejos* (L) Roth by feeding on its rhizomes**. Bylo zjištěno, že odřenky *C. epigejos* jsou vyhledávaným zdrojem potravy pro drátovce především v raných fázích spontánní sukcese na výsypkách. V oblastech s vysokými hustotami drátovců mají tyto kořenoví býložravci potenciál snížit abundanci *C. epigejos*, protože škody negativně ovlivňují vegetativní reprodukci této rostliny.

V kontrolovaných podmínkách klimaboxu drátovci významně **snížili délky podzemních výhonků** *C. epigejos*. Drátovci sice snížili biomasu *T. farfara*, jehož podzemní orgány mají stejnou funkci jako podzemní části *C. epigejos* (Barkley et al. 2006), nicméně výsledky nebyly průkazné a ani na studijní ploše výsyvky se neprokázaly žádné interakce s drátovci. Jeho nejvyšší abundance byla zjištěna v prohlubních naší studijní plochy, kde byl nalezen i vysoký počet drátovců. Negativní vliv drátovců na růst *T. farfara* tedy nebyl prokázán.

Nejnižší pokrytí *C. epigejos* bylo zaznamenáno v prohlubních vln. Zde bylo také nalezeno **nejvíce drátovců**. V našich experimentech **drátovci snížili biomasu podzemních výhonků**, nikoli kořenů.

4.5. Využití *C. epigejos* pro monitoring znečištění těžkými kovy z atmosférické depozice

Cílem této práce bylo rozpracovat a ověřit postup umožňující **efektivní monitoring depozice těžkých kovů v blízkosti silnic** založený na minimalizaci počtu operací při odběru a přípravě vzorku k analýze. Domníváme se, že tento přístup je v souvislosti s celkovou jednoduchostí a dostupností danou minimalizací náročnosti na přístrojové vybavení **dobře opakovatelnou a široce použitelnou metodou** s reprodukovatelnými výstupy umožňujícími porovnatelnost. Reprodukovatelnosti může být samozřejmě dosaženo pouze při využívání stejného druhu trávy – např. hojně rozšířené *C. epigejos*.

Extrakční roztoky získané navrhovaným postupem v článku **Using expansive grasses for monitoring heavy metal pollution in the vicinity of roads** obsahovaly sledované prvky v koncentračních rozmezích vhodných pro přímé stanovení metodou AAS. Porovnání změřených zastoupení šesti sledovaných prvků extrahovaných z povrchu trav *C. epigejos* a *A. elatius* - $Zn > Cu > Pb \sim Ni > Cr > Cd$ odpovídá jejich předpokládanému výskytu v kontaminovaném okolí silnic. Konkrétní zjištěné **množství sledovaných prvků** na povrchu dvou trav vztažené na suchou hmotnost rostlinného materiálu je **srovnatelné** s výsledky uváděnými publikovanými pracími

zabývajících se tímto tématem (Bi et al., 2012; Nabulo et al., 2006; Othman et al., 1997; Serbula et al., 2012).

U sledovaných těžkých kovů extrahovaných z povrchu *C. epigejos* je patrný trend poklesu zjištěných extrahovaných hodnot vztažených na suchou hmotnost se vzdáleností od silnic, což odpovídá našim předpokladům. Pro *A. elatius* tento trend nebyl zjištěn.

Reprodukovatelnost výsledků metody využívající k vyhodnocování depozice těžkých kovů povrch rostlin je jistě limitována i meteorologickými faktory, zejména množstvím a intenzitou dešťových srážek. Tento vliv by však neměl být převládající. Hodnoty naměřených množství těžkých kovů deponovaných např. v okolí dvou různých silnic je možné porovnávat, pokud jsou vzorky trávy odebírány v podobném stadiu vegetačního období. Zvolené druhy *C. epigejos* a *A. elatius* jsou vhodné pro **monitoring depozice těžkými kovy** nejen s ohledem na hojnost výskytu, ale i proto, že jako expanzní trávy obsazují v okolí silnic celistvé plochy a prakticky nedochází k ovlivnění prostorové distribuce PM zastíněním jinými druhy.

5. Summary

Long-term and intensive process of transformation and utilization of landscape has receded to background in the last two hundred years. One of the main causes has been industrial and technical development which brought changes in the way of farming. In consequence, many biotopes are not as intensively used as in the past or they are completely abandoned. Our field experiment has shown that a high content of nutrients (especially nitrogen) accelerates the expansion of *C. epigejos* into such habitats. The nutrient reserve in these biotopes is just from the farming period.

