

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



**Kompetiční vztah mezi *Calamagrostis epigejos* a vybranými druhy
travních společenstev**

Diplomová práce

Autor: Bc. Kryštof Kylich

Vedoucí práce: Ing. Karel Boublík, Ph.D.

2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Karla Boublíka, Ph.D. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze

Podpis

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce.....	2
3. Literární rešerše	3
3.1 Konkurenční vztahy rostlinných společenstev	3
3.1.1 Společenstva	3
3.1.2 Vliv konkurence na strukturu společenstva	3
3.1.3 Strategie populací rostlin	5
3.2 Zájmové druhy	7
3.2.1 Třtina křovištní (<i>Calamagrostis epigejos</i>)	7
3.2.2 Bér přeslenitý (<i>Setaria verticillata</i>)	10
3.2.3 Kostřava červená (<i>Festuca rubra</i>)	12
3.2.4 Jitrocel kopinatý (<i>Plantago lanceolata</i>)	13
3.3 Vliv živin na rostliny	15
3.3.1 Dusík.....	15
3.3.2 Fosfor	15
3.3.3 Draslík.....	16
4. Metodika	17
4.1. Charakteristika studijního území	17
4.1.1 Základní charakteristika území	17
4.1.2 Fytogeografické členění území	18
4.2 Vegetační nádobový experiment.....	19
4.3 Časové rozvržení experimentu.....	21
4.4 Stanovení klíčivosti semen <i>Setaria verticillata</i> z různých živinových poměrů	21
4.5 Statistické zpracování a testované hypotézy	22
4.5.1 Testované hypotézy	22
4.5.2 Statistické zpracování.....	22
6. Výsledky	23
6.1. Vliv živin na nárůst biomasy společenstva.....	23
6.2. Vliv živin v jednotlivých variantách	24
6.3. Stanovení klíčivosti semen <i>Setaria verticillata</i> z různých živinových poměrů	33
7. Diskuse	35
8. Závěr.....	39
9. Přehled literatury a použitých zdrojů:	42

Abstrakt

V této studii byly sledovány kompetiční vztahy mezi vybranými druhy rostlin (třtinou křovištní, bérem přeslenitým, kostřavou červenou, jitrocelem kopinatým). Cílem bylo odpovědět na základní otázky. Jak si konkurují jednotlivé druhy v nádobovém experimentu? Jaké jsou rozdíly v produkci biomasy za různých živinových podmínek? Jakou roli hrají různé živinové podmínky?

Byl založen nádobový experiment s různými variantami hnojení v kg/ha (N, P, K, NK, PK, NP, NPK). Ovšem během první vegetační sezóny byla třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) z experimentu vykompetována bérem přeslenitým (*Setaria verticillata*), a to ve všech variantách. Pravděpodobně kvůli oslabení třtiny po prvním ostříhání.

Bér přeslenitý dominoval ve variantách, které byly dotovány komplexními živinami, a to především v kombinaci fosforu a dusíku. V těchto variantách zvládl vytvořit značné množství biomasy i největší počet lichoklasů. *S. verticillata* dokáže pravděpodobně prospívat i v podmínkách, které jsou živinově chudší, tím může být vysvětlena úspěšnost jeho šíření. Kostřava červená (*Festuca rubra*) dominantně obsadila variantu dotovanou výhradně dusíkem. Do této varianty nenechala proniknout ostatní druhy. *F. rubra* ve variantě dotované dusíkem vytvořila prokazatelně více biomasy i květenství oproti variantám ostatním. Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*) se po celou dobu trvání nádobového experimentu ukázal v nádobách jako konstantní díky své pokryvnosti. Nejvíce biomasy vytvořily sledované druhy ve variantě dotované dusíkem. Naproti tomu nejmenší nárůst byl vypočítán ve variantě bez aplikace živin. Rostliny si v nádobovém experimentu konkurovaly především díky rozdílným nárokům na živiny.

Zajímavá zjištění nám přinesl pokus věnovaný klíčení semen *S. verticillata*, která byla odebrána z nádobového experimentu. Nejvíce semen vyklíčilo čtvrtý den od založení experimentu. Jako nejaktivnější se ukázala semena z variant hnojených kombinací (NPK) a (NP). Naproti tomu, ve variantě s aplikací draslíku byla aktivita semen nulová. Založení a vyhodnocení toho experimentu bylo nezbytné k získání důležitých informací o druhu *S. verticillata*.

Klíčová slova: klonální růst, konkurence, nádobový pokus, strategie

Abstract

In this study we were investigated competition among selected plant species (*Calamagrostis epigejos*, *Setaria verticillata*, *Festuca rubra*, *Plantago lanceolata*). The objective was to answer the basic questions: how much each competing species in the pot experiment? What are the differences in biomass production under different nutrient conditions? What is the role of different nutrient conditions? It was established pot experiment with different variants of fertilization in kg / h (N, P, K, NK, PK, NP, NPK). However, during the first growing season was *Calamagrostis epigejos* expelled of the experiment by the *Setaria verticillata* and in all variants. The reason why this happened is probably weaken *C. epigejos* after the first cut. This turned my attention to the remaining species in the pot experiment.

It was investigated that the *S. verticillata* dominates in variants which have been doped with complex nutrients, especially in the combination of phosphorus and nitrogen. In these variants managed to create a significant amount of biomass and the largest number of flowers. *S. verticillata* can thrive in conditions that are poorer in nutrients it can be explained by the proliferation percentage. *Festuca rubra* dominantly occupied variant doped only with nitrogen. Do not let this variant penetrate other species. *F. rubra* in variant doped with nitrogen created demonstrably more biomass and inflorescence compared to other variants. *Plantago lanceolata* throughout the duration of the pot experiment showed as constant. The most biomass was created in the variant doped with nitrogen, while the smallest increase was waylaid in the variant without application of nutrients. Plants in pot experiment compete mainly due to the different requirements for nutrients.

An interesting finding brought us seed germination experiment dedicated to *S. verticillata* which was removed from the pot experiment. The most seeds germinate fourth day since the start of the experiment. The most active seeds were in treatment fertilized of combinations of nitrogen, phosphorus and potassium, and combinations of nitrogen and phosphorus. There was no any activity in variant of potassium addition.

Keywords: clonal growth, competition, pot experiment, strategy

1. Úvod

Vysoké expanzivní druhy trav jsou velkou hrozbou pro biologickou rozmanitost rostlinných společenstev (Hájek, 2002; Sádlo, 2003). Jejich pronikání je závažným problémem zejména v případě chráněných území, pokud jsou předmětem ochrany druhově bohatá společenstva či ohrožené, citlivé druhy rostlin (Rebele et Lehmann, 2001).

Třtina křovištní *Calamagrostis epigejos* je jedním z druhů trav, schopných snadno expandovat do luk, pastvin či neobhospodařovaných území (Gloser, 2002; Roubickova et al., 2012). Její areál je velmi rozsáhlý (Rebele et Lehmann, 2001). Má mnoho vlastností, které jí umožňují vysokou konkurenceschopnost (Dolečková et Osbornová, 1990). Mezi ně patří především hojná produkce biomasy, ze které vytváří pomalu se rozkládající hmotu. Ta jí zajišťuje stálé mikroklimatické podmínky, které nejsou slučitelné s existencí jiných rostlin (Sedláková et Fiala, 2001; Šindelářová, 1959). *C. epigejos* má také velikou toleranci k abiotickému stresu a dokáže efektivněji využívat přísun vody a dusíku oproti ostatním rostlinám (Gloser et Glaser, 1996).

Bér přeslenitý (*Setaria verticillata*) nemá v současné době ve Střední Evropě invazní charakter (Pyšek et al., 2012). Nicméně při vhodných podmínkách může způsobit velké ekonomické škody. V některých zemích (např. Španělsko, Turecko, Havaj, Peru) se stal rychle se šířícím problémovým plevelem (Holm et al., 1979; Al-Kathiri, 1994; Gözcü et Uludag, 2005). Na možné budoucí problémy s invazí *S. Verticillata* upozorňuje ve své práci například Dekker (2003).

Kostřava červená (*Festuca rubra*) ani jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*) nepatří mezi invazní druhy (Krahulec, 1996; Chytrý, 2007). Avšak při vysoké dotaci živin dokáže především kostřava využít půdního dusíku k úspěšnému šíření. (Paterson, 2000; Lafarge, 2006) V nádobovém experimentu byla sledována jejich reakce na mezidruhové vztahy a různé dotace živin.

V žádném společenstvu nejsou populace různých druhů vzájemně izolovány, nýbrž vstupují do mnoha interakcí (Chesson, 2000). Jednou z interakcí je konkurence. Jedná se o vztah, v němž se populace dvou nebo více druhů vzájemně negativně ovlivňují čerpáním stejných zdrojů. Rostliny svádějí primární boj o světlo, živiny, vodu a prostor (Slavíková, 1986). Konkurojí si také výškou, kořenovým systémem a listovou plochou. Na konkurenční síle jednotlivých druhů se podílí např. typ a druh půdy, hnojení a intenzita pastvy (Mikulka et al., 2005).

V rámci této diplomové práce sleduji v nádobovém experimentu reakci vybraných druhů rostlin (třtiny křovištní, bėru přeslenitého, kostřavy červené a jitrocele kopinatého) na aplikaci živin (N, P, K) a jejich kombinace. Mým cílem je pozorovat kompetiční vztahy zájmových druhů rostlin během obsazování variant s rozdílným hnojením a odhalit odlišné živinové nároky rostlin, které mají vliv na jejich růst a rozmnořování. Výsledky hodnotím na základě vytvořené biomasy a počtu květenství. Dále jsem se zaměřil na založení a vyhodnocení experimentu věnovanému klíčení semen *Setaria verticillata*, neboť tento druh hraje v této studii klíčovou roli.

2. Cíle práce

1. Literární rešerše
2. Udržování a vyhodnocování nádobového experimentu
3. Odpověď na základní otázky
 - Jakým způsobem si konkurují jednotlivé druhy v nádobovém experimentu?
 - Jakou roli hrají rozdílné živinové podmínky?
 - Je rozdíl v produkci biomasy v různých živinových podmínkách?

3. Literární rešerše

3.1 Konkurenční vztahy rostlinných společenstev

3.1.1 Společenstva

Společenstvo můžeme obecně definovat jako populaci různých druhů, které se společně vyskytují v prostoru a čase (Slavíková, 1986). Ekologie společenstev zkoumá především, jak jsou jednotlivá společenstva v přírodě rozšířená, jak jednotlivá společenstva vznikla, jak koexistují a jak je ovlivňují nebo podmiňují interakce mezi druhy a fyzikální síly jejich prostředí. (Begon, Harper, Townsend, 1997).

3.1.2 Vliv konkurence na strukturu společenstva

Konkurence je typ vztahu mezi jedinci vyvolaný společnou potřebou o zdroje, jenž se vyskytují v omezeném množství. (Begon et al., 1997). Konkurence o zdroje je obecným jevem ve všech rostlinných společenstvech, i když zdroje a intenzita kompetičních interakcí se mohou měnit v průběhu času a lišit se mezi jednotlivými společenstvy (Prach, 1988).

Pozorujeme-li o jaký zdroj rostliny kompetují, zaznamenáváme různé dopady limitace zdroji na konečnou strukturu populace či společenstva. Když například listy rostliny A přerostou listy rostliny B, tak rostlina A není rostlinou B v konkurenci o světlo nijak dotčena. Naproti tomu kompetice o zbylé zdroje probíhá jinak. Odlišujeme proto dva mechanismy kompetice o zdroje, a to asymetrickou a symetrickou kompetici (Watkinson et al., 1983; Winer, 1985). Jedinci, kteří dokážou využít více zdrojů, než by bylo proporcionálně k jejich velikosti potřeba, uplatňují výše zmíněnou kompetici asymetrickou. Tato charakteristika platí především pro světelný zdroj (Schwinning et Winner, 1998). Zatímco symetrickou kompetici nalezneme spíše v podzemní části. Schopnost rostlin přijímat vodu a minerální látky je v případě symetrické kompetice funkcí pouze velikosti povrchu absorpční zóny kořenů. Malé rostliny s relativně malým kořenovým systémem nejsou schopny přijímat tolik, jako rostliny vzrostlé. Nicméně jsou schopny získat dostatek zdrojů

úměrně k velikosti svého kořenového systému a zároveň tak snížit dostupnost zdrojů rostlině větší. (Weiner, 1985; Schwinning et Winer, 1998). U nadzemní části se zpravidla jedná vždy o konkurenci asymetrickou neboli jednostrannou (Schnek, 2006).

Výše popsané mechanismy kompetice mají odlišný dopad na variabilitu velikosti rostlin na stanovišti. Je známo, že rostliny nevystavené kompetici mají podobnou velikost a se vzrůstající mírou konkurence dochází ke zvýšení variability velikosti jedinců (Weiner et Thomas, 1986). Tento fenomén je spojován právě s jednostrannou konkurencí. Vzrůstem dominantní rostliny utlačují zbylé a v populaci se tak ustavuje výšková hierarchie. Jedinci menšího růstu mohou být dokonce vyřazeni. Jev, kdy určití jedinci podléhají mortalitě, má vliv na redukci variability. Kompetice symetrická naproti tomu k růstu variability nepřispívá (Weiner, 1985).

Dvě různé strategie v závislosti na druhu můžeme pozorovat při budování kořenového systému. Rostliny obvykle volí možnost vyhnout se kompetici o vodu a živiny a rozvíjejí kořenový systém opačným směrem, než byl detekován konkurent (Mahall et Callaway, 1992; Schnek et al., 1999; Falik et al., 2003). Kompetice kořenů je pro strukturu společenstva významnější na suchých stanovištích, nežli na stanovištích vlhkých, ba chudých na objem živin v půdě. Nouze o vodu vede k úhynu druhů, jenž jsou horšími kompetitory, naopak nedostatek živin vede spíše jen k potlačení růstu, než k mortalitě jedinců (Coomes, 2000). Kompetiční zdatnost druhů se liší v závislosti na podmínkách prostředí. Novopatskys et Goldberg, (2001) došli k závěru, že ačkoli všechny sledované druhy trav reagovaly na dostatek vláhy zvýšeným růstem, nebyla jejich reakce kvantitativně stejná. Nejlépe rostoucí druh byl poté i nejzdatnějším kompetitorem v podmínkách pravidelného přísunu vody, zatímco při nepravidelné závlaze se jako nejdominantnější ukázal druh s nejnižší růstovou rychlostí. Ovlivnění vodního režimu v půdě může hrát významnou roli v utváření rostlinných společenstev.

