

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Vliv managementu na růst Calamagrostis epigejos (L.) Roth
The effects of management on the growth of Calamagrostis
epigejos (L.) Roth

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Pavla Vachová

Bakalant: Lenka Dubská

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dubská Lenka

Aplikovaná ekologie pro bakaláře - kombinované Praha

Název práce

Vliv managementu na růst *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth

Anglický název

The effects of management on the growth of *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth

Cíle práce

1. Literární rešerše o problematice
2. Založení a vyhodnocení nádobového pokusu
3. Odpověď na základní otázky:
 - Je rozdíl v produkci biomasy v různých živinových podmínkách?
 - Jak zájmový druh reaguje na aplikaci herbicidu?
 - Je rozdíl v produkci semen zájmového druhu v podmínkách?

Metodika

Studentka založí nádobový experiment s třtinou křovištní, kde bude sledovat vliv živinných prvků (N,P,K) aplikovaných v různých kombinacích a poměrech. Na konci sezony vyhodnotí reakci pokusné rostliny na příjem živin a tvorbu biomasy v závislosti na jednotlivých variantách. Během vegetační sezony aplikuje herbicid a zjistí odolnost a životaschopnost sledovaného druhu. Sebraná data statisticky vyhodnotí a okomentuje.

Harmonogram zpracování

- Duben 2014 - založení nádobového pokusu
- Duben - říjen 2014 - sběr dat
- Duben - říjen 2014 - práce na literární rešerži
- Listopad 2014 - leden 2015 - zpracování dat
- Leden - duben 2015 - práce s výsledky, diskuze, závěr
- Duben 2015 - odevzdání práce

Rozsah textové části

30 stran

Klíčová slova

expanze, herbicidy, živiny, nádobový experiment

Doporučené zdroje informací

Begon, M., Harper, J. L., Townsend C. R., 1997: Ekologie Jedinci, populace a společenstva, Vydavatelství univerzity Palackého, Olomouc.

Fiala K., 2001: The role of system of Calamagrostis epigejos in its successful expansion in alluvial meadows. Ekologia 20, p. 292 - 300.

Rebele F., Lehmann C., 2001: Biological flora of Central Europe: Calamagrostis epigejos (L.) Roth. Flora, 196, p. 325 - 344.

Tůma I., Holub P., Fiala K., 2005: Competitive balance and nitrogen losses from three grass species (*Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigejos*, *Festuca ovina*). Biologia 60/4: 1 - 6

Vedoucí práce

Vachová Pavla, Ing.

Elektronicky schváleno dne 18.9.2014

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6.11.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Pavly Vachové, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne _____

Podpis _____

Poděkování

Především děkuji své Kmotře za její podporu v mém životním rozhodnutí jít studovat, děkuji rodině i mým přátelům, zejména RNDr. Martině Nedbalové, Ph.D, která mě vedla mým studiem s mottem „*Per aspera ad astra – Přes překážky ke hvězdám*“. Ráda bych poděkovala i vedoucí práce Ing. Pavle Vachové za její přístup a odborné konzultace při zpracování bakalářské práce. Děkuji i mému kolegovi panu Ivanu Dobrovodskému za cenné rady v průběhu experimentu. Dále děkuji Ing. Miroslavě Pechové z Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Ruzyni a Ing. Martinu Dubskému, Ph.D. z Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. v Průhonicích za pomoc s rozbory pro mou práci.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo zjistit vliv příjmu živin na následnou tvorbu biomasy třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*), dále zjistit reakci odolnosti a životaschopnosti této rostliny patřící mezi výrazné expanzivní druhy na aplikovaný herbicid Roundup. Její výhodou je tvorba velkého množství stařiny, což ji zvyhodňuje v konkurenci jiných rostlinných druhů.

Práce je založena na nádobovém experimentu, který využívá principu latinského čtverce s variantami hnojení dusíku, draslíku, fosforu a jejich kombinacemi. Živiny byly aplikovány pravidelně jednou týdně po dobu vegetační doby. Na konci vegetační doby byla z poloviny vzorků odebrána biomasa a na zbylou část byl aplikován herbicid na bázi glyfosátu, kterým byla potřena plocha jednoho listu *Calamagrostis epigejos*.

Opticky vyšší podíl biomasy produkovaly rostliny, kterým byla aplikována hnojiva s obsahem dusíku (samostatně i v kombinaci s ostatními živinami) v porovnání s ostatními aplikovanými živinami. Statistické výsledky však prokázaly, že aplikace živin nijak výrazně tvorbu listové plochy neovlivnily.

Reakce *Calamagrostis epigejos* na použitý herbicid nevykazovala žádné extrémní známky zasažení a samotná reakce na aplikaci herbicidu byla naopak velmi dlouhodobá a rozdílná v závislosti na aplikovaných živinách. Odolněji na aplikaci reagovaly rostliny s přísunem dusíku, kde příznaky zasažení byly pozvolnější než u ostatních prvků.

Produkce semen nebyla hodnocena, jelikož rostliny byly při odběru pro transport z místa výskytu ostříhány. V důsledku toho *Calamagrostis epigejos* produkovala pouze zelenou biomasu bez květů. Z toho lze usoudit, že rozmnožení díky tvorbě semen lze ve větší míře zamezit právě kosením nebo i spásáním, jak se k tomu v mnoha případech při zamezení růstu expanzivních plevelů přistupuje.

Klíčová slova: expanze, herbicidy, živiny, nádobový experiment

The Summary

The aim of this work was to investigate the effect of nutrient intake on subsequent production of biomass of bushgrass (*Calamagrostis epigejos*), then to determine the response of resistance and vitality of this plant, which is considered one of the significantly expansive species, to the applied herbicide Roundup. An advantage of this plant is the production of large quantities of old grass, which makes the plant competitive against other plant species.

The work is based on a container experiment, which uses latin square with variations of nitrogen, potassium and phosphorus fertilizers and combinations thereof. The nutrients were applied regularly once per week during the growing season. At the end of the growing season the biomass was taken from half of the samples and a glyphosate herbicide was applied to the remainder. This herbicide was applied to one leaf surface of *Calamagrostis epigejos*.

Optically higher proportion of the biomass was produced by plants, to which fertilizers with a nitrogen component were applied (separately and in combination with other nutrients), in comparison with the other applied nutrients. The statistical results showed that the application of nutrients did not affect the production of leaf surface in any significant way.

The reaction of *Calamagrostis epigejos* to the used herbicide did not show any extreme signs of striking and the reaction itself to the application of the herbicide was long-lasting and differed depending upon the applied nutrients. Plants with nitrogen supply reacted more resistantly to the application, in which case the signs of striking were more gradual than in the case of the other elements.

The production of seeds was not evaluated, since the plants were cut during the taking from the place of their habitat. As a result *Calamagrostis epigejos* produced only green biomass without blooms. That is a reason to think that its multiplication may be limited or stopped by scything or grazing thanks to the production of seeds, as is often the case when the growth of expansive weeds is tried to be limited or stopped.

Keywords: expansion, herbicides, nutrient, a pot experiment

OBSAH

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše.....	12
3.1 Expanzivní plevele	12
3.2 Rod <i>Calamagrostis</i>	12
3.3 <i>Calamagrostis epigejos (L.) Roth</i>	13
3.3.1 Morfologie	13
3.3.2 Rozmnožování.....	14
3.4 Rozšíření.....	15
3.5 Společenství.....	18
3.6 Funkce jednotlivých živin v rostlinném metabolismu	18
3.6.1 Dusík – N (<i>Nitrogenium</i>)	19
3.6.2 Fosfor – P (<i>Phosphorus</i>)	20
3.6.3 Draslík – K (<i>Kalium</i>).....	20
3.7 Odstraňování expanzivních plevelů nechemickými způsoby	21
4. Metodika	24
4.1 Odběr <i>Calamagrostis epigejos (L.) Roth</i>	24
4.2 Založení nádobového experimentu.....	24
4.2.1 Rozbor substrátu	25
4.3 Aplikace živin.....	25
4.4 Sběr dat.....	27
4.4.1 Rozbor živin suché biomasy	28
4.5 Statistické vyhodnocení.....	29
5. Charakteristika studijního území.....	30
5.1 Lumbeho zahrady	30
5.2 Královská zahrada	30

5.3	Charakteristika místa odběru „Mladoboleslavský bioregion“	32
5.3.1	Poloha a základní údaje.....	32
5.3.2	Horniny a reliéf	33
5.3.3	Podnebí.....	33
5.3.4	Půdy	33
5.3.5	Biota	33
6.	Výsledky a diskuze	35
6.1	Rozbor kompostu a zeminy	35
6.2	Vliv hnojiv na obsah živin v listech	36
6.3	Produkce biomasy	41
6.4	Reakce na aplikaci herbicidu.....	43
6.5	Produkce semen.....	45
7.	Závěr	46
8.	Přehled literatury a použitých zdrojů	47

1. Úvod

Vysoké expanzivní trávy působí jako závažné plevely, protože se intenzivně šíří a jsou velkou hrozbou pro biologickou rozmanitost různých rostlinných společenstev (FIALA et al. 2011). Mezi tyto nekontrolovaně se šířící plevely patří i mnou studovaná rostlina třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*). Problematika expanzivních druhů rostlin mne zajímá z důvodu možných obav o potlačení druhů, které jsou pro českou floru přirozené a typické. Ve své práci jsem se proto soustředila na sledování reakci třtiny na aplikaci živinných prvků: dusík, fosfor, draslík a jejich kombinací na tvorbu biomasy.

Také jsem se zaměřila na otázku, jak *Calamagrostis epigejos* reaguje na aplikaci herbicidu, který se jeví jako neúčinný krok při potlačování expanzivních rostlin. Negativní reakci popisují například ve studii o hvozdíku písečném (*Dianthus arenarius subsp. Bohemicus*) a likvidaci konkurenčních druhů ovsíka vyvýšeného (*Arrhenatherum elatius*) a třtiny křovištní. V roce 1983 byl pokusně kolem dvou trsů hvozdíku aplikován herbicidní přípravek Roundup za účelem odstranění konkurence bylinných a travinných složek vegetace. Použití chemických přípravků pro omezení rozvoje expanzivních rostlin se v dlouhodobějším hledisku ukázalo jako málo účinné (BĚLOHOUBEK, 2008).

Dalším důležitým aspektem je sledování vlivu kosení na produkci semen studované rostliny. Následným kosením dochází k redukci nežádoucích plevelů, důvodem je zbavování se nežádoucích plevelů tímto způsobem. Proto se tento postup ve většině případů volí jako jeden z mála účinných způsobů zamezení šíření. Shodný postup byl zvolen i v případě zmíněné studie o hvozdíku, podle které jsou od roku 1989 každoročně likvidovány expanzivní druhy trav *Arrhenatherum elatius* a *Calamagrostis epigejos* jejich pravidelným kosením (BĚLOHOUBEK, 2008).

Podobný postup volí i v národním přírodním parku Radouč, který se nachází v oblasti mého odběru *Calamagrostis epigejos*. Zde problematiku třtiny křovištní řeší již několik let spásáním a tím je likvidace veškerých nežádoucích porostů vyřešena (VĚRA LUCIE VÁLOVÁ, IX. 2014, in litt.).

2. Cíle práce

Otázky, na které se zaměřuji ve své bakalářské práci:

- Je rozdíl v produkci biomasy v různých živinových podmínkách?
- Jak zájmový druh reaguje na aplikaci herbicidu?
- Je rozdíl v produkci semen zájmového druhu v různých podmínkách?

Každý výsledek získaný ze svého experimentu budu brát jako přínos a příspěvek pro zodpovězení otázek problematiky expanzivních rostlin a jejich možného a následného odstraňování. Způsob dosažení výsledků popíši blíže v metodické části.

3. Literární rešerše

3.1 Expanzivní plevele

Plevele jsou rostliny, které rostou v polních kulturách, na stanovištích uměle vytvářených člověkem, a to bez jeho úmyslného přispění. Často jsou vnímány jako skupina rostlin, které se zde vyskytovaly odnepaměti a kterých se nelze jen tak lehce zbavit. Ve skutečnosti je plevelová vegetace poměrně mladým vegetačním typem a její vznik a vývoj souvisí s rozvojem zemědělství a počátkem pěstování zemědělských plodin (OTÝPKOVÁ, 2006). K možnému objektivnímu posouzení, zda lze daný druh konkrétně považovat za druh expanzivní, je nutno mít pro něj poměrně dlouhé časové období (JEHLÍK, 1998). Expanzivní druh je druhem původním, ale v důsledku změny životních podmínek (celkové obohacení půdy dusíkem ze spadů i hnojiv, okyselení prostředí, odlesňování) se šíří. Zde nelze, tak jako u invazních druhů zavést regulaci spočívající v likvidaci šířících se rostlin. Proto je potřeba rozsáhlejších zásahů omezujících negativní vlivy na prostředí, které umožňují šíření těchto druhů (HOŠEK, 2014). Konkurenční síla určitého taxonu bývá v různých společenstvech rozdílná, a navíc se zpravidla mění v důsledku pastvy, hnojení, kosení či chodu počasí v daném roce (KINCL et al. 2008). Mezi konkurenčně zdatné se řadí domácí expanzivní druhy, které se intenzivně šíří a pronikají do různých společenstev (KINCL et al. 2008).

