

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie

Efekt herbicidních přípravků na růst a prospívání *Calamagrostis epigejos* v kontrolovaných podmínkách

Effect of herbicides on the grow and prosperity of *Calamagrostis epigejos* under controlled conditions



DIPLOMOVÁ PRÁCE

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

Konzultant: Ing. Pavla Vachová, Ph.D.

Diplomant: Bc. Lenka Dubská

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lenka Dubská

Ochrana přírody

Název práce

Efekt herbicidních přípravků na růst a prospívání *Calamagrostis epigejos* v kontrolovaných podmínkách

Název anglicky

Effect of herbicides on the grow and prosperity of *Calamagrostis epigejos* under controlled conditions

Cíle práce

Zjistit, jaký je vliv herbicidních přípravků Roundup Klasik a Fusilade Forte 150 EC a minerálního hnojení (NPK) na růst a prospívání *Calamagrostis epigejos*.

Metodika

Studentka zpracuje literární rešerši. Studentka založí nádobový experiment s třtinou křovištní, v němž bude sledovat reakci pokusné rostliny na aplikované herbicidy a směsné hnojivo NPK v různých kombinacích. Na konci sezony vyhodnotí reakci rostlin na přísun živin a zhodnotí působení herbicidních přípravků na růst a šíření třtiny křovištní v závislosti na jednotlivých kombinacích. Získaná data statisticky vyhodnotí.

Doporučený rozsah práce

30-50 stran

Klíčová slova

eliminace, expanze, herbicidy, nádobový experiment, směsná hnojiva, třtina křovištní

Doporučené zdroje informací

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

Simmons M. T., Windhager S., Power P., Lott J., Lyons R. K., Schwoppe C., 2007: Selective and non-selective control of invasive plants: The short-term effects of growing-season prescribed fire, herbicide, and mowing in two Texas prairies. Restoration Ecology 15: 662–669.

Válková O., 1989: Odstraňování nežádoucí vegetace v lesích. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČSR ve Státním zemědělském nakladatelství, Praha, 152 s.

Zbirovský M., Myška J. et Zemánek J., 1960: Herbicidy, chemické prostředky proti plevelům. Československá akademie věd, Praha, 300 s.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lada Jakubíková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Pavla Vachová, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2018

doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Lady Jakubíkové, Ph.D. a konzultantky Ing. Pavly Vachové, Ph.D., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze

.....

Poděkování

patří především mé rodině a přátelům za jejich podporu a povzbuzování. Děkuji mému příteli a spolužáku Josefu Juričičovi, že jsme vytvořili tandem nejen ve studiu a spolužačce Lence Lajpertové za to, že byla mou spolužačkou a zůstala mou přítelkyní. Velké díky patří i přítelkyni a studijnímu vzoru RNDr. Martině Nedbalové, Ph.D., která mi stále připomínala moto „*Per aspera ad astra – Přes překážky ke hvězdám*“. Poděkování patří i vedoucí mé diplomové práce Ing. Ladě Jakubíkové, Ph.D., konzultantce Ing. Pavle Vachové, Ph.D. za seznámení s třtinou křovištní a také Ing. Karlu Boublíkovi, Ph.D. za přínosné konzultace ke zpracování mé diplomové práce.

Abstrakt

Nádobový experiment založený v experimentálních podmínkách byl zaměřen na účinnost dvou herbicidních přípravků Roundup Klasik a Fusilade Forte 150 EC běžně používaných při likvidaci nežádoucích plevelů. Účinnost byla sledována na růstu dlouhostébelné expanzivní trávě *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth (třtina křovištní). Cílem tohoto tříletého experimentu bylo odpovědět na otázky (i) Působí vybrané herbicidy na rostlinu rozdílně? (ii) Je ovlivněno množství biomasy a tvorba květenství? (iii) Působí herbicidy striktně letálně?