Konkurenční hierarchii na stanovišti může ovlivňovat také mykorhiza. Tuto možnost nelze brát na lehkou váhu. V přirozených podmínkách s houbou asociuje

cca 90% druhů vyšších rostlin (Selosse et Le Tacon, 1998). Mykorrhiza zlepšuje dostupnost živin z půdy (Schnek, 2006). Jediná houba dokáže navíc vytvářet mykorrhizy s více různými rostlinami, čímž vzniká složitá síť spojující část rostlin na stanovišti (van der Heijden et Horton, 2009). Hyfy mohou takto uskutečňovat transport živin v jejich rámci, jak ukázala studie s izotopově značenými prvky (Hauggaard-Nielsen et Jensen, 2005). Teorie vlivu mykorrhizy na kompetiční vztahy na stanovišti byla skutečně prokázána (Facelli et Facelli, 2002; Callaway et al., 2001; Callaway et al., 2003).

3.1.3 Strategie populací rostlin

Jaké jsou vlastnosti populací, které umožnily jejich úspěšnou existenci (růst, vývoj, rozmnožování) na jednotlivých, často odlišných typech stanovišť? To zůstává jednou z hlavních otázek ekologie rostlin (Slavíková, 1986). Především jde o soubor vlastností, které se v evoluční selekci osvědčily jako výhodné pro úspěšnou existenci dané populace (Losos, 1984). Z antropomorfního hlediska můžeme tuto adaptaci označit jako důsledek strategie rostlin (Grime, 2001).

Základní specifické vlastnosti rostlin jsou jednak zakódovány v každém taxonu a jednak jsou výsledkem fylogenetických adaptací na prostředí (Lososová et al., 2016). Mezi tyto vlastnosti patří například rychlost tvorby biomasy, nároky na výživu, produkce plodů a semen nebo životní cyklus.

Úspěšný život populace závisí také na tom, jak vhodně dokáže populace reagovat na faktory prostředí (stres, disturbance, konkurence). Tyto faktory omezují úspěch určité populace na daném stanovišti.

Podle typu faktoru, který populaci omezuje, rozlišujeme tři hlavní typy primárních strategií (Slavíková, 1986). Ruderální stratégové (R – stratégové) snášejí malý stres a velkou disturbance. Jsou charakterističtí např. velkou reprodukční kapacitou, rychlou klíčivostí, vysokou produktivitou a krátkým životním cyklem (Tilman, 1988). Konkurenční stratégové (C – stratégové) snesou nízký stres, malou disturbance a vysokou konkurenci, jedná se především o vysoké rostliny. Druh má

např. velkou plochu pro asimilaci, bývá dlouhověký, méně investuje do semen a tvoří zásoby ve vegetativních orgánech. Stres snášející strategové (S – strategové) snášejí velký stres a slabou míru disturbance. Mezi tyto strategy řadíme především vytrvalé rostliny, které pomalu rostou, mají nízkou produktivitu, minimálně investují do semen a mají aktivní listy po celý rok (Grime, 1977).

V přírodě se vyskytují většinou stanoviště, která jsou pod vlivem kombinací průměrných intenzit stresu, disturbance biomasy a konkurence zde rostoucích rostlin. Proto kromě výše uvedených primárních strategií (R, C, S) odlišujeme ještě čtyři sekundární strategie, které jsou ve své podstatě kombinací tří výše popsaných primární strategií. (C – R strategové), (S – R strategové), (C – S strategové) a (C – S – R strategové), (Slavíková, 1986).

3.2 Zájmové druhy

3.2.1 Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*)

3.2.1.1 Expanze

Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH) je jedním z druhů trav, která dokáže osídlit širokou škálu stanovišť díky své neobvyklé houževnatosti a agresivitě (Šindelářová, 1959). Pochází z Euroasie, kde je také hojně rozšířena. Drobný výskyt je i v jižní a východní Africe, kde jsou místní populace označovány jako poddruh *Calamagrostis epigejos* subsp. *capensis* (STAPF) TZVELEV. Od 20. století ji pozorujeme *C. epigejos* i v Severní Americe, kam byla zavlečena. Ve střední Evropě se tento druh vyskytuje velmi obecně. Ačkoli jde o druh původní, roste především na synantropních stanovištích. Za původní stanoviště tohoto druhu se považují písčité mořské duny, případně písčité náplavky (Rebele et Lehmann, 2001). Jiné práce považují třtinu za původní druh lesních světlin především v pásmu doubrav (Šindelářová, 1959; Regal et Šindelářová, 1970; Dolečková, 1989).

3.2.1.2 Morfologie

Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH) je vytrvalým klonálním druhem, vytvářejícím dlouhé podzemní výběžky. Vzářstem je tato tráva velmi mohutná, plodná stébla jsou vysoká 60 – 150 cm a listová čepel je široká 5 – 12 mm (Šindelářová, 1959; Regal et Šindelářová, 1970). Jiná literatura uvádí výšku až 2 m a šířku čepele až 20 mm (Rebele et Lehmann, 2001). Čepele, listové plochy, stébla i větévky květenství jsou poměrně tuhé a drsné. Lata je přímá a velmi hustá.

Kořenový systém třtiny zasahuje do hloubky přes 1 m, většina kořenové hmoty se však v podobě tenkých větvených kořínků nachází do 20 cm pod zemí (Dolečková, 1989; Rebele et Lehmann, 2001). Podstatný objem podzemní biomasy představují četné plazivé výběžky. Ty jsou oproti kořenům několikanásobně silnější (1,5 – 3,5 mm) a nacházejí se těsně pod povrchem půdy v hloubce 2 – 3 cm, jednotlivě však mohou růst až do hloubky 15 cm (Šindelářová, 1959; Dolečková, 1989).

3.2.1.3 Životní cyklus

Základní stavební jednotkou klonu třtiny je dílčí shluk. Dílčí shluk vzniká ze semenáčků. V zapojeném porostu však mnohem častěji z pupenu oddenku, poněvadž v zapojených porostech je rozmnožování semeny velmi vzácné (Rebele et Lehman, 2001). Dílčím shlukem se rozumí nahloučení bočních výběžků se zkrácenými internodii, který vzniká po 1 – 2 letech z juvenilní ramety vněpochevním odnožováním. Během druhého až třetího roku života nejstarší prýt dílčího shluku vykvétá, spolu s ním mohou vykvést i některé boční výběžky. Nejmladší boční výběžky mohou vykvést během 4. – 6. roku života dílčího shluku.

Dílčí shluk odumírá po 5. – 7. roce života, nejprve nadzemní část, poté podzemní (Jańczyk – Weglarska, 1997). Jeden dílčí shluk může během jedné vegetační sezóny pomocí oddenků vytvořit několik dceřiných dílčích shluků a funkční spojení s nimi se po několika sezónách přerušuje. V nedostatečně zapojeném porostu dokáže jeden dílčí shluk za jednu sezónu vytvořit oddenky o celkové délce až 10 m (Dolečková, 1989).

3.2.1.4 Ekologie

Ekologická valence *C. epigejos* je velmi široká. Její rozšíření a chování ukazuje na velikou toleranci ke klimatickým podmínkám (Šindelářová, 1959; Rebele et Lehmann, 2001; Sedláková et Fiala, 2001; Fiala et al., 2003). Třtina křovištní dokáže růst na půdách velmi kyselých i vápnatých, obsazuje suchá i vlhká prostředí. Optimální jsou pro ni zřejmě půdy písčité, nebo naopak půdy silně ulehle (Šindelářová, 1959; Regal et Šindelářová, 1970). Snáší nízký obsah živin v půdě. Naopak zvýšený obsah (především dusík) dokáže využít k intenzivní produkci biomasy – uvádí se až 2700 g.m⁻² na velmi bohatých půdách oproti hodnotám 100 – 200 g.m⁻² na půdách velmi chudých (Rebele et Lehmann, 2001). Úměrně s produkcí biomasy roste i nahloučení odumřelé hmoty v porostu, jejíž množství může převýšit množství biomasy živé (Holub et al., 2012).

Třtina křovištní dobře snáší výkyvy ve vodním režimu stanoviště. Její nashromážděná mrtvá biomasa udržuje vlhké mikroklima na povrchu půdy

především v jarním období (Šindelářová, 1959; Dolečková, 1989). V průběhu vegetačního období naopak dokáže mohutně transpirovat a přispívat tak k prohloubení vlhkostních extrémů, zejména na periodicky vlhkých stanovištích (Dolečková, 1989). V otázce adaptace na světelné podmínky se literární zdroje poněkud různí. Populace *C. epigejos* jsou světlomilné s určitou tolerancí k zástínu (Šindelářová, 1959; Rebele et Lehmann, 2001). Některé studie ovšem zmiňují schopnost přežít i při nízkých dotacích světla (Dolečková, 1989; Dolečková et Osbornová, 1990; Gloser et Gloser, 1996; Gloser, 2002; Roubíčková et al., 2012).

Starší literatura popisuje třtinu jako druh lesních pase, obecně považována za nežádoucí druh. Obsazuje paseky většinou po fázi maliníku a starčku (Šindelářová, 1959). V současné době je potvrzen její výskyt na celé řadě nelesních stanovišť jako jsou písečné duny, suché trávníky, stepní společenstva na spraši, mezofilní i vlhké louky a mokřady (Rodwell, 1991). Třtina obsazuje i mnohá synantropní stanoviště, na kterých často vytváří monodominantní porosty. Patří mezi ně především skládky a rumišťe, výsypky a odvaly, okraje cest a tratí, opuštěná pole i okraje obdělávané půdy atd. (Rebele et Lehmann, 2001).

3.2.1.5 Dynamika a management

Calamagrostis epigejos snadno expanduje do eutrofních ovsíkových luk. Tento typ biotopu vzniká jako náhradní společenstvo na stanovištích původních lužních lesů, dubohabřin nebo květnatých bučin. Existence těchto společenstev je podmíněna dlouhodobým pravidelným obhospodařováním (Hájková et al., 2010).

Při změně vodního režimu nebo při dlouhodobé absenci narušování převládne v porostech zpravidla jeden konkurenčně silný druh, takže dojde k výraznému ochuzení duhového spektra (Hájková et al., 2010).

Stejně tak při procesu intenzifikace snadno přístupných pozemků dochází k opouštění luk, které jsou obtížněji dostupné pro zemědělskou mechanizaci. Lada dříve obhospodařovaných luk na mnoha místech zarůstají konkurenčně silnými nitrofilními druhy jako je *Aegopodium podagrata*, *Anthriscus sylvestris*, *Bistorta major*, *Calamagrostis epigejos* a *Urtica dioica* (Hájková et al., 2010).

3.2.2 Bér přeslenitý (*Setaria verticillata*)

3.2.2.1 Expanze

Setaria verticillata je původním druhem Starého světa. Díky své invazní povaze a schopnosti odolávat na široké škále stanovišť byl časem zavlečen do Severní a Jižní Ameriky. Rozsah jeho přirozeného výskytu v Evropě a Asii je však nejasný a názory na jeho původní výskyt se liší. Bor (1979) poukazuje, že byl široce distribuován ve střední Africe a střední Asii, odtud pak introdukovan do Ameriky. Zatímco Pier (2008) naznačuje, že bér přeslenitý je původní pouze pro Evropu. USDA-ARS (2012) uvádí země původu v paleotropické oblasti, čili téměř celou Afriku, Indii, jižní Asii a Indonesii.

Holm et al. (1979) uvádí *S. verticillata* jako jednu z nejrozšířenějších či hlavních druhů trav 11 zemí v Evropě, Asii, Africe, Jižní Americe a Tichomoří. Je uváděn jako jedna ze dvou až tří nejdůležitějších trav na místech původního výskytu i na nepůvodních stanovištích. To může být výsledkem jeho dominantní povahy. Kombinace snadného rozšíření díky semenům s háčky, fyziologii a rychlému růstu biomasy z bėru činí úspěšný druh, který se dokáže rychle adaptovat na místní podmínky.

3.2.3.2 Morfologie

Jednoletá šedavě zelená tráva z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Trsnatý druh zakořeňující jemnými svazčitými kořeny. Má jednotlivá stébla, která jsou přímá nebo vystoupává 20 – 60 cm vysoká a často načervenalá, nahoře drsná. Pochvy listů jsou na okraji chlupaté, čepele skoro lysé, jazýček je nahrazen řadou chloupků, ouška chybějí. Čepele listů má ploché 5 – 30 cm dlouhé, 5 – 15 mm široké, na líci a na okrajích drsné (Dostál, 1958). Přímý, naspodu přeslenitě přetřhovaný lichoklas je až 10 cm dlouhý. Vytvořené klásky jsou zasazené mezi zelenavé štětinky. Štětinky jsou 3 – 5 x delší než klásky s ostrými zoubky směřujícími směrem dolů. Proto je lichoklas při protahování mezi prsty odzdola nahoru drsný. Bér má elipsoidní klásky, plevy i pluchy jsou bezosinné. Pluchaté člunkovité okoralé obilky jsou asi 3 mm

dlouhé, bělavé až nazelenale žluté, pevně obalené v tvrdé, jemně tečkované pluše (Kubát et al., 2002).

3.2.3.3 Reprodukční biologie

Setaria verticillata je jednoletá samosprašná tráva. Reprodukuje se semeny, která jsou velice odolná a mají dlouholetou životnost. Semena jsou po dobu sedmi měsíců latentní (Kohout a Loudová, 1981).

Pro klíčení semen je nejvhodnější teplotní rozsah 25 - 35 °C. Hraniční hodnoty jsou 15°C a 40°C. Tyto teploty jsou shodné jak při klíčení ve tmě, tak za světla (Vasconcelos et al., 1984). Životaschopnost semen se po 18 měsících snižuje (Vasconcelos et al., 1984). Po 3 letech klesá schopnost vyklíčení na 20% (Uremus et Uygur, 2002), po 7 letech je schopnost semen klíčit jen 2%. V mírných oblastech startuje klíčení semen *Setaria verticillata* začátkem léta. V tuto dobu začínají být z teplotního hlediska pro uvedenou rostlinu vhodné podmínky. Citlivost na délku dne není zjištěna (Uremus et Uygur, 2005).