3.2 Rod *Calamagrostis*

Trávy jako celek lze charakterizovat velkou variabilitou reprodukčních systémů, které se spolu často kombinují. Genetičtí jedinci trav přitom patří k nejdéle žijícím organismům, často starším než jedinci u dřevin (KRAHULEC et al. 1996). Trávy na mnoha místech určují charakter porostu, jsou dominující v celých oblastech a zatlačují v celkovém souboru květeny ostatní rostliny do pozadí (GRAU et al. 1998). Problematický rod *Calamagrostis* ilustruje situaci, kdy fenomén polyploidizace¹ přechází ve větší míře do hybridizace a částečně i apomixie². Mezi evropskými zástupci rodu nalezneme jednak obsáhlejší skupinu druhů sexuálních, jednak menší skupinu fakultativních apomiků, s výjimkou *C.epigeojos* (L.) Roth a třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa* (Chaix) J.F.Gmel.), které jsou druhy sexuálními

¹ Polyploidizace – genová mutace

² Apomixie – nepohlavní rozmnožování rostlin

a tetraploidními (KRAHULEC et al. 1996). Rod *Calamagrostis* má i velký význam ekologický, neboť zejména na odlesněných půdách zabraňuje vodní a větrné erozi a zadržují srážkovou vodu (MAREČEK, 1994).

Rod *Calamagrostis* je řazen do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), pro kterou je stavba stébla typickým znakem snadno odlišitelným od všech ostatních rostlin trávovitého vzhledu. Další útvar významný pro určování této čeledi je listová pochva, která přechází na svrchním konci v listovou čepel. Na místě přechodu obou částí se často nachází malý blanitý lem, zvaný jazýček tzv. *ligula* (obr. č. 1) (GRAU et al. 1998).



obr. č. 1: jazýček tzv. *ligula*. Zdroj: <http://www.botanika.wendys.cz>

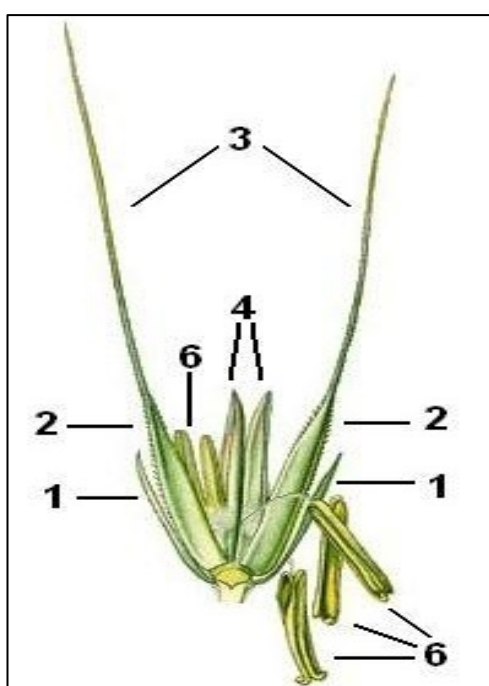
3.3 *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth

3.3.1 Morfologie

Druh *Calamagrostis epigejos* je popisován jako vytrvalá, 60 až 150 cm vysoká šedozelená, rozlehle trsnatá tráva, se silným, plazivým a výběžkatým oddenkem (RANDUŠKA et al. 1983), ale naproti tomu REBELE et LEHMANN (2001) uvádí délku dokonce 60 až 200 cm. Stébla jsou přímá, silná a zejména pod květní latou velmi drsná (RANDUŠKA et al. 1983) s 2 až 4 kolénky (KUBÁT, 2002). Listové plochy jsou chlupaté a drsné, čepele listů jsou 3 až 10 mm široké, drsné, ploché nebo svinuté s tupým a dřípeným jazýčkem, dlouhým až 7 mm. Klásky jsou krátce stopkaté, nazelenalé až nafialovělé a tvoří bohatou, hustou, 30 cm dlouhou latu, která je

i v době květu laločnatá, se štětinatě drsnými 10 cm dlouhými větévkami. Pluchy (obr. č. 2 a 3) jsou podlouhle vejčité, 3-žilné, 2-zubé, blanité v polovině hřbetu s tenkou osinou a 3 krát kratší než plevy, které jsou dlouhé 5 až 8 mm (RANDUŠKA et al. 1983). Prašníky jsou žluté až hnědooranžové, na krátkých nitkách (KUBÁT, 2002). Oddenek může dorůstat jedním směrem až o 150 cm za rok. Oddenky rostou v hloubce v rozmezí 3-20 (-35) cm. Většina kořenů roste v hloubce 0-40 cm pod půdním povrchem a zakořeňují v hloubce maximálně 200 cm (REBELE et LEHMANN, 2001).

Calamagrostis epigejos kvete od června do srpna (KUBÁT, 2002).



obr. č. 2, 3: plucha. Zdroj: <http://www.botanika.wendys.cz>

Legenda: 1. - plevy, 2. - pluchy, 3. - osiny, 4. - plušky, 6. – tyčinky

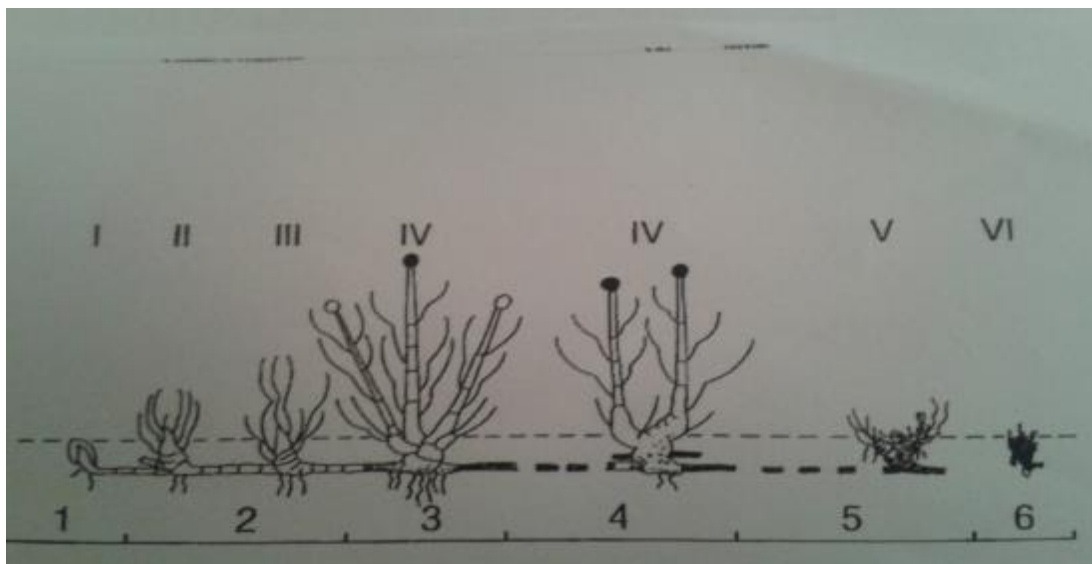
3.3.2 Rozmnožování

První podmínkou růstu populace je úspěšné uchycování a vyklíčení diaspory rostliny. Diasporou rozumíme jakýkoli oddělený orgán, nebo část orgánu, schopný vyrůst v novou rostlinu. Jsou to například výtrusy, semena, rozmnožovací pupeny, oddělený kus stélky, trs trávy, hlízy, cibule, pacibulky, části oddenků a kořenů s adventivními pupeny. Někdy se tyto orgány nazývají propagační částice či propagační orgány (SLAVÍKOVÁ, 1986).

Jednotlivé druhy rodu *Calamagrostis* se rozmnožují generativně obilkami a vegetativně částmi podzemních, převážně vodorovných článkovaných oddenků, jež

se rozrůstají všemi směry od mateřské rostliny a tvoří hustá, stále se rozšiřující ohniska zaplevelení (MAREČEK, 1994). *Calamagrostis epigejos* patří právě k druhu, který se vegetativně rozmnožuje (obr. č. 4) velmi dobře a zároveň dokáže vytvořit značné množství drobných, snadno šířitelných semen (STORCH et MIHULKA, 2000).

To potvrzuje i REBELE et LEHMAN (2001), v mírném podnebí jsou schopny nadzemní rostlinné výhonky přezimovat. Ačkoliv v optimálním prostředí je *Calamagrostis epigejos* schopna kvést každý rok a produkovat množství plodů, rozmnožuje se převážně vegetativně díky rozpínavosti oddenků a vytvářením nových ramet³. Tyto nové ramety jsou široce rozptýleny růstovou formou guerilla⁴. Tvorba semenáčků je zřídka pozorována na založené polní vegetaci. Analýzy klonální rozmanitosti různých stanovišť *Calamagrostis epigejos* však vykazují doklad o pohlavní reprodukci a odlišnosti klonální rozmanitosti podle místa výskytu.



obr. č. 4: životní cyklus *C. epigejos*. Zdroj: REBELE et LEHMAN 2001

Legenda: I- nejmladší výhon, II- mladý vegetativní výhon, III- dospělý vegetativní výhon, IV- generativní „reprodukční“ výhon, V- odumírající výhon, VI- odumřelý výhon, 1 – 6: roční expanze

3.4 Rozšíření

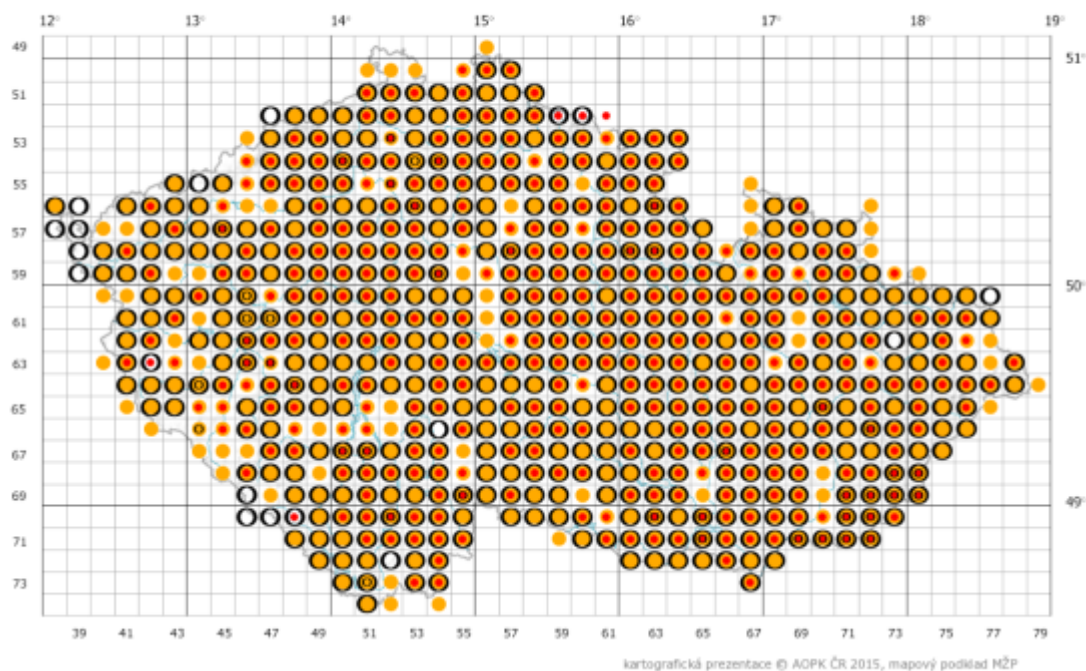
Druh *Calamagrostis epigejos* je rozšířen skoro po celé Evropě a Asii (TRÍSKA, 1979). Běžně se vyskytuje převážně ve Střední Evropě, zvláště v kontinentálních

³ Rameta- individuální výhon potenciačně schopný samostatné existence

⁴ Guerilla- obecná forma klonálního růstu, který je lineární s dlouhými internodií

oblastech, zejména části Německa, Polska a České republiky (obr. č. 5) (REBELE et LEHMANN, 2001).

