

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Expanze *Calamagrostis epigejos* na nově uvolněné plochy

Expansion of *Calamagrostis epigejos* into recently cleared areas

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Lada Jakubíková, Ph.D.

Konzultant: Ing. Pavla Vachová, Ph.D.

Diplomant: Bc. Lenka Lajpertová

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lenka Lajpertová

Ochrana přírody

Název práce

Expanze *Calamagrostis epigejos* na nově uvolněné plochy

Název anglicky

Expansion of *Calamagrostis epigejos* into recently cleared areas

Cíle práce

Cílem diplomové práce je získat informace o šíření expanzivní trávy *Calamagrostis epigejos* a zodpovězení otázek:

1. Jak se *C. epigejos* šíří v průběhu času do prostoru?
2. Bude se počet nových ramet zvyšovat?
3. Jak se bude vyvíjet druhová diverzita společenstev na experimentálních plochách s *C. epigejos*?
4. Potlačí dominance *C. epigejos* ostatní druhy ve společenstvu?
5. Mění se v čase společenstvo s *C. epigejos*?

Metodika

V terénu odebrat rostliny *Calamagrostis epigejos* a ty pěstovat v nádobách v zahradním experimentu. V nádobách sledovat šíření *Calamagrostis epigejos*, zaznamenat pomocí fytoocenologických snímků složení, vývoj a diverzitu společenstva s *C. epigejos*. Zaměřit se na otázku, zda *C. epigejos* svou expanzí a rychlostí růstu ovlivňuje složení nově vzniklého společenstva.

Doporučený rozsah práce

30 – 50 stran

Klíčová slova

expanze, klonální růst, společenstvo, zahradní experiment, životní strategie

Doporučené zdroje informací

- Házi, J., Bartha, S., Szentes, S., Wichmann, B., Penksza, K., 2011: Seminatural grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems* 145, 699–707.
doi:10.1080/11263504.2011.601339
- Kovář P., 2004: Natural Recovery of Human-Made Deposits in Landscape. Academia, Praha.
- Larcher W., 1988: Fyziologická ekologie rostlin. Academia, Praha.
- Rebele F. et Lehmann C., 2001: Biological flora of Central Europe: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. *Flora*, 196: 325-344.
- Storch D. et Mihulka S., 2000: Úvod do současné ekologie. Portál, Praha.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lada Jakubíková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Pavla Vachová, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2018

doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Lady Jakubíkové, Ph.D., a odborné konzultantky Ing. Pavly Vachové, Ph.D., pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne

.....

Poděkování

Děkuji Ing. Ladě Jakubíkové, Ph.D., za vedení mé diplomové práce, za trpělivost a odborný dohled. Další dík patří Ing. Pavle Vachové, Ph.D., za poskytnutí cenných rad, konzultací a pomoc při řešení statistického zpracování dat. Dále děkuji Ing. Karlu Boublíkovi, Ph.D., za podmětne rady a připomínky při psaní diplomové práce. Velké díky bych ráda věnovala své rodině za podporu a trpělivost během celého studia.

V Praze dne

.....

Abstrakt

Calamagrostis epigejos (třtina křovištní) je expanzivní tráva. Často se vyskytuje mezi prvními druhy, které obsazují nově uvolněný prostor. Tato studie přináší nové poznatky o počátečním stadiu šíření zájmového druhu na nová stanoviště. Cílem bylo zodpovědět základní otázky: (1) Jak se *C. epigejos* šíří v průběhu času do prostoru? (2) Bude se počet nových ramet zvyšovat? (3) Bude se druhová diverzita na experimentálních plochách zvyšovat? (4) Potlačí dominance *C. epigejos* ostatní druhy ve společenstvu? (5) Mění se v čase společenstvo s *C. epigejos*? Popsána je dynamika růstu ramet a jejich prostorové uspořádání. Práce se zaměřuje i na studium struktury společenstev, která se postupně samovolně vytvořila na experimentálních plochách.

Pro získání potřebných dat byl založen na obnaženém půdním pokryvu nádobový experiment, který byl tvořen třemi variantami o čtyřech opakováních: (A) trs *C. epigejos* o pěti rametách uprostřed skruže, (B) trs *C. epigejos* o pěti rametách na okraji, (C) kontrolní plocha bez *C. epigejos*. Celkem bylo sledováno 12 skruží o průměru 58 cm po dobu tří let.

Nebyl prokázán negativní efekt částečného omezení rozrůstání *C. epigejos* vlivem okraje nádob. V obou typech umístění produkovala třtina průměrně stejný počet ramet, kvetoucích stébel, dosahovala stejných průměrných délek listů a ani obvod mateřských rostlin se výrazně nelišil. Z vizuálního zhodnocení však vyplývá rovnoměrné pokrytí plochy u mateřské rostliny vysazené uprostřed, čímž se maximalizovalo obsazení celého okolí. Naopak rostliny *C. epigejos* omezené bariérou investovaly více energie do šíření na delší vzdálenosti.

Během experimentu se zvýšila pokryvnost *C. epigejos* na všech experimentálních plochách a lze předpokládat její dominanci do 2–3 let. *C. epigejos* zabránila svou odumřelou biomasou vyklíčení semen a šíření ostatních druhů. Ke snížení pokryvnosti přispěla i její výška, resp. zástin ostatního společenstva. S přibývajícím pokryvností *C. epigejos* došlo ke snížení druhové diverzity.

Klíčová slova: expanze, klonální růst, společenstvo, zahradní experiment, životní strategie

Abstract

Calamagrostis epigejos (bushgrass) is an expansive weed. It grows and occupies new free spaces as one of the first species. This study brings the new knowledge about early spreading stadium of this species on new habitats. The aim of the work was to answer following questions: (1) How does *C. epigejos* spread to the space in time? (2) Will be the number of bunches increased? (3) Will be the species diversity on the experimental areas increased? (4) Will the domination of *C. epigejos* suppresses other species? (5) Does the species community change with existence of *C. epigejos*? There is described the dynamics of the bunch growth and its spatial arrangement. The essay is focused to the study of species community structure which was created gradually on the experimental areas.

There was founded the pot experiment for getting the needed data on the exposed soil. The experiment was made with three variants, each with 4 repetitions: (A) a cluster of *C. epigejos* with 5 bunches in the middle of the circle-area (B) a cluster of *C. epigejos* with 5 bunches on the border of circle-area (3) control area without *C. epigejos*. In total, it was followed 12 circle-areas with 58 cm diameter during 3 years.

It was not confirmed any negative effect of partial limited growth *C. epigejos* due to the reason of the edges of the pots. Bushgrass produced the same quantity of bunches on average, the same quantity of flowering stalks, the same length of leaves on average in both types of areas. The perimeter of mother plants was not significantly different too.

From the visual assessment results the uniform area coverage at mother plant planted in the middle which allows maximalisation of occupying the entire neighborhood. On the contrary, *C. epigejos*, limited by barriers, invested more energy to spreading on bigger distances.

The coverage of *C. epigejos* was increased on all experimental areas during the experiment. We can expect its domination during 2–3 year. *C. epigejos* anticipated seed germination and spreading of another species by its dead biomass. Its height, respectively its shadowing of other species community, contributed to decreasing of the coverage of another species too. With increased coverage of *C. epigejos* the species diversity was decreased.

Keywords: clonal growth, expansion, garden experiment, life strategy, species community

OBSAH

1.	Úvod.....	9
2.	Cíle práce	11
3.	Literární rešerše	12
3.1	Morfologie <i>Calamagrostis epigejos</i>	12
3.2	Výskyt <i>Calamagrostis epigejos</i>	12
3.3	Postavení <i>Calamagrostis epigejos</i> v sukcesi.....	14
3.4	Životní forma a životní strategie <i>Calamagrostis epigejos</i>	18
3.5	Výhody <i>Calamagrostis epigejos</i> v konkurenci s ostatními druhy ...	18
3.5.1	Klonální růst	21
3.6	Potlačení dominance <i>Calamagrostis epigojos</i> ve vegetaci	22
4.	Metodika	25
4.1	Založení experimentu	25
4.1.1	Odběr <i>Calamagrostis epigejos</i>	25
4.1.2	Uspořádání experimentálních ploch	25
4.1.3	Odběr a rozbor půdních vzorků	26
4.2	Sběr dat.....	27
4.3	Analýza dat.....	28
4.4	Klima	29
5.	Výsledky	30
5.1	Analýza vstupních parametrů <i>Calamagrostis epigejos</i>	30
5.2	Změna společenstva v čase na experimentálních plochách.....	42
6.	Diskuse.....	44
7.	Závěr	48
8.	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	49
9.	Přílohy.....	62

1. Úvod

Expanzivní druhy tvoří významnou skupinu, která je v recentní době podporována synantropizací stanovišť, při níž se uplatňují především následující mechanismy: procesy přeměny ekosystému, primární sukcese, sekundární sukcese a degradace (Kovář, 2003). Působí jako závažné plevely, protože se intenzivně šíří a jsou hrozbou pro různá rostlinná společenstva (Fiala et al. 2011).

Mezi vysoce expanzivní druhy trav řadíme i výběžkatou travu třtinu křovištní (*Calamagrostis epigejos*), snášející široké rozmezí ekologických podmínek (Reiterová, 2012). Velmi často se vyskytuje mezi prvními druhy během primární sukcese (Dostál et Kovář, 2013). V diplomové práci se zabývám šířením *C. epigejos* na nově uvolněné plochy. Volné plochy se vytvářejí například lokálními disturbancemi, které postihují pouze část prostředí a může na nich probíhat sukcese (Storch et Mihulka, 2000; Prach et Pyšek, 2001). Jsou významným faktorem udržující druhovou diverzitu (Grubb, 1977). Existuje mnoho studií a publikací o ekologii a fyziologii *C. epigejos*, nicméně mechanismus a dynamika obsazování nově uvolněných ploch nejsou zatím dostatečně vysvětleny. Dynamika zarůstání volných ploch hraje významnou roli jako jeden z možných mechanismů ovlivňujících tvorbu a udržení druhové diverzity (Ryser, 1993). *C. epigejos* využívá svých schopností k obsazování a ovládnutí volných nik. Je známo, že ekologická nika a prostorové procesy utvářejí druhové složení rostlinných společenstev (Szymura et al. 2015) a každý druh využívá svůj specifický soubor zdrojů (Primack et al. 2011). Typickou výhodou *C. epigejos* v šíření je klonální charakter růstu, rychle reagující na zlepšené podmínky prostředí. Výhody klonálního růstu v konkurenci s ostatními druhy potvrdili ve své studii např. Rebele (2000) a Pottier et Evette (2010). *C. epigejos* roste na většině území Evropy, Severní Asie a často vytváří sevřené porosty, do kterých není schopen proniknout žádný další druh (Storch et Mihulka, 2000), zarůstá rozsáhlé, lidskou činností poškozené areály (Kovář, 2002). Expanze třtiny křovištní je v současnosti velkým problémem i mnoha chráněných území (Storch et Mihulka, 2000).

Ve své diplomové práci jsem se zaměřila na chování *C. epigejos* a ostatních druhů na experimentálních plochách a jejich proměnlivost během času. Je užitečné uvědomit si existenci vrozených rozdílů ve složení, chování a funkcích mezi

rostlinami (Kovář, 2002). Vlivem *C. epigejos* na ostatní společenstvo a její dominanci se zabývali ve svých experimentech např. Somodi et al. (2008), Catorci et al. (2014), Mudrák et al. (2016), Pruchniewicz et Zolnierz (2017).

Lze očekávat, že působení člověka na vegetaci a prostředí bude v budoucnu nejen sílit, ale i měnit svoji povahu (Moravec et al. 1995). Získanými výsledky svého tříletého experimentu chci alespoň z části přispět k pochopení ekologie expanzivní trávy *C. epigejos*, jejíž šíření a tím ohrožení druhové diverzity společenstev bude v budoucnu stále aktuálnější.

2. Cíle práce

Cílem diplomové práce bylo získat informace o šíření expanzivní trávy *Calamagrostis epigejos* a zodpovězení otázek:

1. Jak se *C. epigejos* šíří v průběhu času do prostoru?
2. Bude se počet nových ramet zvyšovat?
3. Bude se druhová diverzita na experimentálních plochách zvyšovat?
4. Potlačí dominance *C. epigejos* ostatní druhy ve společenstvu?
5. Mění se v čase společenstvo s *C. epigejos*?

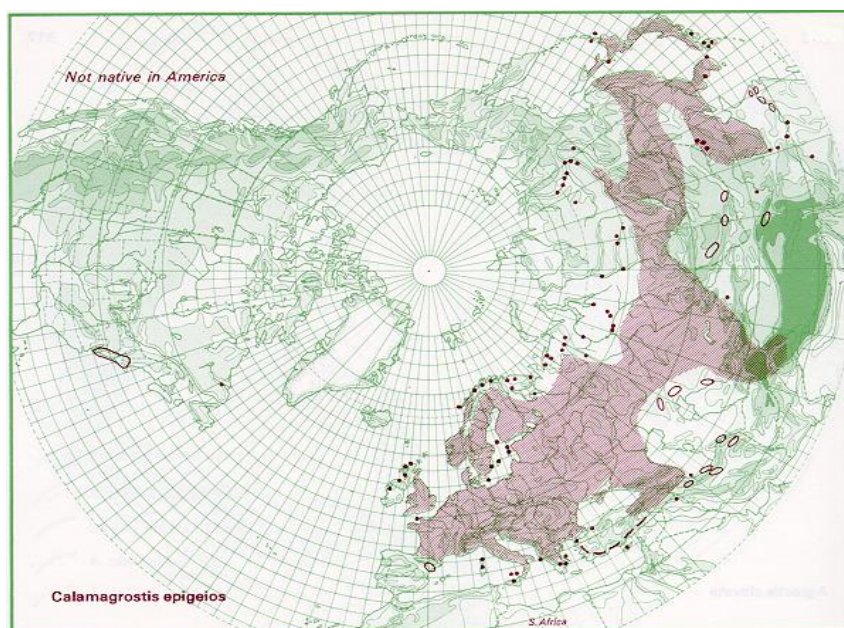
3. Literární rešerše

3.1 Morfologie *Calamagrostis epigejos*

C. epigejos je vytrvalá 60–150 cm vysoká šedozelená, trsnatá tráva, se silným, plazivým a výběžkatým oddenkem (Randuška et al. 1983). Rebele et Lehmann (2001) uvádí výšku dokonce až 2 m. Stébla jsou tuhá a pod latami velmi drsná (Tříška, 1979). Listy jsou 3 až 10 mm široké (Mergl et Zezula, 1984), i s pochvami drsné, někdy ploché, jindy svinuté (Tříška, 1979). Klásky tvoří bohatou, hustou, až 30 cm dlouhou latu, která je i v době květu laločnatá, se štětinatě drsnými větévkami až 10 cm dlouhými (Randuška et al. 1983). Klásky jsou krátce stopkaté, klubkatě nahloučené, stříbřitě šedé až hnědě nachové (Dostál, 1989). Kvete od června do srpna (Kubát, 2002). Kořenová soustava sahá do hloubky přes 1 m. Oddenky mohou prorůst na nezarostlou plochu během 4 měsíců do vzdálenosti až 80 cm (Regal et Šindelářová, 1970). Rebele et Lehmann (2001) uvádí vzdálenost 150 cm v jednom směru za rok.

3.2 Výskyt *Calamagrostis epigejos*

C. epigejos roste na většině území Evropy, v Severní Asii – od Anglie až po Japonsko, sekundárně se vyskytuje též v Severní Americe a jižní Africe (Aiken et al. 1989; Mižík, 2007) (obr. č. 1).



Obr. č. 1: Rozšíření *Calamagrostis epigejos* ve světě (fialová barva) (<http://linnaeus.nrm.se/flora>).