3.2.3.4 Ekologie

S. verticillata má velice široký areál, ať už na lokalitách původních nebo introdukovaných, ačkoli je považován spíše za travu mírného pásma. Bér není nebezpečným plevelem v polních kulturách (Kohout a Loudová, 1981). V zapojených porostech obilnin se neudrží a při správné kultivaci neohrožuje ani okopaniny. Z pícninářského hlediska poskytuje již před vymetáním podřadnou, tvrdou a drsnou píci. Po vymetání je bér pro hospodářská zvířata škodlivý, neboť ostré pastopečky zraňují sliznice zažívacích orgánů a způsobují záněty (Regal et Šindelářová, 1970). Roste na polích, úhorech, vinicích a v zahradách, častý je na rumišťích, podél cest a u pat zdí. Vyhledává dusíkem bohaté, vysychavé, humózní, písčité i hlinité půdy. Kvete od července do září (Vasconcelos et al., 1984).

3.2.3 Kostřava červená (*Festuca rubra*)

3.2.3.1 Botanický popis

Kostřava červená je vytrvalá nižší tráva. Vyskytuje se jak ve formě trsnaté, tak ve formě s krátkými podzemními výběžky. Má sytě zelenou barvu a posléze načervenalá stébla (Krahulec, 1996). Výběžky má většinou vněpochevní. Přízemní listy má dlouhé, zpravidla štětinovité složené, jen za delšího sucha jsou složené. Čepele jalových výběžků bývají štětinovité složené, na 1 mm v průměru, nebo žlábkovité a až 2 mm široké, čepele stébelnatých listů má ploché. Stébla jsou 20 – 100 cm vysoká, s přímou nebo mírně skloněnou latou. Spodní klásky bývají čtyř až šesti květé. Obilky 4 – 6 mm dlouhé, 0,7 – 0,8 mm široké, s 1 – 2 mm dlouhou osinou, lata je štíhlá, jazýček zakrnělý a ouška zpravidla chybějí (Dostál, 1958).

Kostřava červená, podobně jako většina výběžkatých trav, se po zasetí vyvíjí pomalu. Plné výnosnosti dosahuje v druhém až třetím roce, pak se její produktivita udržuje po dlouhá léta na stejné úrovni. Konkurenční schopnost má vyšší než plevelné druhy, avšak v příznivých podmínkách jí mohou potlačovat vyšší trávy (Regal et Šindelářová, 1970).

3.2.3.2 Ekologie a rozšíření

Kostřava červená má ze všech kulturních trav nejnižší nároky na stanovištní podmínky, tudíž bývá hojně zastoupena v travních porostech, a to od nížin až po subalpínské pásmo. Vystupuje až do nadmořských výšek 2600 m. (Grulich, 2012). Roste úspěšně na všech půdních druzích i na rašelinách, s výjimkou nejchudších půd (Laštůvka et al., 1996). Na hnojení reaguje kladně, ale po několika letech z porostů ustoupí. Je velmi přizpůsobivá různým stupňům reakce i vlhkosti půd. Nevadí jí ani intenzivní sešlapování a spásání. Na zastínění dřevin při nedokonalém zápoji korun není tak citlivá jako většina kulturních trav (Regal et Šindelářová, 1970). Vyskytuje se často na okrajích sušších lesů, zejména u borových porostů a doubrav, dále na loukách, pastvinách a náspech. Ve vyšších polohách roste na pasekách, a to zpravidla společně s psinečkem tenkým (Dostál, 1958). *Festuca rubra* je velmi mnohotvarý druh, jak vyplývá z bohaté synonymiky. Badatelé rozlišovali mnoho samostatných,

ekologicky či geograficky vymezených taxonů na úrovni forem až druhů. Je známo mnoho chromozomových počtů. Dnes je v Evropě prakticky nemožné od sebe rozeznat původní typ z přirozených stanovišť a vysévané vyšlechtěné kultivary, které vznikly křížením rozmanitých ekotypů. Ty mají schopnost se šířit zpět do přírodních biotopů (Krahulec, 1996). Některé typy vůbec netvoří výběžky. Takové druhy nejčastěji rostou na vlhkých polopřirozených podhorských loukách. Rostliny z písků tvoří naopak většinou výběžky velmi dlouhé (Grulich, 2012). Na rašelinných vrchovištních loukách lze sledovat jak se po plném zapojení v prvním roce v porostu neobyčejně rozšíří a zatlačí i vlhkomilné druhy ostřic. Záplavy i sucho snáší dobře. Je velmi odolná nepříznivým klimatickým podmínkám. Snáší půdy kyselé s nedostatkem vápna (Regal et Krajčovič, 1963).

3.2.3.3 Využití

Nízký vzrůst neumožňuje kostřavě červené poskytovat tak vysoké výnosy jako druhům vysokým (Suzuki, 1999). Je však vhodná k vyplňování uvolněných ploch v travních porostech (Herben, 2001). U nás se používají pouze výběžkaté odrůdy. Není účelné ji zařazovat do směsek určených pro zakládání intenzivně hnojených travních porostů. Oproti psinečku výběžkatému a lipnici luční má výhodu v tom, že mnohem rychleji a snadněji vzchází (Regal et Krajčovič, 1963). Nejvíce se uplatní v travních porostech, zejména na pastvinách při slabším nebo středním hnojení. Její píče je chutná, takže jí zvířata při pastvě s oblibou spásají. Často se používá pro osévání hřišť nebo letištních ploch (Regal et Šindelářová, 1970).

3.2.4 Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*)

3.2.4.1 Botanický popis

Jitrocel kopinatý je vytrvalá bylina. Vytváří přizemní růžici dlouze kopinatých celokrajných listů tmavě zelené barvy se souběžnou žilnatinou. Jejich skoro lysá čepel se zužuje v dlouhý žlábkovitý řapík. Patří do čeledi jitrocelovitých (*Plantaginaceae*). Stvoly jsou přímé nebo obloukovitě zakřivené, v počtu 3 – 7 cm na růžici, vysoké 10 – 30 cm (Cibulka, 2008). Nesou krátký vejčitý až krátce válcovitý klas s drobnými pravidelnými květy, nahloučenými v paždí šupinovitých a

hnědě zbarvených listenů (Chytrý, 2007). Květy jsou drobné, rozlišené na kalich a korunu. Skládají husté klasovité květenství, které se při tvorbě plodu výrazně prodlužuje. Listeny jsou nenápadné, bělavě hnědé nebo vzácněji černé. Z květů vyčnívají nápadné bílé tyčinky. Plodem je tobolka, semena jsou drobná, elipsoidní. Druh je velmi proměnlivý ve většině znaků (Cibulka, 2008).

3.2.4.2 Ekologie a rozšíření

Jitrocel kopinatý se vyskytuje především na místech osídlených travními společenstvy jako jsou louky, meze, pastviny, na výslunných stráních, v trávnicích, úhorech, ruderalních místech, podél komunikací, v zahradách, lomech, parcích atd. Preferuje vlhčí, hlubší, hlinité až hlinitopísčité, zásadité až neutrální půdy. Roste však i na půdách mělkých, písčitých, kamenito-hlinitých apod. (Kocián, 2013). Je to původně evropský druh, dnes rostoucí jako zavlečený po celém světě (Chytrý, 2010). Ve střední Evropě ho najdeme nejčastěji ve společenstvech pastvin sv. *Cynosurion*, mezofilních luk sv. *Arrhenatherion* nebo některých typech suchých trávníků sv. *Bromion erecti* (Slavík et al., 2000) či ruderalních společenstev např. sv. *Polygonetum arenastri*, *Saginion procumbentis*, *Malvion neglectae*, *Dauco carotae-Melilotion* atd. (Chytrý, 2010).

3.2.4.3 Využití

P.lanceolata je známá léčivá bylina, u které se sbírají především listy. Ty je nutné sušit rychle a v tenké vrstvě, neboť droga (*Folium plantagis*), která se nachází především v listech, snadno hnědne (Cibulka, 2008).

3.3 Vliv živin na rostliny

Pro růst a vývoj organismu je určující ten faktor, který je v minimu. Od minerální výživy přes vodu až po obecné faktory (Liebig, 1840).

Hlavní faktory ovlivňující složení a diverzitu lučních ekosystémů kromě abiotických a biotických faktorů určuje i kosení, pastva a především množství hnojení. Zkoumáme-li změny podrobněji, ukazuje se, že druhová bohatost tradiční kulturní krajiny je značně závislá na oligotrofii půd (Reichhofs, 1999).

3.3.1 Dusík

Dusík je pro rostlinu neobyčejně důležitým makro elementem. Jeho příjem a využití je však rostlinou velmi přísně regulován (Laštůvka, 1996). Ze všech živin má na botanické složení porostu i na jeho výnos a kvalitu největší vliv. Na stanovištích s dostatkem přijatého dusíku se u lučních rostlin, zvláště u trav, intenzivně rozvíjejí vegetativní orgány. Dusík též podporuje tvorbu kořenového systému a pronikání kořenů do hlubších horizontů (Regal et Krajčovič, 1963).

Nedostatek dusíku vede k proteolýze a translokaci N do mladých orgánů. Snižuje se intenzita růstu, rostliny mají bledě zelenou barvu, objeví se i chloróza (Baier, 1969). Při nadbytku tvoří více zelené hmoty na úkor květů a plodů (Bergman et Čumakov, 1977).

3.3.2 Fosfor

Fosfor je významnou složkou výživy rostlin i zvířat. Podmiňuje tvorbu buněčných jader, účastní se fotosyntézy svými makroergickými vazbami. Zabezpečuje nasazení květů a plodů, mírní jednostranné působení dusíku, urychluje zrání (Laštůvka, Zmrhal, F. Mareček, 1996).

Při nedostatku P pozorujeme na rostlinách zvýšený obsah glycidů v listech. Hromadění cukrů v rostlinách podporuje silnější koncentraci antokyanů. Červená a fialová barva tohoto barviva spolu se zelenou barvou chlorofylu dodávají listům

namodralý odstín. Všechny části rostliny mají nízký obsah chlorofylu. Stonky a rub listů se mohou velmi silně zbarvit do červena až fialova. Zpomalený růst je charakteristickým příznakem nedostatku P. Velmi se zpomalí růst stonků a kořenů, listy jsou drobné a poměrně úzké (Bergman et Čumakov, 1977).

Fosfor přijatý rostlinami je ovlivněn ekologickými faktory (tj. faktory stanoviště, vlhkostí, teplotou, pH, zrnitostí půdy, obsahem humusu, osvětlením, mikrobiální aktivitou atd.) i příjmovou kapacitou rostlin samotných (Kolář, 1996).

3.3.3 Draslík

V rostlinách slouží draslík k vyrovnávání kyselosti (pH) v buňkách i mimobuněčných šťávách (Bergman et Čumakov, 1977). Je zapojen do transportu cukrů, organických kyselin a má spolu s hořčíkem významnou roli v proteosyntéze. Jeho přítomnost je také nezastupitelná při fotosyntéze. Vztah mezi intenzitou fotosyntézy (intenzitou světla) a potřebou draslíku je nepřímá. Čím menší je intenzita světla, tím více draslíku rostlina přijímá (Zmrhal, 1996). Jeho potřeba je u většiny rostlin značně vysoká. Příjem je aktivní nebo pasivní a je stimulován dobrým zásobením dusíku a spíše nižší koncentrací Ca^{2+} (Laštůvka, 1996).

Při deficienci rostliny krní, vadnou a řada procesů je inhibována. Okraje listů tmavnou (tzv. spála). Draslík se koncentruje v meristematických pletivech, kde probíhají nejaktivnější procesy látkového metabolismu. Ovlivňuje metabolismus cukrů, tuků, bílkovin, aromatických látek, pigmentů (vliv na vybavení) a tvorbu vitamínu C, B₁ (Laštůvka, 1996).

4. Metodika

4.1. Charakteristika studijního území

4.1.1 Základní charakteristika území

Pro tuto studii jsme vybrali území v okrese Kladno. Konkrétně ve městě Slaný, které leží přibližně 29 km severozápadně od Prahy. Nádobový experiment jsme založili na stanici VÚRV – Slaný, která leží na periferii města v nadmořské výšce 282 m. Průměrné srážky a teploty jsem získal z padesátiletého průměru, a to z roku (1901 – 1950) viz přehled uvedený níže:

Nadmořská výška: 282 m

Průměrné roční srážky: 483 mm

Průměrné srážky za vegetaci: 325 mm

Měsíc s nejvyššími srážkami: červenec (67 mm)

Průměrné roční teploty: 8,2 °C

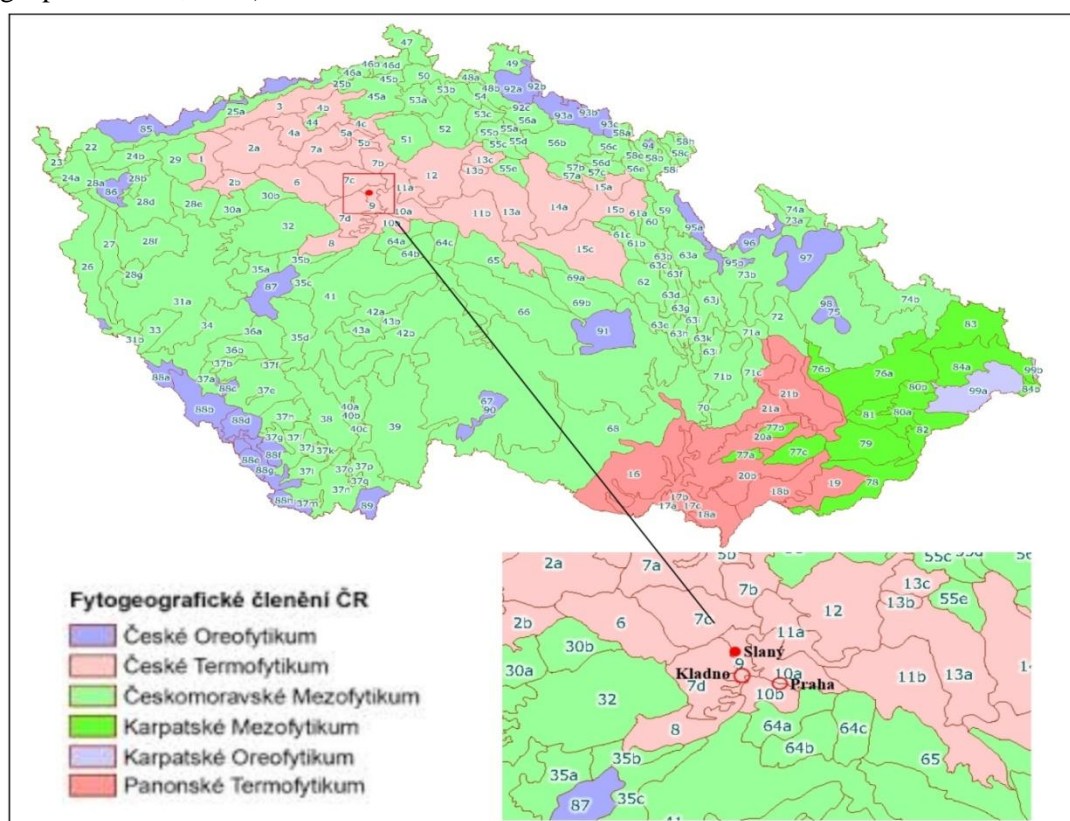
Průměrné teploty za vegetační období: 14,5 °C

Nejteplejší měsíc: červenec (18,2 °C)

4.1.2 Fytogeografické členění území

Okres Slaný řadíme do fytogeografického okresu termofytika (obvod teplomilné květeny a vegetace (Obr. č. 3). Dle výškově vegetačního stupně používaného v botanice a fytogeografii zařadíme lokalitu Slaný jako Kolinní – teplé pahorkatiny (Divíšek et al., 2010).