Výskyt druhu *Calamagrostis epigejos* podle záznamů v ND OP



- nálezy do roku 1949
- nálezy v letech 1950-1989
- nálezy v letech 1990-2009
- nálezy od roku 2010

Aktualizováno 03.03.2015



obr. č. 5: rozšíření *C. epigejos* v České republice. Zdroj: <http://www.portal.nature.cz>

Přirozeným prostředím jsou paseky, kde obvykle roste v celých porostech (obr. č. 6), dále na lesních světlinách a okrajích, křovinatých stráních i na písčitých březích (TRÍSKA, 1979).



obr. č. 6: porost *C. epigejos*. Zdroj: <http://www.botanika.wendys.cz>

Druhu *Calamagrostis epigejos* se daří na různě zbarvených (od šedohnědé, hnědé až černé, eventuálně žluté), slabě kyselých až neutrálních, písčitých, písčito-jílovitých, hlinito-písčitých nebo škvárovitých, humózních půdách, s množstvím rostlinného detritu⁵ na povrchu. Tento druh má více či méně vytrvalý charakter na makrolokality, kde doprovází ruderní půdy nejen v říčních přístavech, ale i na nádražích. Je značně rozšířen například v přístavech vodní cesty Labe-Vltava a vodní cesty Dunaj ve střední Evropě (JEHLÍK, 2013). *Calamagrostis epigejos* lze také uvést jako hospodářsky nejvýznamnější plevel, který zvláště na lesních půdách, v parcích svým hustým a mohutným zápojem (vytváří na rozsáhlých plochách souvislá ohniska) potlačuje rozvoj nejen ostatních planých lesních druhů, ale i značně potlačuje mladé sazenice lesních stromů a na lesních pasekách zabraňuje obnově lesa. Jako polní plevel se objevuje méně často. Místy roste v parkových výsadbách, na mezích, kolem komunikací a na jiných travnatých místech (MAREČEK, 1994).

⁵ Detrit – neživá organická hmota

3.5 Společenství

Rostlinné společenstvo tzv. fytoceózu, můžeme definovat jako soubor jedinců a populací rostlin rostoucích společně na určitém stanovišti, které jsou ovlivňovány svým prostředím, ovlivňují se navzájem a modifikují své vlastní prostředí (SLAVÍKOVÁ, 1986). Rostlinná společenstva nejsou zcela náhodná seskupení rostlin. Tvoří se z opakujících se souborů taxonů. Některé druhy rostlin se vyskytují velmi často spolu, některé nenajdeme nikdy pohromadě. Prostorovým a časovým rozmístěním rostlinných populací na určitém stanovišti se vytváří složitý skladebný systém a to je struktura společenstva (SLAVÍKOVÁ, 1986).

Calamagrostis epigejos se vyskytuje ve společenstvech třídy *Urtico-Sambucetea* (RANDUŠKA et al. 1983), naproti tomu DOSTÁL (1989) udává širší výskyt ve společenstvech, jako *Arrhenetalia*, *Prunetalia*, *Artemisietea*, *Molinetalia* a *Salicetalia*. Diagnostickým, konstantním i dominantním druhem je uváděna třída *Epilobietea angustifolii* (CHYTRÝ et TICHÝ, 2003). V lesních společenstvech expanduje hlavně do *Luzulo albidae-Quercetum petraeae*, *Abiety-Quercetum*, *Mastigobryo-Piceetum* a dalších méně zastoupených jednotek (NEUHÄSLOVÁ et al. 2001). Její výskyt ve společenstvech je velice rozmanitý na písčítých dunách, zaplavovaných územích, močálech, pastvinách, vřesovištích, lesích, vykácených lesích a polích ležících ladem (REBELE et LEHMANN, 2001). CHYTRÝ et al. (2001) dále udává úzkolisté a acidofilní suché trávníky. STORCH et MIHULKA (2000) popisují druh *Calamagrostis epigejos* jako rostlinu často vytvářející sevřené porosty, do nichž není schopen proniknout žádný další druh a tím blokuje sukcesní⁶ vývoj daného stanoviště podle některých odhadů až na několik desítek let.

3.6 Funkce jednotlivých živin v rostlinném metabolismu

Některé chemické prvky rozhodují výrazněji o výskytu určitých druhů rostlin a eliminují některé jiné druhy (SLAVÍKOVÁ, 1986). Rostlinné živiny jsou v půdě obsaženy buď v roztoku, anebo vázané. V půdním roztoku je rozpuštěn nepatrný podíl a to méně než 0,2 % celkové půdní zásoby živin. Asi 98 % biogenních prvků, obsažených v půdě, je uloženo v opadu, humusu a těžko rozpustných anorganických sloučeninách, nebo zabudováno v minerálech, Ty tvoří živinovou zásobu, která se stává přístupnou rostlinám velmi pomalu, tak jak zvětrávají nerosty a mineralizuje se

⁶ Sukcese – přirozený sled změn na určitém místě v krajině

humus. Zbývající 2 % živin jsou vázána na půdní koloidy (LARCHER, 1988). Rostliny potřebují minerální živiny z mnoha důvodů. Předpokládá se, že rychlost příjmů minerálních živin rostlinami je regulován jejich obsahem v rostlinách mechanismem zpětné vazby (PROCHÁZKA et al. 2003). Minerální živiny jsou přijímány především kořeny z půdního roztoku, a to přednostně ve formě nejlépe přístupné (SLAVÍKOVÁ, 1986). Pokud jde o množství anorganických prvků dostupných rostlinám, dají se rozlišit tři základní stavy: nedostatek, dostatečná dodávka a škodlivý nadbytek některé živiny (LARCHER, 1988). LARCHER (1988) dále uvádí, že rostliny, trpící nedostatkem živin, jsou zakrslé a v některých případech kvetou, plodí a stárnou předčasně. Jde-li o nedostatek jen některých základních prvků, anebo jsou-li rostliny daného druhu mimořádně náročné na některé prvky, mohou se vyskytnout specifické nedostatkové příznaky. Je-li, ale dodávka živin přiměřená, mohou okamžitá množství přístupných živin kolísat v širokých mezích bez patrného působení na růst a vývoj rostliny. Jakmile jsou splněny požadavky rostliny na živiny, mírný přebytek některých živin není pro růst rostliny dále výhodný. V případě nadbytečných koncentrací, mohou minerální živiny působit až jedovatě, zejména je-li jen jediná živina v nadbytku.

3.6.1 Dusík – N (*Nitrogenium*)

Příjem nitrátů kořeny rostlin a jeho následná redukce a asimilace představují hlavní způsob, jímž je anorganický dusík přeměňován na organický. Rostliny vytvořily řadu regulačních mechanismů, jimiž je příjem dusíku řízen víceméně v souladu s potřebami rostliny, určenými rychlostí jejich růstu (PROCHÁZKA et al. 2003). Dusík je rostlinami přijímán pouze v anorganické formě jako nitrát NO_3^- nebo jako amonný ion NH_4^+ . Proto o zásobení rostlin dusíkem na stanovišti nerozhoduje jeho celkové množství v půdě, ale to množství, které je vázáno v přístupné formě pro rostliny. Často bývá přístupného dusíku pro rostliny v půdě nedostatek a podle zákona minima se stává i limitujícím činitelem pro růst a výživu rostlin, a tím i selekčním faktorem, kterým eliminuje ze stanoviště druhy náročné na dusíkovou výživu (SLAVÍKOVÁ, 1986). Jedním z prvotních projevů nedostatku dusíku je pokles hodnoty udávající poměr hmotnosti sušiny nadzemní části a kořenů. Změna tohoto poměru je způsobena spíše poklesem rychlosti růstu nadzemní části, než zvýšením rychlosti růstu kořenů. Mezi další nápadné symptomy deficitu dusíku patří pokles

syntézy chlorofylu, a tím vyvolané světle zelené až žlutavé zbarvení listů (PROCHÁZKA et al. 2003).

Různými strategiemi využití dusíku u *C. epigejos* se zabývali například KAVANOVÁ et GLOSER (2005), jejichž data ukázala, že oddenky hrají důležitou roli v přenosu dusíku mezi výhony, ale ne v jeho skladování v rostlině. Výsledky dále prokázaly vliv dusíku na tvorbu nové listové plochy. Vysokou expanzi listové plochy a rychlejší růst díky obsahu dusíku u *C. epigejos* potvrzují ve své studii i GLOSER et al. (2007) a HOLUB et al. (2012a).

3.6.2 Fosfor – P (*Phosphorus*)

Fosfor je důležitou součástí systémů zabezpečujících přenos signálů na vnitrobuněčné i mezibuněčné úrovni (PROCHÁZKA et al. 2003). V globálním měřítku jsou hlavním zdrojem fosforu jeho fosilní sedimenty organického původu, které se v omezené míře vytvářejí i v současné době, jsou jimi uloženy guana⁷ (SLAVÍKOVÁ, 1986). Jeho mimořádný význam je v reakcích souvisejících s využíváním a přeměnou energie. Dlouhodobý deficit fosforu vede k aklimatizaci rostlin, kdy je zabezpečena téměř normální funkce fotosyntetického aparátu několika mechanismy, např. zvyšuje se syntéza látek, které neobsahují fosfor, jako jsou jednoduché cukry, škrob nebo polysacharidy tvořící buněčnou stěnu (PROCHÁZKA et al. 2003). Ukazuje se, že nedostatek přístupné formy fosforu pro rostliny omezuje často úrodnost suchozemských i vodních stanovišť, a tím i růst a další životní funkce rostlin (SLAVÍKOVÁ, 1986).

Autoři HOLUB et ZÁHORA (2008) sledovali například koncentraci dusíku a fosforu u *C. epigejos* a *Festuca ovina* (kostřava ovčí), kde poměr dusíku a fosforu výrazně zvýšil nadzemní biomasu u obou konkurentů a zároveň zjistili, že *C. epigejos* ve srovnání s *F. ovina* dokáže vyrovnat zvýšení hladiny N s vyšším příjmem P.

3.6.3 Draslík – K (*Kalium*)

Funkce draslíku je většinou spojována s regulací vodního provozu. Patří mezi nejvýznamnější osmotika v rostlinách a má také význam při dlouhivém růstu buněk. Dále se účastní na vytváření polymerů (škrob i bílkoviny), má klíčový význam při otevírání průduchů a také při nastických⁸ pohybech (PROCHÁZKA et al. 2003).

⁷ Guano – exkrementy mořských ptáků

⁸ Nastické pohyby – neorientované pohyby

Celkový obsah draslíku v půdě může dosáhnout až 2,5%. Je silně závislý na složení matečních hornin a přítomnosti jílových materiálů, které jsou jeho hlavními nosiči. Jeho obsah v sušině rostlin se pohybuje v rozpětí 0,25 až 7,5%. Lehce se přemísťuje ze starších listů do mladších orgánů, jeho příjem a spotřeba je ovlivněna vlhkostí (za vlhka je vyšší), teplotou (je vyšší za vyšších teplot) a například i slunečním zářením (při vyšší intenzitě menší spotřeba). Při nedostatku jsou rostliny povadlé, na okrajích listů od špiček se objevují světle zelené skvrny, které dále hnědnou. Nejstarší listy pak zasychají a odumírají (ZITTA et al. 1999).

Autoři SÜß et al. (2004) se ve své studii zabývali faktory rozhodujícími o výskytu vysokých trav *C. epigejos* a *Stipa capillata* L. (kavyl vláskovitý). Uvádí, že *C. epigejos* nebyla schopna šíření při spojení stresových faktorů, nedostatku živin a sucha. Stala se dominantní v případě zvýšení půdní vlhkosti, nebo při vyšším zásobování fosforečnanů či draslíku a potlačila tak konkurenční druh *S. capillata*, která je ve svém růstu úspěšná při nízkých živinných hladinách a suchých půdních podmínkách.