Na evropských stanovištích je rozšířena v suchých lesích, křovinách, na pasekách a v lesních kulturách (Regal et Šindelářová, 1970). Obsazuje plochy (patches) na opuštěných horských loukách (Pruchniewicz, 2017), mezery (gaps) v bukových porostech (Kelemen et al. 2012; Bílek et al. 2014). Místně proniká i do kavylové stepi (Vacek, 2013). Roste obvykle v celých porostech na lesních světlinách a okrajích, na křovinatých stráních i na písčitých březích (Tříška, 1979), vytlačuje kulturní trávy z pastvin a luk (Winkler, 2013). Kubát et al. (2002) uvádí výskyt *C. epigejos* na narušených místech, okrajích komunikací. Dostál (1989) dále zmiňuje písčiny, břehy a náplavy. *C. epigejos* může koexistovat s vysokou úrovní rozmanitosti (až 30 druhů/16 m²) na písčinných, suchých a na živiny chudých místech (Rebele, 2014). Jde o velmi rozšířený a význačný druh pasekových stadií v pásmu doubrav až bučin (Regal et Šindelářová, 1970), kdy na pasekách jsou po odstranění lesního porostu nastoleny podmínky pro sekundární sukcesi (Čížek et al. 2007). Od nížin do podhůří je naším neškodlivějším druhem lesní buřeně (Regal et Šindelářová, 1970), který zabraňuje zmlazování lesa a růstu semenáčků (Tříška, 1979). *C. epigejos* využívá dostatku světla po odstranění stromového patra (Čížek et al. 2007) a svou odumřelou biomasou brzdí nástupu dřevin (Moravec et al. 1994). Její přítomnost je možno pozorovat téměř na všech plochách, kde došlo k prosvětlení porostu, bez ohledu na klimatické podmínky (Janauer, 1995^a). Výskyt tohoto druhu na loukách a pastvinách vždy dokazuje, že se porost dostatečně neobdělává (Regal et Šindelářová, 1970; Hrouda, 2010).

V městské vegetaci patří *C. epigejos* mezi konkurenčně schopné, masově rozšířené druhy s širokou ekologickou amplitudou (Pyšek, 1996). To popisují i Fiala et al. (2003), Esperschutz et al. (2013), Mikuláš et Šturma (2015). *C. epigejos* je dodnes nejhojnější travou dopadových ploch na vojenských střelnicích (Sádlo, 1994), obsazuje krátery po střelách a ohořelé stráně (Matějů, 2010). Hodačová et Prach (2003) uvádí výskyt *C. epigejos* na technicky rekultivovaných plochách. *C. epigejos* je častým a úporným expanzivním druhem také v kamenolomech (Řehounek et al. 2010), vápencových a dolomitových lomech (Rahmonov et al. 2014). Je také hlavní dominantou bylinného patra na nejrůznějších umělých deponiích v kulturní krajině (Bryndová et Kovář, 2004).

Její šíření neomezuje ani nadměrné okyselení půdy, ani další působení ostatních nepříznivých činitelů (Janauer, 1995^a). Šíření *C. epigejos* a ostatních

expanzivních druhů, je především důsledkem fyzikálních a chemických změn pedologických poměrů, zejména nadměrným obsahem dusíkatých látek a dalších živin v půdě (Klaudisová et al. 2011).

3.3 Postavení *Calamagrostis epigejos* v sukcesi

Prach et Pyšek (1994), kteří se zabývali studiem role klonálních rostlin v sukcesi, uvádí největší jejich výskyt právě v časné fázi, což je způsobeno schopností těchto rostlin šířit se rychle na neobsazená místa. *C. epigejos* je konkurenčně schopná tráva, která se dokáže během krátké doby rozrůst po celé lokalitě a pozastavit sukcesi na velmi dlouhou dobu (Reitschmiedová et Frouz, 2016), může blokovat sukcesi i několik desetiletí (Kovář, 2002). Vegetační sukcese je proces, jenž zahrnuje změny vegetace na určitém místě v průběhu času, pregnantnější definice říká, že se jedná o nesezónní, směřované a nepřetržité procesy kolonizace a extinkce rostlinných populací na určitém místě (Pyšek, 1996). Sádlo et Tichý (2002) definují sukcesi jako termín, který znamená proces postupného zarůstání volných ploch. Primární sukcese začíná v prostoru dosud neosídleném vegetací. Sekundární sukcese nastupuje na místě zbaveném dosavadní porušené či zničené vegetace vnějším zásahem, který však neporušil podstatně její prostředí. (Moravec et al. 1994). Blokována sukcesní stadia jsou dlouhodobě stabilizovaná, udržovaná vnějšími podmínkami, kde se nehodí označení trvalá společenstva, protože nepředstavují závěrečná stadia sukcese (Kovář, 2002). Drobnější odchylky ve složení sukcesního stadia je umožňují rozlišovat na počáteční (iniciální), optimální a závěrečné (Moravec et al. 1994). V tabulce č. 2 je uveden přehled sukcesních stadií s výskytem *C. epigejos* na antropogenních stanovištích v České republice (Prach et al. 2008).

V mnoha případech se můžeme spolehnout na spontánní (přirozenou) obnovu i v případě značně degradovaných stanovišť. *C. epigejos* jako silná dominanta často tuto obnovu na eutrofizovaných stanovištích blokuje (obr. č. 2) (Prach, 2009).



Obr. č. 2: Ukázka zablokování sukcese konkurenčně silným druhem třtinou křovištní (*Calamagrostis epigejos*) na opuštěném poli bohatém živinami (<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/ekologie-obnovy-narusenych-mist-vi-shrnuti-a-zaver.pdf>).

C. epigejos může na výsypkách přetrvávat i několik desetiletí jako blokovávané sukcesní stadium (Buček, 2007). Výsypky vzniklé při těžbě uhlí s množstvím všemožných elevací a depresí (Reitschmiedová et Frouz, 2016) jsou velkoplošné, homogenní substrát je na počátku živinami extrémně chudý, bez textury, často obsahuje kyselé a toxické látky. Mikrobiální aktivita je minimální (Pyšek, 1996). Na mosteckých výsypkách postupně převládnu mezi 5. a 15. rokem *C. epigejos* a *Elytrigia repens* (Řehounek et al. 2010), na Sokolovsku se začnou šířit *C. epigejos* a *Tussilago farfara* hned na začátku spontánní sukcese (Prach, 2009). Na kladenských výsypkách se můžeme setkat s dominancí *C. epigejos* a *Arrhenatherum elatius* v mezerách mezi porosty (Řehounek et al. 2010).

C. epigejos patří mezi nejběžnější druhy, které osídlují jako první zaplavené spodní etáže a bezodtoké tůňky v lomech. Mohou se objevit i na místech sníženin a u paty hlinitých deponií (Sádlo et Tichý, 2002). *C. epigejos* je kompetičně silná tráva i na průmyslových substrátech, které jsou zpravidla homogenní, vysýchavé, živinami chudé, bez diaspor (Pyšek, 1996).

C. epigejos se často uchycuje na plochách se zaklesnutou hladinou vody frézovaných rašeliništ', kde může blokovat další sukcesi na několik let (Řehounek et al. 2010). Udržuje se v podstatě tak dlouho, jak trvá zamokření (Sádlo et Tichý, 2002). Také postupně převládne na sušších plochách rašeliništ' (Prach et al. 2008).

C. epigejos patří mezi druhy snášející extrémní podmínky i na odkalištích (Řehounek et al. 2010). Zejména na větších popílkovištích je v důsledku extrémních

podmínek blokována sukcese na relativně velkých plochách (Tropek et Řehounek, 2014). Nový prostor tu kolonizuje účinněji vysemeněním, protože tvorba dlouhých výběžků je potlačena (Kovář, 2006). Zásoba diaspor v substrátu nerekulitovaného rudního odkaliště je malá, dosahuje průměrné hodnoty 470 semen/m² s dominancí *C. epigejos*. Zda semenáčky přežijí fázi klíčení, rozhoduje stav povrchu substrátu a mikroklimatické poměry na jaře (Kovář et al. 2004). Na struskopopílkových elektrárenských odkalištích vytváří rozsáhlé polykormony, jakési sítě dílčích jedinců zůstávajících ve spojení prostřednictvím odnoží, což vytváří obtížně vymezitelný rozsáhlý superorganismus (Kovář, 2006). Kovář et Herben (2004) uvádí, že již na počátku sukcese je na odkališti struskopopílkovém s mírnějšími poměry prostředí díky převažujícímu vegetativnímu rozmnožování populace třtiny daleko homogennější a změny probíhají pomaleji a plynuleji. Při stanovištních extrémech dosahovaných hlavně na rudních odkalištích ovládá *C. epigejos* prostor krok za krokem stylem „falanga“, zatímco na pískům podobných popílkových odkalištích expanduje dlouhými výběžky taktikou „guerilla“ (Kovář et al. 2009). Studium genetické variability jedinců u růstové strategie „falanga“ pomocí izoenzymové analýzy elektroforézou ukázala, že co jedinec třtiny na začátku osídlování substrátu, to geneticky jiný klon (Kovář et al. 2004). Teprve v průběhu zarůstání se vyselektuje jen několik málo genetických typů přizpůsobených daným podmínkám. Na úrovni fenotypových a demografických parametrů výrazných dominant jako je *C. epigejos* se ukazuje diference v závislosti na stanovištních poměrech mezi rudními a struskopopílkovými odkališti (Kovář, 2003). Na popílkovištích *C. epigejos* toleruje vysokou koncentraci boru, nedostatek prvků mědi, zinku a nevykazuje příznaky poškození způsobené toxicitou nebo deficitem základních prvků. Zabraňuje větrné erozi (Mitrovič et al. 2008). *C. epigejos* projevuje velkou proměnlivost např. v délce listů, době kvetení, délce oddenků spolu se změnou prostředí. Morfologické a fenologické difference jsou dědičné a geneticky založené. Některé tyto znaky *C. epigejos* na třech typech stanovišť popisuje tabulka č. 1 (Kovář, 2002).

Tabulka č. 1: Některé morfologické a fenologické znaky ekotypů *Calamagrostis epigejos* na třech typech stanovišť (Kovář P., 2002).

znaky	ekotypy		
	struskopopílkové deponie (ČR, Polabí)	rudní deponie (ČR, Polabí)	písčité mořské pobřeží (Itálie)
typ růstu	plazivé dlouhé výhony (prostrátní typ)	krátké výhony (trsnatý typ)	středně dlouhé výhony (intermediární typ)
doba kvetení	časněji v létě	později v létě	opakovaně
celková délka oddenků v polykormonech	vyšší	nižší	střední
počet odnoží v polykormonu	nižší	vyšší	střední
převažující způsob šíření v prostoru	vegetativní	generativní	vegetativní
počet a délka listů	vyšší	nižší	nižší
charakter listů	přímé, ploché	úzké, svinuté	variabilita v čase
dormance	nevýrazná	výrazná	chybí
obsah N v nadzemní biomase	nízký	vysoký	neanalyzován
obsah P v n. b.	nízký	vysoký	neanalyzován
obsah Ca v n. b.	nízký	vysoký	neanalyzován
obsah těžkých kovů v n. b.	nízký	vysoký	neanalyzován

Tabulka č. 2: Přehled sukcesních stadií *C. epigejos* na jednotlivých stanovištích, X = výskyt. (Prach et al. 2008, výtah).

	Iniciální stadia (1-3 roky)	Mladá sukcesní stadia (4-10 let)	Střední sukcesní stadia (11-25 let)	Pokročilá sukcesní stadia (nad 25 let)
Výsypky		X	X	X
Kamenolomy			X	X
Štěrkopískovny		X	X	
Vytěžená rašeliniště		X	X	X
Opuštěná pole			X	
Městské ruderalní stanoviště		X	X	X
Skládky			X	X
Odkaliště	X	X	X	X
Břehy, deponie a obnažená dna vodních nádrží		X	X	X
Imisní holiny a paseky		X	X	X

3.4 Životní forma a životní strategie *Calamagrostis epigejos*

C. epigejos řadíme mezi geofyty (Ufz.de, 2002), nepříznivé období přetrvávají v podzemních orgánech (Slavíková, 1986). Výhodou přitom je nezranitelnost suchem, chladem nebo jiným poškozením (Kovář, 2002).

Dle Vaňkové (2005), Ufz.de (2002) patří *C. epigejos* mezi C–stratégy, u nichž se dá mluvit o přechodné C–R strategii. C–stratégové jsou rostliny vytrvalé, mohutného růstu, což je důležité pro kompetici s ostatními druhy v hustě zapojené vegetaci. Mají kompetiční výhodu v obnoveném společenstvu, protože vegetativní fragmenty obsahují mnohem více zásobních látek než semena. C–stratégové tudíž regenerují rychleji, okamžitě zabírají uvolněný prostor a vytlačují kompetičně méně úspěšné druhy (Martínková, 2005).

C. epigejos má úspěšnou životní formu i v urbanizovaném prostředí, kde se uplatňují R–stratégové. Kompetičně nejlépe vybavené ruderalní druhy bývají C–R stratégové, zatímco C–strategie sama o sobě je na narušovaných stanovištích méně výhodná (Pyšek, 1996).

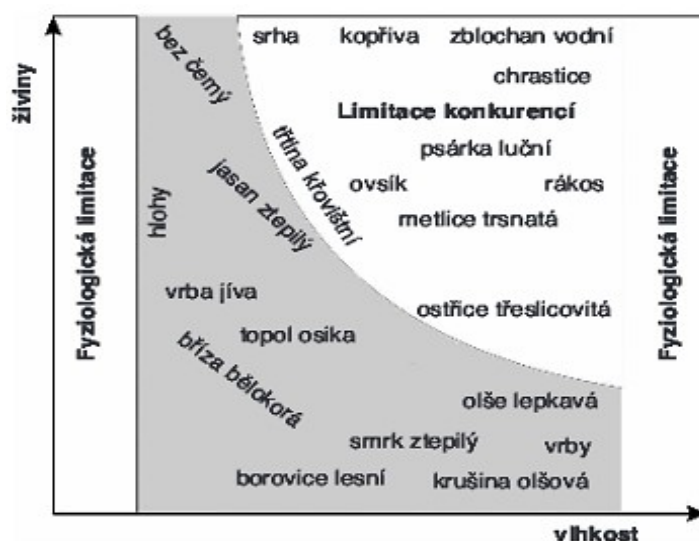
3.5 Výhody *Calamagrostis epigejos* v konkurenci s ostatními druhy

Efektivnější retranslokace dusíku ze stárnoucích nadzemních částí *C. epigejos* do přežívajících zásobních orgánů, oddenků, může hrát důležitou roli při rychlosti tvorby biomasy na začátku dalšího vegetačního období. Z tohoto důvodu lze pozorovat menší koncentrace dusíku ve stáří třtiny a jeho pomalejší uvolňování. Tato výhoda, přijmout a udržet více dusíku, podporuje rychlý expanzivní růst *C. epigejos* (Záhora et al. 2016). To potvrzuje ve své studii Holub et al. (2012), který uvádí, že zvýšená hladina dusíku urychluje růst *C. epigejos* a živiny (dusík a převážně fosfor) převádí z nadzemní do podzemní části na konci vegetačního období, což umožňuje velmi rychlé obnovení nadzemních částí na jaře. Využití dusíku v rostlině závisí na množství půdní vody (Yuan et Li, 2007). Hospodaření se základními živinami náleží rovněž mezi předpoklady pro kompetiční úspěch v daném prostředí (Fiala et al. 2003).

U zelených rostlin je světlo jedním z rozhodujících faktorů pro fotosyntézu (Moravec et al. 1994). Stabilní a značná produkce nadzemní biomasy třtiny a silná vrstva pomalu se rozkládajícího opadu významně snižují pronikání slunečního záření a zhoršují světelné a teplotní podmínky pro růst ostatních lučních druhů rostlin

i rozvoj některých skupin půdních mikroorganismů (Fiala et al. 2003). Snížení druhové bohatosti společenstva zvýšeným zastíněním *C. epigejos* potvrzují např. Somodi et al. (2008) a Catorci et al. (2014). Kompetiční úspěšnost *C. epigejos* o světlo potvrzuje ve svém experimentu i Rebele (2000). Odolnost k UV-B záření dokazují ve své studii Tosserams et Rosema (1995).

C. epigejos akumuluje velké množství pomalu se rozkládající nadzemní biomasy (Fiala et al. 2004) a stařina, která se jinak těžko rozkládá, svojí vrstvou blokuje klíčení a rašení mladých rostlin a tím deformuje přirozenou populační dynamiku (Sádlo, 1994). Na horských loukách odumřelá biomasa *C. epigejos* způsobuje pokles druhové rozmanitosti a současně zvýšení výměnných forem draslíku a fosforu v půdě (Pruchniewicz et Zonierz, 2017). Negativně koreluje s druhovou bohatostí a brání tedy v růstu ostatních rostlin (Rebele, 2000; Fiala et al. 2004). *C. epigejos* prostřednictvím nahromaděné vrstvy odumřelé biomasy brání uchycení dřevin na opuštěné zemědělské půdě a dalších opuštěných místech (Prach et al. 2009) (Obr. č.3).