C. epigejos has many properties that have made it possible to change plant communities. Change of the plant community in time has been mainly determined by the degree of expansion of this grass. Currently there are only a few biotopes what aren't threatened by its uncontrollable spread. If its abundance increases, biodiversity is gradually diminishing. *C. epigejos* is a native species of our flora, Therefore, it also has an irreplaceable place in the composition of plant communities.

The question remains, how to achieve relative stability of semi-natural habitats without this grass becoming the dominant species. A partial solution has been found when using the principles of game theory. Use of Nash equilibriums as the degree of stability factors has led to a result where the stability corresponds to the number of species. However, we did not have a clear answer to the question regarding which management can lead to the elimination of *C. epigejos*, but on the basis of our assessment it can be assumed that there are alternatives leading to its major elimination. This method can be beneficial not only for solving problems with expansion and invasive species but also as a possible approach for evaluating relative ecological stability.

The stability of the plant community is not only determined by its composition and nutrients content in the soil. For example, morphology of terrain forming the dumps has an effect on the distribution of nutrients in the soil, which affects the composition of plant communities and the presence of soil fauna. We have found that the

topographic structure of the habitat affects the distribution of nutrients and soil fauna, which then determines the composition of the plant community. At the same time, thanks to vegetation, we can predict the presence of worms and earthworms. The mosaic of terrain inequalities combined with settled areas also represents a positive contribution to the diversity of habitats that are formed by spontaneous succession.

The elimination of an expansive species such as *C. epigejos* can be basically simple if we find out which native component of the ecosystem is damaged or completely absent. If we assume that the original species have begun to expand as a result of some ecosystem instability, it is enough to "determine" what the instability is and try to restore the balance. We monitored the trophic preferences of the wireworms and it was proved that the most preferred were the shoots of *C. epigejos* - their underground biomass was reduced. In this context, the plant's competitive ability and its vegetative reproduction may be reduced.

The very wide area of *C. epigejos* distribution can also offer study benefits. We have proposed a method for monitoring the deposition of heavy metals, not limited to the vicinity of roads. *C. epigejos* leaf areas are suitable for our proposed procedure, which is generally applicable, repeatable and leads to obtaining of reproducible results. This method minimizes the number of operations and can be used in a wide range of locations.

Understanding the reasons for the excessive spread of native and invasive species is a very tedious process. It is a complex issue, at which we should look from a landscape and maybe historical perspective. At the same time, we may have to accept the fact that in the next few years the land will not be used as intensively as in the past and the character of the whole ecosystem will change. Unless, however, we want to invest funds and a lot of power into maintaining rare biotopes which are degraded by shrubby invasive species such as the magnificent hogweed or gradually return to the forest stage.

6. Reference

- Bi, X., Liang, S., Li, X., 2012. Trace metals in soil, dust, and tree leaves of the urban environment, Guangzhou, China. *Chinese Science Bulletin* 58, 222–230.
doi:10.1007/s11434-012-5398-2
- Čížek, O., Vrba, P., Beneš, J., Hrázský, Z., Koptík, J., Kučera, T., Marhoul, P., Zamečnik, J., Konvička, M., 2013. Conservation potential of abandoned military areas matches that of established reserves: plants and butterflies in the Czech Republic. *PLOS ONE* 8, e53124. doi:10.1371/journal.pone.0053124
- Dostálek, J., Frantík, T., 2012. The impact of different grazing periods in dry grasslands on the expansive grass *Arrhenatherum elatius* L. and on woody species. *Environmental management* 49, 855–61. doi:10.1007/s00267-012-9819-4
- Facelli, J.M., Pickett, S.T.A., 1991. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review* 57, 1–32. doi:10.1007/BF02858763
- Fiala, K., 2001. The role of root system of *Calamagrostis epigejos* in its successful expansion in alluvial meadows. *Ekologia-Bratislava* 20, 292–300.
- Fiala, K., Holub, P., Sedlaková, I., Tůma, I., Záhora, J., Tesařová, M., 2003. Reasons and consequences of expansion of *Calamagrostis epigejos* in alluvial meadows of landscape affected by water control measures - A multidisciplinary research. *Ecologia-Bratislava* 22, 242–252.
- Fiala, K., Tůma, I., Holub, P., 2011. Effect of nitrogen addition and drought on above-ground biomass of expanding tall grasses *Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*. *Biologia* 66, 275–281. doi:10.2478/s11756-011-0001-x
- Haková, P., Wotavová, K., 2004. Změny druhového složení a struktury druhově chydých travních porostů, in: *Aktuality Šumavského Výzkumu II*. Správa NP Šumava, 2004, Srní, pp. 256–261.
- Halarewicz, A., Pruchniewicz, D., 2015. Vegetation and environmental changes in a Scots pine forest invaded by *Prunus serotina*: What is the threat to terricolous bryophytes? *European Journal of Forest Research* 134, 793–801. doi:10.1007/s10342-015-0890-2
- Házi, J., Bartha, S., Szentes, S., Wichmann, B., Penksza, K., 2011. SeminatURAL grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems* -