3.7 Odstraňování expanzivních plevelů nechemickými způsoby

Jednostranné používání látek stejného mechanismu účinku vyvolalo změny v druhových spektrech škodlivých organismů. Citlivé druhy ustupovaly a naopak odolné druhy se rychle šířily. U plevelů se zpočátku nepředpokládal vznik rezistentních populací, právě pro jejich poměrně pomalý reprodukční cyklus. V druhé polovině šedesátých let se začaly objevovat v literatuře první zmínky o rezistentních populacích plevelů, především vůči triazinovým herbicidům, a to v oblastech Severní Ameriky a Kanady (MIKULKA et CHODOVÁ, 1996). Vznik rezistence vůči herbicidům u plevelů, podobně jako rezistence ostatních škodlivých činitelů vůči pesticidům, má své zákonitosti. Je vyvolán dlouhodobým působením herbicidních látek na plevelná společenstva a za takových podmínek byla podstatně vyšší pravděpodobnost vzniku rezistentních rostlin. Po několikaletém používání byl zpravidla pozorován nižší účinek herbicidů na plevele. Rezistenci plevelů lze charakterizovat jako absolutní toleranci vůči takové dávce herbicidů, která daný druh plevelné rostliny normálně v porostu kulturní rostliny hubí. Naproti tomu tolerance rostlin je přirozená a normální odolnost vůči používaným herbicidům (MIKULKA et CHODOVÁ, 1996).

MAREČEK (1994) v popisu o rodu *Calamagrostis* uvádí, že účinnější proti tomuto rodu je chemická ochrana herbicidy. Zároveň však uvádí, že ochrana proti třtině křovištní (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), třtině rákosovité (*C. arundinaceae* (L.) Roth) a třtině chloupkaté (*C. villosa* (Chaix) Gmel.) druhům lesní buřeně⁹ je především v zásazích mechanických (opakované kosení ploch, okopávání a obsekávání lesních sazenic).

Například v NPP Radouč a v jejím ochranném pásmu, pro likvidaci nepůvodních a expanzivních druhů volí pastvu a seč, kde díky absenci zemědělství dochází ke zvyšování vysokostébelných trávníků a expanzi *C. epigejos*. Díky tomu se zde zavádí intenzivní pastva brzy na jaře (včetně pokosení nedopasků), nebo se zvyšuje intenzita seče a to až 4 krát ročně (SPRÁVA CHKO, 2009). Seč byla zvolena i v případě studie o hvozdíku písečném (BĚLOHOUBEK, 2008). Potlačení dominantní traviny *C. epigejos* vlivem kosení a spásáním se ve své studii zabývali i HÁZI et al (2011) jejichž výsledky ukázaly, že *C. epigejos* zmizí samovolně sekundární sukcesí pastvin za přibližně 40 až 50 let. Také uvádí, že toto snížení bylo možné pozorovat i v krajinném měřítku v roce 2001, kdy plocha s *C. epigejos* převažovala místům 70% a za 8 let tento podíl klesl díky spásání a kosení na 55%.

Seč a pastva jsou v principu dva různorodé způsoby disturbance, tj. narušování či odebírání nadzemní hmoty. Sečení je náhlé a plošné, rostliny musí být na tento stres připraveny a současně být konkurenčně silné, aby tento šok ustály. Pastva je disturbance mnohem výběrovější, rostliny přijdou často o část své nadzemní biomasy, jsou sice vystaveny stresu, ale mnohem méně konkurenčnímu boji. Luční a pastvinné druhy může v jejich výskytu omezovat některý ze základních faktorů prostředí, jako vlhkostní, teplotní, živinný a výškový gradient (HROUDA, 2013). Vliv pastvy živočichů (divoce žijících zvířat stejně jako stád domácích zvířat) se velmi významně projevuje na skladbě společenstva rostlin. Pastva se projevuje totiž nejenom přímo – okusem nadzemních částic, ale také nepřímo – sešlapem, který způsobuje mechanické porušování rostlin a změny ve struktuře povrchu půdy. Významný je i vliv hnojení trusem pasoucích se zvířat, kterým se mění chemická skladba půdy. Především se zvyšuje obsah dusíku a fosforu (SLAVÍKOVÁ, 1986).

⁹ Buřeně – trávy, byliny a křoviny, které jsou přirozenou součástí lesních společenstev a zvyšují své zastoupení na obnovované ploše po těžbě dospělého porostu.

STORCH et MIHULKA (2000) se zmiňují o znesnadnění spásání a zároveň zpomalení rozkladu odumřelé biomasy, díky oxidu křemičitému, kterým jsou prosycena pletiva *Calamagrostis epigejos*.

4. Metodika

4.1 Odběr *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth

Rostliny pro založení nádobového experimentu¹⁰ s *Calamagrostis epigejos* byly odebrány dne 29. března 2014 v lokalitě Písková Lhota, okres Mladá Boleslav. Tato expanzivní rostlina zde má poměrně velké rozšíření a to i v nedaleké Národní přírodní památce Radouč, kde problematiku expanzivních rostlin řeší již několik let spásáním (kap. 3.7). Z důvodu pohodlnější přepravy byla *Calamagrostis epigejos* ostříhána a zbavena stařiny¹¹, rozdělena na třicet dva vzorků pro požadovaný počet při experimentu pro dostatečné porovnávání reakcí na aplikace živin, herbicidu a výnosnost semen.

4.2 Založení nádobového experimentu

Pro výsadbu rostlin byly zvoleny květníky o průměru čtrnácti centimetrů, objemu 1,2 l a byla použita zemina v kombinaci kompost s příměsí písku. Velikost květníku byla pro založení experimentu (obr. č. 7) a růstu dostačující. Zvolený substrát měl přiblížit konzistenci povrchu z místa odebrání. Ještě před výsadbou byl proveden rozbor substrátu (kap. 4.2.1) pro porovnání obsahu živin. Následně byly aplikovány živiny v přesně definované koncentraci. Z důvodu nedostatečného venkovního prostoru byly rostliny umístěny do prostor skleníku.



obr. č. 7: založení nádobového experimentu. **Zdroj:** osobní fotodokumentace

¹⁰ Nádobový experiment – vědecký pokus založený na principu pozorování v nádobách

¹¹ Stařina – odumřelá travní hmota.

4.2.1 Rozbor substrátu

Pro chemické rozboru kompostu a zeminy (kap. 6.1) z něj připravené byly použity metody platné v Evropské unii (EUROPÄISCHE NORM), které jsou začleněny mezi normy národní. Tyto metody jsou založeny na stanovení objemové hmotnosti (OH) substrátu s přirozeným obsahem vody (ČSN EN 13040) na počátku rozboru. Stanovení OH slouží pro výpočet navážky vzorku odpovídající 60 ml vzorku. Pro porovnání OH vzorků s různou vlhkostí se podle obsahu sušiny (ČSN EN 13040) vypočítá OH suchého vzorku. Obsah spalitelných látek v sušině byl stanoven podle ČSN EN 13039.

Hodnoty pH (ČSN EN 13037), elektrické vodivosti (EC) (ČSN EN 13038) a přijatelného vápníku (EN 13652) byly stanoveny ve vodním výluhu 1v : 5v. Obsah přijatelných základních živin (dusík v nitrátové a amonné formě, P, K, a Mg) byl stanoven podle ČSN EN 13651 ve vyluhovacím činidle CAT (0,01 mol/l chlorid vápenatý, 0,002 mol/l DTPA) ve vyluhovacím poměru 1v : 5v. Dusík v nitrátové a amonné formě a P byly stanoveny spektrometricky, K a Ca plamennou fotometrií a Mg optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem.

Rozboru substrátu byly zpracovány ve Výzkumném ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. v Průhonicích pod vedením Ing. Martina Dubského, Ph.D.

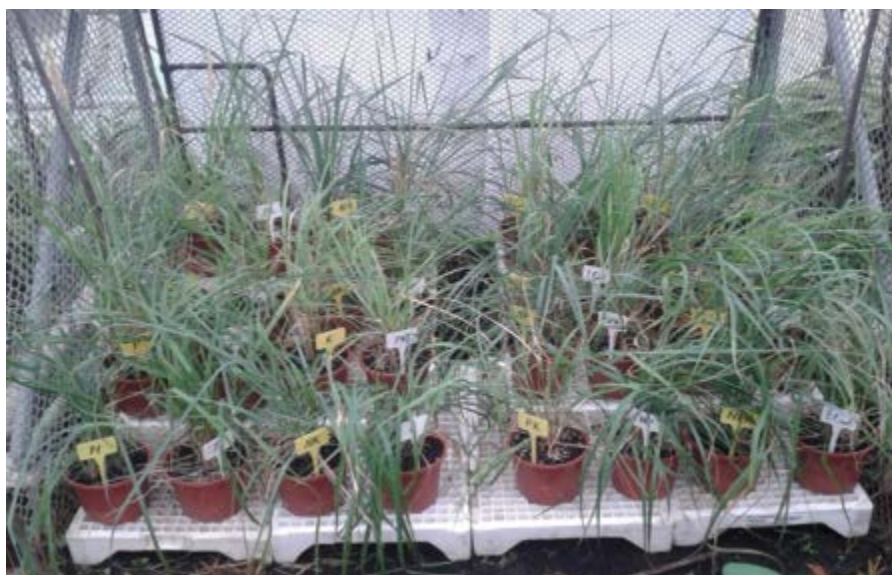
4.3 Aplikace živin

Vzorky *Calamagrostis epigejos* byly rozestavěny dle metody Latinského čtverce (tab. č. 1), do čtyř řad po osmi vzorcích. Každá rostlina měla označení aplikovaného prvku a jejich kombinací (N, P, K, NP, NK, PK, NPK + kontrolní vzorek). Měsíc po výsadbě bylo zahájeno vlastní hnojení (obr. č. 8), opakující se v intervalu jedenkrát týdně po dobu vegetační doby. Důvodem byla nutnost vyčerpání původních živin substrátu a řádného zakořenění rostliny. Pro nádobový experiment byla použita tato hnojiva: Superfosfát, Draselná sůl, Ledek amonný s vápencem s obsahem 27% dusíku. Dávky byly vypočítány pro komerční směs na plochu květníku v gramech (tab. č. 2).

tab. č. 1: Latinský čtverec – jméno bylo zavedeno Leonardem Eulerem. Jsou to čtverce o n řádcích a n sloupcích, do nichž vypisujeme čísla od 1 do n tak, aby se každé z těchto čísel v každém řádku a v každém sloupci vyskytovalo právě jednou

Legenda: **N** – dusík, **P** – fosfor, **K** – draslík, **NP** – dusík/fosfor, **NK** – dusík/draslík, **PK** – fosfor/draslík, **NPK** – dusík/fosfor/draslík, **C** – kontrolní vzorek

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



obr. č. 8: Reakce rostliny po měsíční aplikaci živin. **Zdroj:** osobní fotodokumentace

tab. č. 2: Hodnoty aplikovaných hnojiv

aplikace komerční směsi g/0,01327m ²	
Superfosfát	1,140687679
Draselná sůl	0,532931727
27% dusík	0,982962963

4.4 Sběr dat

Ve vegetační době dne 23. srpna 2014 byla z poloviny vzorků získána biomasa (obr. č. 9), která byla zvážena a hmotnost zaznamenána bezprostředně po odběru a následně i v suchém stavu. Suchá biomasa byla dále použita pro rozbor obsahu živin v listech (kap. č. 4.4.1). Na druhou polovinu vzorků se aplikoval 3% roztok herbicidního přípravku Roundup¹². Aplikace byla provedena přímou metodou na plochu listu a to z důvodu ovlivnitelnosti množství herbicidního přípravku pro přesnější a lépe vyhodnotitelná data. Po tomto zákroku se ukončila aplikace hnojiv a byl následně sledován účinek herbicidu na rostlinu. V průběhu celého experimentu se prováděla fotodokumentace.



obr. č. 9: Získání biomasy a aplikace herbicidu. **Zdroj:** osobní fotodokumentace

¹² Roundup – neselektivní listový herbicid se systematickým účinkem

Koncem září mi bylo umožněno přesunout rostliny na venkovní stanoviště, tím bylo zajištěno přirozené nastoupení vegetačního klidu. Pro vyvarování se možného vymrznutí, byla *Calamagrostis epigejos* založena do mulčovací kůry, která sloužila jako izolační vrstva.

4.4.1 Rozbor živin suché biomasy

Pro určení obsahu živin v listech (kap. 6.2) byla použita biomasa ze třetí a čtvrté řady nádobového experimentu, která byla usušena a před rozboru rozemleta. Metody pro stanovení hlavních a stopových živin „kapalná hnojiva s komplexně a chelátově vázanými živinami“, byly provedeny ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Ruzyni pod vedením Ing. Miroslavy Pechové.

Stanovení celkového obsahu N a P v rostlinách bylo provedeno kolometricky na průtokovém analyzátoru SAN plus Systém od holandské firmy Skalar s použitím firmou doporučených metodik. Mineralizace 0,2 – 0,5 g vzorků se provádí kyselinou sírovou s přídavkem selenu. Oblast stanovitelnosti pro N_{total} je 12 – 600 mg N/ l a pro P_{total} je 1,4 – 70 mg P/ l.