Obr. č. 3: Obrázek rámcově shrnuje uplatnění dřevin v sukcesi na opuštěné zemědělské půdě (polích, loukách i pastvinách) a dalších opuštěných místech ve vztahu ke dvěma hlavním faktorům prostředí – vlhkosti a obsahu živin v půdě. Znázorněny jsou nejčastější dominanty bylinného patra, které brání uchycení dřevin (Prach et al. 2009).

C. epigejos je příkladem druhu velmi odolného vůči nejrůznějším kontaminantům (Pyšek, 1996). Lehmann et Rebele (2004) zkoumali odolnost třtiny na půdách zamořených těžkými kovy. *C. epigejos* byla méně citlivá na měď, olovo a kadmium, citlivější byla na zinek.

C. epigejos v průběhu primární sukcese dominuje mezi hostitelskými druhy arbuskulární mykorhizy (Rydlová et al. 2016). Rychlost koloběhu uhlíku a fosforu mezi houbou a rostlinou závisí na vnějších podmínkách a na vývojovém stadiu rostliny (Bláha et al. 2003). Vlivem arbuskulární mykorhizy hub (AMF) na expanzi *C. epigejos* na různých substrátech se zabývala ve svých studiích např. Malcová et al. (2001). *C. epigejos* vytvořila s mykorhizními houbami funkční symbiózu a následně extraradikální mycelium, které propojuje kořeny s okolní půdou. Krüger et al. (2017) ve svém výzkumu zjistili, že množství AMF souvisí se složením rostlinného společenstva s *C. epigejos* a že výskyt AMF ovlivňují spíše biotické než abiotické faktory.

Velký úspěch *C. epigejos* je způsoben modulární plasticitou ramet, která může být reakcí na lokální podmínky prostředí a má zásadní význam při určování reakce rostliny na změny prostředí (de Kroon et al. 2005). To potvrdili i Lehmann et Rebele (2005), Fazlioglu et al. (2017), kteří zkoumali chování třtiny na různých typech stanovišť. Vysoký stupeň fenotypové plasticity jednotlivých genotypů a velké množství genotypové variability v populacích umožňuje úspěšné šíření třtiny na různých typech biotopů *C. epigejos* patří mezi druhy, které mají schopnost přizpůsobit se většině podmínek prostředí, a dokonce své bezprostřední okolí dokáží razantně pozměnit. Dokáže výměsky svých kořenů regulovat pH půdy v rozsahu 3,3–10 ke svému optimu pH $5,5 \pm 0,1$ (Dolečková et Osbornová, 1990; Sádlo et Tichý, 2002).

Další konkurenční výhodou je zvýšená transpirace porostu v letním období a účinné snížení výparu ze substrátu během jeho přemokření na jaře, které významně prohlubují krajní extrémy vlhkostního režimu půdy a tak zvyšují konkurenční schopnost třtiny (Dolečková et Osbornová, 1990). Fiala et al. (2003) ve své studii publikovali úspěšnost šíření *C. epigejos* v prorůstání oddenků třtiny hlouběji pod hlavní část kořenů ostatního porostu ve vrstvě 5–10 cm.

3.5.1 Klonální růst

Výhodou *C. epigejos* v expanzi je rozmnožování vegetativním klonálním růstem (Slavíková, 1986). Pokryvnost mladého polykormonu se může za jednu sezonu zvětšit až 10krát, v následující sezoně ještě 2–3krát (Dolečková et Osbornová, 1990). Rychlost šíření na volných neobsazených místech závisí především na abiotických faktorech (Roubíčková et Osbournová, 1990; Oborny et Hubai, 2014). Polykormon je stabilnější v konkurenci jiných rostlin díky metabolickému propojení a přenosu živin do stresory postižených částí. Jedná se tedy o schopnost vyhnout se stresu (Bláha et al. 2003).

Hustota ramet stoupá se zvyšující se úrodností půdy (Březina et al. 2006). Interakce se sousedy je u klonálních rostlin dána způsobem, jakým umísťují své ramety (Kovář, 2002). Schopnost neomezeného modulárního růstu, tedy schopností produkovat nové moduly (např. prýty) a ty staré nechat odumřít, umožňuje *C. epigejos* dožít se i 400 let (Klimešová et Křivánek, 2008). Rozlišuje se růstový typ „guerilla“, vedoucí k rychlému pronikání do porostu tzv. partyzánskou taktikou, a „falanga“, u kterého se jedná o taktiku semknutého šiku, kdy jsou moduly stěsnané (Kovář, 2002). Kompromis mezi dvěma růstovými formami, spolu s plasticitou v délce odstupů ramet, umožňuje klonálním rostlinám lépe využívat prostorovou heterogenitu v zásobování zdroji (YE et al. 2006). V průběhu sukcese se postupně prosazují spíše klonální druhy s guerilla typem šíření (Pyšek, 1996; YE et al. 2006). Oddenky *C. epigejos* mohou prorůst na nezarostlou plochu během 4 měsíců do vzdálenosti až 80 cm. Tloušťka oddenku je 1,5–3,5 mm a jejich hlavní hmota je uložena ve svrchní vrstvě půdy (2–3 cm) (Regal et Šindelářová, 1970). Fiala (2001) uvádí větší množství oddenků i kořenů ve vrstvě 5–10 cm, Rebele et Lehmann (2001) 3–20 cm. Kořenový systém umístěný hlouběji v půdě je důvodem úspěšnosti v konkurenci o půdní živiny.

Studiem výhod klonálního růstu *C. epigejos* se zabývala ve svých experimentech např. Lehmann (1994). Důsledky oddělení oddenků *C. epigejos* od mateřské rostliny zjišťovali ve svém experimentu Březina et al. (2006). Odstranění biomasy a oddenků mladých ramet neovlivnilo konkurenční schopnost. Snížilo přežití zralých ramen (pravděpodobně z důvodu traumat způsobených odřezáním připevněných rhizomů), ale neovlivnilo celkovou biomasu. Pro pochopení životaschopnosti a vytrvalosti ramet slouží metody založené na molekulárních

technikách, které umožňují zkoumat jejich velikost a věkovou strukturu celé populace (Witte, 2010).

Kombinaci generativní i vegetativní reprodukce uvádí Prach et Pyšek (2003) jako mimořádně výhodnou pro kolonizaci nových míst a udržení se na nich v konkurenci s ostatními druhy.

3.6 Potlačení dominance *Calamagrostis epigejos* ve vegetaci

V současné době probíhají experimenty na potlačení *C. epigejos* pomocí poloparazitických rostlin rodu kokrhel (*Rhinanthus major* a *Rh. alectorolophus*). Výhodou použití těchto druhů je jejich podstatně rychlejší růst a větší schopnost potlačit hostitele. Poloparazitické rostliny dokážou velmi výrazně potlačit růst prýtlů hostitele a tím snížit jeho schopnost kompetice o světlo. Čím je hostitel hojnější, tím víc zdrojů má poloparazit k dispozici a tím více roste jeho populační hustota. To vede ke snížení populační hustoty hostitele a následně i parazita vzhledem k vyčerpání hostitelských zdrojů. Výsledkem je taková dynamika společenstva, kde populace vzácného druhu má šanci růst a naopak populace hojného druhu má větší pravděpodobnost poklesu (Těšitel, 2015). Mládek et al. (2013) při pokusu s *Rh. alectorolophus* dosáhli nejlepšího efektu tím, že před výsevem byla odstraněna stařina *C. epigejos*.

Na písečných pastvinách je *C. epigejos* spásána celoroční pastvou skotu, koní a oslů (Stroh et al. 2002; Henning et al. 2017). Fiala et al. (2015) doporučují jako nejvhodnější způsob obhospodařování na suchých loukách extenzivní rotační pastvu smíšeného stáda ovcí a koz, kterou je vhodné kombinovat s kosením. Dalším způsobem omezení šíření *C. epigejos* je pastva divokých koní (Čermáková, 2015).

Haková et Wotavová (2004) ve své studii uvedly, že pravidelné kosení jednou až dvakrát za sezónu dokáže dostatečně zabránit dalšímu rozšiřování třtiny a postupně zlepšit skladbu stávajících porostů. Frekvence kosení je jedním z faktorů zásadně ovlivňujících vývoj, druhové složení a druhovou pestrost travních společenstev (Jongepierová et Fajmon, 2015). Po častém kosení a spásání je *C. epigejos* vytlačena kvalitnějšími druhy (Regal et Šindelářová, 1970). Házi et al. (2011) ve svém devítiletém pokusu naznačují výrazné snížení výskytu *C. epigejos* sečením dvakrát ročně již po dvou letech.

Ústup *C. epigejos* byl zaznamenán na intenzivně poježděných plochách vojenskou technikou. Pojezd ploch měl za cíl obnovit biotopy pro zvláště chráněné a vzácné druhy živočichů i rostlin vázané na stanoviště raných sukcesních stadií (Mikátová et Hanousek, 2015). Další možností zabránění šíření *C. epigejos* je strhání drnů bagrem (Rebele et Lehmann, 2001; Grossmann, 2014). Sedláková et Prausová (2004) ve své studii doporučují strhávání drnů i se svrchní vrstvou půdy a obnažování minerálního podloží na menších plochách nebo v pruzích. Naopak vypalování *C. epigejos* není vhodné, ve vegetačním klidu podpoří vegetativní šíření pomocí podzemních orgánů (Prausová et Sádlo, 2004). Vypalování zvyšuje extremitu mikroklimatu povrchu a podporuje růst *C. epigejos* (Řehounek et al. 2010). Při opakovaných požárech vždy rychle regeneruje (Sádlo, 1994).

K eliminaci *C. epigejos* v lesních kulturách je určený graminicidní přípravek Targa. Do popředí zájmu vystupuje také herbicid Shorty (Janauer, 1995^b). Běžné koncentrace herbicidů však nemají šanci výrazně ohrozit podzemní oddenky třtiny křovištní (Houser, 2006). Dalším způsobem potlačení třtiny křovištní v lesních kulturách, která blokuje sukcesi, je vhodná výsadba odrostlejších sazenic domácích dřevin (Řehounek et al. 2010). Je nutné lesní světliny včas zalesnit a prosvětlené porosty podsazovat dříve, než má třtina dostatek světla pro bujný růst (Regal et Šindelářová, 1970).

Studie Roubíčkové et al. (2012) uvádí možnost potlačení *C. epigejos* využitím larev kovaříků, kteří snížili její růst a konkurenceschopnost. Toto potvrzují ve své studii Vachová et Walmsley (2017). V oblastech s vysokými hustotami drátovců mají tyto kořenoví býložravci potenciál snížit abundanci *C. epigejos*. Oddenky *C. epigejos* jsou vyhledávaným zdrojem potravy pro drátovce především v raných fázích spontánní sukcese na výsypkách.

Dle Süsse et al. (2004) se *C. epigejos* není schopna šířit v případě spojení nedostatku živin, sucha a stresových faktorů. Opačný názor mají Fiala et al. (2003), kteří na studovaných plochách zjistili značnou toleranci *C. epigejos* ke stresovým abiotickým faktorům (vlhkostním poměrům, dostupnosti živin) a vyšší efektivitu jejich využívání. Tuto domněnku potvrdili svým experimentem i Březina et al. (2006).

Nejlepším prostředkem, jak zabránit šíření expanzivních druhů, je nevytvářet pro ně vhodné podmínky, tj. rozmanitá narušená místa, zachovávat nebo obnovovat tradičnější režimy hospodaření, na které byla společenstva dlouhodobě adaptována, a omezit eutrofizaci (Prach et Pyšek, 2003).

4. Metodika

4.1 Založení experimentu

Experimentální plocha byla založena v zastavěném území soukromého pozemku v Novém Strašecí v prosinci 2014. Nadmořská výška činí 470 m n. m., zeměpisné souřadnice dle GPS: 50° 08' 51.98" N a 13° 54' 01.31" N. Podle Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al. 2007) se v této oblasti pohybuje průměrná roční teplota vzduchu mezi 7–8 °C, průměrný roční úhrn srážek mezi 550–600 mm, průměrná rychlost větru je 3–4 m.s⁻¹. Průměrný sezonní počet dní se sněžením se pohybuje mezi 50–60 dny, průměrná roční relativní vlhkost vzduchu je 75–80%.

Celková experimentální plocha, na které byly umístěny jednotlivé skruže, měla obdélníkový tvar o rozměru 390 × 140 cm. Pro experiment byly použity modré plastové sudy z HDPE o objemu 220 litrů, které byly rozřezané na dvanáct kruhů o výšce 20 cm a průměru 58 cm. Jednotlivé kruhy byly zapuštěny 15 cm do země ve dvou řadách po šesti. Experimentální plochy byly od sebe vzdáleny 25 cm. Důvodem byla minimalizace ovlivnitelnosti růstu jednotlivých vzorků osazené plochy.

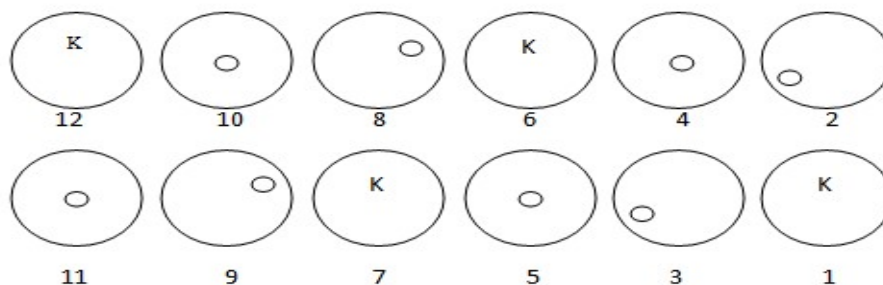
4.1.1 Odběr *Calamagrostis epigejos*

Dne 12. 12. 2014 byla odebrána *C. epigejos* v lokalitě Rynholec, okres Rakovník. Místo odběru se nachází v nadmořské výšce 467 m n. m., lokalizace místa dle GPS: 50°08'15.83"N, 13°55'40.96"E na severozápadně exponovaném svahu. Klimatické podmínky jsou podobné jako na místě zahradního experimentu. Pro pokus bylo odebráno osm vzorků rostlin i s kořeny. Každý vzorek čítal pět stébel, vzorky byly zbaveny stařiny a ostříhané na výšku 5 cm. Počtem pěti stébel byla zajištěna úspěšnost uchycení *C. epigejos* a podmínky pro zahájení experimentu byly vyvážené. Ještě týž den byly vzorky v papírových pytlích převezeny a zasazeny na experimentální plochy.

4.1.2 Uspořádání experimentálních ploch

Do čtyř skruží byla v prosinci 2014 vysazena *C. epigejos* po 5 stéblech do středových pozic, další čtyři skruže byly osazeny do krajních pozic. Zbylé čtyři skruže sloužily jako kontrolní plochy a byly ponechány prázdné (Obr. č. 4, Příloha č. 1). Plochy jsou očíslované a označené od 1 do 12 (Obr. č. 5). Ze středových a krajních pozic jsem

následně sledovala rychlost a způsob expanze a na všech plochách vč. kontrolních jsem sledovala diverzitu společenstva.



Obr. č. 4: Očíslování jednotlivých ploch a umístění *Calamagrostis epigejos* na středové a krajní pozice, K = kontrolní plocha.



Obr. č. 5: Experimentální plochy.

4.1.3 Odběr a rozbor půdních vzorků

Zahradní pokus byl založen na zarovnaném, obnaženém, hlinitém půdním pokryvu. Druhy, které na plochách vyklíčily v následujících obdobích, přežívaly v půdě ve formě semenné banky. Experimentální plochy se nacházely na jedné lokalitě, v jednom typu prostředí. Při takovém to uspořádání byly výhodou stejné podmínky

prostředí pro všechny zkoumané plochy. Půda na jednotlivých experimentálních plochách byla typická pro danou lokalitu.