Nádobový experiment se skládal z 10 variant s různými kombinacemi ošetření herbicidu, sestřihu a růstového hnojiva NPK (*Cut + NPK + Roundup*; *Cut + Roundup*; *Roundup*; *Cut + NPK + Fusilade*; *Cut + Fusilade*; *Fusilade*; *Cut + NPK*; *Cut*; *NPK* a kontrolní varianta). Každá varianta měla 4 opakování. Do květníku o průměru 30 cm a obsahu 10 litrů byl vysazen trs *C. epigejos*. Trs obsahoval vždy 10 ramet. Všechna ošetření byla provedena jednorázově koncem jarního období v roce 2016. V roce 2017, po skončení vegetační doby *C. epigejos*, byl proveden sběr dat s vizuálním hodnocením.

Hlavní výsledky ukazují na prokazatelné rozdíly v působení testovaných herbicidů na růst *C. epigejos*. Jako nejefektivnější metoda likvidace se projevil postřik pomocí herbicidu Roundup klasik na nepokosené porosty. Naopak u přípravku Fusilade Forte 150 EC se jako účinnější metoda likvidace jeví postřik na porosty pokosené. Herbicidy ovlivnily i váhu květů. Ošetření sestřihem prokazatelně ovlivnilo délku a četnost květů. Vliv růstového hnojiva na posílení odolnosti *C. epigejos* vůči herbicidům nebyl v tomto případě prokázán. Ani jedna metoda likvidace nebyla dostatečná pro úspěšné 100 % potlačení porostů *C. epigejos*.

Klíčová slova: eliminace, expanze, herbicidy, nádobový experiment, směsná hnojiva, třtina křovištní

The Summary

Pot experiment - founded in experimental conditions – was focused to efficiency of two herbicid products, Roundap Klasik and Fusilade Forte 150 EC, which are usually used for eradication of undesirable weeds. The efficiency was monitored on the growth of long-growing halm expansion grass *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth (bushgrass). The aim of this three years experiment was to answer following questions (i) Do selected herbicides influence the plant differently? (ii) Is influenced the amount of biomass and creation of inflorescence? (iii) Do selected herbicides function strictly fatally?

The pot experiment was composed from 10 variants with different combinations of herbicid treatment, cut and growth fertilizer NPK (*Cut + NPK + Roundup*; *Cut + Roundup*; *Roundup*; *Cut + NPK + Fusilade*; *Cut + Fusilade*; *Fusilade*; *Cut + NPK*; *Cut*; *NPK* and a control variant). Each variant had four repetitions. A bunch of *C. epigejos* was landed to a flower pot having 30cm diameter and 10 litres volume. The bunch composed 10 new individuals always. All treatments were carried out one-off at the end of spring 2016. The data collection with visual assesment was done in 2017, after vegetative phase *C. epigejos*.

The main results show the verifiable differences in function of tested herbicides to the grow of *C. epigejos*. Roundup Klasik spray on the not cutted weed was the most effective method of the eradication. On the contrary, Fusilade Frote 150 EC seems to be more effective method of eradication on cutted weed. The herbicides influenced also the weight of flowers. The cut treatment demonstrably influenced the lenght and frequency of the flowers. The influece of the growth fertilizer to the enhancing of the resistance *C. epigejos* towards herbicides was not proven. Any method of the eradication was not sufficient for succesful 100% suppression of *C. epigejos* growth.

Key words: bushgrass, eradication, expansion, herbicides, mixed fertilizers, pot experiment