Stanovení K, Ca, Mg a stopových prvků bylo provedeno na spektrometru ICP – OES Trace Scan od firmy Thermo Jarrell Ash. Vzorky k měření se připravují spalováním v mikrovlnném rozkladném zařízení MLS 1200 (Milestone). Navažuje se 0,5 g rostlinného materiálu, rozkládá se 6 ml HNO_3 (kyselina dusičná) a 1,5 ml H_2O_2 (peroxid vodíku), získaný mineralizát se ředí do 50 ml. Naměřené výsledky jsou uváděny v mg/ kg (= $\mu g/ g$) suchého vzorku.

Stanovení C a N bylo provedeno na analyzátoru TruSpec CN (LECO) (obr. č. 10). Během analytického cyklu vzorky prochází třemi fázemi: výplachem, spalováním a analýzou.



obr. č. 10: CN Determinator Systém TruSpec-CN Leco. **Zdroj:** <http://www.brandonu.ca>

4.5 Statistické vyhodnocení

Pro statistické vyhodnocení získaných dat byl použit program R verze 3.1.0 „Spring Dance“, specializovaný pro statistické výpočty. Data, hmotnost čerstvé a suché biomasy a obsah živin v listech byla vyhodnocena metodou jednocestná ANOVA (One-way). Obsah živin v listech se dále hodnotil testem mnohonásobného srovnání TUKEY HSD. Testy byly vytvořeny na hladině významnosti 0,05. Grafy byly vytvořeny v programu Microsoft Excel 2010 a STATISTICA 12.

5. Charakteristika studijního území

Pro založení mého nádobového experimentu byl zvolen prostor užitkových skleníků Pražského hradu, kde pracuji už patnáctým rokem jako zahradnice.

5.1 Lumbeho zahrady

Prostory Lumbeho zahrad (obr. č. 11) byly využity po dobu vegetační doby¹³ *Calamagrostis epigejos*. Zahrady o rozloze 2 100 m² jsou orientovány na severní straně Pražského hradu za budovou Jízdárny. Tyto prostory jsou veřejnosti nepřístupné, slouží pouze užitkovým účelům pro potřeby Pražského hradu (pěstování rostlin pro výsadbu zahrad a jako zásobování floristů).

- **Nadmořská výška:** 268 m. n. m.
- **Zeměpisné souřadnice:** 50° 5' 35" N, 14° 23' 35" E
- **Teplotní rozhraní ve skleníku:** 20 °C
- **Vlhkostní rozhraní ve skleníku:** 50 – 80 %



obr. č. 11: Lumbeho zahrady. Zdroj: <http://www.mapy.crr.cz>

5.2 Královská zahrada

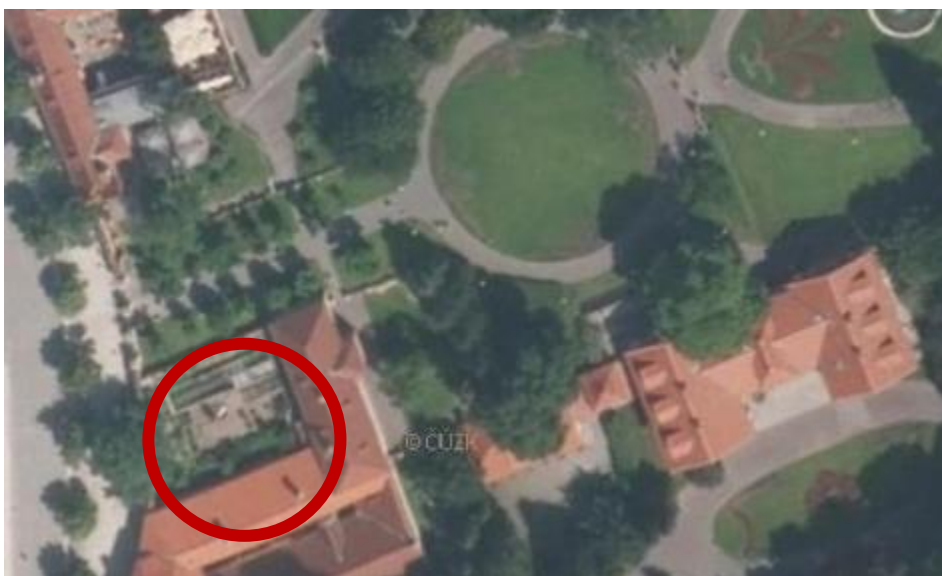
Prostory Královské zahrady (obr. č. 12) byly využity po dobu vegetačního klidu¹⁴ (příloha č. 1) *Calamagrostis epigejos*. Královská zahrada se rozprostírá na ploše 3 600 m². Byla založena roku 1534 a její současná podoba navazuje na přírodní

¹³ Vegetační doba - příznivé podmínky pro růst a vývoj rostliny

¹⁴ Vegetační klid - vlivem vnějších podmínek se zpomalí, nebo zcela zastaví růstové funkce rostliny

anglickou úpravu z poloviny 19. století. Nachází se na západní straně z ulice U Prašného mostu.

- **Nadmořská výška:** 242 - 258 m. n. m
- **Zeměpisné souřadnice:** 50° 5' 31" N, 14° 23' 56" E
- **Průměrné teploty říjen-prosinec 2014:**
říjen – 10,6 °C, listopad – 6,4 °C, prosinec – 2,5 °C
- **Průměrné teploty leden – březen 2015:**
leden – 1,9 °C, únor – 0,6 °C, březen – 5,4 °C



obr. č. 12: Královská zahrada. **Zdroj:** <http://www.mapy.crr.cz>

Informace o nadmořské výšce a zeměpisné souřadnice byli získány z mapového serveru Centrum pro regionální rozvoj České republiky, informace o teplotě a vlhkosti byli čerpány z www.portal.chmi.cz.

5.3 Charakteristika místa odběru „Mladoboleslavský bioregion“

5.3.1 Poloha a základní údaje

Mladoboleslavský bioregion zaujímá nízký reliéf tvořený Mrlinskou tabulí, východní částí Jizerské tabule a jižní částí Turnovské pahorkatiny. Tvar je protáhlý od severu k jihu. Na jihovýchodě pokračuje do okresů Nymburk a Kolín, na severozápadě malou částí do okresu Liberec (NĚMEC, 2000).

Na části levobřežního svahu údolí Jizery a plošinou východně hrany údolí, se rozkládá národní přírodní památka Radouč (obr. č. 13 a 14), mezi obcemi Mladá Boleslav a Debř. Celková rozloha činí cca 70 hektarů. Nejvyšším bodem je zde plochý vrch Radouč, vysoký 255,7 m.n.m (NĚMEC, 2000). V roce 1993 byl zpracován generel místního územního systému ekologické stability mladoboleslavské aglomerace. Celý NPP Radouč, svah i plošina, byl vymezen a navržen jako částečně unikátní regionální biocentrum (NĚMEC, 2000). Předmětem ochrany jsou vápnomilná a teplomilná společenstva opukových skal s ojedinělým výskytem rostliny devaterky poléhavé (*Fumana procumbens*) v Čechách (PETŘÍČEK, 2003). Dlouhodobým cílem péče, je mimo jiné i likvidace nepůvodních a expanzivních druhů v NPP a v jejím ochranném pásmu. Expanzivně se zde díky přísunu živin chová ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) a třtina křovištní (*C. epigejos*) (SPRÁVA CHKO, 2009).



obr. č. 13, 14: Národní přírodní památka Radouč. Zdroj: Plán péče o Národní přírodní památku Radouč

5.3.2 Horniny a reliéf

Celou oblast budují vápenité horniny svrchní křídly- slíny, slínovce, vápenité jílovce, v severní části ve vyšších polohách se vyskytují i pískovce. Z pokryvných útvarů zaujímají velké plochy štěrkopísky starých jizerských teras pokrývajících vyvýšené plošiny, štěrk bývá často rozvlečen do sousedních slínových terénů a spráše tvoří jen menší ostrovy. Velký rozsah, ale malou mocnost, mají sedimenty nivní. V severní části vystupují poměrně četné proniky terciérních čedičů, tvořících i celé žilníky (vrch Baba u Kosmonos). Typická výška celého území je 210 až 270 m (NĚMEC, 2000).

5.3.3 Podnebí

Dle Quitta¹⁵ leží bioregion převážně v teplé oblasti a severní výběžek zasahuje do oblasti mírně teplé. Teploty na jihu jsou vysoké, kolem 8,5 až 9,0 °C a plynule klesají směrem k severu (Mladá Boleslav 8,2 °C). Srážky stoupají od jihu k severu a také směrem k východu (Mladá Boleslav 550 mm). Sníženiny vykazují mírné teplotní inverze a rovinné úseky jsou vystavené převládajícímu západnímu proudění (NĚMEC, 2000).

5.3.4 Půdy

Půdní poměry charakterizuje poměrně velkoplošná mozaika: černozemě na těžkých substrátech jsou často oglejené až pelické. Hojné jsou smonice a na nivních sedimentech se vyskytují černice. Na východě převládají na jílech a odvápněných slínech pelické primární pseudogleje. Jsou tu zastoupeny i luvizemě a na hojných výchozech křídových hornin vystupují kambizemní pararendziny, v zamokřených sníženinách se vyskytují organozemě typu náslatí. Protikladem těchto těžkých půd jsou velké ostrovy nenasyčených arenických kambizemí na štěrkopískových plošinách (NĚMEC, 2000).

5.3.5 Biota

Potenciální přirozenou vegetací převážné většiny území je mozaika habrových (*Melampyro nemorosi* – *Carpinetum*) a lipových (*Tilio* – *Quercetum*) doubrav a teplomilných doubrav (*Potentillo albae* – *Quercetum*). Ze submediteránních druhů

¹⁵ Quitt Evžen – český geograf a klimatolog

sem zasahuje například dub pýřitý (*Quercus pubescens*) a vstavač nachový (*Orchis purpurea*).

Z fauny převažuje běžná kulturní krajina hercynského původu se západními vlivy. Významnými druhy z oblasti savců je ježek západní (*Erinaceus europaeus*), z ptactva je zastoupen např. chřástal malý (*Porzana parva*) a břehouš černoocasý (*Limosa limosa*), z řad obojživelníků např. ropucha krátkonohá (*Bufo calamita*) a mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*), z měkkýřů se zde vyskytuje závornatka kyjovitá (*Clausilia pumila*), nebo žebernatěnka drobná (*Ruthenica filograna*) (NĚMEC, 2000).

6. Výsledky a diskuze

6.1 Rozbor kompostu a zeminy

Obsah živin v půdě (tab. č. 3) je důležitým faktorem ovlivňující růst rostlin. Kompost, ze kterého byla připravena zemina pro experiment, má poměrně nízkou hodnotu EC a nízký obsah přijatelného N i P. Ve srovnání se „standardními“ komposty, má vysoký obsah draslíku, ale opět nižší než u některých kompostů. DUBSKÝ et ŠRÁMEK (2008) ve své metodice uvádí, standardní „zelené,“ komposty, jejichž hlavní zakládka je tráva, listí a štěpka jsou kompostovány 6 – 7 měsíců a jsou 2 – 3 krát přehozeny. Jejich hodnota EC se pohybuje v rozmezí 0,9 – 1,1 mS/cm (mS – Siemens je jednotka elektrické vodivosti) a obsah přijatelného draslíku v rozmezí 2000 – 3500 mg/l.

U zeminy se díky přidavku písku adekvátně snížil přijatelný K a Mg, naopak byl zjištěn vyšší obsah amonného dusíku a fosforu. Ke zvýšení mohlo dojít v důsledku provzdušnění kompostu při přípravě zeminy. Na úspěšném zakořenění experimentálních rostlin se mohl podílet právě i zvýšený obsah N a P v půdě, který podmiňuje jejich rychlý růst.

tab. č. 3: Obsah živin v půdě

Legenda: OHV – objemová hmotnost vlhkého vzorku, suš. – sušina, OHS – objemová hmotnost vysušeného vzorku, pH, EC a Ca – *vodní výluh 1v/5v, N, P, K a Mg – CAT 1v/5v optimální hodnoty pro substráty

(*Optimální obsah pro zeminy bez kompostu, při přidavku kompostu může být v zemině až do 700-800 mg K/l)

vzorek	OHV	suš.	OHS	pH*	EC*	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Mg	Ca*
	g/l	%	g/l		mS/cm	mg/l					
kompost	852	0	0	8,4	0,42	26	71	19	1046	201	50
zemina	1033	0	0	8,3	0,36	104	72	30	880	171	43
Zemina–optimum*				6,5–7,5*	0,3–0,5	120–200		30–60	120–180	80–160	40–120

6.2 Vliv hnojiv na obsah živin v listech

C. epigejos prokázala svou růstovou zdatnost a adaptabilnost na prostředí během nádobového experimentu již ve fázi zakořeňování, asi desátý den po výsadbě již vykazovala první známky růstu. Samotný nárůst listové plochy a tvorba nových výhonů byl v závislosti na hnojení opravdu znatelný (obr. č. 15).