V srpnu 2016 byl proveden reprezentativní odběr vzorku půdy. Dílčí vzorky byly odebírány lopatkou a uchovány papírových sáčcích. Půdní vzorky byly analyzovány v laboratoři Fakulty životního prostředí ČZU v Praze (Tabulka č. 3). Vzorky půdy byly sušeny při pokojové teplotě a homogenizovány proseváním přes síto s velikostí oka 2 mm. Obsah P, Ca, Mg a K byl zjišťován převedením do extrakčního roztoku podle Mehlicha III (Zbiral 1995). Rostlinou dostupný fosfor byl stanoven spektrofotometricky, jako fosfomolybdenová modř při vlnové délce 750 nm na spektrofotometru Cary 60 UV-Vis, Agilent Technologies, Santa Clara, USA. Draslík byl měřen na atomovém absorpčním spektrofotometru (55B AA Spectrometer, Agilent Technologies, Santa Clara, USA) za použití acetyleny a vzduchu. Obsah vápníku a hořčíku byl měřen stejným způsobem, ale byl přidán roztok lanthanu. Celkový uhlík a celkový dusík byly analyzovány za použití vysokoteplotního katalytického spalování na Primacs SNC (Scalar, Breda, Nizozemsko). Celkový uhlík byl měřen jako CO₂ při teplotě 1050 °C. Celkový dusík byl měřen při teplotě 600 °C jako N₂.

Tabulka č. 3: Hodnoty živin z rozboru půdy experimentálních ploch.

Živina	P	Ca	Mg	K	C	N
mg/kg	4,51	2300	272,3	39	105654	7125

4.2 Sběr dat

Od května 2015 do listopadu roku 2017 jsem zapisovala fytoocenologické snímky jednotlivých experimentálních ploch. Pokryvnost druhů byla odhadována v procentech s přesností 5%. Od května do září jsem prováděla měření výšky nejvyššího listu, obvodu trsu, zaznamenávala jsem počet stébel, zapisovala jsem nový výskyt ramet a jejich vzdálenost od mateřské rostliny. Nové ramety jsem označila čísly pomocí lékařských lopatek (obr. č. 6). Měřila jsem nejvyšší výšku listů ramet a zaznamenávala u nich počet stébel. V letních měsících jsem zaznamenávala počty kvetoucích stébel u mateřské rostliny i ramet a měřila jejich výšku.

Nomenklatura rostlin je sjednocena podle Klíče ke květeně České republiky (Kubát et al. 2002). Pro určení životních strategií a životních forem jednotlivých taxonů

jsem použila: „Databáze biologických a ekologických charakteristik flóry Německa“ (UFZ.de).



Obr. č. 6: Ukázka značení ramet *C. epigejos* – lékařské lopatky.

4.3 Analýza dat

K vyhodnocení nasbíraných dat byl použit matematický statistický software R. Data pro analýzu počtu vyprodukovaných ramet v závislosti na umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu byla vyhodnocena pomocí dvoufaktorové ANOVA bez interakcí s následným využitím testů mnohonásobného porovnání (TukeyHSD) pro analýzu rozdílů. Samotnému testu předcházela logaritmická transformace dat závislé proměnné (počet ramet), z důvodu nesplnění podmínky normality dat. Analýza vzdálenosti ramet v závislosti na umístění mateřské rostliny byla provedena pomocí jednofaktorové ANOVA. Pro analýzu počtu vyprodukovaných kvetoucích stébel v závislosti na generaci rostliny (mateřská, dceřiná), umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu byla zvolena neparametrická obdoba analýzy variance (Kruskal–Wallisův test) z důvodu narušení normality dat, které trvalo i po jejich logaritmické transformaci. Ze stejného důvodu byl pomocí tohoto testu testován i předpoklad rozdílné pokryvnosti biomasy mateřských rostlin v závislosti na jejich umístění a roku trvání experimentu. Analýza délky vyprodukovaných klasů v závislosti na generaci rostliny (mateřská, dceřiná), umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu byla vyhodnocena pomocí dvoufaktorové ANOVA bez interakcí. Dvoufaktorová ANOVA bez interakcí byla využita i pro analýzu výšky vyprodukovaných listů v závislosti na generaci rostliny (mateřská, dceřiná), umístění

mateřské rostliny a roku trvání experimentu (s následným využitím testů mnohonásobného porovnání (TukeyHSD) pro analýzu rozdílů). A dále pro zjištění, zda se bazální obvod mateřských rostlin liší v závislosti na jejich umístění. Všechny hypotézy byly testovány na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a $0,1$. Pro porovnání rozdílů v druhovém složení na všech typech experimentálních ploch v závislosti na roku trvání jsem použila detrendovanou korespondenční analýzu (Detrended Correspondence Analysis; DCA) v programu CANOCO 5.

4.4 Klima

Tento experiment významně ovlivnily klimatické podmínky. Klima ovlivňuje jak sukcesí, tak půdní vývoj hlavně srážkově teplotním režimem, na němž závisí množství a pohyb vody v půdním profilu (Moravec et al. 1994). Srážkově a teplotně byl významný především první rok experimentu, kdy byly v Klementinu, Praha vyhodnocené měsíce červenec a srpen 2015 jako nejteplejší v historii měření, které probíhá od roku 1775. S překročením průměrných teplotních hodnot v letních měsících bylo spojeno i sucho, které bylo nejhorší za posledních 12 let.

5. Výsledky

5.1 Analýza vstupních parametrů *Calamagrostis epigejos*

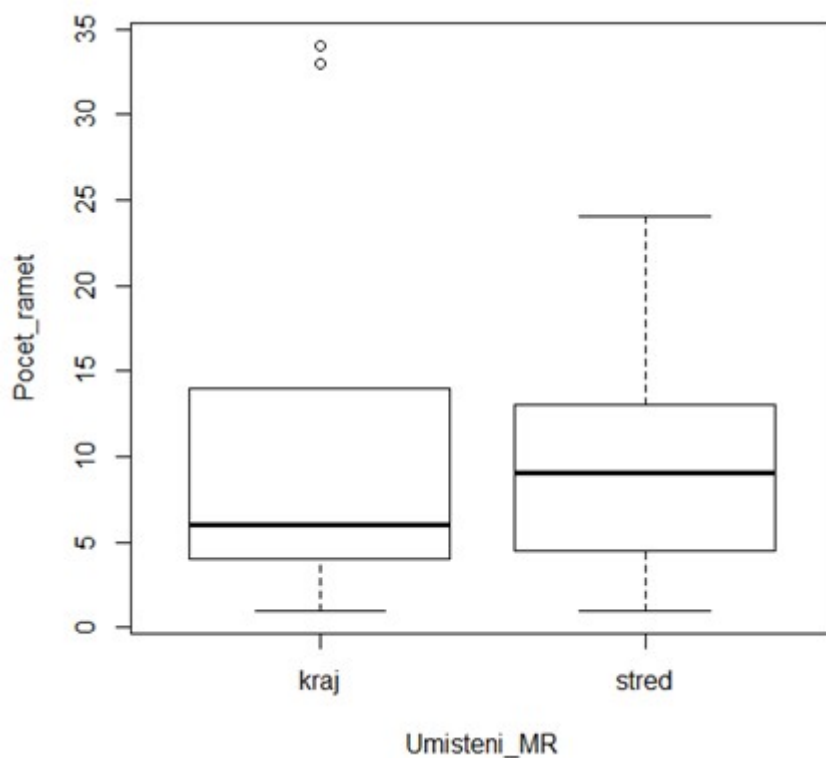
- **Počet vyprodukovaných ramet v závislosti na umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu**

Testovaný model: dvoufaktorová ANOVA bez interakcí (Počet vyprodukovaných ramet ~ umístění mateřské rostliny + rok trvání experimentu).

Závislá proměnná: počet vyprodukovaných ramet.

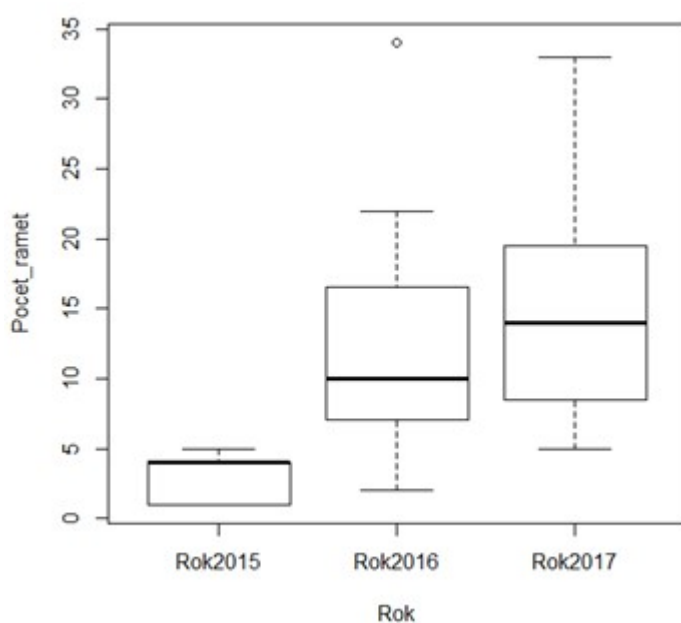
Prediktor: umístění mateřské rostliny (kraj, střed), rok trvání experimentu (2015, 2016, 2017).

Výsledek statistického testování pomocí dvoufaktorové ANOVA (two-factor ANOVA) neprokázal statisticky významný vliv umístění mateřské rostliny na počet vyprodukovaných ramet (ANOVA, $F = 0.357$, $df = 1$, $p = 0.559$) Obr. č. 7). Z nasbíraných dat vyplývá, že průměrný počet nových ramet není ovlivněn polohou mateřské rostliny.



Obr. č. 7: Znáznornění rozložení variability počtu vytvořených ramet v závislosti na rozdílném umístění mateřské rostliny. ANOVA: $F = 0.357$, $df = 1$, $p = 0.559$.

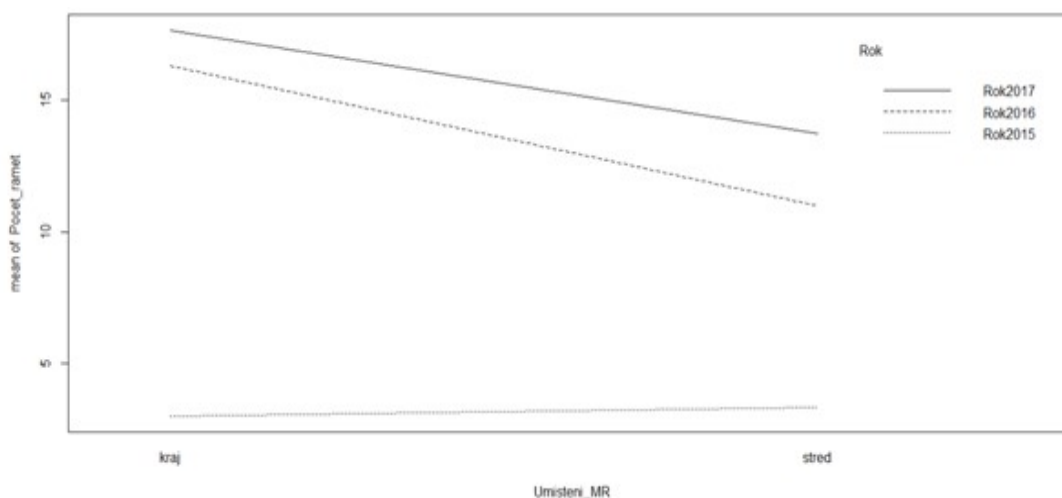
Pomocí této analýzy bylo dále zjištěno, že existuje nepatrný, ale již statisticky průkazný rozdíl (ANOVA, $F = 3.442$, $df = 2$, $p = 0.057$) (Obr. č. 8) v průměrných počtech vyprodukovaných ramet v závislosti na roku trvání experimentu. Pomocí testů mnohonásobného porovnání (TukeyHSD), byl nalezen statisticky průkazný rozdíl ($p = 0,061$) v počtu vyprodukovaných ramet mezi rokem 2015 a 2017. Nejnižší počet ramet (průměrně 3 ramety/nádoba) byl zaznamenán v prvním roce experimentu (2015), naopak v posledním roce (2017) byla produkce ramet nejvyšší (průměrně 15 ramet/nádoba).



Obr. č. 8: Rozdílné počty vyprodukovaných ramet v jednotlivých letech experimentu. ANOVA:

$F = 3.442$, $df = 2$, $p = 0.057$.

Grafické znázornění vlivu vysvětlujících proměnných (rok, umístění mateřské rostliny) na počet vyprodukovaných ramet uvádí obr. č. 9.



Obr. č. 9: Průměrný počet vyprodukovaných ramet v závislosti na umístění mateřské rostliny (MR) a roku trvání experimentu.

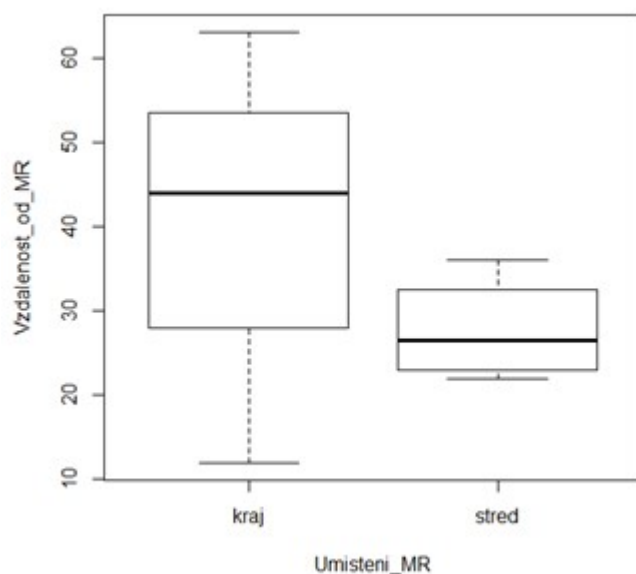
- **Rozdílné vzdálenosti ramet v závislosti na umístění mateřské rostliny**

Testovaný model: jednofaktorová ANOVA (Vzdálenost ramet ~ umístění mateřské rostliny).

Závislá proměnná: vzdálenost ramet (v cm).

Prediktor: umístění mateřské rostliny (kraj, střed).

Pro analýzu rozdílné vzdálenosti ramet v závislosti na umístění mateřské rostliny (střed, kraj) byla využita data, která obsahovala údaje o poloze nejvzdálenější ramety od mateřské rostliny. Předpoklad rozdílné vzdálenosti ramet od mateřských rostlin v závislosti na její poloze nebyl potvrzen (ANOVA, $F = 0.842$, $df = 1$, $p = 0.401$). Z nasbíraných dat vyplývá, že mateřské rostliny na okraji nádoby umisťují ramety v průměrně stejných vzdálenostech, jako mateřské rostliny umístěné ve středu nádob (Obr. č. 10). Nicméně existuje předpoklad, že při vyšším počtu dat, by mohl být tento trend odlišný.



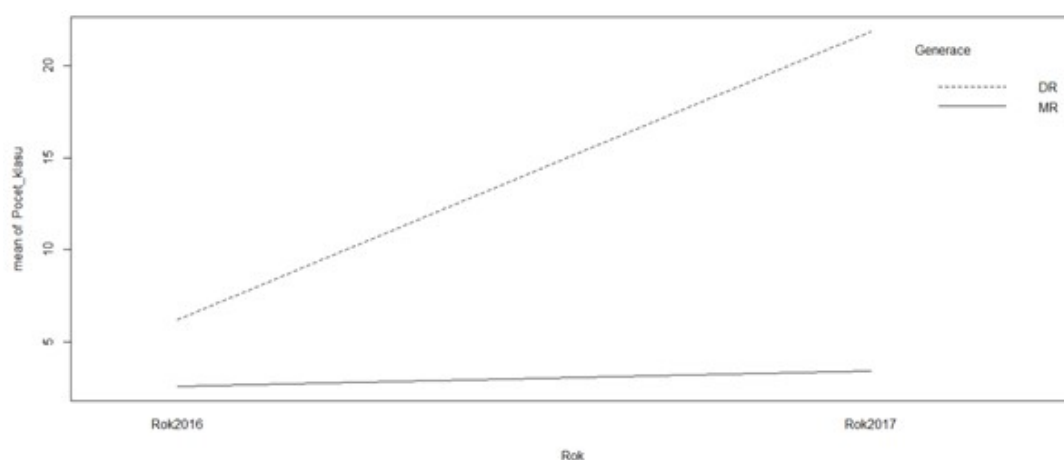
Obr. č. 10: Rozložení variability dat (v cm) nejvzdálenějších ramet v závislosti na umístění mateřské rostliny (MR) - střed, kraj. ANOVA: $F = 0.842$, $df = 1$, $p = 0.401$.