Obr. č. 1: Lokality experimentu v rámci fytogeografického členění ČR. (geportal.cenia, 2009)



Regionálně fytogeografické členění akceptuje primárně současnou skladbu flóry a vegetace, nicméně odráží též širší vegetační a florogenetické vztahy a vývoj květeny včetně vlivů lidské činnosti.

4.2 Vegetační nádobový experiment

V roce 2013 jsem za pomoci mé tehdejší vedoucí bakalářské práce Ing. Vachové založil vegetační nádobový experiment ve VÚRV – Slaný, kde jsem měl k tomuto pokusu ideální technologické zázemí. Nádobový experiment si dával za cíl odhalit možnost potlačení expanzivní *Calamagrostis epigejos* na základě různých kombinací živin. Do experimentu byly zařazeny následující druhy konkurenčních rostlin. *Thlaspi arvensis* jako zástupce ruderálních strategií (R – strategií) a *Plantago lanceolata*, který preferuje C – S – R strategii a často doprovází *Calamagrostis epigejos* (C – stratég) na jejích stanovištích. V průběhu let se druhová skladba v nádobách průběžně měnila.

K experimentu jsem použil bílé plastové nádoby o objemu 10 litrů, do nichž jsem vytvořil drenážní otvory pro snadný únik přebytečné závlahy a zabránil tak uhnívání kořenového systému. Na dno jsem umístil písek pro správnou drenáž vody a následně jsem přidal zahradnický kompost Agro cz; pH 6 – 8,5; obsah dusíku v sušině 0,6 g; poměr C:N 30%. Substrát jsem smísil s pískem v poměru 3:1. Do takto připravených nádob jsem vsadil 5 rostlin *Calamagrostis epigejos*, 5 rostlin *Plantago lanceolata* a 5 rostlin *Thlaspi arvense*. Rostliny byly odebrány z lokality na Černokostecku ve fyto geografickém podokrese 64 Říčanské pánve (Hejný et Slávik, 1997). Takto osázené nádoby byly umístěny do schématu latinského čtverce a rozlišeny dle množství aplikovaných živin (Obr. 1 a Tab. 1). Pod nádoby jsem umístil černou tkanou textilií, abych tak eliminoval zarůstání plevelem. Finálně jsem si nádoby označil dle treatmentů od A1 do H4. Design vegetačního nádobového experimentu vychází hlavně z prací (Tůmy et al. 2005) nebo (Chmelíková et Hejcman, 2012).

N	P	NK	K
P	NK	K	PK
NK	K	PK	NP
K	PK	NP	NPK
PK	NP	NPK	C
NP	NPK	C	N
NPK	C	N	P
C	N	P	NK

Obr. č. 2: **Schéma nádobového experimentu.** *N* – dusík, *K* – Draslík, *P* – Fosfor, *NK* – Dusík + Draslík, *PK* – Fosfor + Draslík, *NP* – Dusík + Fosfor, *NPK* – Dusík + Fosfor + Draslík, *C* – kontrola.

Tab. č. 1: **množství aplikovaných živin v jednotlivých variantách (kg/ha)**

Treatment	N	P	K
N	100	-	-
P	-	30	-
K	-	-	100
NK	100	-	100
PK	-	30	100
NP	100	30	-
NPK	100	30	100
C	-	-	-

4.3 Časové rozvržení experimentu

Každoročně jsem začátkem vegetační sezóny aplikoval do nádob hnojiva dle stanovených treatmentů. Na konci vegetace jsem vzrostlou biomasu ostříhal cca 10 cm nad zemí. Takto odebrané vzorky jsem uložil do označených papírových sáčků. Sklizenou biomasu jsem následně v laboratoři VÚRV zvážil na stolní váze Kern. Nejprve veškerou biomasu, následně jsem rozlišil jednotlivé druhy a na váze zjistil jejich zastoupení v celkovém objemu.

4.4 Stanovení klíčivosti semen *Setaria verticillata* z různých živinových poměrů

Bylo zajímavé, že semena *S. verticillata* obsadila všechny nádoby v experimentu. Proto jsem se rozhodl založit nový experiment věnovaný klíčení semen, které jsem odebral po druhé vegetační sezóně ze všech variant nádobového experimentu.

Stanovení klíčivosti semen probíhalo v osmi variantách po čtyřech opakováních. Z každého opakování bylo odebráno 20 semen. Varianty odpovídaly treatmentům nádobového experimentu (Tab. č. 1), ze kterého byly po ukončení vegetační sezóny odebrány vzorky semen. Semena byla uložena na navlhčeném filtračním papíru v Petriho miskách. Samotné klíčení probíhalo v klimaboxu při teplotě 20 °C, po dobu 30 dnů.

4.5 Statistické zpracování a testované hypotézy

4.5.1 Testované hypotézy

- 1) Množství biomasy se neliší.
- 2) Množství biomasy *S. verticillata*, *F. rubra* a *P. lanceolata* se od sebe neliší
- 3) Počet květenství *S. verticillata*, *F. rubra* a *P. lanceolata* se v jedné variantě neliší.
- 4) Není rozdíl mezi hmotností biomasy a počtem květenství.
- 5) Klíčení z různých živinových poměrů se neliší.

4.5.2 Statistické zpracování

Pro testování výše uvedených hypotéz jsem použil programy STATISTIKA 10 software (Statsoft, Tulsa) pro statistické výpočty.

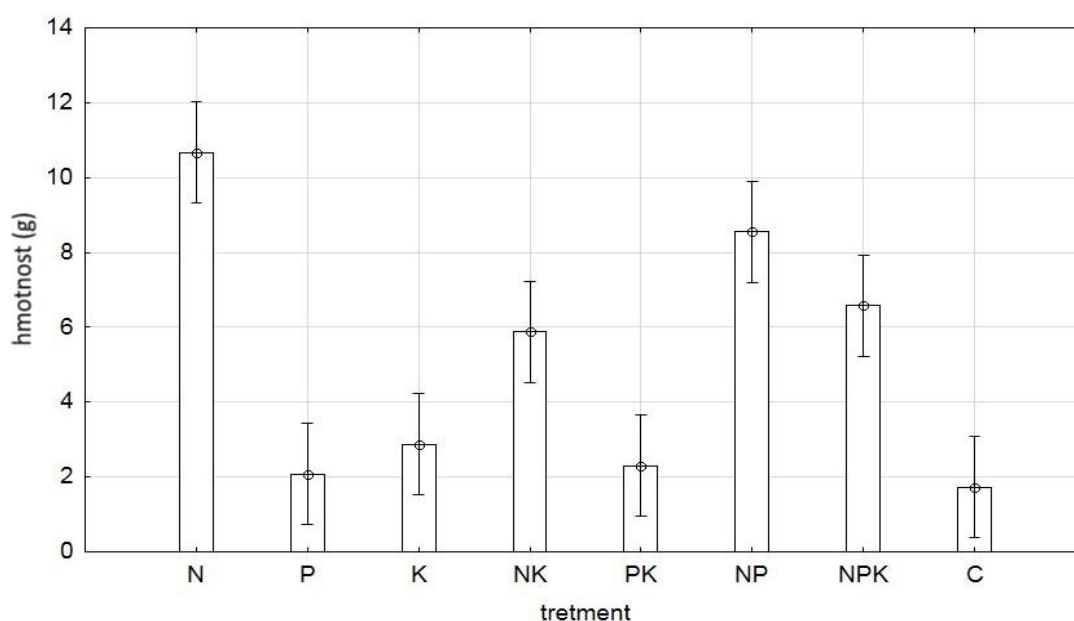
Jednocestná ANOVA, neboli analýza rozptylu, testuje rozdíl mezi průměry několika skupin, které byly podrobeny působení různých pokusných zásahů, představujících úrovně působícího faktoru, jehož účinek sledujeme (Zvára, 2004).

6. Výsledky

Nejzajímavějším výsledkem této studie bylo vykompetování *C. epigejos* druhem *S. verticillata*, a to ve všech variantách.

6.1. Vliv živin na nárůst biomasy společenstva

Některé varianty se od sebe v nádobovém experimentu prokazatelně lišily ($p < 0.001$). Nejvíce biomasy bylo vytvořeno ve variantě s dotací dusíku, naproti tomu nejmenší nárůst byl ve variantě s dotací draslíku a variantě kontrolní. Nejmarkantnější rozdíl byl zaznamenán mezi variantami N a C. Další významné rozdíly byly pozorovány mezi variantami N a C, N a P, NP a C, NP a P, NPK a C, NPK a P, NPK a K, NPK a NK, NK a C, NK a P, NK a PK, NK a K.



Obr. č. 3: **Vliv rozdílné dotace živin na množství biomasy.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru ANOVA: $F = 6,2123$, $p < 0.001$ pomocí Tukey HSD post-hoc testu. Zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2.

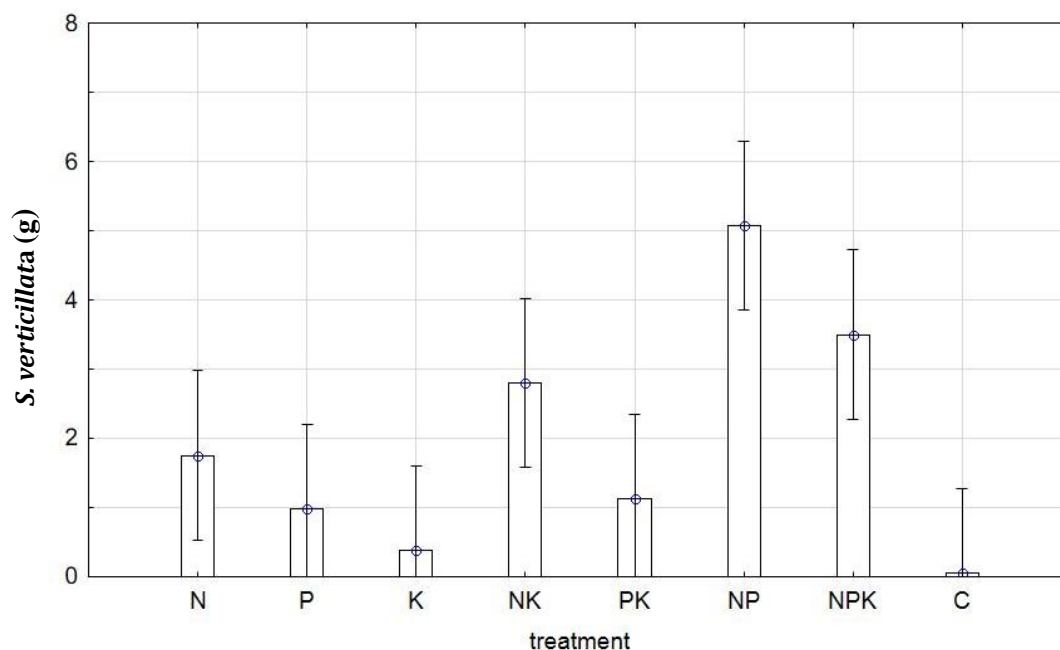
6.2. Vliv živin v jednotlivých variantách

Během vegetace byly velmi dobře vizuálně pozorovatelné reakce rostlin na aplikovaná hnojiva. Především se jednalo o deficit dusíku. Ten se projevil světle zelenou barvou listů u variant nehojených dusíkatým hnojivem.