OBSAH

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše.....	12
3.1 Morfologie <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	12
3.2 Působení živin na <i>Calamagrostis epigejos</i>	13
3.3 Management <i>Calamagrostis epigejos</i>	14
3.3.1 Aplikace herbicidů	14
3.3.2 Pastva	15
3.3.3 Seč	15
3.3.4 Nové způsoby potlačení.....	16
4. Chemické přípravky na hubení plevelných rostlin	17
4.1 Roundup Klasik (aplikovaný herbicid)	17
4.1.1 Glyfosát (účinná složka herbicidu Roundup).....	18
4.1.2 Glyfosát a životní prostředí.....	20
4.2 Fusilade Forte 150 EC (aplikovaný herbicid)	21
4.2.1 Fluazifop-p-butyl (účinná složka herbicidu Fusilade).....	22
5. Metodika	23
5.1 Sběr dat.....	25
6. Statistické vyhodnocení	26
7. Analýza dat.....	27
7.1 Efekt herbicidu na růst <i>Calamagrostis epigejos</i>	27
7.1.1 Analýza závislosti průměrné hmotnosti biomasy (nadmenní i podzemní) rostlin na jednotlivých variantách ošetření.....	27
7.1.2 Analýza průměrného množství vytvořené nadzemní a podzemní biomasy dle jednotlivých variant treatmentů (zda je více redukována nadzemní, či podzemní biomasa)	28
7.2 Ovlivnění šíření <i>Calamagrostis epigejos</i> typem herbicidu	30

7.2.1	<i>Analýza hmotnosti květů v závislosti na roku jejich vytvoření a jednotlivých variantách ošetření</i>	30
7.2.2	<i>Analýza délky květů v závislosti na roku jejich vytvoření a jednotlivých variantách ošetření</i>	31
7.2.3	<i>Analýza vztahu mezi váhou květu a jeho délkou dle jednotlivých treatmentů</i>	33
7.2.4	<i>Analýza zhodnocení počtu vytvořených květů v jednotlivých letech experimentu</i>	33
7.3	Vyhodnocení experimentu	35
8.	Diskuze.....	37
9.	Závěr	41
10.	Přehled literatury a použitých zdrojů	42
11.	Přílohy	

1. Úvod

Klasické způsoby managementu travních porostů často nenaplňují očekávání v podobě potlačení expanzivních druhů jako je *Calamagrostis epigejos* (třtina křovištní). Tato expanzivní tráva z čeledi lipnicovité (*Poaceae*), se díky své růstové strategii stala velkým konkurentem v osidlování volných ploch pro ostatní rostliny. Proto se v dnešní době přistupuje k eliminaci za použití herbicidních přípravků. Účinnost herbicidů, není ale vždy natolik účinná, aby došlo k totálnímu úhynu zasažené rostliny.

Zaměřila jsem se na získání nových informací o reakci *C. epigejos* na působení dvou různých herbicidních přípravků. Byl aplikován herbicid Roundup Klasik, který se běžně používá k eliminaci plevelných rostlin a herbicid Fusilade Forte 150 EC používaného v lesních kulturách pro ničení lesní buřeny.

Zároveň jsem posuzovala, jak rostlina reaguje na kombinaci herbicidů s růstovým hnojivem NPK a dále na kombinaci sestřihu, růstového hnojiva NPK a herbicidů. Tyto kombinace měli prokázat, zda mají hnojiva vliv na odolnost rostliny vůči aplikacím herbicidů a to na vzrostlé a sestříhané (simulace kosení) rostliny. Celý nádobový experiment byl založen v experimentálních podmínkách pro vyvolání přirozeného růstu ve volné přírodě. Do experimentu tedy zasahovaly přírodní pochody (déšť, sucho, vlhko, mráz atd.). Průběh měl simulovat přirozené chování rostliny po aplikacích ve volném prostoru.

2. Cíle práce

Cílem diplomové práce bylo zjistit na založeném nádobovém experimentu účinnost herbicidních přípravků Roundup Klasik a Fusiladu Forte 150 EC a minerálního hnojení (NPK) aplikovaných na *C. epigejos*, popsat následné reakce za různých podmínek (při sestřihu, při plném růstu) a odpovědět na otázku, zda použití herbicidů je účinnou cestou k zamezení šíření této expanzivní dlouhostébelné trávy.