- **Počet vyprodukovaných kvetoucích stébel v závislosti na generaci rostliny (mateřská rostlina, rameta), umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu**

Výsledek statistického testování pomocí Kruskal-Wallistestu odhalil statisticky průkazný vliv roku (2016, 2017) trvání experimentu na průměrný počet vyprodukovaných kvetoucích klasů (dále kv. stébla). Ze získaných výsledků vyplývá, že v roce 2017 bylo vyprodukováno více kv. stébel (13 kv. stébel / nádoba), než v roce 2016 (průměrně 4 kv. stébla /nádoba). Dále bylo prokázáno, že se statisticky průkazně lišil průměrný počet vyprodukovaných kvetoucích stébel dceřiných rostlin od mateřských (obr. č. 11). Dceřiné rostliny produkovaly průměrně o 12 kv. stébel více než rostliny mateřské, což je vzhledem k zvyšování množství ramet logické. Naopak jako neprůkazný se projevil faktor umístění mateřské rostliny (kraj, střed). Rostliny tvořily průměrně stejné počty kv. stébel (9 kv. stébel/nádoba) bez ohledu na jejich polohu v nádobě. Rok 2015 nebyl v této analýze zahrnut, protože *C. epigejos* tvoří kv. stébla až v druhém roce života. Podrobné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Výsledky statistické analýzy závislosti počtu kv. stébel na umístění mateřské rostliny (MD), generaci a roku trvání experimentu. Chi-squared – testovací statistika, df – stupně volnosti, p – dosažená hladina významnosti.

Prediktor	chi-squared	df	P
Umístění mateřské rostliny	0.832	1	0.362
Generace (mat. rostlina, rameta)	5.871	1	0.015
Rok trvání experimentu	4.676	1	0.031



Obr. č. 11: Průměrné počty vyprodukovaných kv. stébel v závislosti na roku trvání experimentu a generaci rostliny (DR – dceřiná rostlina, MR – mateřská rostlina). Chi-squared 4.676, df = 1, p = 0.031, Chi-squared 5.871, df = 1, p = 0.015.

- **Délky vyprodukovaných kvetoucích stébel v závislosti na generaci rostliny (mateřská rostlina, rameta), umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu**

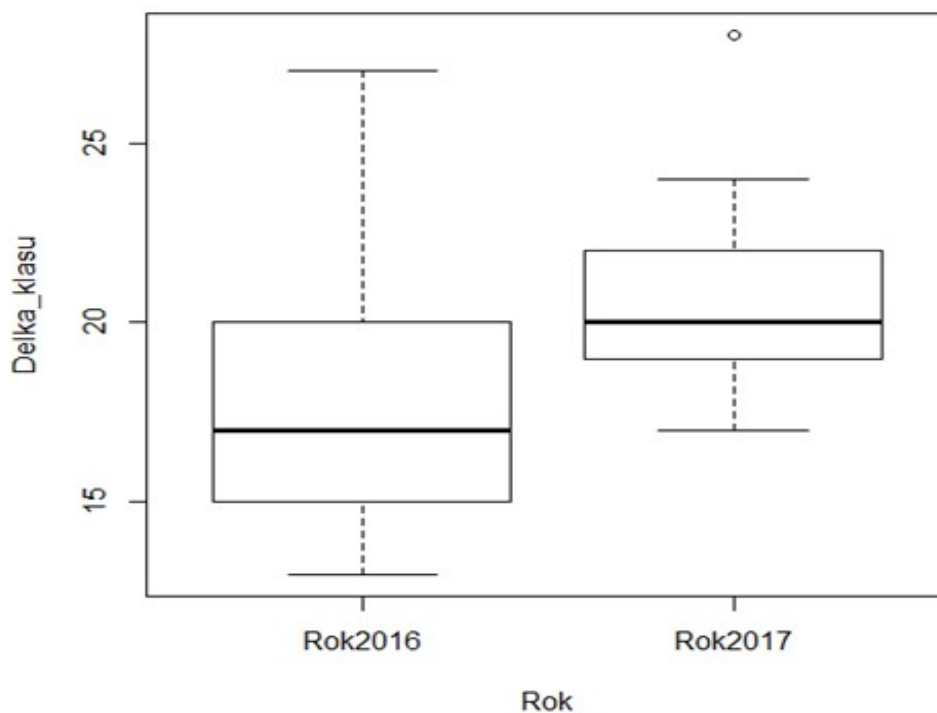
Testovaný model: dvoufaktorová ANOVA bez interakcí (Délka klasu ~ umístění mateřské rostliny + rok trvání experimentu).

Závislá proměnná: délka klasu (v cm).

Prediktor: generace rostliny (rameta, mateřská rostlina), umístění mateřské rostliny (kraj, střed), rok trvání experimentu (2016, 2017).

Výsledek statistického testování pomocí dvoufaktorové ANOVA bez interakcí pro předpoklad, že se průměrná délka kv. stébel liší dle generace rostliny, umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu potvrdil nepatrný, ale statisticky

průkazný vliv roku trvání experimentu. Délka vyprodukovaných kv. stébel byla tedy statisticky ovlivněna pouze rokem (ANOVA: $F = 3.905$, $df = 1$, $p = 0.061$). Vyšších délek dosahovaly klasy v roce 2017 (Obr. č. 12).



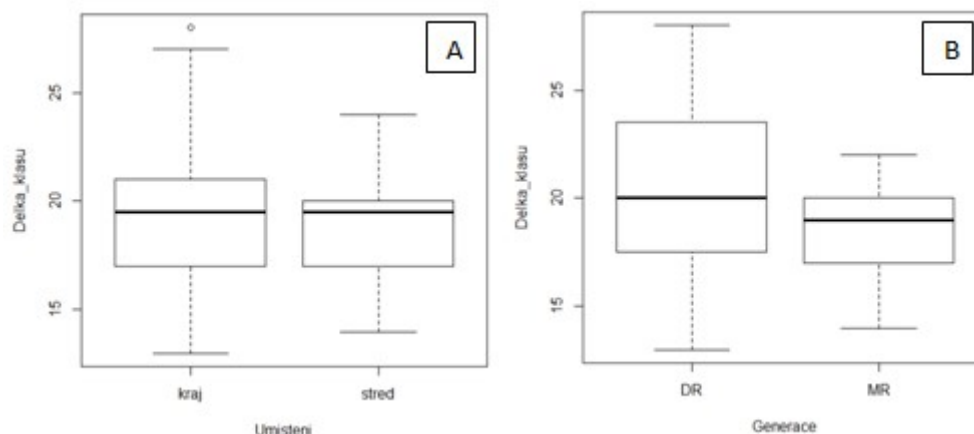
Obr. č. 12: Rozložení variability dat průměrné délky kv. stébla (v cm) v závislosti na roku trvání experimentu. ANOVA: $F = 3.905$, $df = 1$, $p = 0,061$.

Souhrnné výsledky modelu uvádí tabulka č. 5:

Tabulka č. 5: Výsledky statistické analýzy závislosti délky kv. stébel na umístění mateřské rostliny, generaci a roku trvání experimentu. F – testovací statistika, df – stupně volnosti, p – dosažená hladina významnosti.

Prediktor	F	df	P
Umístění mateřské rostliny	0.249	1	0.622
Generace (mat. rostlina, rameta)	2.124	1	0.159
Rok trvání experimentu	3.905	1	0.061

Statistická analýza nepotvrdila vliv faktoru umístění mateřské rostliny a generace rostliny na průměrnou délku vyprodukovaných kv. stébel (Obr. č. 13 A, B).



Obr. č. 13: A: Průměrná délka kv. stébla (cm) v závislosti na umístění mateřské rostliny. ANOVA: $F = 0.249$, $df = 1$, $p = 0.622$.

B: Průměrná délka kv. stébla (cm) v závislosti na generaci rostliny (DR – dceřiná rameta, MR – mateřská). ANOVA: $F = 2.124$, $df = 1$, $p = 0.159$.

• **Délky vyprodukovaných listů v závislosti na generaci rostliny (mateřská rostlina, rameta), umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu**

Testovaný model: dvoufaktorová ANOVA bez interakcí (Výška listů ~ generaci rostliny, umístění mateřské rostliny + rok trvání experimentu).

Závislá proměnná: délka klasu (v cm).

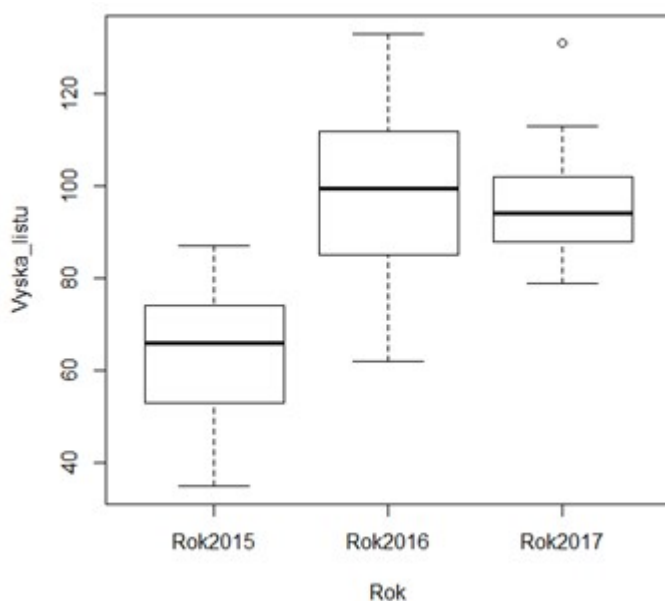
Prediktor: generace (mateřská, dceřiná), umístění mateřské rostliny (okraj, střed), rok trvání experimentu (2015, 2016, 2017).

Rok trvání experimentu se projevil jako významný faktor i v této analýze, naopak neprůkazný vliv na délku vyprodukovaných listů má umístění mateřské rostliny (střed, kraj) a generace rostliny (Tabulka č. 6). Mateřské rostliny se tedy v délce listů neliší od ramet a zároveň není velikost listů ovlivněna polohou rostliny v nádobě.

Tabulka č. 6: Výsledky analýzy závislosti délky listů na generaci rostliny, umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu. F – testovací statistika, df – stupně volnosti, p – dosažená hladina významnosti.

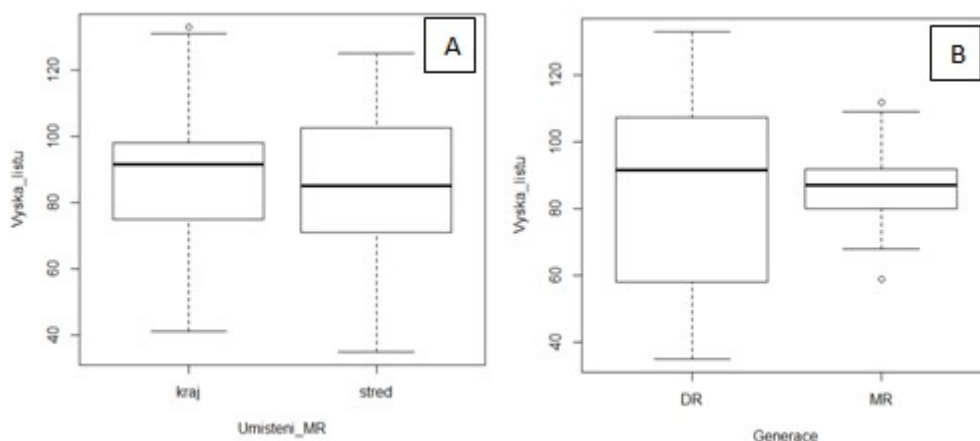
Prediktor	F	df	P
Umístění mateřské rostliny	0.133	1	0.739
Rok trvání experimentu	20.105	2	0,0001
Generace rostlin (mat. rostlina, rameta)	0.345	2	0.561

Pomocí testů mnohonásobného porovnání (TukeyHSD), byl nalezen statisticky průkazný rozdíl ve výškách listů mezi rokem 2015 a 2016 ($p < 0.001$), dále pak mezi rokem 2015 a 2017 ($p < 0.001$), rozdílná hodnota v průměrné výšce listů nebyla potvrzena mezi lety 2016 a 2017 ($p = 0.895$) (Obr. č. 14). Nejnižších výšek dosahovaly listy v roce 2015 (průměrně 62 cm), nejvyšších pak v roce 2017 (průměrně 96 cm). Mezi rokem 2016 a 2017 nebyl pozorován statisticky významný rozdíl ve výškách listů.



Obr. č. 14: Průměrné výšky listů (cm) v závislosti na roku trvání experimentu. Porovnání pomocí Tukey HSD, byl nalezen statisticky průkazný rozdíl ve výškách listů mezi rokem 2015 a 2016 ($p < 0.001$), dále pak mezi rokem 2015 a 2017 ($p < 0.001$).

Rozdílné umístění mateřské rostliny (kraj, střed), ani generace rostlin, neovlivňuje průměrnou výšku listů (Obr. č. 15 A, B).



Obr. č. 15: A: Průměrné výšky listů (cm) v závislosti na umístění mateřské rostliny (MR). ANOVA: $F = 0.133$, $df = 1$, $p = 0.739$.

B: Průměrné výšky listů (cm) v závislosti na generaci rostliny (mateřská rostlina, rameta). ANOVA: $F = 0.345$, $df = 2$, $p = 0.561$.

• **Bazální obvod mateřských rostlin v závislosti na jejich umístění**

Testovaný model: dvoufaktorová ANOVA bez interakcí (Bazální obvod ~ umístění mateřské rostliny + roku trvání experimentu).

Závislá proměnná: délka klasu (v cm).

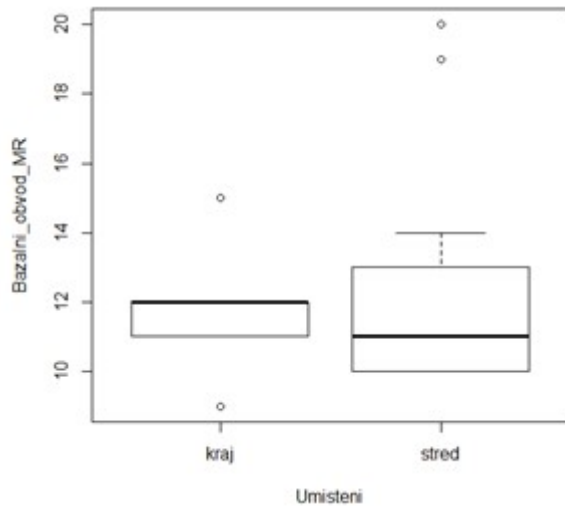
Prediktor: umístění mateřské rostliny (kraj, střed), rok trvání experimentu (2015, 2016, 2017).

Pomocí dvoufaktorové ANOVA bez interakcí bylo testováno, zda se obvod mateřské rostliny liší dle jejího umístění a roku trvání experimentu. Oba testované vlivy vyšly neprůkazné (Tabulka č. 7).

Tabulka č. 7: Výsledky analýzy závislosti velikosti bazálního obvodu mateřské rostliny na jejím umístění a roku trvání experimentu. F – testovací statistika, df – stupně volnosti, p – dosažená hladina významnosti.

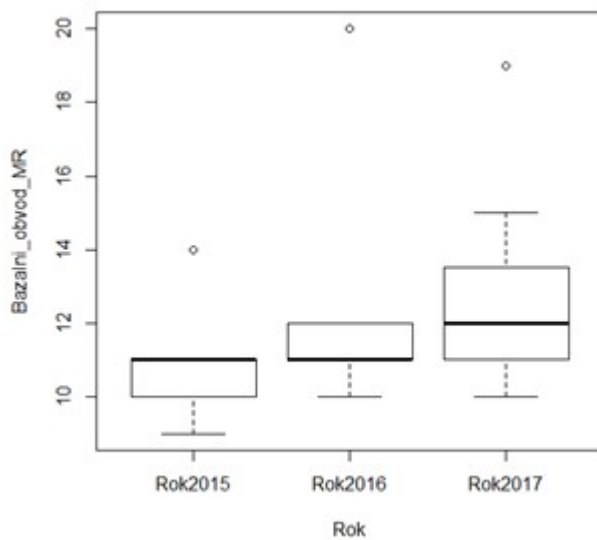
Prediktor	F	Df	P
Umístění mateřské rostliny	0.271	1	0.609
Rok trvání experimentu	0.922	2	0.417

Nasbíraná data nepotvrdila statisticky významný rozdíl mezi průměrnou hodnotou bazálního obvodu mateřských rostlin v závislosti na jejím umístění (Obr. č. 16).