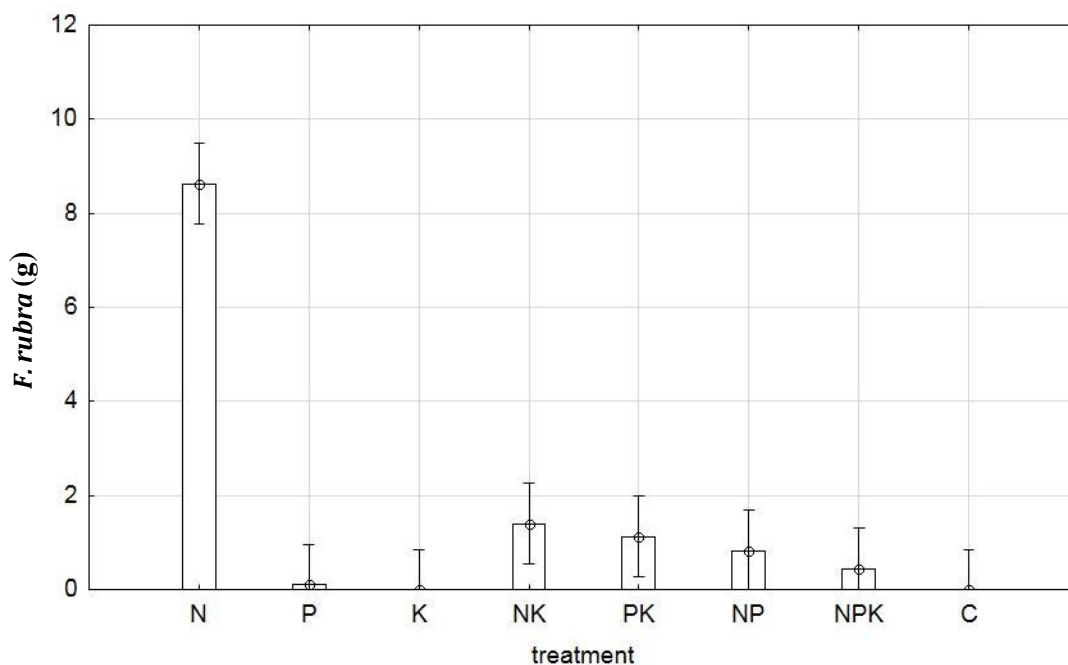
Dále jsem testoval, zdali jsou prokazatelné rozdíly mezi aplikovanými živinami a objemem vyprodukované biomasy jednotlivých druhů. U druhu *S. verticillata* (Obr. 4), nebyl zaznamenán prokazatelný rozdíl vlivu živin na nárůst biomasy. Nejvíce biomasy bylo vytvořeno ve variantě NP, nejméně ve variantě kontrolní. U druhu *F. rubra* (Obr. 5), byl odhalen prokazatelný rozdíl mezi variantami ($p < 0.001$). Nejvíce biomasy narostlo ve variantě N, nejméně pak ve variantě K a variantě kontrolní. U druhu *P. lanceolata* (Obr. 6) nebyl zaznamenán prokazatelný rozdíl mezi variantami. Nejvíce biomasy bylo vytvořeno ve variantě P a NPK, nejméně pak ve variantě NP.

Tab. č. 2: **Vliv rozdílné dotace živin na nárůst biomasy za rok 2016.** Výsledky jednocestné ANOVA a Tukey – HSD testu

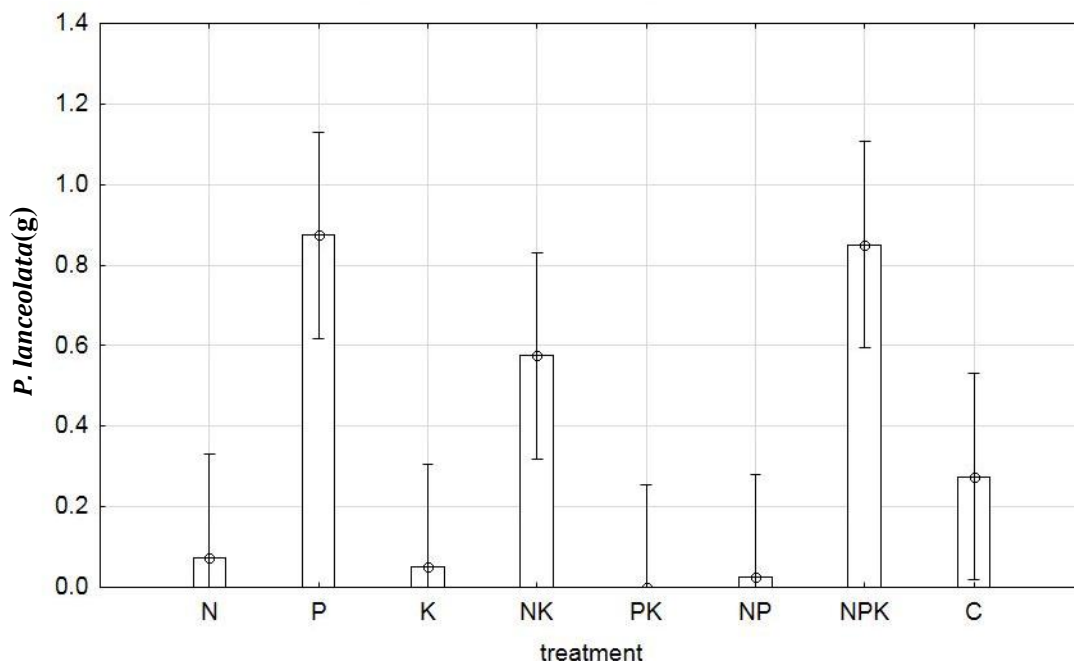
Druh	Treatment								ANOVA	
	N	P	K	NK	PK	NP	NPK	C	F	p
<i>Setaria</i>	1.7500	0.9750	0.3750	2.8000	1.1250	5.0750	3.5000	0.0500	1.9687	0.1021
<i>Festuca</i>	8.6250	0.1000	0.0000	1.4000	1.2500	0.8250	0.4500	0.0000	11.4230	0.0001
<i>Plantago</i>	0.0750	0.8750	0.0500	0.5750	0.0000	0.0250	0.8500	0.2750	2.1231	0.0800
ostatní	0.2250	0.1000	2.4500	1.1000	0.0500	2.6250	1.7000	1.4000	0.8844	0.5334



Obr. č. 4: **Vliv rozdílné dotace živin na množství biomasy *Setaria verticillata*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru ANOVA: $F = 1,969$, $p = 0,102$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2.



Obr. č. 5: **Vliv rozdílné dotace živin na množství biomasy *Festuca rubra*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru. ANOVA: $F = 11,423$, $p = 0,001$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2.

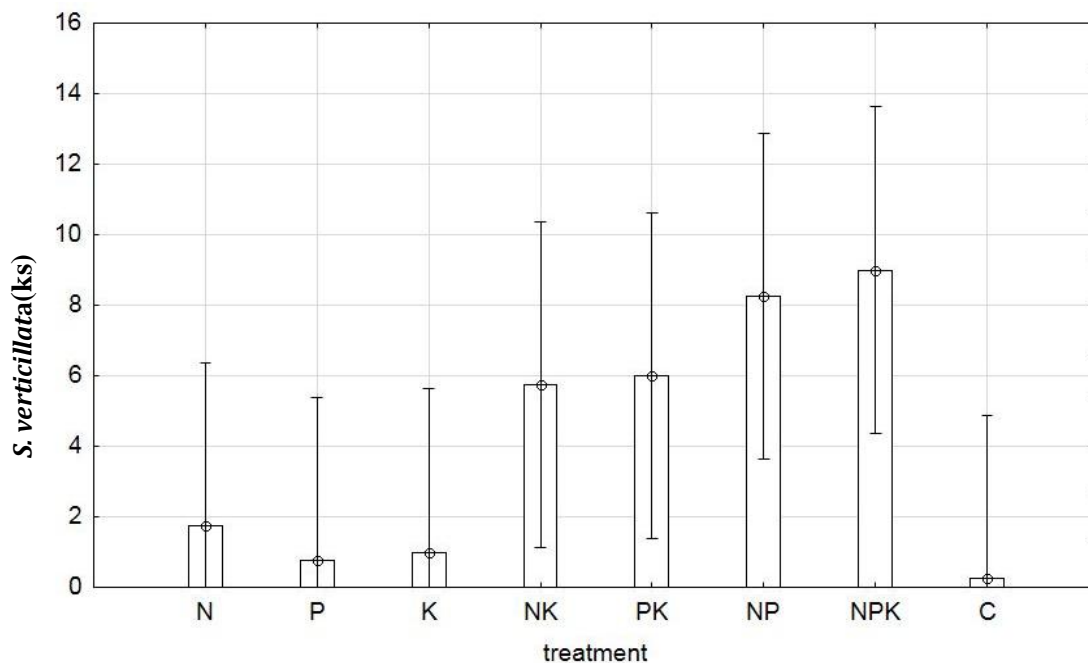


Obr. č. 6: **Vliv rozdílné dotace živin na množství biomasy *Plantago lanceolata*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru. ANOVA: $F = 2,123$, $p = 0,080$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2.

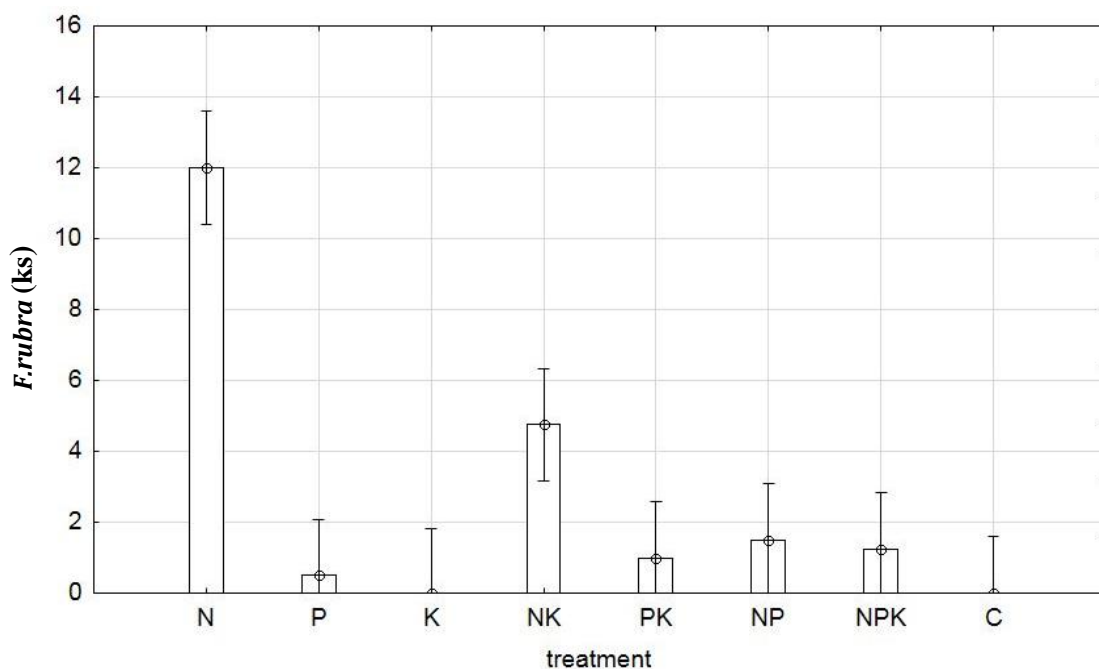
Dalším předmětem mého zkoumání byla otázka, je-li prokazatelný rozdíl v počtu květů jednotlivých druhů v závislosti na aplikaci živinami. V tomto případě u *S. verticillata* (Obr. 7) nebyly prokázány rozdíly mezi jednotlivými variantami. Nejvíce květů bér vytvořil ve variantě NPK, naproti tomu v kontrolní variantě nebyly vytvořeny květy žádné. U sledované *F. rubra* (Obr. 8) byl zaznamenán prokazatelný rozdíl mezi variantami ($p = 0,003$). Nejvíce květenství vytvořila kostřava ve variantě N, nejméně ve variantě K a variantě kontrolní. U druhu *P. lanceolata* (Obr. 9) nebyl zaznamenán prokazatelný rozdíl mezi jednotlivými variantami. Nejvíce květů bylo vytvořeno ve variantě NPK, nejméně ve variantě PK.

Tab. č. 3: **Vliv rozdílné dotace živin na počet květenství za rok 2016.** Výsledky jednocestné ANOVA a Tukey – HSD testu

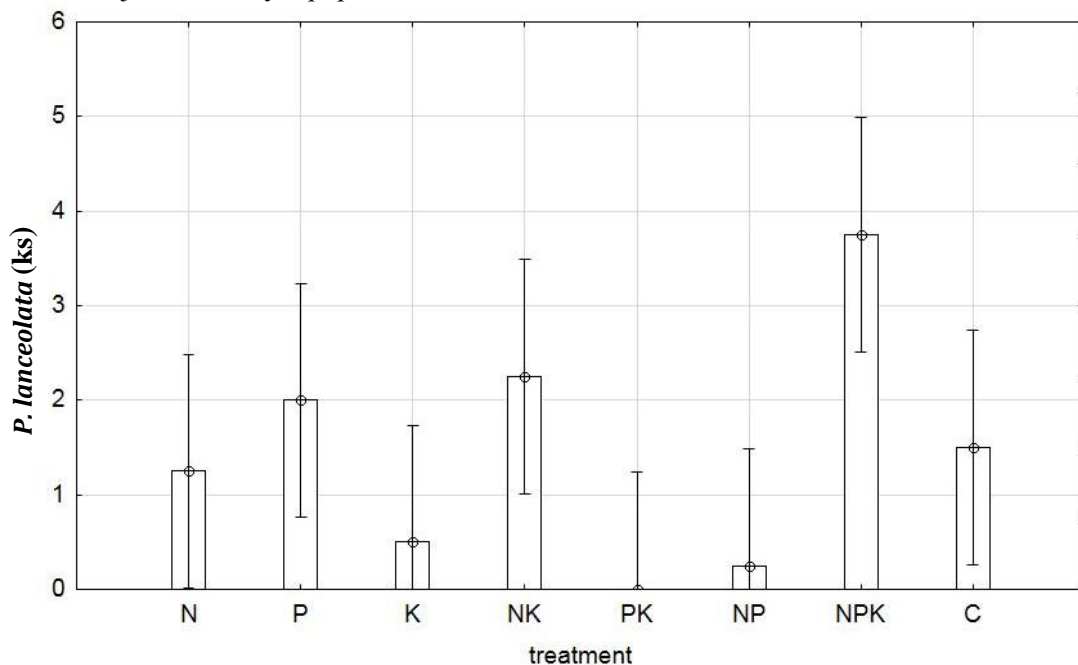
Druh	Treatment								ANOVA	
	N	P	K	NK	PK	NP	NPK	C	F	p
<i>Setaria</i>	1.7500	0.7500	1.0000	5.7500	6.0000	8.2500	9.0000	0.2500	2.5263	0.0426
<i>Festuca</i>	12.0000	0.5000	0.0000	1.7500	1.0000	1.5000	1.2500	0.0000	6.5131	0.0003
<i>Plantago</i>	1.2500	2.0000	0.5000	2.2500	0.0000	0.2500	3.7500	1.5000	1.0000	0.4553



Obr. č. 7: **Vliv rozdílné dotace živin na počet květenství *Setaria verticillata*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru. ANOVA: $F = 2,5263$, $p = 0,0426$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2.