Otázky řešené v diplomové práci:

- Zjistit, jaký je vliv herbicidních přípravků Roundup Klasik a Fusilade Forte 150 EC a minerálního hnojení (NPK) na růst a prospívání *Calamagrostis epigejos*.

3. Literární rešerše

3.1 Morfologie *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth

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). Genetičtí jedinci trav přitom patří k nejdéle žijícím organismům, často starším než jedinci u dřevin (KRAHULEC et al. 1996).

Rod *Calamagrostis* je řazen do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), pro kterou je stavba stébla typickým znakem snadno odlišitelným od všech ostatních rostlin trávovitého vzhledu. Významným útvarem 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* (GRAU et al. 1998).

Druh *Calamagrostis epigejos* (obr. č. 1) je popisován jako vytrvalá, 60 až 150 cm vysoká šedozelená a rozlehle trsnatá tráva, se silnými, plazivými a výběžkatými oddenky (REBELE et LEHMANN (2001) uvádí délku dokonce 60 až 200 cm). Stébla jsou přímá, silná a zejména pod květní latou velmi drsná (REGAL et ŠINDELÁŘOVÁ, 1970; RANDUŠKA et al. 1983) s 2 až 4 kolénky (KUBÁT, 2002).



Obr. č. 1: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth

Listové plochy jsou chlupaté, drsné a listová čepel je 3 až 10 mm široká, drsná, plochá nebo svinutá s tupým a až 7 mm dlouhým *dřípeným*¹ jazýčkem (RANDUŠKA et al. 1983). Klásky jsou krátce stopkaté, nazelenalé až nafialovělé ve zralosti hnědavé (REGAL et ŠINDELÁŘOVÁ, 1970). Tvoří bohatou, hustou, 30 cm dlouhou latu, která je i v době květu laločnatá, se štětinatě drsnými 10 cm dlouhými větévkami. Pluchy jsou 3-žilné, 2-zubé, podlouhle vejčitého tvaru, v polovině hřbetu blanité 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). *Calamagrostis epigejos* kvete od června do srpna (REGAL et ŠINDELÁŘOVÁ, 1970; KUBÁT, 2002). Kořenová soustava se velmi rychle rozšiřuje a vzniká tak souvislý, stejnoměrně tlustý a pevný drn (REGAL et ŠINDELÁŘOVÁ, 1970). Většina kořenů roste v hloubce 0-40 cm pod půdním povrchem a zakořeňují v hloubce maximálně 200 cm. Oddenek může dorůstat jedním směrem až o 150 cm za rok do hloubky v rozmezí 3- 20 (-35) cm (REBELE et LEHMANN, 2001).

Rozšíření tohoto druhu je skoro po celé Evropě a Asii (TRÍSKA, 1979). Běžně se vyskytuje převážně ve střední Evropě, zvláště v kontinentálních oblastech, zejména části Německa, Polska a České republiky (REBELE et LEHMANN, 2001).

3.2 Působení živin na *Calamagrostis epigejos*

Živiny dodávané do půdy formou průmyslových hnojiv jsou jen jedním ze zdrojů výživy rostlin. Podstatná část je totiž čerpána ze samotného půdního substrátu, kde jsou rozptýleny látky pocházející z matečných hornin či organické hmoty (HEGNER, 1986). Půdy chudé a suché zarůstají nejméně a na půdách bohatých na živiny, dobře zásobených vodou je buřeň velmi úporná (NOVÁK, 2011). Důvodem je hustý a kompaktní drn. Takové vlastnosti mají plochy silně zarostlé travami z rodu *Calamagrostis*, které jsou běžné na kyselých půdách od středních nadmořských výšek až do hor (ŠTÍCHA, 2015).