Obr. č. 16: Přehled dosažených bazálních obvodů (cm) mateřských rostlin v závislosti na jejich umístění (kraj, střed). ANOVA: $f = 0.271$, $df = 1$, $p = 0.609$.

Nasbíraná data rovněž nepotvrdila statisticky významný vliv roku trvání experimentu na hodnotu bazálního obvodu mateřské rostliny, nicméně rostoucí trend těchto obvodů (Obr. č. 17) naznačuje, že při vyšším sběru dat, by mohl být faktor roku průkazným vlivem.



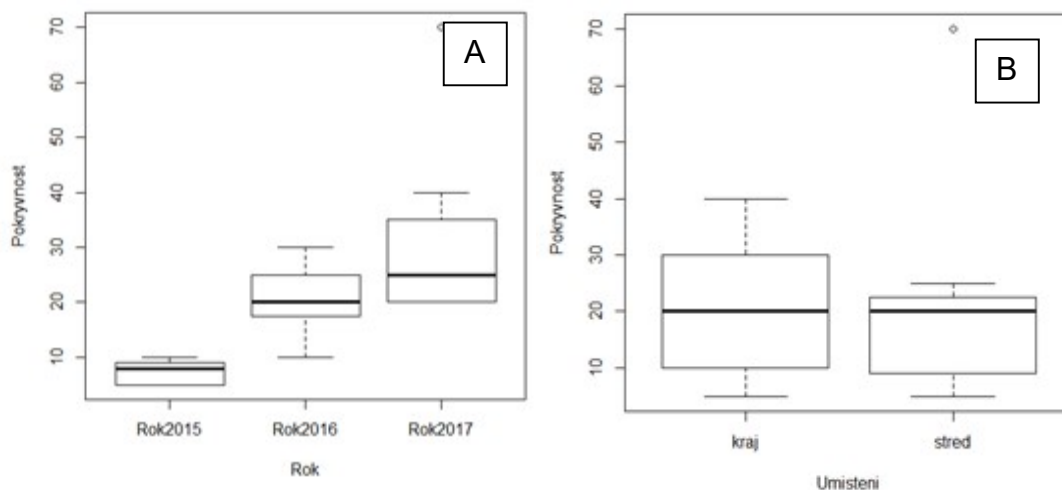
Obr. č. 17: Rozložení variability dat bazálních obvodů (v cm) mateřských rostlin (MR) v jednotlivých letech trvání experimentu. ANOVA: $F = 0.922$, $df = 2$, $p = 0.417$.

- **Rozdílná pokrývnost biomasy *C. epigejos* v závislosti na jejich umístění a roku experimentu**

Výsledek statistického testování pomocí dvoufaktorové ANOVA bez interakcí odhalil statisticky průkazný vliv roku (2015, 2016, 2017) trvání experimentu na pokrývnost biomasy (v %) (Obr. č. 18 A). Naopak jako neprůkazný se projevil faktor umístění mateřské rostliny (kraj, střed nádoby) (Obr. č. 18 B). Podrobné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 8. V roce 2015 zabírala biomasa *C. epigejos* v průměru 7 % nádoby, v roce 2016 tato hodnota narostla na 21 % a v roce 2017 zabírala biomasa 32 % nádoby.

Tabulka č. 8: Výsledky statistické analýzy závislosti průměrné pokrývnosti biomasy (%) na umístění mateřské rostliny a roku trvání experimentu. F – testovací statistika, df – stupně volnosti, p – dosažená hladina významnosti.

Prediktor	F	Df	P
Umístění mateřské rostliny	0.009	1	0.925
Rok trvání experimentu	23.218	2	0,0001



Obr. č. 18: A: Rostoucí pokrývnost biomasy (v %) mateřských rostlin dle jednotlivých let experimentu. ANOVA: F = 23.218, df = 2, p < 0.0001.

B: Průměrná pokrývnost biomasy (v %) mateřských rostlin dle rozdílné polohy na experimentální ploše. ANOVA: F = 0,009, df 1, p = 0, 925.

Pomocí testů mnohonásobného porovnání (TukeyHSD), byl nalezen statisticky průkazný rozdíl v pokryvnosti mezi rokem 2015 a 2016 ($p < 0.001$), dále mezi rokem 2015 a 2017 ($p < 0.001$), rozdílná pokryvnost biomasy nebyla prokázána mezi rokem 2016 a 2017 ($p = 0.203$).

Shrnutí výsledků analýzy vstupních parametrů

Shrnutí hlavních výsledků zahradního experimentu uvádí tab. č. 9 a tab. č. 10.

Tabulka č. 9: Přehled hlavních výsledků nádobového experimentu, p = dosažená hladina významnosti.

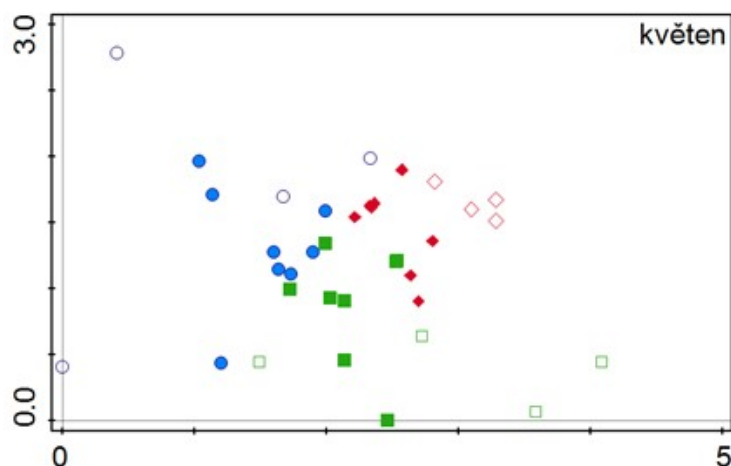
Prokázané vlivy	P
Průměrný počet vyprodukovaných ramet se liší dle roku trvání experimentu	<0.1
Průměrný počet vyprodukovaných kvetoucích stébel se liší dle roku trvání experimentu	<0.05
Průměrný počet vyprodukovaných kvetoucích stébel se liší mezi mateřskými a dceřinými rostlinami	<0.05
Průměrná délka vyprodukovaných kvetoucích stébel se liší dle roku trvání experimentu	<0.1
Průměrná výška vyprodukovaných listů se liší dle roku trvání experimentu	<0.01
Pokryvnost biomasy (v %) mateřských rostlin se liší dle roku trvání experimentu	<0.01

Tabulka č. 10.: Přehled hlavních výsledků nádobového experimentu, p = dosažená hladina významnosti.

Neprokázané vlivy	P
Rozdílné umístění mateřské rostliny nemá vliv na průměrný počet vyprodukovaných ramet	$p > 0.1$
Rozdílné umístění mateřské rostliny nemá vliv na vzdálenost dceřiných ramet	$p > 0.1$
Rozdílné umístění mateřské rostliny nemá vliv na průměrný počet vytvořených kvetoucích stébel	$p > 0.1$
Rozdílné umístění mateřské rostliny nemá vliv na průměrnou délku klasů	$p > 0.1$
Mateřské rostliny se v průměrné délce kvetoucích stébel neliší od rostlin dceřiných	$p > 0.1$
Rozdílné umístění mateřské rostliny nemá vliv na průměrnou výšku listů	$p > 0.1$
Mateřské rostliny se v průměrné výšce listů neliší od rostlin dceřiných	$p > 0.1$
Rozdílné umístění mateřské rostliny nemá vliv na její bazální obvod	$p > 0.1$
Rozdílné umístění mateřské rostliny nemá vliv na pokryvnost jejich biomasy (%)	$p > 0.1$

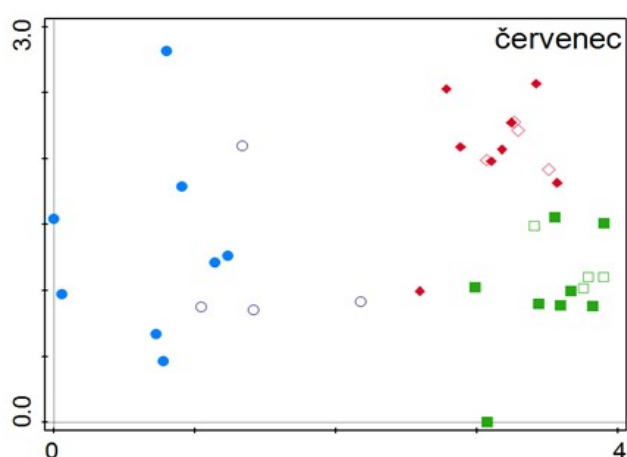
5.2 Změna společenstva v čase na experimentálních plochách

- a) Detrendovaná korespondenční analýza (DCA) – měsíc květen 2015, 2016, 2017. Z výsledků je patrné, že druhové složení si bylo po celou dobu experimentu nejvíce podobné vždy v měsíci květnu.



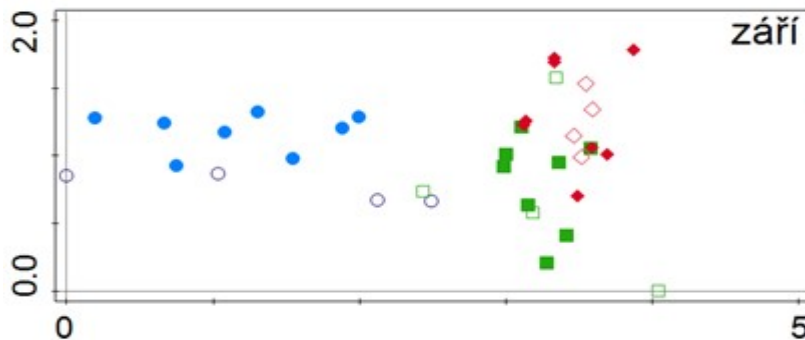
Obr. č. 19: Detrendovaná korespondenční analýza (DCA) vegetačních snímků zaznamenaných v měsíci květnu v letech 2015, 2016 a 2017 (kontrolní plochy ○ 2015, □ 2016, ◇ 2017, varianty s *C. epigejos* ● 2015, ■ 2016, ◆ 2017). Osa 1 a 2 vysvětlují 30,3 % variability.

- b) Detrendovaná korespondenční analýza (DCA) – měsíc červenec 2015, 2016, 2017. Z analýzy druhového složení za měsíc červenec je zřejmý rozdíl mezi jednotlivými roky. Rozdíl mezi společenstvem na kontrolních plochách a variantami s *C. epigejos* nebyl významný.



Obr. č. 20: Detrendovaná korespondenční analýza (DCA) vegetačních snímků zaznamenaných v červenci v letech 2015, 2016 a 2017 (kontrolní plochy ○ 2015, □ 2016, ◇ 2017, varianty s *C. epigejos* ● 2015, ■ 2016, ◆ 2017). Osa 1 a 2 vysvětlují 33,9 % variability.

c) Detrendovaná korespondenční analýza (DCA) – měsíc září 2015, 2016, 2017. Z analýzy je patrný posun ve změně společenstva, který mohl být způsoben snížením počtu druhů v roce 2017. Rozdíl mezi variantami byl zaznamenán v roce 2017.



Obr. č. 21: Detrendovaná korespondenční analýza (DCA) vegetačních snímků zaznamenaných v září v letech 2015, 2016 a 2017 (kontrolní plochy ○ 2015, □ 2016, ◇ 2017, varianty s *C. epigejos* ● 2015, ■ 2016, ◆ 2017). Osa 1 a 2 vysvětlují 32 % variability.

K posouzení změn druhového složení v průběhu experimentu byla použita detrendovaná korespondenční analýza DCA a fytoecologické snímky. Na experimentálních plochách bylo zaznamenáno celkem 20 rostlinných druhů, přičemž převažovaly druhy s životní formou hemikryptofyté a terofyté, dominovaly dvouděložné rostliny. Zastoupen byl porost čeledi *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Dipsacaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*, *Oxalidaceae*, *Primulaceae*. Podle nároku na světlo byly zastoupeny rostliny světlomilné a polosvětlomilné (*Senecio vulgaris*, *Chaerophyllum temulum*, *Lapsana communis*), stínomilné. Dle způsobu rozšiřování převládaly druhy s generativním rozmnožováním (některé využívaly kombinaci vegetativního a generativního způsobu šíření). Z hlediska nároků na vlhkost byly zastoupeny rostliny s vyššími i menšími nároky na půdní vlhkost. Druhové složení se během roku měnilo, z tohoto důvodu byly provedeny 3 analýzy (květen, červenec, září).

6. Diskuse

Během experimentu byl podrobně zaznamenáván růst a reakce mateřských rostlin *C. epigejos* umístěných ve středu nebo na okraji experimentálních ploch. Cílem bylo zjistit, zda odlišná výchozí poloha rostliny bude mít vliv na její růst a na způsob následného šíření.

Na silnou schopnost *C. epigejos* přizpůsobit se odlišným stanovištním podmínkám upozorňuje řada autorů (např. Janauer, 1995^a; Fiala et al. 2003; Lehmann et Rebele, 2005; Rahmonov et al. 2014; Zhang et al. 2003). Výsledky mého výzkumu toto tvrzení prokazují. Negativní efekt částečného omezení šíření vlivem okraje plochy nebyl vizuálně pozorován, což potvrdily i následné statistické analýzy. Rostliny produkovaly statisticky průměrně stejné množství nových ramet, bez ohledu na umístění mateřských rostlin. Potvrdil se předpoklad, že se počet ramet bude zvyšovat. Obdobně se zvyšoval i počet kvetoucích stébel. Mezisezónní nárůst uvádí shodně ve své práci i Střelec (2004). Z výsledků analýzy výšky kvetoucích stébel vyšel rok 2017 jako nadprůměrný, laty byly v průměru o 2,5 cm vyšší než v roce 2016. Tato skutečnost naznačuje, že *C. epigejos* produkuje každým rokem vyšší kvetoucí stébla, tzn. i vyšší počty semen. Tento fakt hraje důležitou roli při jejím úspěšném šíření (Storch et Mihulka, 2000). Z výsledků je dále patrné, že *C. epigejos* dosáhla maximálních výšek listů již v druhém roce života. Poté investovala zejména do biomasy a tvorby nových ramet než do navyšování délky listů. Tento poznatek se liší od výsledků práce Střelce (2004). V jeho experimentu nebyl dán nárůst *C. epigejos* přírůstem nových stébel, ale jejich zvětšováním, kdy třtina investovala především v růstu do výšky. Je však důležité připomenout, že hustota porostu je závislá na místě růstu a také na vnějších podmínkách v sezoně.

Z vizuálního pozorování bylo zjištěno, že na experimentálních plochách s mateřskou rostlinou vysazenou uprostřed, se ramety šířily rozptýleně a investovaly více do rovnoměrnějšího pokrytí celé plochy. Tento typ šíření popisují ve své studii Březina et al. (2006). V jejich experimentu se *C. epigejos* šířila do vegetace (*Helichrysum arenarium*, *Potentilla tabernaemontani*, *Centaurea rhenana*, *Jasione montana*) ve formě kruhů až do průměru 20 m. Jednotlivé kruhy postupně zvětšovaly svůj průměr, jelikož mladé ramety se rozprostíraly vodorovně od okraje kruhu do okolí. Dolečková et Osbornová (1990) uvádí rozrůstání polykormonu

převážně jednosměrně. To platilo v případě mateřské rostliny vysazené v krajní pozici, blízko bariéry, kdy bylo možné pozorovat jednosměrné rozrůstání a následné vyhýbání a šíření ramet těsně podél bariéry. Toto chování *C. epigejos*, podél bariér, v literatuře není příliš frekventované. Jednou z výjimek je práce Bílek et al. (2014), kteří zaznamenali, při sledování zarůstání mezer (patches) v bukovém lese, šíření *C. epigejos* podél okraje těchto ploch. Oborny et Hubai (2014) předpokládají, že klonální rostliny nevstoupí na nepříznivá stanoviště, ale budou se šířit kolem nich. Schopnost zvládnout různorodost prostředí patří k výhodám klonálních rostlin (Oborny et al. 2001; Rebele et Lehmann, 2001), tato skutečnost byla pozorována u *C. epigejos* na ploše č. 5 a č. 8 (Příloha č. 5), kdy již druhým rokem ramety překonaly bariéru (10 cm) a obsadily nový prostor. Nejvzdálenější ramety mateřské rostliny vysazené na okraji ploch byly v průměru rozšířeny o 13 cm dále než ramety mateřských rostlin umístěných ve středu ploch. Z tohoto výsledku lze usuzovat, že *C. epigejos* omezená stanovištěm, investuje více energie do šíření na delší vzdálenosti než rostlina, která není v šíření omezena. Závislost zkracování vzdáleností mezi rametami a zvyšování jejich větvení závisí na stanovištních podmínkách (Salzman, 1985; Sutherland et Stillman, 1988; YE et al. 2006). Podle Frouz et al. (2018) *C. epigejos* v nepříznivém prostředí zvětšuje vzdálenosti mezi rametami a dokonce se může růst v určitém směru úplně zastavit.