Obr. č. 8: **Vliv rozdílné dotace živin na počet květenství *Festuca rubra*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru ANOVA: $F = 6,513$, $p = 0,003$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2

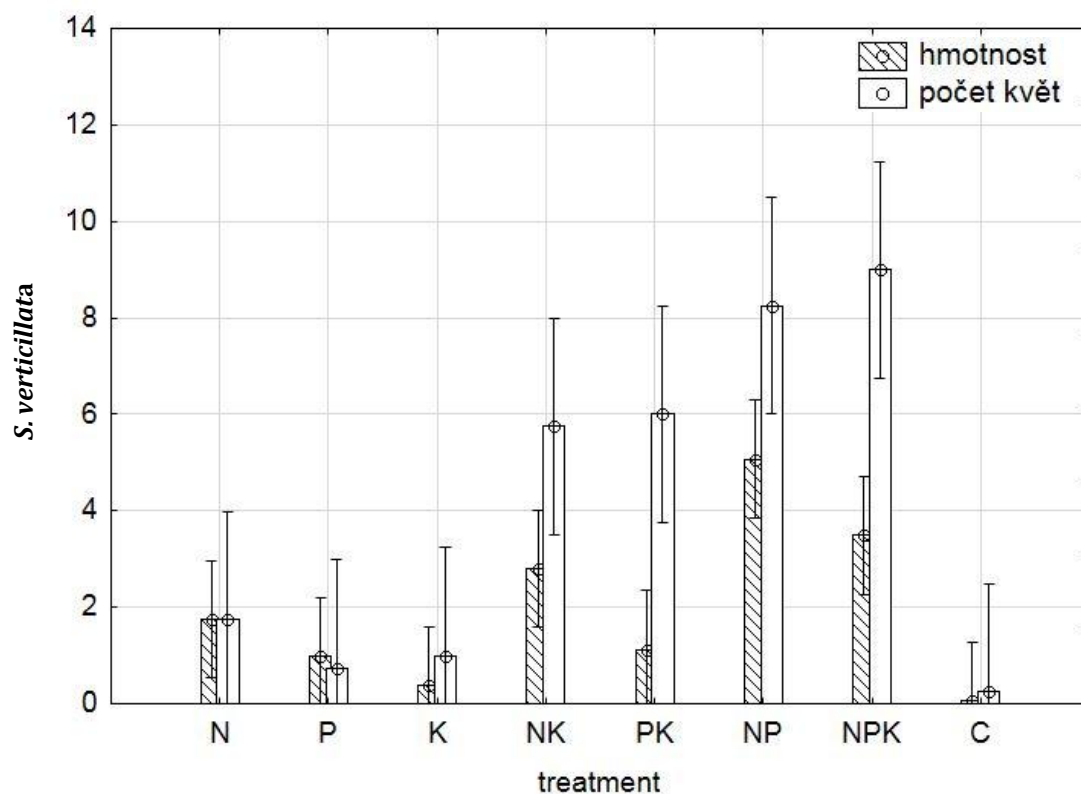


Obr. č. 9: **Vliv rozdílné dotace živin na počet květenství *Plantago lanceolata*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru ANOVA: $F = 1$, $p = 0,455$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2

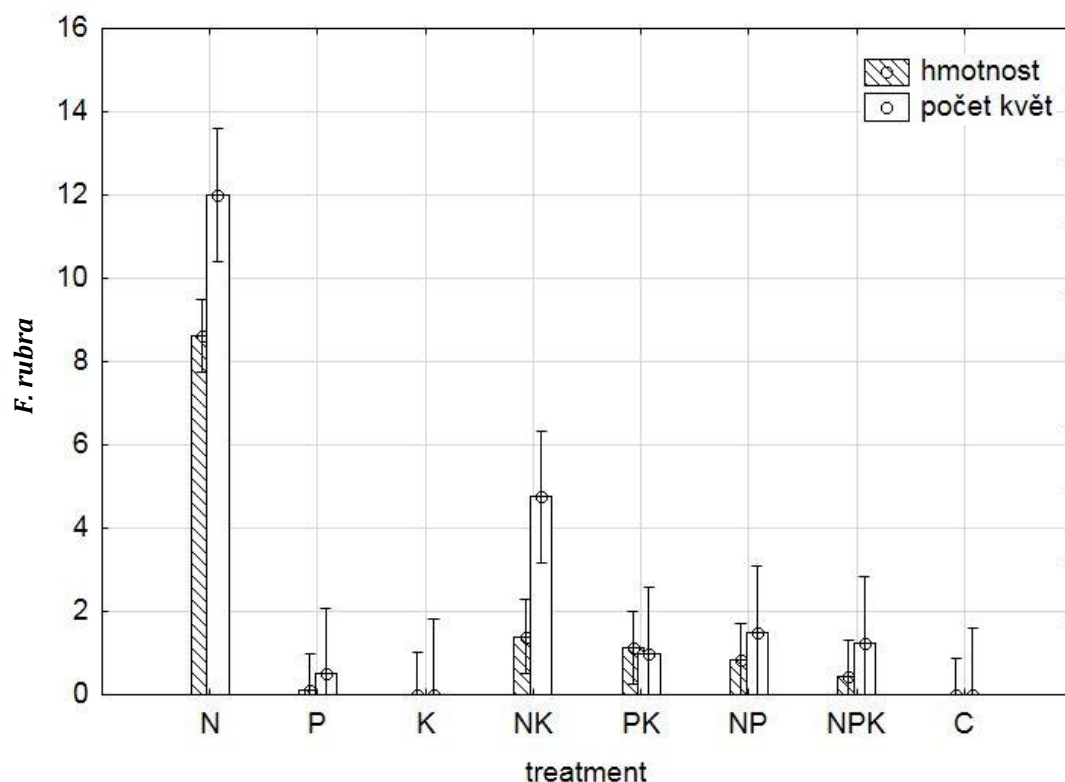
Jako poslední jsem v nádobovém experimentu testoval hypotézu, zdali spolu souvisí objem vyprodukované biomasy a počet květenství v jednotlivých variantách. U *S. verticillata* (Obr. 10) nebyl zaznamenán prokazatelný rozdíl mezi variantami. Největší podobnost mezi vyprodukovanou biomasou a počtem květů jsem v případě bėru odhalil ve variantě N. Nejedlišnější výsledek jsem zaznamenal ve variantě NPK, kde při nižším objemu biomasy vytvořil bér nejvíce květenství. U *F. rubra* (Obr. 11) se jednotlivé varianty od sebe prokazatelně lišily ($p < 0.001$). Nejvíce biomasy a největší počet květenství bylo vytvořeno ve variantě N. Největší podobnost mezi objemem biomasy a počtem květenství zaznamenala kostřava ve variantě PK. U druhu *P. lanceolata* (Obr. 12) nebyly nalezeny prokazatelné rozdíly mezi jednotlivými variantami. Jitrocel dokázal vytvořit velký počet květů při malém objemu vyprodukované biomasy.

Tab. č. 3: **Závislost vyprodukované biomasy na počet květenství za rok 2016.** Výsledky jednocestné ANOVA a Tukey – HSD testu

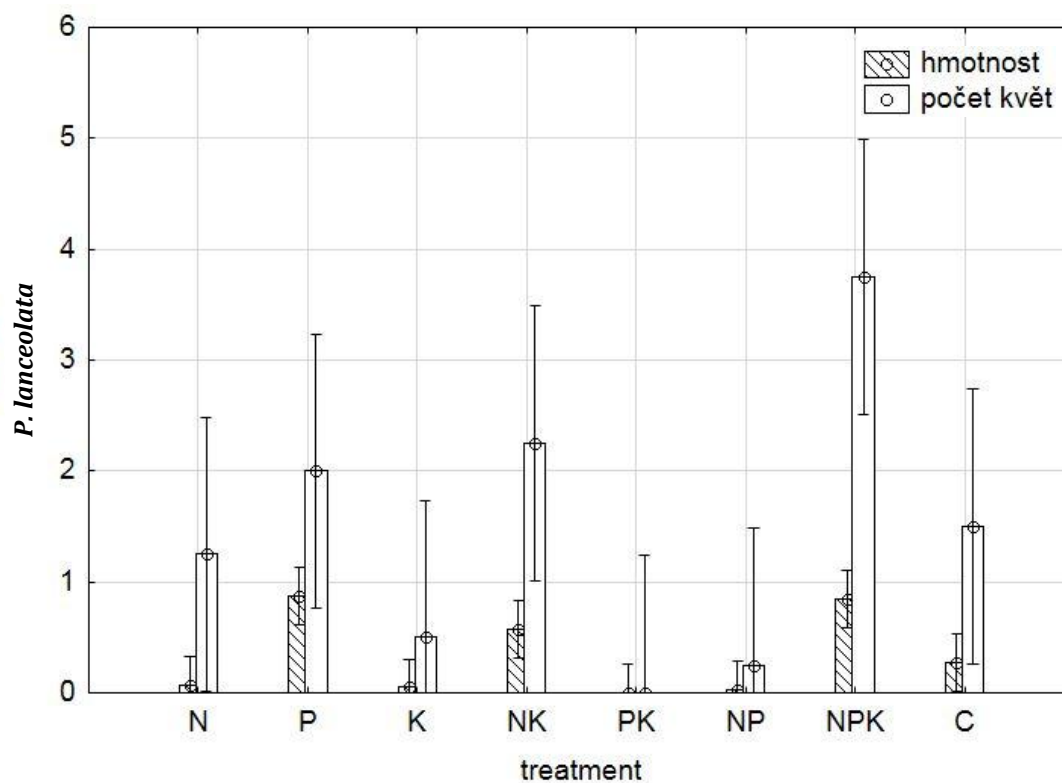
Druh	Treatment								ANOVA	
	N	P	K	NK	PK	NP	NPK	C	F	p
<i>Setaria</i>	1.7500	0.9750	0.3750	2.8000	1.1250	5.0750	3.5000	0.0500	2.0322	0.0361
<i>Festuca</i>	8.6250	0.1000	0.0000	1.4000	1.1250	0.8250	0.4500	0.0000	5.2194	0.0001
<i>Plantago</i>	0.0750	0.8750	0.0500	0.5750	0.0000	0.0250	0.8750	0.2750	1.2844	0.2534



Obr. č. 10: **Závislost vyprodukované biomasy na počet květenství *Setaria verticillata*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru. Čerchovaná výplň představuje hmotnost vyprodukované biomasy, bílá výplň pak počet květenství ANOVA: $F = 2,032$, $p = 0,036$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2



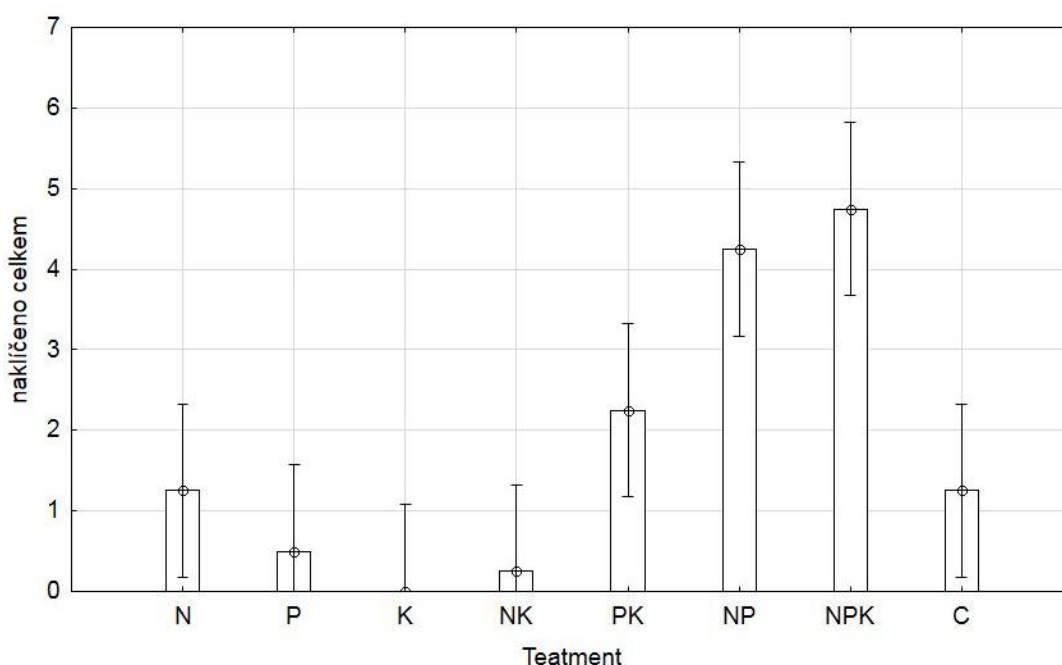
Obr. č. 11: **Závislost vyprodukované biomasy na počet květenství *Festuca rubra*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru. Čerchovaná výplň představuje hmotnost vyprodukované biomasy, bílá výplň pak počet květenství ANOVA: $F = 5,219$, $p = 0,001$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2