Růstové hnojivo NPK je tříložkové hnojivo obsahující dusík (N), fosfor (P) a draslík (K) ve formě lehce přijatelné pro rostliny. Hnojivo je určeno jak k základnímu hnojení (před setím nebo výsadbou), tak i k přihnojování během vegetace a také pro travní porosty (ZZN POLABÍ, 2017). Půdy bohaté na minerály mohou na aplikaci N, P

¹ **Dřípený:** rozdělený v úzké, dlouhé, čárkovité úkrojky

a K reagovat velmi slabě (HREVUSOVA et al. 2015), oproti tomu vysoké aplikační dávky těchto živin mohou měnit složení druhů a produkci biomasy (ELISSEOU et al. 1995; HEJCMAN et al. 2007; HEJCMAN et al. 2010; HEJCMAN et al. 2012).

Calamagrostis epigejos často vytváří monotónní porosty s nízkou druhovou bohatostí a rozmanitostí s častým výskytem na chudých a suchých půdách (REBELE, 2014). Kořenový systém, který u *C. epigejos* tvoří někdy větší podíl než u nadzemní biomasy, může být důvodem jejího úspěšného soutěžení o živiny s jinými druhy rostlin (FIALA, 2001). Ukázalo se, že zásoby dusíku hrají důležitou roli při obnově této trávy a kořeny jsou hlavním zdrojem mobilizovaného dusíku (KAVANOVÁ et GLOSER, 2005). GLOSER (2005) ve své studii upozorňuje na důsledky nižší dostupnosti dusíku na podzim. Podzimní zásoby dusíku jsou u tohoto druhu důležité pro tvorbu rezerv. Nízká dostupnost dusíku na podzim by mohla mít za následek omezení růstu a vývoje v následující sezoně. Dostatečné zásoby dusíku mají účast například při expanzi (HOLUB et ZÁHORA, 2008), při změně rostlinného zastoupení (FIALA et al. 2004) a také při zvýšení biomasy (TŮMA et al. 2009; PAVLŮ et al. 2011; HOLUB et al. 2012). *Calamagrostis epigejos* prokazuje díky zásobám dusíku i schopnost regenerace po *defoliaci*² a následnou produkci nové listové plochy (KAVANOVÁ et GLOSER, 2005), přičemž dusíkové ztráty po defoliaci jsou minimální (TŮMA et al. 2005).

3.3 Management *Calamagrostis epigejos*

3.3.1 Aplikace herbicidů

U určitého typu herbicidu lze často použít různých způsobů aplikace a ovlivnit tak větší nebo menší selektivní či specifický účinek (ZBIROVSKÝ et al. 1960). Většina herbicidů aplikovaných do půdy je rostlinou přijata pouze v malé části (méně než 20 % aplikovaného množství). Herbicidy jsou zadržovány blízko povrchu tak, že většina kořenů rostlin je pod vrstvou herbicidu a příjem je proto minimální (KOHOUT, 1997). Aby se dosáhlo optimální účinnosti přípravku, je zapotřebí docílit stejnoměrného zvlhčení listové plochy (VÁLKOVÁ, 1989). Účinky herbicidů například na necílové druhy mohou poskytnout přehled o ekologii invazních druhů odhalováním interakcí s druhy původními (SHIMETA et al. 2016).

² **Defoliace:** odlistění

Regulace růstu *Calamagrostis epigejos* se z mnoha důvodů stává prioritou (např. v lesnictví, zemědělství, chráněná území). Pro její potlačení, lze použít tři typy herbicidních přípravků. Jsou to herbicidy na bázi účinné látky hexazinonu, dále deriváty kyseliny fosforečné s účinnými látkami glyfosát a sulfosát a třetí metodou je použití selektivních *graminacidů*³ s možností využití nízkého retardačního dávkování přípravků (JANAUER, 1995). Z dlouhodobého hlediska se ukazuje použití chemických přípravků pro omezení šíření konkurenčních druhů, např. *Calamagrostis epigejos*, jako málo účinné (BĚLOHOUBEK, 2008).

Studie popisující účinnost chemických zákroků na potlačení této dlouhostébelné trávy, nebo její reakce vůči těmto zákrokům jsou jinak velmi vzácné.