Výsledky rozboru obsahu živin v listech (tab. č. 4) nám ukázaly zvýšenou hladinu dusíku. Rostlinám s variantami dusíku (NP, NK a NPK) bylo tohoto prvku aplikováno stejné množství, ale ve variantě NPK je ho z dusíkatých variant nejméně (graf č. 1). Důvodem je pravděpodobně dostatek draslíku, který zvyšuje dusíkatý metabolismus. Pokud, by ale draslík u *C. epigejos* zvyšoval dusíkatý metabolismus, muselo by ho zároveň být ve variantách s N více, protože K se zabudovává do rostlinného pletiva. Pro přesnější vyhodnocení pokusu by se musela udělat bilance živin přijatých rostlinou, protože je jasné, že hnojená rostlina více naroste. Obsah živin v listech by mohl být podobný, ale celkový příjem rostlinou by byl vyšší u hnojených variant. Tento způsob rozboru nebyl z finančních důvodů proveden. Rostliny s přísunem těchto kombinací N, NP, NK a NPK vykazovaly viditelně silnější listy, vyšší vzrůst, výraznější zelené zbarvení a nárůst listové plochy. Vzhledem k tomu, že tato otázka nebyla cílem mé práce, byly uvedené parametry hodnoceny pouze vizuálně a nebyly ani vyhodnoceny statisticky. Například REBELE et LEHMAN (2001) popisují variabilitu růstu v závislosti na mnoha faktorech, kde jedním z nich je právě obsah N. Vysoký nárůst *C. epigejos* díky obsahu N v půdě potvrzuje i HOLUB et al. (2012b). U vzorku hnojeného N se zároveň projevilo tzv. antagonistické působení¹⁶, kdy zvýšení obsahu N snížilo obsah draslíku a hořčíku. Pohybu hořčíku v rostlinných buňkách studoval WATERS (2011). Popisuje důležitost Mg v závislosti na adaptaci rostlin v nepříznivém půdním prostředí, respektive poukazuje na dva transportéry hořčíku podílejících se na této adaptaci. RICHTER (2004) se zmiňuje, že v případě nadbytku draslíku, je příjem hořčíku negativně ovlivňován. Rozbor a statistické vyhodnocení analýzou ANOVA (one – way) ukázaly zvýšení obsahu draslíku ve variantách P, K, NK, PK, NPK a kontrolního vzorku (graf č. 3). Důvodem tohoto výsledku mohl být dostatečný obsah draslíku (kap. 6.2) v použitém substrátu při výsadbě.

¹⁶ Antagonistické působení – opačné působení

RICHTER (2004) dále uvádí, že Mg svou přítomností zvyšuje asimilaci oxidu uhličitého. Dynamika uhlíku je významná pro tvorbu živé hmoty, to potvrzuje i SMITH et STITT (2007). Uhlík je přijímán právě ve formě CO₂ průduchy listů, v malém množství i kořeny jako aniont HCO₃⁻ (hydrogenuhličitan). Obsah uhlíku se v rostlinách ukázal jako vyvážený (graf č. 4). Varianty N, NP a NK ho měly o něco více než ostatní varianty.

Rostliny s variantami fosforu vykazovaly při stejném množství aplikovaného hnojiva zvýšení ve variantách NP, PK a NPK (graf č. 2). Nejméně se tohoto prvku vyskytuje ve variantách K, N, a NK v porovnání s kontrolní variantou, které nebyly živiny aplikovány vůbec. Efektivitou využití P a N u *C. epigejos* se ve své studii zabývali PYŠEK et al. (2003) jejichž výsledky ukázaly vyšší obsah těchto živin v nadzemní biomase v letním období.

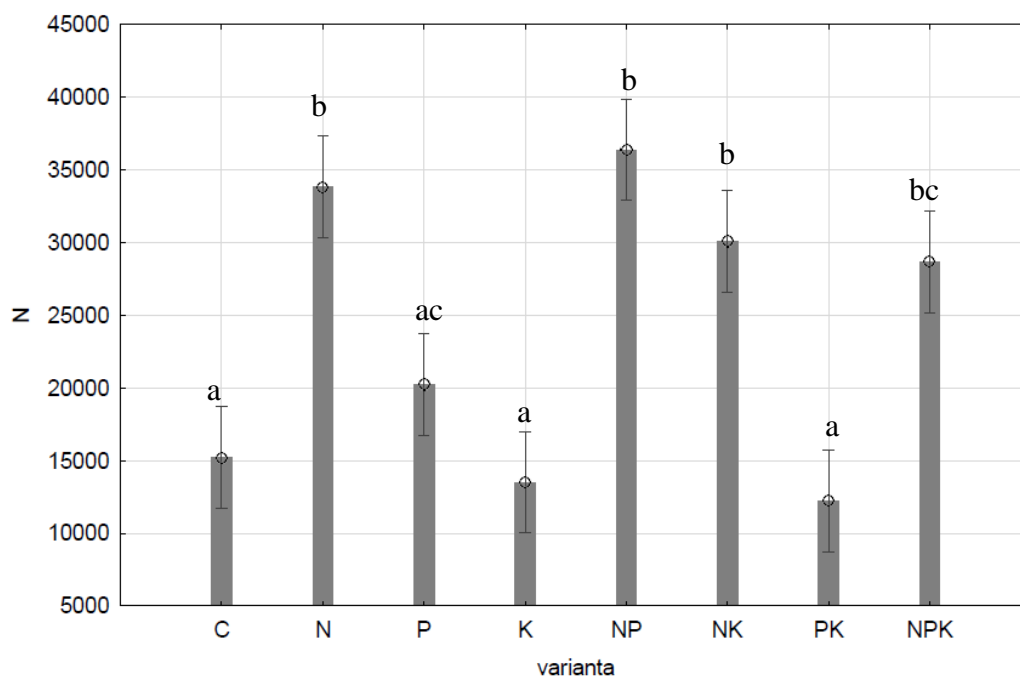
tab. č. 4: obsah živin v listech (řada 4 – hodnocen pouze N a C, P a K dopočteno z průměrů).

Zeleně označené hodnoty: vyjadřují zvýšení obsahu prvku v listech

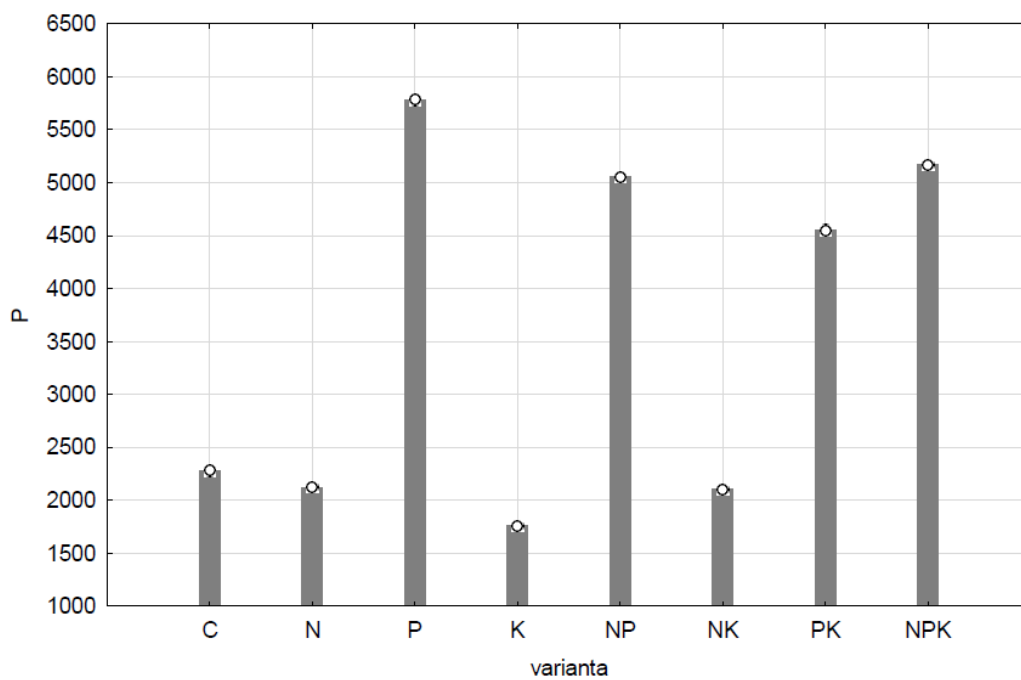
Červeně označené hodnoty: vyjadřují naopak snížení či žádný vliv na zvýšení prvku v listech.

Legenda: N – dusík, P – fosfor, K – draslík, Mg – hořčík, Ca – vápník, C – uhlík, C/N – uhlík/dusík, N/K – dusík/draslík, N/P – dusík/fosfor, % - obsah prvku ve vzorku ve 100g

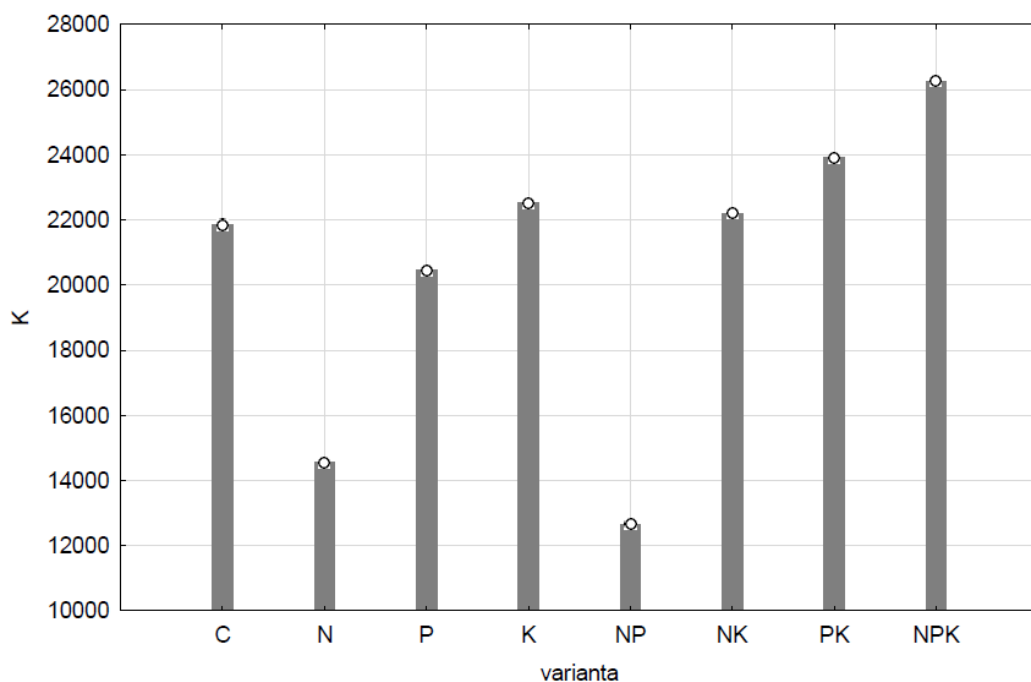
Hodnocené živiny v listech										
	N	P	K	Mg	Ca	C	C/N	N/K	N/P	
Hnojení řada 3	mg/kg sušiny					%				
kontrola	18845	2279	21910	2097	5940	45,5	2,4	0,86	8,27	
N	34769	2118	14542	1816	9740	46,0	1,3	2,39	16,42	
P	21655	5782	20485	2262	8172	44,6	2,1	1,06	3,75	
K	13057	1760	22547	1264	6426	44,5	3,4	0,58	7,42	
NP	37473	5054	12661	2032	9957	46,2	1,2	2,96	7,41	
NK	29719	2104	22197	1602	8526	45,8	1,5	1,34	14,12	
PK	12751	4550	23879	1271	7632	44,4	3,5	0,53	2,80	
NPK	28156	5165	26198	1486	7570	44,7	1,6	1,07	5,45	
Hnojení řada 4										
kontrola	11546	2277	21785			45,4	3,9	0,53	5,07	
N	32881	2117	14549			46,0	1,4	2,26	15,53	
P	18798	5784	20433			44,9	3,2	0,92	3,25	
K	13943	1760	22489			44,8	2,4	0,62	7,92	
NP	35269	5053	12641			45,9	1,3	2,79	6,98	
NK	30414	2105	22200			45,7	1,5	1,37	14,45	
PK	11733	4548	23945			44,3	3,8	0,49	2,58	
NPK	29210	5170	26315			45,4	1,6	1,11	5,65	