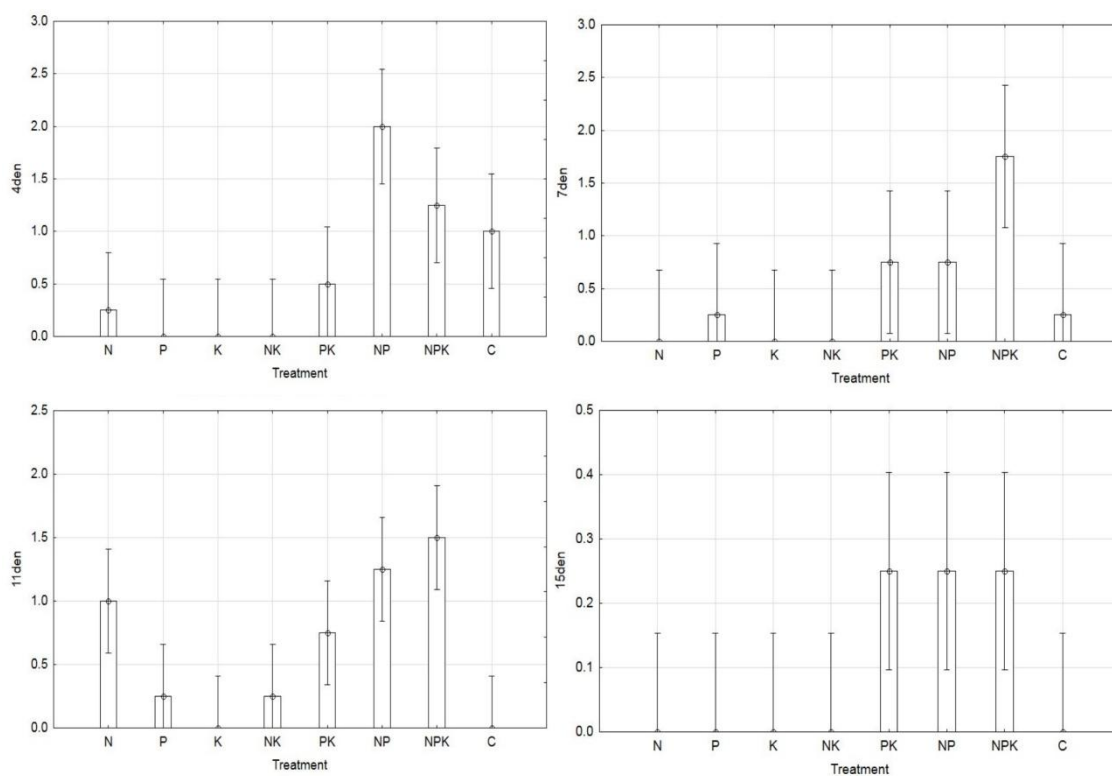
Obr. č. 12: **Závislost vyprodukované biomasy na počet květenství *Plantago lanceolata*.** Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru. Čerchovaná výplň představuje hmotnost vyprodukované biomasy, bílá výplň pak počet květenství ANOVA: $F = 1,284$, $p = 0,253$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2

6.3. Stanovení klíčivosti semen *Setaria verticillata* z různých živinových poměrů

Některé varianty se od sebe prokazatelně liší ($p = 0.275$). Zjevný rozdíl jsem pozoroval především mezi variantami NPK a K. Další rozdíly byly zaznamenány mezi variantami NP a K, NPK a P, NP a P, NP a K, NP a PK (Obr. č. 13). Nejúspěšnější byla semena z variant NPK a NP. Naproti tomu ve variantě s dotací výhradně draslíku nevyklíčilo žádné semeno. Nejvíce semen vyklíčilo čtvrtý den od zaležení experimentu (Obr. č. 14).



Obr. č. 13: Vliv rozdílné dotace živina na semena vytvořená *Setaria verticillata* v roce 2014 Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru. ANOVA: $F = 2,809$, $p = 0,275$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2



Obr. č. 14: Časový průběh klíčení semen *Setaria verticillata* 4., 7., 11. a 15. den. Chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku od průměru. 4. den ANOVA: $F = 1,805$, $p = 0,133$ 7. den ANOVA: $F = 0,801$, $p = 0,595$ 11. den ANOVA: $F = 2,036$, $p = 0,082$ 15. den ANOVA: $F = 0,714$, $p = 0,661$ pomocí Tukey - HSD post-hoc testu: treatmenty nejsou významně odlišné $p < 0,05$. zkratky treatmentů jsou uvedeny v popisku obr. č. 2

7. Diskuse

Nádobový experiment jsme založili v roce 2013 a jeho primárním cílem bylo pokusit se na základě různých živinových dotací potlačit expanzivní třtinu křovištní. Od založení se však v experimentu odehrálo mnoho zajímavých změn. Především se jednalo o druhovou skladbu, výkyvy v nárůstu biomasy a objemové zastoupení zájmových druhů v nádobách. Huberty (1998), Reichhofl (1999) i Hejcman (2007), potvrzují, že různé živinové podmínky mohou mít vliv na změny v druhové skladbě travních porostů.

První a asi i nejzásadnější změna nastala během první vegetační sezóny, kdy po prvním jarním ostříhání byla *Calamagrostis epigejos* ve všech variantách vykompetována druhem *Setaria verticillata*. Tůma et al., 2005 ve svém nádobovém experimentu sledovali vliv disturbance a různých dotací živin na třtinu křovištní, kostřavu ovčí a ovsík vyvýšený. Zjistili, že třtina i kostřava byly po ostříhání biomasy vykompetovány ovsíkem, a to jak z variant dotovaných živinami, tak z variant bez hnojení. Rebele (1999a) uvádí, že třtina křovištní bývá v prvních letech na stanovišti konkurenčně slabší nežli druhy ostatní. Důvodů, proč došlo k vytlačení třtiny v našem případě, je několik. Nejpravděpodobněji byla semena *S. verticillata* zavlečena s pískem, který jsme přidali k substrátu. Nelze ovšem vyloučit i možnost šíření semen vzduchem či epizoochorií. Díky oslabení třtiny po prvním jarním ostříhání měl bér dobré podmínky pro expanzi do nádobového experimentu. Uremus a Uygur, (2002) uvádí bér jako velmi invazní právě díky jeho semenům, kterých dokáže vytvořit velké množství.

Vlivem extrémně nadprůměrných teplot, ačkoli byl experiment dotován dostatečným množstvím vody, došlo k zpomalení růstu rostlin v nádobách. Tento abiotický stres má negativní vliv na rychlost růstu rostlin (Wang et al., 2003). Houshmand et al., (2011) testoval vliv sucha v nádobovém experimentu na různých druzích heřmánku. Došli k závěru, že stres vyvolaný suchem měl u všech sledovaných druhů prokazatelný vliv na menší nárůst biomasy i menší počet květenství. Vlivem sucha měl bér v následující vegetační sezóně výrazně nižší

nárůst biomasy oproti sezónám předešlým. (Kubát et al., 2002) uvádí bér jako velmi dobře snášejíci vysychavá stanoviště. Ovšem toto tvrzení nemohu z mých výsledků potvrdit.

V nádobovém experimentu jsem sledoval celkovou produkci biomasy všech zájmových druhů v jednotlivých treatmentech. Mikšik et Vašák (1999) uvádějí, že dostatečný příjem dusíku způsobí značný nárůst nadzemní biomasy. Což potvrzuje můj výsledek (Obr. č. 3), ze kterého je jasně patrné, že varianta hnojená dusíkem prospívala s nejlepším výsledkem jak vizuálním, tak v objemu narostlé biomasy. Naopak varianta dotovaná pouze fosforem byla vyhodnocena jako nejslabší. Zpomalený růst je charakteristickým příznakem nedostatku fosforu. Velmi se zpomalí růst stonků a kořenů, listy jsou drobné a poměrně úzké (Bergman et Čumakov, 1977).

Dále byl předmětem mého zájmu objem biomasy jednotlivých druhů. Prokazatelný rozdíl mezi variantami jsem pozoroval především u *Festuca rubra* (Obr. č. 5). Kostřava využila varianty dotované dusíkem a vytvořila zde nejvíce biomasy a zároveň květenství. Sima et al., (2004) sledovali reakci kostřavy na rumunských pastvinách po dotaci živin NPK. Zjistili, že kostřava dosahovala velkého nárůstu biomasy a vysoké kvality po aplikaci všech prvků zároveň. Ačkoli kostřava snese i chudší půdy jak uvádí Laštůvka et al., (1996), dostatečný příjem dusíku stimuluje tvorbu jejího kořenového systému a tím se zvyšuje absorpční plocha pro příjem živin (Paterson, 2000). Toto tvrzení by mohlo potvrzovat výborné prospívání kostřavy ve variantě dotované dusíkem v mém experimentu.

U druhu *Setaria verticillata* se nepodařilo najít prokazatelné rozdíly mezi jednotlivými variantami. Tento výsledek pravděpodobně dokazuje, že bér přeslenitý dokáže prospívat i v podmínkách živinově chudších. Z nádobového experimentu bylo patrné, že bér přeslenitý lépe prospíval ve variantách s dotací NPK a NP. V těchto variantách vytvořil bér nejvíce biomasy a největší počet květenství. Alvim et al., 1992 také testovali vliv živin na růst *Setaria verticillata*. Prokázali pozitivní působení fosforu na nárůst biomasy. Domnívám se, že bér preferuje příjem fosforu a dusíku za účelem investice do reprodukce, neboť díky fosforu dokáže stimulovat

nasazení většího počtu květů (Laštůvka et al., 1996). Můj výsledek se však liší od výsledku práce Kadlecové, (2015). V jejím nádobovém experimentu bér vytvořil nejvíce biomasy a zároveň počet květů (tím i semen) ve variantě dotované dusíkem. Při zkoumání semen došla Kadlecová ke stejnému závěru jako já. Semena z variant dotovaných NP a NPK byla větší a úspěšnější v klíčení, což potvrzují i moje výsledky z experimentu věnovanému klíčení.

Plantago lanceolata se z výsledků nádobového experimentu jeví jako každoročně konstantní, jak v objemu vyprodukované biomasy, tak v počtu květenství. Hejzman et al., (2007) ve svém dlouhodobém pokusu Rengen sledující dynamiku travních porostů po dotaci živinami, popisují jitrocel kopinatý jako doprovodný druh travních společenstev.

Pro více informací o druhu *Setaria verticillata* jsem založil nový experiment zaměřený na klíčení semen béru. Jeho cílem bylo zjistit, zdali jsou rozdíly v úspěšnosti klíčení semen z různých živinových dotací. Pro tento experiment jsem odebral semena z nádobového experimentu na konci vegetačního období roku 2014.

Z výsledků jsem vypožadoval, že semena klíčila nejlépe do jedenáctého dne od založení experimentu, tuto rychlost potvrzují Uremus a Uygur (2002) i Vasconcelos et al. (1984), kteří taktéž testovali klíčení *S. verticillata* a dalších plevelných druhů. Takto rychlé klíčení je pravděpodobně účinnou strategií a může podporovat snadnou expanzi béru. Dalším zjištěním je, že semena nejlépe klíčila ve variantách s dostatečnou zásobou komplexních živin, především pak fosforu a dusíku. Alvim et al., (1992) testovali i vliv rozdílného hnojení na vzcházivost *Setaria verticillata*. Jejich výsledky nepotvrzují pozitivní vliv fosforu na množství naklíčených semen. Mali et al., (2016) ve svém experimentu s klíčením semen *Cucumis sativus L.* došli k závěru, že pokud byla rostlina během vegetačního cyklu dostatečně zásobena živinami, vytvoří semena, která mají vyšší úspěšnost klíčení. Stevens et al., (2007) i Tuller et al., (2015) tento názor potvrzují a dodávají, že dostatečná zvlaha je nezbytná pro transport živin. Moje výsledky se s výše uvedenými poznatky shodují (Obr. 13).

K nádobovému experimentu musím říci, že ačkoli přišel o zájmový druh *Calamagrostis epigejos*, jeho nepředvídatelný vývoj přinesl nová, zajímavá zjištění v otázkách, na které je vytvořeno velmi málo podobných prací.

8. Závěr

Calamagrostis epigejos, kterou jsme sázeli do nádobového experimentu za účelem jejího sledování, byla v první vegetační sezóně ze všech variant zcela vykompetována druhem *Setaria verticillata*. Tato nepředvídatelná okolnost obrátila moji pozornost na zbylé druhy.

Zjistil jsem prokazatelné rozdíly v množství vzrostlé biomasy sledovaných druhů v závislosti na rozdílné dotaci živinami v jednotlivých treatmentech. Největší rozdíl jsem zaznamenal ve variantě hnojené dusíkem, kde nárůst značně převyšoval varianty ostatní včetně varianty kontrolní, ve kterých byl nárůst minimální.

U vlivu živin na vyprodukovanou biomasu jednotlivých druhů jsem jasně pozoroval rozdílné reakce. *Festuca rubra* obsadila nejlépe variantu dotovanou pouze dusíkem. Ostatní druhy do této varianty téměř nepustila. Dokázala zde vytvořit prokazatelně nejvíce biomasy a zároveň počet květenství. *Setaria verticillata* se dařilo ve variantách s dotací komplexních živin především NPK a NP. V těchto variantách měl nejvíce biomasy i počet květů. Bér pravděpodobně snese živinově chudší podmínky, což může být důvodem jeho úspěšného šíření. *Plantago lanceolata* se v nádobovém experimentu ukázal jako konstantní.

V případě stanovení klíčivosti semen *S. verticillata* jsem objevil rozdíly mezi variantami NPK a K. Semena odebrané z varianty dotované draslíkem byly prokazatelně méně úspěšné v klíčení oproti semenům odebraných z varianty hnojené všemi prvky zároveň. Nejvíce semen vyklíčilo čtvrtý den od založení experimentu.

Rostliny si v experimentu konkurovaly na základě potřeby o stejné živiny či kombinaci živin. Z výsledků je patrné, že každý druh má rozdílnou niku a preferuje jinou dotaci živin. V té pak dokáže přežít a úspěšně se rozmnožovat. Námětem pro další zkoumání v této studii by bylo zaměření se na mezidruhovou konkurenci pod povrchem. Zjistit jaké vztahy mají sledované druhy v kořenových systémech z rozdílných treatmentů nebo jaký je poměr mezi objemem nadzemní a podzemní biomasy. Samostatnou a dosud málo probádanou kapitolou jsou mykorhizní vztahy a

jejich vliv na expanzi a invazi druhů. Tato nová zjištění by nám prozradila více o kompetičních vztazích travních společenstev.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů:

AI - KATHIRI C. R., 1994. Weeds: a factor limiting crop production in Yemen. Indian Journal of Plant Protection, 22: 5-8.

ALVIM M. J., CARVALHO M. M., BOTREL M. D., 1992: NPK Fertilization to establish *setaria* on a lowland soil. Pesquisa agropecuaria brasileira, 27: 79-85

BAIER J., 1969: Abeceda výživy a hnojení. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

BEGON M., HARPER J. L., TOWNSEND C. R., 1997: Ekologie jedinci, populace a společenstva, Vydavatelství univerzity Palackého, Olomouc.