3.3.2 Pastva

Upuštění od klasického obhospodařování jako je pastva dobytka, může být důvodem nekontrolovatelného šíření konkurenčně schopnějších druhů rostlin. Pastva přitom může šíření expanzivních druhů trav významně redukovat (DOSTÁLEK et FRANTÍK, 2012) a zároveň může podpořit v růstu druhy méně konkurenčně zdatné (SUPEK et al. 2017).

Mezi přirozená prostředí *Calamagrostis epigejos* patří paseky, kde obvykle vytváří souvislá ohniska (TRÍSKA, 1979). Výskyt této dlouhostébelné trávy na loukách a pastvinách je důkazem nedostatečného využívání těchto porostů (REGAL et ŠINDELÁŘOVÁ, 1970). Řadí se i mezi nejvýznamnější plevele lesních společenstev a méně často se objevuje jako polní plevel (MAREČEK, 1994). Výsledky dlouhodobého experimentu pastvy hospodářských zvířat potvrdily příznivé účinky na redukcii *C. epigejos* (SCHWABE et al. 2013) a její úspěšné snížení pokryvnosti (HENNING et al. 2017).

3.3.3 Seč

Příčina snížení druhové rozmanitosti rostlin, může být způsobena i opuštěním od dalšího tradičního způsobu obhospodařování, a tím je pravidelná seč (KULL et ZOBEL, 1991; HEJCMAN et al. 2009; KLIMEŠ et al. 2013; KOLOS et BANASZUK, 2013). Při pravidelném obhospodařování lučních biotopů obvykle dochází ke snížení

³ **Graminacid:** pesticid k zastavení růstu jednoděložných trav v porostech dvouděložných rostlin

pokryvnosti dominantních druhů rostlin (KLIMEŠ et KLIMEŠOVÁ, 2001), k ovlivnění výšky a generativní reprodukce (ŠVEHLÁKOVÁ et al. 2017). Načasování a frekvence kosení ovlivňuje u plevelných rostlin populační dynamiku. Důležitý je i režim kosení, který může u některých druhů snížit schopnost vytvářet přezimující plíživé kořeny (BOURDOT et al. 2016).

Z praxe lesního hospodaření je známo, že selektivní sečení snižuje u *C. epigejos* schopnost konkurence (REBELE et LEHMANN, 2001; LEHMANN et REBELE, 2002; HÁZI et al. 2011). Výsledky dále prokázaly, že pravidelným kosením dochází u *C. epigejos* ke snížení produkce semen i druhové bohatosti. Produkce semen se naopak zvyšuje u druhů s nižším vzrůstem a nízkou konkurenční schopností, které nemají žádný nebo jen omezený klonální růst (MUDRÁK et al. 2013).

3.3.4 Nové způsoby potlačení

TĚŠITEL et al. (2017) ve své studii přichází s novým způsobem potlačení *Calamagrostis epigejos*. Testovaly se účinky hemiparazitické rostliny *Rhinanthus alectorolophus* (kokrhel luštinec), která se zdá být dostupným a účinným nástrojem pro cílenou biologickou kontrolu s velkým potenciálem obnovy travinné vegetace zamořené *C. epigejos* (prakticky vyhubena ve dvou letech). *Rhinanthus alectorolophus* silně zasahuje do strategie podzemních úložišť a klonů růstu *C. epigejos*, což jsou znaky jejich konkurenčních schopností. Potenciál těchto *nativních*⁴ parazitických rostlin by měl být zvážen při obnovování lokalit napadených dominantními konkurenčními druhy a to nejen domácimi, ale i exotickými.