Na fotografii (Příloha č. 6) je zřejmá převaha mladých výběžků a lze předpokládat zvyšování množství jejich vyvíjejících se dílčích shluků na úkor objemu, počtu stébel, mateřské rostliny. To je možné podle Dolečkové et Osbornové (1990) vysvětlit ukončením fáze zahušťování porostu a vlastním růstem nových stébel. Dále byl předmětem mého pozorování typ šíření *C. epigejos*. Během sekundární sukcese nové výběžky využívaly mezery mezi porostem a postupně vyplňovaly prostor typem šíření „guerilla“. Tento typ popisují v časných fázích vývoje shodně YE et al. (2006). Stejný způsob expanze uvádí v experimentu Rebele (2000), který studoval konkurenci a soužití mezi *C. epigejos*, *Solidago canadensis* a *Tanacetum vulgare*, kdy v pátém vegetačním období došlo k vyloučení *Solidago canadensis*. Pottier et Evette (2010) ve svém experimentu došli k závěru, že použití různých růstových typů u klonálních rostlin závisí na heterogenitě prostředí a hustotě rostlin.

Tato diplomová práce se dále zabývala druhovým složením na experimentálních plochách a změnou společenstva v čase. Pokus byl založen na obnažené půdě, lze tedy mluvit o sekundární sukcesi. Z detrendované analýzy DCA je patrný rozdíl druhového složení na všech typech ploch roku 2015 od následujících dvou let. Počet druhů ve všech typech opakování byl v prvním roce experimentu nejnižší a dominovaly druhy ze semenné banky, to bylo vzhledem k začátku pokusu logické. Převažovaly druhy jednoleté, což odpovídá obecnému schématu, ve kterém sukcesní vývoj začíná převahou jednoletých rostlin (Prach et al. 2008). Z výsledků bylo zřejmé, že se prosadily druhy ruderalní (např. *Myosotis arvensis*, *Senecio vulgaris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Anagalis arvensis*), které tvoří počáteční stadia vývoje (Grimm, 1979; Storch et Mihulka, 2000) a druhy uplatňující konkurenční vlastnosti s C–R strategií (např. *Chaerophyllum temulum*, *Sonchus arvensis*, *Stellaria media*, *Dipsacus fullonum*). Druhové složení se během roku měnilo, rostliny se od sebe vzájemně lišily v uspořádání životních fází, v načasování reprodukce a úhynu. Alfa diverzita byla v následujících letech mezi fytoocenologickými snímky rozlišná, nejvyšších hodnot dosahovala v roce 2016 bez ohledu na druh varianty. Prosadily se méně agresivní druhy s C–S–R a C–strategií. Nástup těchto druhů mohl být způsoben vhodnými podmínkami, kdy nízké zastínění a opad *C. epigejos* nebránily jejich zdárnému vývoji. Shlukování druhů s podobnými růstovými strategiemi jsem nezaznamenala. Z detrendované analýzy se podařilo prokázat patrný rozdíl v druhovém složení mezi variantami v měsíci září 2017 a tím začínající trend dominance *C. epigejos*. Důvodem byla vzrůstající pokryvnost *C. epigejos*, 32 % v roce 2017, kdy jejímu kompetičnímu tlaku podlely rostliny nižšího vzrůstu (*Anagalis arvensis*, *Trifolium repens*, *Capsella bursa-pastoris*, *Dipsacus fullonum*), které podle Storch a Mihulky (2000), Blažkové (2003) snadněji podlehnou konkurentům. Výsledky mého experimentu lze částečně porovnat s výsledky studie Březiny (1997). Ten se ve své bakalářské práci zaměřil na vliv pokryvnosti *C. epigejos* na druhovou diverzitu v PR Opatovské zákopy. Výrazně negativní projev na počet druhů se projevil při 20–30% pokryvnosti *C. epigejos*. Zásadní změnu ve struktuře společenstva uvádí při pokryvnosti nad 70 % v důsledku zastínění. Výsledky tohoto experimentu tento začínající trend prokázal, i když na začátku byl očekáván významnější rozdíl. Somodi et al. (2008) sledovali vliv třtiny křovištní na ostatní druhy v lučním společenstvu. Autoři studie shodně zaznamenaly ve výsledcích tříletého experimentu úbytek druhů v důsledku zastínění *C. epigejos*.

Z fotografie (Příloha č. 3) je dobře patrná důležitá role třtiny při kompetici o světlo. Hustota stébel a produkce nadzemní biomasy *C. epigejos* snížila pronikání slunečního záření. Ke snížení druhové rozmanitosti přispěla také kumulace opadu (Příloha č. 4). Porovnáním účinku stařiny *C. epigejos* na ostatní druhy se zabýval ve své magisterské práci Střelec (2004). Dlouhodobou úlohu odumřelé biomasy považuje za nejpodstatnější aspekt ekologie třtiny, který se jeví jako velmi výhodná strategie. Opad *C. epigejos* bránil růstu semenáčků a způsobil zastínění ostatní druhů. Negativní korelaci mezi pokryvností *C. epigejos* a počtem dalších druhů rostlin uvádí např. Sedláková et Fiala (2001), Holub (2002), Fiala et al. (2003), Rebele (2014), Pruchniewicz et Zolnierz (2017). Obecný vztah mezi zvyšováním dominance a snižováním počtu druhů zmiňuje Slavíková (1986).

7. Závěr

Úspěšnost šíření vysoce expanzivní trávy *C. epigejos* spočívá v rychlém vytvoření mohutného oddenkového systému a velké produkci nadzemní i podzemní biomasy. Během této studie byl podrobně zaznamenáván růst a reakce mateřských rostlin *C. epigejos* umístěných ve středu nebo na okraji experimentálních ploch. Cílem bylo zjistit, zda se odlišná výchozí poloha odrazí ve způsobu jejího následného šíření.

Tato studie z nasbíraných dat neprokázala negativní efekt částečného omezení na vývoj a šíření *C. epigejos*. Výsledky experimentu dokazují silnou schopnost *C. epigejos* přizpůsobit se odlišným stanovištním podmínkám a prokázaly schopnost třtiny maximalizovat obsazení plochy.

Ve většině studií se staly dominantní složkou vegetačního pokryvu klonální druhy, které svou dominanci udrží déle než ostatní rostliny. Tento trend, dominance *C. epigejos*, se začal projevovat v tomto experimentu třetím rokem a lze předpokládat v následujících letech úplné vytlačení okolních druhů. Projevil se nesporný začínající vliv *C. epigejos* měnit konkurenční rovnováhu s ostatními druhy ve svůj prospěch. Často popisovaný vliv zastínění a vliv opadu *C. epigejos* na druhové složení se v této práci potvrdil.

Závěry práce by mohly sloužit jako podklad pro další studie v dané problematice. Bylo by žádoucí navázat na tuto práci dalším výzkumem, který by byl zaměřen nejen na studium strategie obsazování volných ploch různými formami v přírodních podmínkách, ale také na fenotypovou plasticitu v reakci na heterogenitu prostředí.

8. Přehled literatury a použitých zdrojů

Literární zdroj:

AIKEN S. G., DORE W. G., LEFKOVITCH L. P., ARMSTRONG K. C., 1989: *Calamagrostis epigejos* in North America, especially Ontario. Canadian Journal of Botany 67: 3205–3218.

BÍLEK L., REMEŠ J., PODRÁZSKÝ V., ROZENBERGAR D., DIACI J., ZAHRADNÍK D., 2014: Gap regeneration in near-natural European beech forest stands in Central Bohemia – the role of heterogeneity and micro-habitat factors. Dendrobiology 71: 59–71.

BLÁHA L., BOCKOVÁ R., HNILIČKA F., HNILIČKOVÁ H., HOLUBEC V., MÖLLEROVÁ J., ŠTOLCOVÁ J., ZIEGLEROVÁ J., 2003: Rostlina a stres. VÚRV, Praha.

BLAŽKOVÁ D., 2003: Rostlinné expanze při sukcesi na opuštěných loukách. In: PYŠEK P., KUBÁT K., PRACH K. [eds.]: Expanzní druhy domácí flóry a apofytizace krajiny. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 38, Materiály 19: 75–82.

BRYNDOVÁ I. et KOVÁŘ P., 2004: Dynamics of the demographic parameters of the clonal plant *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth in two kinds of industrial deposits (Abandoned sedimentation basins in Bukovina and Chvaletice). In: KOVÁ P. [ed.], Natural recovery of human-made deposits in landscape (Biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems). Academia, Prague: 267–276.

BUČEK A., 2007: Primární sukcese a typ geobiocénu. Geobiocenologické spisy 11: 12–16.

BŘEZINA S., 1997: Expanze třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*) v přírodní rezervaci Opatovské zákopy. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Biologická fakulta. České Budějovice.

BŘEZINA S., KOUBEK T., MUNZBERGOVÁ Z., HERBEN T., 2006: Ecological benefits of integration of *Calamagrostis epigejos* ramets under field conditions. *Flora* 201: 461–467.

CATORCI A., CESERETTI S., TARDELLA F. M., 2014: Effect of tall-grass invasion on the flowering-related functional pattern of submediterranean hay meadows. *Plant Biosystems* 148: 1127–1137.

ČÍŽEK L., ROLEČEK J., DANIHELKA J., 2007: Celoplošná příprava půdy v lesích a její důsledky pro biodiverzitu. *Živa* 55: 266–268.

DOLEČKOVÁ H. et OSBORNOVÁ J., 1990: Konkurenční schopnost a plasticita druhu *Calamagrostis epigejos*. *Zprávy České botanické společnosti*, Praha, 25: 35–38.

DOSTÁL J., 1989: *Nová květena ČSSR 2*. Academia, Praha.

DOSTÁL P. et KOVÁŘ P., 2013: Seed rain and seed persistence of *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth in extreme ecotoxicological conditions at an abandoned ore washery sedimentation basin. *Journal of Landscape Ecology* 6: 17–33.

ESPERSCHUTZ J., ZIMMERMANN C., DUMIG A., WELZL G., BUEGGER F., ELMER M., MUNCH J. C., SCHLOTTER M., 2013: Dynamics of microbial communities during decomposition of litter from pioneering plants in initial soil ecosystems. *Biogeosciences* 10: 5115–5124.

FAZLIOGLU F., WAN J., BONSER S., 2017: Testing specialization hypothesis on a stress gradient. *Austral Ecology* 42: 40–47.

FIALA K., 2001: The role of root system of *Calamagrostis epigejos* in its successful expansion in alluvial meadows. *Ekológia* 20: 292–300.

FIALA K., SEDLÁKOVÁ I., HOLUB P., TŮMA I., 2003: Jaké jsou příčiny úspěšné expanze *Calamagrostis epigejos* do lučních společenstev aluvia Dyje na jižní Moravě. In: PYŠEK P., KUBÁT K., PRACH K. [eds.]: *Expanzní druhy domácí flóry*

a apofytizace krajiny. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 38, Materiály 19: 101–110.

FIALA K., ZÁHORA J., TŮMA I., HOLUB P., 2004: Importance of plant matter accumulation, nitrogen uptake and utilization in expansion of tall grasses (*Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*) into an acidophilous dry grassland. *Ekológia* 23: 225–240.

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.

FIALA K., HOLUB P., TŮMA I., ZÁHORA J., FABŠIČOVÁ M., 2015: Poznatky z manipulativních experimentů využitelné v managementu horských, vlhkých a suchých luk. In: PRACH K., HÁJEK M., JONGEPIEROVÁ I., KRAHULEC F., LENCOVÁ K. et ŘEHOUKOVÁ K. [eds.]: Management a obnova travinných ekosystémů. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 50, Materiály 26: 63–71.

FROUZ J., MUDRAK O., REITSCHMIEDOVÁ E., WALMSLEY A., VACHOVÁ P., SIMACKOVÁ H., ALBRECHTOVÁ J., MORADI J., KUTCERA J., 2018: Rough wave-like heaped overburden promotes establishment of woody vegetation while leveling promotes grasses during unassisted post mining site development. *Journal of Environmental Management* 205: 50–58.

GRIMM J. P., 1979: Plant strategies and vegetation processes. John Wiley & Sons. Chichester-New York-Brisbane-Toronto.

GRUBB P. J., 1977: The maintenance of species-richness in plant communities: The importance of the regeneration niche. *Biological Review* 52: 107–145.

HAKROVÁ P. et WOTAVOVÁ K., 2004: Změny druhového složení a struktury druhově chudých travních porostů v závislosti na managementu. *Aktuality šumavského výzkumu II*: 256–261.

HÁZI J., BARTHA S., SZENTES S., WICHMANN B., PENKSZA K., 2011: Seminal grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems* 3: 699–707.

HENNING K., LORENZ A., OHEIMB G., HÄRDITZLE W., TISCHEW S., 2017: Year-round cattle and horse grazing supports the restoration of abandoned, dry sandy grassland and heathland communities by suppressing *Calamagrostis epigejos* and enhancing species richness. *Journal of Nature Conservation* 40: 120–130.

HODAČOVÁ D. et PRACH K., 2003: Spoil heaps from brown coal mining: technical reclamation versus spontaneous revegetation. *Restoration Ecology* 3: 385–391.

HOLUB P., 2002: The expansion of *Calamagrostis epigejos* into alluvial meadows: comparison of aboveground biomass in relation to water regimes. *Ekologia* 21: 27–37.

HOLUB P., TŮMA I., ZÁHORA J., FIALA K., 2012: Different nutrient use strategies of expansive grasses *Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*. *Biologia*: 67: 673–680.

HROUDA L., 2010: Trávy a jejich příbuzní napříč biotopy III., Trávy střední Evropy: na suchu a ve vodě. *Živa* 58: 110–114.

JANAUER V., 1995^a: Možnosti využití herbicidu Shorty v lesním hospodářství. *Lesnická práce* 74: 12.

JANAUER V., 1995^b: Novinka v ochraně proti plevelům a buřeni. *Lesnická práce* 74: 26.

JONGEPIEROVÁ I. et FAJMON K., 2015: Jak správně kosit? *Ochrana přírody* 2015/3: 31–34.

KELEMEN K., MIHÓK B., GÁLHIDY L., STANDOVÁR T., 2012: Dynamic response of herbaceous vegetation to gap opening in a Central European beech stand. *Silva Fennica* 46: 53–65.

KLAUDISOVÁ A., KRÍŽ M., ŠLECHTOVÁ A., 2011: Sinokvět chrpovitý. Péče o druh a jeho lokality. Metodika AOPK ČR: 25–30.

KLIMEŠOVÁ J. et KŘIVÁNEK M., 2008: Poddaní mezi rostlinami. Vesmír 87: 328–329.

KOVÁŘ P., 2002: Geobotanika. UK v Praze, Nakladatelství Karolinum, Praha.

KOVÁŘ P., 2003: Transplantovaná synantropizace: rostliny a nová stanoviště vložená do krajiny. In: PYŠEK P., KUBÁT K., PRACH K. [eds.]: Expanzní druhy domácí flóry a apofytizace krajiny. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 38, Materiály 19: 17–26.

KOVÁŘ P., 2006: Ekologie obnovy poškozené krajiny. In: PRACH K., PYŠEK P., TICHÝ L., KOVÁŘ P., JONGEPIEROVÁ I., ŘEHOUNKOVÁ K. [eds.]: Botanika a ekologie obnovy. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 41, Materiály 21: 23–38.

KOVÁŘ P. et HERBEN T., 2004: Small-scale spatiotemporal dynamics of plant cover during the initial phase of primary succession in an abandoned ore-washery sedimentation basin. In: Kovář P. [ed.], Natural recovery of human-made deposits in landscape, Academia, Prague: 277–284.

KOVÁŘ P., ŠTĚPÁNEK J., KIRSCHNER J., 2004: Clonal diversity of *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth in relation to type of industrial substrate and successional stage. In: Kovář P. [ed.], Natural recovery of human-made deposits in landscape, Academia, Prague: 285–293.