BERGMAN W., ČUMAKOV A., 1977: Klíč na určovanie poruch vo výživě rostlin. Přírod, Bratislava

BOR N. L., 1979: The Grasses of Burma, Ceylon, India and Pakistan (excluding Bambuseae). Dehra Dun, India: R. P. S. Galot, International Book Distributors

CALLAWAY R. M., NEWINGHAM B., ZABINSKI C. A., MAHALL B. E., 2001: Compensatory growth and competitive ability of an invasive weed are enhanced by soil fungi and native neighbours. Ecology Letters, 4: 429-433.

CALLAWAY R. M., PENNING S. C., RICHRDS CH. L., 2003: Phenotypic and Interactions among Plants. Ecology, 84: 1115-1128.

CIBULKA R., 2007: Botany, online: <http://botany.cz/cs/plantago-lanceolata/>, cit. 6. 1. 2017

COOMES D. A., GRUBB P. J., 2000: Impacts of root competition in forests and woodlands: A theoretical framework and review of experiments. Ecological Monographs, 70: 171-207.

DEKKER J., 2003: Evolutionary biology of the foxtail (*Setaria*) species. Weed Biology and Management: 65 - 114.

DIVÍŠEK J., CULEK M., JIROUŠEK M., 2010: Biogeografie, Multimediální výuková příručka online: http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps10/biogeogr/web/index_book_5-3.html, cit.: 6. 4. 2017.

DOLEČKOVÁ H. et OSBORNOVÁ J., 1990: Zprávy České botanické společnosti, Materiály 25, Konkurenční schopnost a plasticita druhu *Calamagrostis epigejos*. Česká botanická společnost, Praha.

DOLEČKOVÁ H., 1989: Ekologie třtiny křovištní. „nepublikováno“ Dept.: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.

DOSTÁL J., 1958: Klíč k úplné květeně ČSR. Československá akademie věd, Praha.

FACELLI E., FACELLI J. M., 2002: Soil phosphorous heterogeneity and mycorrhizal symbiosis regulate plant intraspecific competition and size distribution. *Oecologia*, 133: 54-61.

FALIK O., REIDES P., GERSANI M., NOVOPATSKY A., 2003: Self/non-self discrimination in roots. *Journal of Ecology*, 91: 525-531

FIALA K., SEDLÁKOVÁ I., HOLUB P., TŮMA I., 2003: Expansion of *Calamagrostis* in meadows of the Dyje river flood plain of South Moravia. *Preslia* 38: 101 – 110.

GLOSER V., 2002: Seasonal changes of nitrogen storage compounds in a rhizomatous grass *Calamagrostis epigeios*. *Biologia Plantarum*, 45, 563–568.

GLOSER V., GLOSER J., 1996: Acclimation capability of *Calamagrostis epigejos* and *Calamagrostis arundinacea* to changes in radiation environment. *Photosinetica* 32: 203-212

GÖZCÜ D. et ULUDAG A., 2005: Weeds and their importance in cotton fields in Kahramanmaras province of Turkey. (Kahramanmaras ili pamuk tarlalarında görülen yabancı ot Türleri ve önemi.) *Türkiye Herboloji Dergisi*, 8: 7-15.

GRIME JP., 2001: *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*, 2nd edn. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.

GRIME, J. L., 1977: *Plant Strategies and Vegetation Processes*. J. Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.

GRULICH V., 2012: Botany, <http://botany.cz/cs/festuca-rubra/>, cit. 10. 1. 2017

HÁJEK P., 2002: *Krajina zevnitř*. Malá Skála, Praha.

HÁJKOVÁ P., HÁJEK M., BLAŽKOVÁ D., KUČERA T., CHYTRÝ M., ŘEZNÍČKOVÁ., ŠUMBEROVÁ K., ČERNÝ T., NOVÁK J., SIMONOVÁ D., 2010: Louky a mezofilní pastviny, et CHYTRÝ M., Vegetace České republiky 1. Travinná a keříková vegetace, Academia, Praha.

HAUGGAARD-NIELSEN H., JENSEN E. S., 2005: Facilitative root interactions in intercrops. *Plant and Soil*, 274: 237-250.

HEJCMAN M., KLAUDISOVA M., SCHELLBERG J., HONSOVA D., The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 122: 259-266.

HEJNÝ S., SLAVÍK B., 1997: Květena České republiky 1. Academia, Praha.

HERBEN T., KRAHULEC F., HADINCOVÁ V., PECHÁČKOVÁ S., 2001: Clone-specific response of *Festuca rubra* to natural variation in biomass and species composition of neighbours. *Oikos*, 95: 43–52.

HOLM L. G., PANCHO J. V., HERBERGER J. P., PLUCKNET D. L., 1979: A geographical atlas of world weeds. John Wiley and Sons, New York, USA: John Wiley and Sons, 391 pp.

HOLUB P., TUNA I., FIALA., 2012: The effect of nitrogen addition on biomass production and competition in free expensive tall grass. Elsevier sci ltd, Oxford.

HOUSHMAND S., ABASALIPOUR H., TADAYYON A., ZINALI H., 2011: Evaluation of four chamomile species under late season drought stress. *International journal of plant production*. Shahrekord, 5: 9-23.

HUBERTY E. L., GROSS L. K., MILLER J. C., 1998: Effects of nitrogen addition on successional dynamics and species diversity in Michigan old fields. *Journal of Ecology*, 86: 794-803.

CHESSON P., 2000: Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*. USA. 31: 343-366.

CHMELÍKOVÁ L., HEJCMAN M., 2012: Effect of nitrogen, phosphorus and potassium availability on emergence, nodulation and growth of acidicole *Trifolium arvense* L. in alkaline soil. *Flora* 207.

CHYTRÝ M., 2007: Vegetace české republiky. Academia, Praha.

JAŃCZYK-WGLARSKA J., 1997: An ex-situ ecological experiment on the morphological and developmental variation of *Calamagrostis epigejos* (*Poacea*). *Fragm. Flor. Geobot.*

KADLECOVÁ M., 2015: Ekologie *Setaria verticillata*. „nepublikováno“ Dept.: Česká zemědělská univerzita v Praze.

KOCIÁN P., 2013: Květena ČR, online: <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=21>, cit. 20. 12. 2016.

KOHOUT V., LOUDOVÁ H., 1981: Differences in dormancy of weed seeds of the genera *Echinochloa* and *Setaria*. *Sborník ÚVTIZ, Ochrana Rostlin. Praha*, 17: 145-150.

KRAHULEC F., PYŠEK P., HROUDA L., 1996: Problematika okruhu *Festuca rubra*, *Trávy, Zprávy české botanické společnosti*, 13: 43-45.

KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRSCHNER J., ŠTĚPÁNEK J., 2002: Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha, p. 928

LAFAGER M., 2006: Reproductive tillers in cut tall fescue swards: differences according to sward age and fertilizer nitrogen application, and relationships with the local dynamics of the sward, *Grass and forage science*, 61: 182-191

LAŠTŮVKA Z., ZMRHAL Z., KOLÁŘ L., 1996: Výživa rostlin. Marešer F. *Slovník naučný 1 – 5. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha*

LIEBIG von J., 1840: Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig.

LOSOS B., 1984: Ekologie živočichů, SPN Praha.

LOSOSOVÁ Z., CEPLOVA N., CHYTRY M., TICHÝ L., DANIHELKA J., FAJMON K., LANIKOVA D., PREISLEROVA Z., REHOREK V., 2016: Is phylogenetic diversity a good proxy for functional diversity of plant communities? A case study from urban habitats. *Journal of vegetation science*, 27: 1036-1046.

MAHALL B. E., CALLAWAY R. M., 1992: Communication Mechanism and Intracommunity Distributions of Two Mojave Desert Shrubs. *Ecology*, 73: 2145-2151.

MALI S., SINGH R., SINGH A., MEENA M., 2016: Influence of drip lateral placement depth and fertigation level on germination, yield and water-use efficiency of cucumber, *Indian journal of agricultural science*, 86: 178-185

MIKŠÍK V., VAŠÁK J., 1999: Vliv předseťového hnojení dusíkem a obsahem Nmin v půdě na akumulaci biomasy na podzim. Odborné konference ČZU, Praha.

MIKULKA J., KNEIFELOVÁ M., MARTÍNKOVÁ Z., SOUKUP J., UHLÍK J., 2005: Plevelné rostliny, Profi Press, s.r.o., Praha.

NAVRÁTIL T., 2015: Vliv vybraných podmínek prostředí na klíčení semen plevelů. „nepublikováno“ Dep.: Mendelova univerzita v Brně.

NOVOPATSKY A., GOLDBERG D. E., 2001: Effects of Water Pulsing on Individual Performance and Competitive Hierarchies in Plants. *Journal of Vegetation Science*, 12: 199-208.

ODWELL J., 1991: *British Plant Communities. 2 Mires and Heathlands*. Cambridge University Press, Cambridge.

PATERSON E., SIM A., 2000: Effect of nitrogen supply and defoliation on loss of organic compounds from roots of *Festuca rubra*. *Journal of experimental botany*. Oxford university press. Oxford, 51: 1449-1457.

PIER P., 2008: *Pacific Islands Ecosystems at Risk*. USA: Institute of Pacific Islands Forestry.

PRACH K., 1988: Sukcese – jeden z ústředních pojmů ekologie. *Biol. listy*, 50: 205-217.

PRANČL J., 2011: Botany, <http://botany.cz/cs/setaria-verticillata/>, cit. 10. 1. 2017

PYŠEK P., DANIHELKA J., SÁDLO J., CHRTEK J. JR., CHYTRÝ M., JAROŠÍK V., KAPLAN Z., KRAHULEC F., MORAVCOVÁ L., PERGL J., ŠTAJEROVÁ K. et TICHÝ L., 2012: Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia* 84:155–255.

REBELE F., 1996a: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth auf antropogenen Standorten – ein Überblick. – *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*. 26:753–763.

REBELE F., LEHMAN C., 2001: Biological flora of Central Europe: *Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH. *Flora*.

REGAL V., KRAJČOVIČ V., 1963: *Pícninářství*. SZN, Praha.

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

REICHHOLF J., 1999: Pole a louky: Ekologie středoevropské kulturní krajiny. Knižní klub a Ikar Praha, a.s, 223 p.

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.

SÁDLO J., POKORNÝ., 2003: Rostlinné expanze a vývoj krajiny v holocenní perspektivě. In Pyšek P., Kubát K. & Prach K. (eds): Expanzivní druhy domácí flóry a apofytizace krajiny. *Zprávy české botanické společnosti* 19: 35-42

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

SELOSSE M. A., LE TACON F., 1998: The land flora: a phototroph-fungus partnership? *Trends in Ecology and Evolution*, 13: 15-20.

SCHNEK H. J., 2006: Root competition: beyond resource depletion. *Journal of Ecology*, 94: 725-739.

SCHNEK H. J., CALLAWAY R. M., MAHALL B. E., 1999: Spatial root segregation: Are plants territorial? *Advance in Ecological Research*, 28: 145-180.

SCHWINNING S., WEINER J., 1998: Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. *Ecologia*, 113: 147-152.

SIMA N., ROTAR., VIDICAN R., PACURAI F., MARGHITAS L. A., 2004: The influence of liming and fertilization both on plants nutrition and yield in a *Festuca rubra* pasture. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 60: 248-251.

SLAVÍK B., CHRTEK J., 2000: Květena České republiky, vol. 6. Academia, Praha.

SLAVÍKOVÁ J., 1986: Ekologie rostlin. SPN, Praha.

STEVENS J. C., MERRITT D. J., FLEMATTI G. R., GHISALBERTI E. L., DIXON K. W., 2007: Seed germination of agricultural weeds is promoted by the butenolide 3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one under laboratory and field conditions. *Plant Soil*, 298: 113-124.

SUZUKI J., HERBEN T., KRAHULEC F., HARA T., 1999: Size and spatial pattern of *Festuca rubra* genets in a mountain grassland: its relevance to genet establishment and dynamics. *Journ. Ecol.* 87: 942–954.

ŠINDELÁŘOVÁ J., 1959: Lesnický důležité traviny. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

TILMAN D., 1988: Plant Strategies and the Dynamics and Function of Plant Communities. Princeton University Press, Princeton.

TULLER J., De PAULA E., MAIA L., MORALES R., FARIA L., 2015: Seed predation food web, nutrient availability, and impact on the seed germination of *Senegalia tenuifolia*, *Revista de biologia tropical*, 63: 1149-1159.

TŮMA L., HOLUB P., FIALA K., 2005: Competitive balance and nitrogen lost from free grass species (*Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigejos*, *Festuca ovina*). *Biologia* 60: 417-422.

UREMUS I., UYGUR F. N., 2002: Variation of viability rates of some weed seeds in different depths of the soil by times. (Toprak içerisinde farklı derinlikte bulundurulmuş bazı yabancı ot tohumlarının canlılık oranlarının zaman içerisinde değişimi.) *Türkiye Herboloji Dergisi*, 5: 23-34.

UREMUS I., UYGUR F. N., 2005: Seed viability of some weed species after 7 years of burial in the Cukurova Region of Turkey. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4: 1-5.

USDA-ARS., 2012: Germplasm Resources Information Network (GRIN). National Germplasm Resources Laboratory Maryland.

VAN DER HEIJDEN G. A., HORTON T. R., 2009: Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. *Journal of Ecology*, 97: 1139-1150.

VASCONCELOS T., SÁ G., MODESTO I., 1984: Effect of temperature, light, depth and duration of burial on the germination of certain weeds. *Comptes rendus du 7ème colloque international sur l'écologie, la biologie et la systématique des mauvaises herbes*. Paris, 12: 13-20

WANG W. X., VINCOUR B., ALTMAN A., 2003: Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*. New York, 218: 1-14.

WATKINSON A. R., LONSDALE W. M., FIRANK L. G., 1983: A neighbourhood approach to self-thinning. *Oecologia*, 56: 381-384.

WEINER J., 1985: Size Hierarchies in Experimental Populations of Annual Plants. *Ecology*, 66: 745-752.

WEINER J., THOMAS S. C., 1986: Size variability and competition in plant monocultures. *Oikos*, 47: 211-222.

ZVÁRAL K., 2004: Biostatistika. Karolinum, Praha.