- Hejčman, M., Klauďisov, M., Hejčmanov, P., Pavl, V., Jones, M., 2009. Expansion of *Calamagrostis villosa* in sub-alpine *Nardus stricta* grassland: Cessation of cutting management or high nitrogen deposition? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129, 91–96. doi:10.1016/j.agee.2008.07.007
- Hodačova, D., Prach, K., 2003. Spoil Heaps From Brown Coal Mining: Technical Reclamation Versus Spontaneous Revegetation. *Restoration Ecology* 11, 385–391. doi:10.1046/j.1526-100X.2003.00202.x
- Holub, P., Tma, I., Fiala, K., 2012. The effect of nitrogen addition on biomass production and competition in three expansive tall grasses. *Environmental Pollution*. doi:10.1016/j.envpol.2012.07.007
- Holub, P., Záhora, J., 2008. Effects of nitrogen addition on nitrogen mineralization and nutrient content of expanding *Calamagrostis epigejos* in the Podyj National Park, Czech Republic. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171, 795–803. doi:10.1002/jpln.200700184
- Chytr, M., 2010. *Vegetation of the Czech Republic 1 Grassland and heathland vegetation*. Academia, Prag.
- Chytr, M., Kučera, T., Martin, K. (Eds.), 2001. *Katalog biotop České republiky*. AOPK, Praha.
- Chytr, M., Tich, L., 2003. Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis* 1–231.
- Janauer, V., 1995. Možnosti využití herbicidu Shorty v lesním hospodárství. *Lesnick práce* 3–4.
- Jongipierov, I., Fajmon, K., Źmolk, M., 2015. Plán péče o prodn rezervaci Drah. Kocián, P., 2016. kokrhel větší - *Rhinanthus major* | Květena České republiky - plan rostliny ČR | www.kvetenacr.cz | [WWW Document]. 2016. URL <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=150>
- Kovr, P. (Ed.), 2004. *Natural REcovery of Human-Made Deposits in landscape*. Academia, Prag.

- Křivánek, M., Sádlo, J., Bímová, K., 2004. Odstraňování invazních druhů rostlin, in: Háková, A., Klauďisová, A., Sádlo, J. (Eds.), *Zásady Péče O Nelesní Biotopy v Rámci Soustavy NATURA 2000*. Ministerstvo Životního prostředí, Praha, p. 75.
- Lammerts, E.J., Grootjans, A.P., 1997. Nutrient deficiency in dune slack pioneer vegetation: a review. *Journal of Coastal Conservation* 3, 87–94.
doi:10.1007/BF02908183
- Lehmann, C., Rebele, F., 2004. Assessing the potential for cadmium phytoremediation with *Calamagrostis epigejos*: a pot experiment. *International journal of phytoremediation* 6, 169–83. doi:10.1080/16226510490454849
- Lehmann, C., Rebele, F., 1994. Zum Potential sexueller Fortpflanzung bei *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. *Verhandlungen der Gesellschaft für ökologie* 23, 445–450.
- Mitrović, M., Pavlović, P., Lakusić, D., Djurdjević, L., Stevanović, B., Kostić, O., Gajić, G., 2008. The potential of *Festuca rubra* and *Calamagrostis epigejos* for the revegetation of fly ash deposits. *The Science of the total environment* 407, 338–47.
doi:10.1016/j.scitotenv.2008.09.001
- Mudrák, O., Frouz, J., Velichová, V., 2010. Understory vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands. *Ecological Engineering* 36, 783–790.
doi:10.1016/j.ecoleng.2010.02.003
- Mudrák, O., Mládek, J., Blažek, P., Lepš, J., Doležal, J., Nekvapilová, E., Těšitel, J., 2014. Establishment of hemiparasitic *Rhinanthus* spp. in grassland restoration: lessons learned from sowing experiments. *Applied Vegetation Science* 17, 274–287.
doi:10.1111/avsc.12073
- Nabulo, G., Oryem-Origa, H., Diamond, M., 2006. Assessment of lead, cadmium, and zinc contamination of roadside soils, surface films, and vegetables in Kampala City, Uganda. *Environmental Research* 101, 42–52. doi:10.1016/j.envres.2005.12.016
- Nash, J., 1951. *Non-Cooperative Games*. *The Annals of Mathematics* 54, 286.
doi:10.2307/1969529
- Neuhäuslová, Z., 2001. *Map of Potential Natural Vegetation of the Czech Republic*. Academia, Prag.
- Othman, I., Al-Oudat, M., Al-Masri, M.S., 1997. Lead levels in roadside soils and vegetation of Damascus city. *Science of the Total Environment* 207, 43–48.