KOVÁŘ P., RAUCH O., KUBÁTOVÁ A., NEUSTUPA J., SOLDÁN Z., PALICE Z., DOSTÁL P. et ŠTEFÁNEK M., 2009: Ekologie obnovy narušených míst III. Cizorodé substráty v krajině. Živa 57: 116–119.

de KROON H., HUBER H., STUEFER J. F., von GROENENDAEL J. M., 2005: A modular concept of phenotypic plasticity in plants. New Phytologist, 166: 73–82.

KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRSCHNER J., ŠTĚPÁNEK J., 2002: Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.

LEHMANN C., 1994: Clonal Diversity of Populations of *Calamagrostis epigejos* in Relation to Environmental Stress and Habitat Heterogeneity. *Ecography* 20: 483–490.

LEHMANN C. et REBELE F., 2004: Evaluation of heavy metal tolerance in *Calamagrostis epigejos* and *Elymus repens* revealed copper tolerance in a copper smelter population of *C. epigejos*. *Environmental and Experimental Botany* 51: 199–213.

LEHMANN C. et REBELE F., 2005: Phenotypic plasticity in *Calamagrostis epigejos* (Poaceae): response capacities of genotypes from different populations of contrasting habitats to a range of soil fertility. *Acta Oecologica* 28: 127–140.

MALCOVÁ R., ALBRECHTOVÁ J., VOSÁTKA M., 2001: The role of the extraradical mycelium network of arbuscular mycorrhizal fungi on the establishment and growth of *Calamagrostis epigejos* in industrial waste substrates. *Applied Soil Ecology* 18: 129–142.

MARTÍNKOVÁ J., 2005: Narušovaná stanoviště a odnožování z kořenů. *Živa* 53: 249–250.

MATĚJŮ J., 2010: Doupovské hory. *Ochrana přírody* 2010/4: 2–6.

MERGL J. et ZEZULA A., 1984: *Lesnická botanika*. SZN, Praha.

MIKULÁŠ R. et ŠTURMA J. A., 2015: Divoká příroda Prahy a blízkého okolí: průvodce tou částí pražské přírody, o kterou se nikdo nestará, málokdo ji zná a skoro nikdo ji nemá rád. Academia, Praha.

MITROVIČ M., PAVLOVIČ P., LAKUSIČ D., DJURDJEVIČ L., STEVANOVIČ B., KOSTIČ O., GAJIČ G., 2008: The potential of *Festuca rubra* and *Calamagrostis epigejos* for the revegetation of fly ash deposits. *The Science of the Total Environment* 407: 338–347.

MORAVEC J., BLAŽKOVÁ D., HEJNÝ S., HUSOVÁ M., JENÍK J., KOLBEK J., KRAHULEC F., KREČMER V., KROPÁČ Z., NEUHÄUSL R., NEUHÄUSLOVÁ NOVOTNÁ Z., RYBNÍČEK K., RYBNÍČKOVÁ E., SAMEK V., ŠTĚPÁN J., 1994: Fytocenologie. Academia, Praha.

MORAVEC J., BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ E., BLAŽKOVÁ D., HADAČ E., HEJNÝ S., HUSÁK Š., JENÍK J., KOLBEK J., KRAHULEC F., KROPÁČ Z., NEUHÄUSL R., RYBNÍČEK K., ŘEHOŘEK V., VICHEREK J., 1995: Rostlinná společenstva České republiky a jejich ohrožení. Ed. 2. Severočeskou přírodou, Litoměřice, Příl. 1995: 1–206.

MUDRÁK O., DOLEŽAL J., FROUZ J., 2016: Initial species composition predicts the spontaneous succession on post mining sites. *Ecological Engineering* 95: 665–670.

OBORNY B., CZARANT T., KUN A., 2001: Exploration and exploitation of resource patches by clonal growth: a spatial model on the effect of transport between modules. *Ecological Modelling* 141: 151–169.

OBORNY B. et HUBAI A. G., 2014: Patch size and distance: modelling habitat structure from the perspective of clonal growth. *Annals of Botany* 114: 389–398.

POTTIER J. et EVETTE A., 2010: On the Relationship Between clonal Traits and Small-Scale Spatial Patterns of Three Dominant Grasses and its Consequences on Community Diversity. *Folia Geobotanica* 45: 59–75.

PRACH K., 2009: Ekologie obnovy narušených míst II. Místa narušená těžbou surovin. *Živa* 57: 68–72.

PRACH K. et PYŠEK P., 1994: Clonal plants - What is their role in succession? *Folia Geobotanica* 29: 307–320.

PRACH K. et PYŠEK P., 2001: Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: experience from central Europe. *Ecological Engineering* 17 (1): 55 - 62.

PRACH K. et PYŠEK P., 2003: Jaké vlastnosti podmiňují expanzivní chování autochtonních druhů? In: PYŠEK P., KUBÁT K., PRACH K. [eds.]: Expanzní druhy domácí flóry a apofytizace krajiny. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 38, Materiály 19: 27–36.

PRACH K., BASTL M., KONVALINKOVÁ P., KOVÁŘ P., NOVÁK J., PYŠEK P., ŘEHOUNKOVÁ K. et SÁDLO J., 2008: Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v České republice – přehled dominantních druhů a stadií. Příroda 26: 5–26.

PRACH K., JONÁŠOVÁ M., SVOBODA M., 2009: Ekologie obnovy narušených míst. V. Obnova lesních ekosystémů. Živa 57: 212–215.

PRAUSOVÁ R. et SÁDLO J., 2004: Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy NATURA 2000. Planeta 8: 18.

PRIMACK R., KINDLMANN P., JERSÁKOVÁ J., 2011: Úvod do biologie ochrany přírody. Portál, Praha.

PRUCHNIEWICZ D., 2017: Abandonment of traditionally managed mesic mountain meadows affects plant species composition and diversity. Basic and Applied Ecology 20: 10–18.

PRUCHNIEWICZ D. et ZONIERZ L., 2017: The influence of *Calamagrostis epigejos* expansion on the species composition and soil properties of mountain mesic meadows. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 86: Article 3516.

PYŠEK P., 1996: Synantropní vegetace. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

RAHMONOV O., GAJOS M., CZUBAN R., PARUSEL T., 2014: GIS Methods in Monitoring Succession Processes in Limestone and Dolomite Quarries. Polish Journal of Environmental Studies 23: 647–653.

RANDUŠKA D., ŠOMŠÁK L., HÁBEROVÁ I., 1983: Barevný atlas rostlin. Obzor, Bratislava.

REBELE F., 2000: Competition and coexistence of rhizomatous perennial plants along a nutrient gradient. *Plant Ecology* 147: 77–94.

REBELE F., 2014: Species composition and diversity of stands dominated by *Calamagrostis epigejos* on wastelands and abandoned sewage farmland in Berlin. *Tuexenia* 34: 247–270.

REBELE F. et LEHMANN C., 2001: Biological Flora of Central Europe: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. *Flora* 196: 325–344.

REGAL V. et ŠINDELÁŘOVÁ J., 1970: Atlas nejdůležitějších trav. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

REITSCHMIEDOVÁ E. et FROUZ J., 2016: Sokolovské výsyvky: Od měsíční krajiny po les. *Fórum ochrany přírody* 01: 29–33.

ROUBÍČKOVÁ A., MUDRÁK O., FROUZ J., 2012: The effect of belowground herbivory by wireworms (Coleoptera: Elateridae) on performance of *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth in post-mining sites. *European Journal of Soil Biology* 50: 51–55.

RYDLOVÁ J., PÜSCHEL D., DOSTÁLOVÁ M., JANOUŠKOVÁ M., FROUZ J., 2016: Nutrient limitation drives response of *Calamagrostis epigejos* to arbuscular mycorrhiza in primary succession. *Mycorrhiza* 26: 757–767.

RYSER P., 1993: Influence of Gaps and Neighbouring Plants on Seedling Establishment in Limestone Grassland. *Journal of Vegetation Science* 2: 195–202.

ŘEHOUNEK J., ŘEHOUNKOVÁ K., PRACH K., 2010: Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla, České Budějovice.

SÁDLO J., 1994: Život na spáleništi: Antrakofyty a pyrofyty. *Vesmír* 73: 10.

SALZMAN A., 1985: Habitat selection in a clonal plant. *Science* 228: 603–604.

SEDLÁKOVÁ I. et FIALA K., 2001: Ecological problems of degradation of alluvial meadows due to expanding *Calamagrostis epigejos*. *Ekologia-Bratislava* 20: 226–233.

SEDLÁKOVÁ I. et PRAUSOVÁ R., 2004: Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy NATURA 2000. *Planeta* 2004 8: 103.

SLAVÍKOVÁ J., 1986: *Ekologie rostlin*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

SOMODI I., VIRÁGH 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 Vegetation Science* 11 (2): 187–192.

STORCH D. et MIHULKA S., 2000: *Úvod do současné ekologie. Úvod do současné ekologie*. Portál, Praha.

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.

STŘELEČEK M., 2004: Experimentální potlačení třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos* Roth) v přírodní památce Novoveská draha. Magisterská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Biologická fakulta. České Budějovice.

SÜSS K., STORM C., ZEHM A., SCHWABE A., 2004: Succession in Inland Sand Ecosystems: Which Factors Determine the Occurrence of the Tall Grass Species *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth and *Stipa capillata* L.. *Plant Biology* 6: 465–476.

SUTHERLAND W. et STILLMAN R., 1988: The foraging tactics of plants. *Oikos*, 52: 239–244.

SZYMURA T. H., SZYMURA M., MACIOL A., 2015: The effect of ecological niche and spatial pattern on the diversity of oak forest vegetation. *Plant Ecology & Diversity* 8: 505–518.

TĚŠITEL J., 2015: Využití poloparazitických rostlin při obnově a managementu travinných společenstev. In: PRACH K., HÁJEK M., JONGEPIEROVÁ I.,

KRAHULEC F., LENCOVÁ K., ŘEHOUKOVÁ K. [eds.]: Management a obnova travinných ekosystémů. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 50, Materiály 26: 33–39.

TOLASZ R., MIKOVÁ T., VALERIÁNOVÁ A., VOŽENÍLEK V., 2007: Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci. Praha, Olomouc.

TOSSERAMS M. et ROZEMA J., 1995: Effects of ultraviolet-B radiation (UV-B) on growth and physiology of the dune grassland species *Calamagrostis epigeios*. Environmental Pollution 89: 209–214.

TROPEK R. et ŘEHOUNEK J., 2014: Popílkoviště jako nečekaná šance na záchranu bezobratlých živočichů ohrožených vyhynutím. Živa 62: 285–289.

TŘÍSKA J., 1979: Evropská flóra. Artia, Praha.

VACEK O., 2013: Rozšíření stepí na zeměkouli. Nika 9: 20–25.

VACHOVÁ P. et WALMSLEY A., 2017: Wireworms suppress spreading of the expansive weed *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth by feeding on its rhizomes. European Journal of Soil Biology 81: 19–24.

VAŇKOVÁ J., 2005: Jak rostliny osidlují opuštěná odkaliště? Živa 53: 201 – 204.

WINKLER J., 2013: Plevelé v ekologickém zemědělství. Zemědělec 37: 34.

WITE L. C., 2010: Longevity of clonal plants: why it matters and how to measure it. Annals of Botany 106: 859–870.

YE X. H., YU F. H., DONG M., 2006: A trade-off between guerilla and phalanx growth forms in *Leymus secalinus* under different nutrient supplies. Annals of Botany 98: 187–191.

YUAN Z. Y. et Li L. H., 2007: Soil water status influences plant nitrogen use: a case study. Plant and Soil 301: 303–313.

ZBÍRAL J., 1995: Analýza půd I. – Jednotné pracovní postupy. SKZÚZ, Brno.

ZHANG C. Y., YU F. H., CHEN Y. F., DONG M., 2003: Phenotypic plasticity in response to the heterogeneous water supply in the rhizomatous grass species, *Calamagrostis epigejos* in the Mu Us Sandy Land of China. *Acta Botanica Sinica* 45: 1210–1270.

Internetové zdroje:

ČERMÁKOVÁ M., 2015: Agresivní třtinu u Milovic vypásli divocí koně (online) [cit. 2016.09.16], dostupné z <http://hobby.idnes.cz/divoci-kone-vypasli-u-milovic-agresivni-trtinu-frx-/hobby-mazlicci.aspx?c=A150318_114622_hobby-mazlicci_mce>.

GROSSMANN D., 2014: Nezvyklé zásahy zpestřují vřesoviště, změna ale trvá řadu let (online) [cit. 2017.07.07], dostupné z <<http://www.nppodyji.cz/nezvykle-zasahy-zpestruji-vresoviste-zmena-ale-trva-radu-let>>.

HOUSER P., 2006: Prales ve velkoměstě (2): zahrádkářské kolonie, tratě a invaze (online) [cit. 2016.07.30], dostupné z <<http://www.scienceworld.cz/biologie/prales-ve-velkomeste-2-zahradkarske-kolonie-trate-a-invaze-1277/>>.

KRÜGER C., KOHOUT P., JANOUŠKOVÁ M., PÜSCHEL D., FROUZ J., RYDLOVÁ J., 2017: Plant Communities Rather than Soil Properties Structure Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities along Primary Succession on a Mine Spoil (online) [cit. 2017.08.09], dostupné z <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2017.00719/full>>.

MIKÁTOVÁ B., HANOUSEK M., 2015: Využití tanků v ochraně přírody na příkladu PP Na Plachtě (online) [cit. 2017.07.07], dostupné z <<http://forumochranyprirody.cz/vyuziti-tanku-v-ochrane-prirody-na-prikladu-pp-na-plachte>>.

MIŽÍK P., 2007: *Calamagrostis epigejos* (online) [cit. 2017.07.21], dostupné z <<http://botany.cz/cs/calamagrostis-epigejos/>>.

MLÁDEK J., TĚŠITEL J., MLÁDKOVÁ P., HEJDUK S., LOŠÁKOVÁ E., DANČÁK M., 2013: Využití poloparazitických rostlin rodu kokrhel (*Rhinanthus spp.*) k potlačení kompetičně silných trav (třtiny křovištní a kostřavy červené) (online) [cit. 2017.07.27], dostupné z <http://www.ms-cbs.cz/_prezentace/2013_mladek_vyuziti-poloparazitickych-druhu-rodu-kokrhel.pdf>.

REITEROVÁ L., 2012: Invazní a expanzní rostliny (online) [cit. 2017.10.25], dostupné z <<http://www.nppodyji.cz/invazni-druhy-rostlin>>.

SÁDLO J., TICHÝ L., 2002: Sanace a rekultivace po lomové a důlní těžbě (online) [cit. 2016.09.26], dostupné z <http://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/sanace_a_rekultivace_po_lomove_a_dulni_tezbe.pdf>.

UFZ.DE, 2002: Search and information system on vascular plants in Germany (online) [cit. 2017.02.16], dostupné z <http://www2.ufz.de/biolflor/taxonomie/taxonomie.jsp?ID_Taxonomie=482#11>.

ZÁHORA J., CHYTRÝ P., FIALA K., TŮMA I., VAVŘÍKOVÁ J., FABŠIČOVÁ M., KEIZER I., FILIPOVÁ L., 2016: Vliv akumulace dusíku na vřesoviště a suché trávníky v Národním parku Podyjí (online) [cit. 2017.03.07], dostupné z <http://www.sci.muni.cz/botany/chytry/Zahora_etal2016_Zivotne-prostredie.pdf>.

9. Přílohy

Příloha č. 1: Experimentální plochy označené čísly 1 – 12, duben 2015, začátek experimentu (vlastní dokumentace během experimentu).



Exp. plochy č. 1–4

Exp. plochy č. 5–8



Exp. plochy č. 9–12

Příloha č. 2: Experimentální plochy v září 2015, 2016, 2017.



Měsíc září 2015



Měsíc září 2016



Měsíc září 2017

Příloha č. 3: Expanze *C. epigejos* na experimentální ploše č. 5 – září 2015, 2016, 2017.



Měsíc září 2015



Měsíc září 2016



Měsíc září 2017

Příloha č. 4: Odumřelý opad *C. epigejos* na exp. ploše č. 5 v září 2017.



Měsíc září 2017

Příloha č. 5: Výhonky *C. epigejos* mimo experimentálních ploch č. 5 a 8 – září 2017.



Exp. plocha č. 5, září 2017



Exp. plocha č. 8, září 2017

Příloha č. 6: Převaha mladých ramet *C. epigejos* na ploše č. 8 – srpen 2017.



Srpen 2017