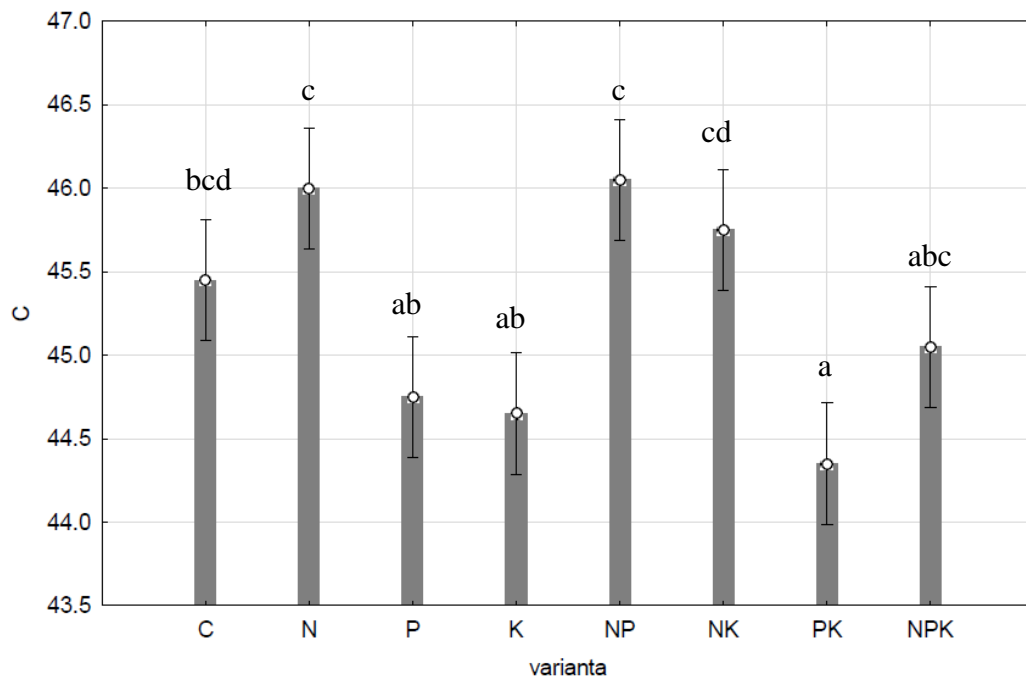
graf č. 1: Efekt hnojení na obsah dusíku v jednotlivých variantách. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti. Výsledky one way ANOVA ($F=35, 19,256$) = 46,89, $p < 0,001$. Tukey post hoc test treatmenty označené stejným písmenem se významně nelišily při $p < 0,05$



graf č. 2: Efekt hnojení na obsah fosforu v jednotlivých variantách. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti. Výsledky one way ANOVA ($F=14, 14$) = 1912E2, $p < 0,001$.



graf č. 3: Efekt hnojení na obsah draslíku v jednotlivých variantách. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti. Výsledky one way ANOVA ($F=14, 14) = 1912E2$, $p < 0,001$.



graf č. 4: Efekt hnojení na obsah uhlíku v jednotlivých variantách. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti. Výsledky one way ANOVA ($F=35, 19,256) = 46,89$, $p < 0,001$. Tukey post hoc test treatmenty označené stejným písmenem se významně nelišily při $p < 0,05$



dusík/fosfor



fosfor/draslík



fosfor



dusík



kontrolní vzorek



dusík/fosfor/draslík



draslík



dusík/draslík

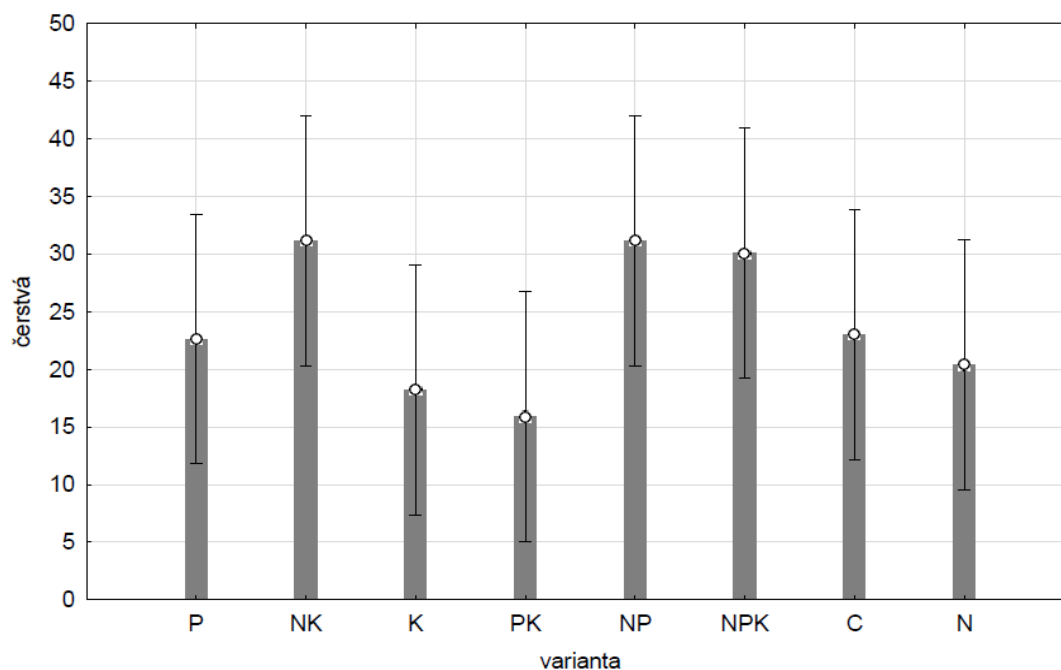
obr. č. 15: Reakce *Calamagrostis epigejos* na hnojení. **Zdroj:** vlastní fotodokumentace

6.3 Produkce biomasy

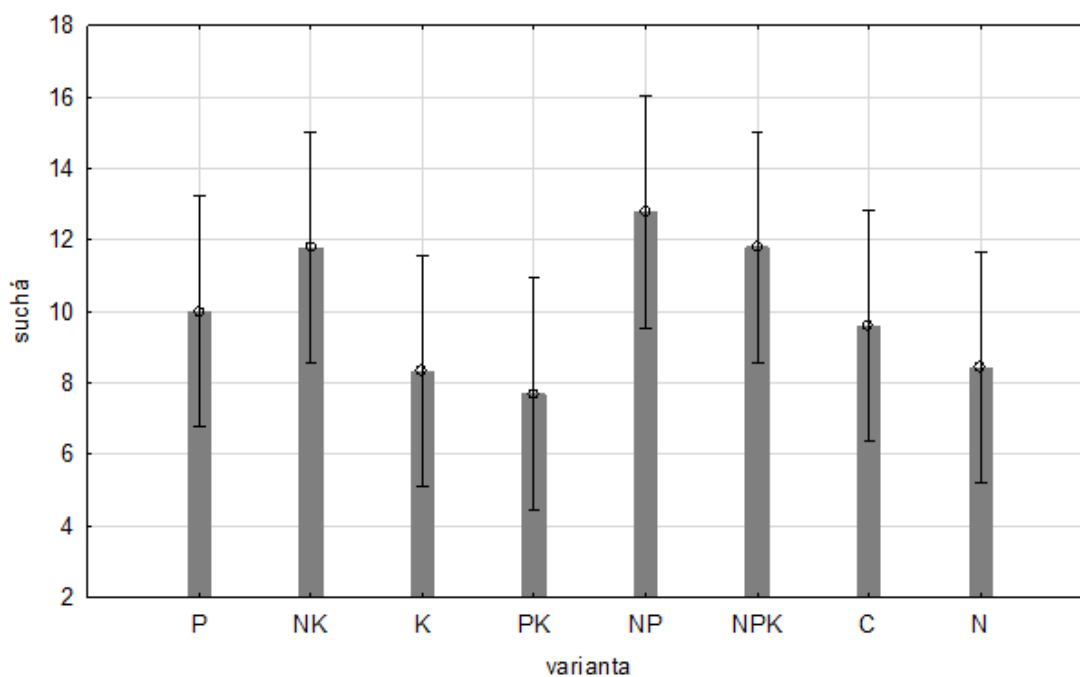
Statistické vyhodnocení analýzy ANOVA (One - way) *C. epigejos* na hmotnost čerstvé biomasy (graf č. 5) a následně suché biomasy (graf č. 6) prokázalo, že aplikace prvků N, P, K a jejich kombinací nijak významně neovlivnilo nárůst listové plochy.

GLOSER et al (2007) poukazují na snížení nárůstu listové plochy *C. epigejos*. Podle této práce sloužily starší listy rostliny jako zdroj dusíku pro další nárůst orgánů. Zde by mohla být souvislost s možným stresem prodělaným v důsledku ostříhání při převozu (kap. č. 4.1) a možnost vysvětlení, proč po aplikaci různých variant hnojení rostliny nevykazovaly výraznější nárůst listové plochy. Zajímavou otázkou se ve své studii zabýval GLOSER (2005), který zkoumal do jaké míry je u *C. epigejos* dostupnost dusíku v půdě důležitá pro tvorbu rezerv N na podzim, které následně podporují opětovný jarní růst a zda obsah zásob N může vést k rozdílům růstu v následující sezóně. Došel k závěru, že podzimní dostupnost N je velmi důležitá pro stavbu dusíkatých rezerv tohoto rostlinného druhu. LEHMAN et REBELE (2005) zmiňují významné účinky substrátu pro všechny znaky biomasy u *C. epigejos* (listové, kořenové a např. i oddenkové). Je možné, že právě substrát použitý (kap. č. 6.1) při založení nádobového experimentu mohl mít svůj podíl na ovlivnění tvorby listové plochy. Rozdíly v efektivním využití dusíku pro tvorbu nadzemní biomasy u vysokých trav se ve své studii zabývali FIALA et al. (2004) a dále například BERG et al. (2005).

C. epigejos je popisována jako rostlina s vysokou schopností přizpůsobit se prostředí. Mohla proto svou energii soustředit pro případ dalšího stresu do jiných orgánů a nastřádaná energie se v růstu projeví více v následujícím roce. Dalších z mnoha otázek pro možná pozorování, která ale nebyla součástí mého experimentu, ale která by rozhodně stála za další výzkum.



graf č. 5: váha čerstvé biomasy *C. epigejos* v závislosti na dostupných živinách. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti. Výsledky one way ANOVA ($F=14, 14 = 1,2077$, $p = 36448$).



graf č. 6: váha suché biomasy *C. epigejos* v závislosti na dostupných živinách. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti. Výsledky one way ANOVA ($F=14, 14 = 1,2077$, $p = 36448$).

6.4 Reakce na aplikaci herbicidu

Reakce *C. epigejos* na herbicid Roundup byla pozvolná. První příznaky na aplikaci se projevily po 11 dnech (obr. č. 16) mírným poklesem listové plochy. Výraznější reakce se ukázala až 20. den po aplikaci (obr. č. 17), kdy se pokles listové plochy prohloubil a zároveň se objevilo šednutí listů, které postupně přecházelo do žloutnutí. Žloutnutí listů bylo však minimální. Kořenový systém neprokázal viditelné narušení. Pozdější projevy zasažení herbicidem u trvalých plevelů popisuje například NOVÁKOVÁ (1986), MENTBERGER et al. (1990).



ŘADA I.



ŘADA II.

obr. č. 16: REAKCE NA APLIKACI HERBICIDU PO 11 DNECH (3. 9. 2014).

Zdroj: vlastní fotodokumentace



ŘADA I.



ŘADA II.

Obr. č. 17: REAKCE NA APLIKACI HERBICIDU PO 20 DNECH (12. 9. 2014).