- Prach, K., Wade, P.M., 1992. Population characteristics of expansive perennial herbs. *Preslia* 64, 45–51.
- Prausová, R., Sádlo, J., 2004. Vypalování, in: Háková, A., Klaudivsová, A., Sádlo, J. (Eds.), *Zásady Péče O Nelesní Biotypy v Rámci Soustavy NATURA 2000*. Ministerstvo Životního prostředí, Praha.
- Pruchniewicz, D., 2017. Abandonment of traditionally managed mesic mountain meadows affects plant species composition and diversity. *Basic and Applied Ecology* 20, 10–18. doi:10.1016/j.baae.2017.01.006
- Rebele, F., 2014. Species composition and diversity of stands dominated by *Calamagrostis epigejos* on wastelands and abandoned sewage farmland in Berlin. *Tuexenia* 247–270.
- Rebele, F., 2000. Competition and coexistence of rhizomatous perennial plants along a nutrient gradient. *Plant Ecology*. doi:10.1023/A:1009808810378
- Rebele, F., Lehmann, C., 2002. Restoration of a Landfill Site in Berlin, Germany by Spontaneous and Directed Succession. *Restoration Ecology* 10, 340–347. doi:10.1046/j.1526-100X.2002.01026.x
- Regal, V., Šindelářová, J., 1970. *Atlas nejdůležitějších trav*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Reif, J., Marhoul, P., Čížek, O., Konvička, M., 2011. Abandoned military training sites are an overlooked refuge for at-risk open habitat bird species. *Biodiversity and Conservation* 20, 3645–3662. doi:10.1007/s10531-011-0155-4
- Sedláková, I., Fiala, K., 2001. Ecological problems of degradation of alluvial meadows due to expanding *Calamagrostis epigejos*. *Ecologia-Bratislava* 20, 226–233.
- Sedláková, I., Prausová, R., 2004. *Zásady péče o nelesní biotypy v rámci soustava Natura 2000*. Planeta 8.
- Serbula, S.M., Miljkovic, D.D., Kovacevic, R.M., Ilic, A.A., 2012. Assessment of airborne heavy metal pollution using plant parts and topsoil. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 76, 209–214. doi:10.1016/j.ecoenv.2011.10.009
- Somodi, I., Viragh, K., Podani, J., 2008. The effect of the expansion of the clonal grass *Calamagrostis epigejos* on the species turnover of a semi-arid grassland. *Applied*

- Stroh, M., Storm, C., Zehm, A., Schwabe, A., 2002. Restorative grazing as a tool for directed succession with diaspore inoculation: the model of sand ecosystems. *Phytocoenologia* 32, 595–625. doi:10.1127/0340-269X/2002/0032-0595
- Šebelíková, L., Řehounková, K., Prach, K., 2016. Spontaneous revegetation vs. forestry reclamation in post-mining sand pits. *Environmental Science and Pollution Research* 23, 13598–13605. doi:10.1007/s11356-015-5330-9
- Těšitel, J., Mládek, J., Horník, J., Těšitelová, T., Adamec, V., Tichý, L., 2017. Suppressing competitive dominants and community restoration with native parasitic plants using the hemiparasitic *Rhinanthus alectorolophus* and the dominant grass *Calamagrostis epigejos*. *Journal of Applied Ecology*. doi:10.1111/1365-2664.12889
- Tůma, I., Holub, P., Fiala, K., 2009. Soil nutrient heterogeneity and competitive ability of three grass species (*Festuca ovina*, *Arrhenatherum elatius* and *Calamagrostis epigejos*) in experimental conditions. *Biologia* 64, 694–704. doi:10.2478/s11756-009-0067-x
- Tůma, I., Holub, P., Fiala, K., 2005. Competitive balance and nitrogen losses from three grass species (*Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigejos*, *Festuca ovina*). *Biologia* 60, 417–422.
- van den Berg, L.J.L., Tomassen, H.B.M., Roelofs, J.G.M., Bobbink, R., 2005. Effects of nitrogen enrichment on coastal dune grassland: a mesocosm study. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* 138, 77–85. doi:10.1016/j.envpol.2005.02.024