Zdroj: vlastní fotodokumentace

SMUTNÝ et al. (2011) v metodice pro stanovení optimálních dávek herbicidů hovoří o účinnosti herbicidů, která je ovlivněna celou řadou faktorů. Mezi neméně důležité patří aspekty morfologické a fyziologické, kde růstová fáze plevelů, povrch listů a jejich postavení mají přímou spojitost s účinností herbicidních přípravků. Pokud se listy například překrývají, nemusí být zasaženo spodní listové patro a to následně umožní rostlině regenerovat. To se týká převážně plevelných rostlin s vyšším růstem, mezi které patří i *C. epigejos*.

Působení herbicidů na rostliny narušením některých důležitých fyziologických procesů nezbytných pro normální růst a vývoj uvádí ve své práci i JURŠÍK et al. (2010). ZBÍROVSKÝ et al. (1960) dále potvrzují, že vliv povrchu a tvaru listů znemožní uchycení a účinnost herbicidního přípravku na rostlině.

6.5 Produkce semen

V průběhu nádobového experimentu vytvořila *C. epigejos* klas o délce 16 cm a hmotnosti 0,22 g u jediného vzorku z dvaatřiceti založených. *C. epigejos* nevytvořila více klasů pravděpodobně kvůli jejímu ostříhání z důvodu převozu před založením nádobového experimentu (kap. 4.1) a proto nebylo možné produkci semen zaznamenat. V prvním roce růstu se *C. epigejos* soustředila na tvorbu listové plochy a zároveň vytvářela i nové postranní výhony (obr. č. 18), které jsou charakteristickým znakem jejího šíření.



obr. č. 18: tvorba postranních výhonů. Zdroj: vlastní fotodokumentace.

Naskýtá se zajímavá otázka: proč *C. epigejos* v prvním roce po stresové situaci, nevytvářela květy? Podobné téma řešili MUDRÁK et al. (2012). Jednou z úvah bylo, zda mají různé režimy seče vliv na výskyt sazenic rostlin například i u *C. epigejos* a zda se nová společenstva odlišují funkčními vlastnostmi? Došli k závěru, že *C. epigejos* vykazovala nejmenší hustotu sazenic. Dále výsledky ukázaly, že kromě snížení schopnosti tvorby rozsáhlých bočních výhonů se prodloužilo i období tvorby květů.

DOSTÁL et KOVÁŘ (2013) se ve své studii naopak zaměřili na otázku, zda se *C. epigejos* může spolehnout na šíření a obnovu semeny po možném narušení v extrémních podmínkách. Vysemenění se ukázalo při možném narušení jako jediný spolehlivý zdroj, který může pomoci při regeneraci tohoto druhu.

7. Závěr

Cílem této práce bylo zjistit, jak *C. epigejos* reaguje na přísun tří základních živin: dusíku, fosforu a draslíku a do jaké míry je ovlivněn růst a expanze této rostliny při jejich dostupnosti. Dále byl sledován vliv herbicidního přípravku Roundup na zamezení adaptabilní a velice úspěšně se šířící traviny.

Velmi výstižný popis expanze rostliny použili PYŠEK et al. (2003), ve které tento jev popsali jako úspěch, jako náhlý velký vzrůst úspěšnosti druhu při kolonizaci biotopů, kde dříve tento druh zdaleka tak neprosplával. Úspěšnost šíření je právě tou otázkou, kterou jsem se ve své práci zabývala a snažila se najít možnou odpověď na zamezení, nebo alespoň částečné zpomalení expanze.

Na základě získaných výsledků mohu potvrdit skutečnost, že *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth je opravdu nenáročným a velmi adaptabilním druhem. Není náročná jak na prostředí pro její šíření, tak i na obsah živin v půdě. Tyto faktory, které by se mohly řadit mezi základní, mohou její růst a šíření maximálně zpomalit, ale nemohou mu zamezit. Travina prokázala odolnost i vůči aplikovanému herbicidu. Myslím, že bylo dobré zabývat se touto otázkou trochu podrobněji a v dalších pokusech sledovat reakce *C. epigejos* na silnější dávku herbicidního přípravku, zároveň s celoplošnou aplikací.

Zajímavou možností regulace intenzivního zaplevelení touto travinou, ke které bych se přikláněla jako k významné, by bylo zavedení a dodržování pravidelné seče. Jelikož je vznik plevelných rostlin spojen s činností člověka, neobejde se ani zásah proti nim bez jeho přičinění. Volba seče se dle mého názoru, ukazuje jako účinnou a ekologicky schůdnou cestou pro znemožnění intenzivního zaplevelení těmito druhy, ke které patří i mnou studovaná *C. epigejos*.

8. Přehled literatury a použitých zdrojů

- BĚLOHOUBEK J., 2008: Záchranný program pro „hvozdík písečný český“. AOPK ČR, Středisko Ústí nad Labem: 16 – 17.
- Berg L. J. L., Tomassen H. B. M., Roelofs J. G. M. et Bobbink R., 2005: Effects of nitrogen enrichment on coastal dune grassland: A mesocosm study. *Environmental Pollution* 138: 77 – 85.
- ČSN EN 13651, 2002: Půdní melioranty a stimulanty růstu – Extrakce živin rozpustných v chloridu vápenatém/ DTPA (CAT). ÚNMZ, Praha: 20 p.
- ČSN EN 13037, 2012: Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení pH. ÚNMZ, Praha: 12 p.
- ČSN EN 13038, 2012: Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení elektrické konduktivity. ÚNMZ, Praha: 12 p.
- ČSN EN 13039, 2012: Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení organických látek a popela. ÚNMZ, Praha: 12 p.
- ČSN EN 13040, 2013: Pomocné půdní látky a substráty – Příprava vzorků pro chemické a fyzikální zkoušky, stanovení obsahu sušiny, vlhkosti a objemové hmotnosti laboratorně zkoumaného vzorku. ÚNMZ, Praha: 16 p.
- DOSTÁL J., 1989: Nová květena ČSSR 2. Academia, Praha.
- DUBSKÝ M. et ŠRÁMEK F., 2008: Pěstební substráty s přidavkem kompostů, jejich příprava a hodnocení, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. Průhonice
- 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*, Vol: 6/ No.2.
- FIALA K., TŮMA I. et HOLUB P., 2011: Effect of nitrogen addition and drought on above – ground biomass of expanding tall grasses *Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*. *Biologia* 66.
- FIALA K., ZÁHORA J., TŮMA I. et HOLUB P., 2004: Importance of plant matter accumulation, nitrogen uptake and utilization of tall grasses (*Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*) into an acidophilous dry grassland. *Ecology* (Bratislava): 225 – 240.

- GRAU J., KREMER B. P., MOSELER B. M., RAMBOLD G. et TRIEBEL D., 1998: Trávy. Ikar, Praha.
- GLOSER V., KOŠVANCOVÁ M. et GLOSER J., 2007: Regrowth dynamics of *Calamagrostis epigejos* after defoliation as affected by nitrogen availability. *Biologia Plantarum* 51 (3): 501 – 506.
- GLOSER V., 2005: The consequences of lower nitrogen availability in autumn for internal nitrogen reserves and spring growth of *Calamagrostis epigejos*. *Plant Ecology* 179: 119 – 126.
- HOŠEK M., 2014: Slovník serveru Příroda.cz, Praha, online: <http://www.priroda.cz/slovník.php>, cit. 15. 10. 2014.
- HROUDA L., 2013: Rostliny luk a pastvin. Academia, Praha.
- HÁZI J., BARTHA S., SZENTES S., WICHMANN B. et PENKSZA K., 2011: Seminatural grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems* 3: 699 – 707.
- HOLUB P. et ZÁHORA J., 2008: Effects of nitrogen addition on nitrogen mineralization and nutrient content of expanding *Calamagrostis epigejos* in the Podyjí National Park, Czech Republic. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 171: 795 – 803.
- HOLUB P., TŮMA I., ZÁHORA J. et FIALA K., 2012a: Different nutrient use strategies of expansive grasses *Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*. *Biologia* 67/4: 673 – 680.
- HOLUB P., TŮMA I. et FIALA K., 2012b: The effect of nitrogen addition on biomass production and competition in three expansive tall grasses. *Environmental Pollution* 170: 211 – 216.
- CHYTRÝ M. et TICHÝ L., 2003: Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis* 108: 1 – 231.
- CHYTRÝ M., KUČERA T. et KOČÍ M. [eds.], 2001: Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.
- JEHLÍK V., 1998: Cizí expanzivní plevele České republiky a Slovenské republiky. Academia, Praha: 36.

- JEHLÍK V., 2013: Die vegetation und flora der flusshafen mitteleuropas. Academia, Praha.
- JURSIK M, SOUKUP J. et HOLEC J., 2010: Listy cukrovarnické a řepařské, Úvod do problematiky mechanismu působení herbicidů. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- KINCL L., KINCL M. et JARKLOVÁ J., 2008: Biologie rostlin pro I. ročník gymnázií. Fortuna, Praha: 250 – 251.
- KRAHULEC F., PYŠEK P. et HROUDA L. [eds.], 1996: Zprávy České botanické společnosti, Materiály 13, Trávy. Česká botanická společnost, Praha.
- KUBÁT K., 2002: Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.
- KAVANOVÁ M. et GLOSER V., 2005: The Use of Nitrogen Stores in the Rhizomatous Grass *Calamagrostis epigejos* During Regrowth After Defoliation. Annals of Botany 95: 457 – 463.
- LARCHER W., 1988: Fyziologická ekologie rostlin. Academia, Praha.
- 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.
- MIKULKA J. et CHODOVÁ D., 1996: Hubení plevelů odolných vůči herbicidům. Institut, Praha.
- MAREČEK F., 1994: Zahradnický slovník naučný 2. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- MENTBERGER J. [ed.], 1990: Sborník referátů školení, Boj proti plevelům ve veřejné zeleni. ČSVTS – Sempra, VŠÚOZ Průhonice. Brno.
- MUDRÁK O., DOLEŽAL J., HÁJEK M., DANČÁK M., KLIMEŠ L. et KLIMEŠOVÁ J., 2012: Plant seedlings in a species – rich meadow: effect of management, vegetation type and functional traits. Applied Vegetation Science 16: 286 – 295.
- NĚMEC J., 2000: Příroda Mladoboleslavska. Consult, Praha.
- NEUHÄSLOVÁ Z. [ed.], 2001: Map of Potential Natural Vegetation of the Czech Republic. Academia, Prague.
- NOVÁKOVÁ V., 1986: Herbicidy pro okrasné rostliny a dřeviny. Výzkumný a šlechtitelský ústav okrasného zahradnictví v Průhonicích, Praha.

- OTÝPKOVÁ Z., 2006: Plevel v minulosti a dnes. Živa 4: 161.
- PETŘÍČEK V., 2003: Plán péče o národní přírodní památku Radouč na období 2006 – 2015. AOPK ČR.
- PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J., ŠEBÁNEK J. [eds.], 2003: Fyziologie rostlin. Academia, Praha.
- Pyšek P., Kubát K. et Prach K. [eds.], 2003: Zprávy České botanické společnosti, Materiály 19, Expanzní druhy domácí flóry a apofytizace krajiny. Česká botanická společnost, Praha.
- RANDUŠKA D., ŠOMŠÁK L. et HÁBEROVÁ I., 1983: Barevný atlas rostlin. Obzor, Bratislava.
- REBELE F. et LEHMANN C., 2001: Biological flora of Central Europe: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. Flora.
- RICHTER R., 2004: Ústav agrochemie a výživy rostlin, MZLU v Brně, online: http://www.web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky, cit. 4.4.2015.
- SPRÁVA CHKO KOKOŘINSKO, 2009: Plán péče o Národní přírodní památku Radouč na období 2009 – 2018. AOPK ČR.
- SLAVÍKOVÁ J., 1986: Ekologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- STORCH D. et MIHULKA S., 2000: Úvod do současné ekologie. Portál, Praha.
- SÜB K., STORM C., ZEHM A. et 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.
- SMUTNÝ V., VONDRA M. et KOCOUREK V., 2011: Metodika pro praxi, Stanovení optimálních dávek herbicide s využitím přístrojů založených na měření změn v absorbanci záření a fluorescence chlorofylu. Mendelova univerzita v Brně.
- SMITH A. M. et STITT M., 2007: Coordination of carbon supply and plant growth. Plant, Cell & Environment 30: 1126 – 1149.
- TŘÍSKA J., 1979: Evropská flora. Artia, Praha.
- WATERS B. M., 2011: Moving magnesium in plant cells. New Phytologist 190: 510 – 513.

- ZITTA M., VOSTAL J. [eds], 1999: Obecná fytotechnika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- ZBIROVSKÝ M., MYŠKA J. et ZEMÁNEK J., 1960: Herbicidy, Chemické prostředky proti plevelům. Československá akademie věd. Praha.