7. Curriculum vitae

OSOBNÍ INFORMACE

Jméno a příjmení Pavla Vachová
Tel. 775284983
E-mail pavlis.vachova@gmail.com
Dum narození 9. 1. 1985 v Písku



VZDĚLÁNÍ A KURZY

2010 – dosud Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Doktorský studijní program
Ekologie

Název disertace Ekologie druhu *Calamagrostis epigejos*

2008 – 2010 Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Aplikovaná ekologie

Státní závěrečné zkoušky Ekologie, Životní prostředí, Vodní hospodářství, Krajinné a územní plánování

2005 - 2008 Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Aplikovaná ekologie

Státní závěrečné zkoušky Obecná ekologie, Ochrana přírody, Odpady

2009-2017 Česká botanická společnost – Floristický kurz

PRACOVNÍ ZKUŠENOSTI

2017 Česká zemědělská univerzita v Praze
Koordinátor Letní školy aplikované ekologie
Odborný vědecký pracovník projektu

2014 **Zelený kruh**
Asociace ekologických organizací
Stáž v časopise

2011 Občanská inspirace, Praha

Nezisková organizace

Lektor ekodni

ODBORNÉ ZAMĚŘENÍ Ekologie rostlin s důrazem na jejich expanzní chování
Vztahy mezi kořenovými herbivory a rostlinou
Sukcese antropogenně ovlivněných biotopů
Zpracování ekologických dat

PEDAGOGICKÉ Spolupráce na výuce předmětů

ZKUŠENOSTI Geobotanika, Ekologie stanovišť,
Ecology and ecological methods, Praxe

Účast v projektu Hurá na vysokou

Přednášky:

Co utíká ze zahrádky, aneb jak se z okrasných květin
stávají invazní rostliny

Ochrana přírody v ČR

Vedení bakalářských prací, oponentské posudky

ŘEŠENÉ PROJEKTY GA FŽP 2012

Klíčení a prospívání expanzního druhu

Calamagrostis epigejos (L.) Roth v kontrolovaných podmínkách.

GA FŽP 2013

Odezva *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth na vybrané typy
managementu z hlediska teorie her.

GA FŽP 2016 Efekt managementu na distribuci živin
v těle *Calamagrostis epigejos*.

PUBLIKAČNÍ ČINNOST

Walmsley A., Vachová P., Vach M. Topography of Spoil Heaps and Its Role in Plant Succession and Soil Fauna Presence. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2017, roč. 48, č. 1, s. 30-38. ISSN: 1211-3174.

Vachová P., Vach M., Najnarová E. Using expansive grasses for monitoring heavy metal pollution in the vicinity of roads. *Environmental Pollution*, 2017, roč. 229, č. , s. 94-101. ISSN: 0269-7491.

Vachová P., Walmsley A. Wireworms suppress spreading of the expansive weed *Calamagrostis epigejos* (L) Roth by feeding on its rhizomes. *European Journal of Soil Biology*, 2017, roč. 81, č. , s. 19-24. ISSN: 1164-5563.

Vach M., Vachová P. Stochastic Identification of Stability of Competitive Interactions in Ecosystems. *PLoS One*, 2016, roč. 11, č. 5, s. 1-12. ISSN: 1932-6203.

Konference

Walmsley A., Vachová P., Vach M. The role of topographic structure and soil macrofauna presence at spoil heaps during spontaneous succession. EGU 2016, Wien, Austria 17. - 22. April 2016

Konference ČSPE 2017

Kostelecké inspirování 2011, 2012, 2013, 2015, 2016

Hydromode 2015

Konference Biodiverzita (Chloumek) 2012, 2013

Konference ČBS 2011, 2013, 2017