Studie od ROUBÍČKOVÁ et al. (2012) a VACHOVÁ et WALMSLEY (2017) se zabývali dalším možným způsobem potlačení *C. epigejos*. Testovali účinky vlivu larev *Agriotes lineatus* (kovařík obilní) - též drátovci na šíření *C. epigejos*. Tento druh brouků se řadí mezi kořenové býložravce, kteří upřednostňují některé chutnější druhy rostlin a vyhýbají se druhům s extrémně tvrdými kořeny, nebo s kořeny obsahující některé toxické látky. Výsledky těchto studií prokázaly, že larvy drátovců výrazně snížily nadzemní i podzemní biomasu a negativně ovlivnily růst oddenků a tím zpomalily expanzi *C. epigejos*.

⁴ **Nativní:** přirozeně se vyskytující

4. Chemické přípravky na hubení plevelných rostlin

Chemické přípravky, kterými ničíme pro nás nežádoucí rostliny, označujeme jako herbicidy. Herbicid je v užším slova smyslu chemická sloučenina, která je nositelem biologických účinků s uplatněním při ničení nežádoucí vegetace. V širším slova smyslu je to přípravek komerčního rázu, který krom biologicky aktivní složky obsahuje i látky účinné, usnadňující aplikaci a také upravující její fyzikální vlastnosti. Většina těchto chemických přípravků obsahuje i další pomocné látky, jako adhezíva (zvyšují přilnavost přípravku k povrchu rostliny), nebo smáčedla (snižují povrchové napětí postřikové kapaliny) usnadňující smočení rostlinného povrchu (MÜLLER et al. 1961). Koncepty moderních herbicidních technologií se začaly rozvíjet již v roce 1900 a k zrychlení tohoto vývoje došlo v letech 1944 až 1945 s objevem kyseliny dichlórfenoxyoctové s označením 2,4 - D. Od zavedení 2,4 - D došlo k vývoji širokého spektra organických herbicidů, které se rozšířily do zemědělství, lesnictví a dalších průmyslových odvětví (RADKE R. O., 2014).

Aby boj s plevelnou vegetací mohl být účinný, musí se stát celou soustavou opatření, kterou je nutné přísně dodržovat. Přitom nesmíme zapomínat na to, že způsob hubení závisí jak na zvláštích biologie jednotlivých plevelů, tak i na celém komplexu podmínek prostředí. Komplexní hubení plevelů předpokládá studium biologických vlastností plevelných druhů, tj. způsobů a intenzity rozmnožování, způsobu rozšiřování rozmnožovacích orgánů, regeneračních schopností a životnosti orgánů vegetativního rozmnožování, vztahu k ekologickým podmínkám, citlivosti plevelných rostlin na použité mechanické i chemické zásahy (VÁLKOVÁ, 1989). Efektivnost herbicidů kolísá v závislosti na množství a druzích plevelů v porostech, dále také na druhu, množství a době aplikace přípravků, tak i na průběhu počasí (DOBIÁŠ, 1965). SMUTNÝ et al. (2011) poukazuje i na důležitost růstové fáze plevelných rostlin, na povrch a postavení jejich listové plochy, které mají přímou spojitost s účinností herbicidů.

4.1 Roundup Klasik (aplikovaný herbicid)

Roundup Klasik je postřikový přípravek ve formě s vodou mísitelného koncentrátu, který je určený k hubení vytrvalých i jednoletých plevelů v lesních školkách, kulturách, v lesních porostech k potlačení pařezové výmladnosti a odstraňování nežádoucí keřové a stromové vegetace (VÁLKOVÁ, 1989). Některé studie

zabývající se výzkumem vlivů herbicidu Roundup prokázaly i škodlivé účinky na klíčivost a růst semenáčků některých plodin (BLACKBURN et BOUTIN, 2003).

Roundup Klasik je neselektivní listový herbicid se systematickým účinkem, který obsahuje 360 g účinné látky glyfosátu v 1 litru přípravku. Rostlinami je přijímán výhradně zelenými částmi (listy, oddenky a asimilačním prouděním je rozveden do celé rostliny), kde se translokací docílí zničení i podzemních kořenových systémů odolných vytrvalých plevelů. Není přijímán kořeny a nepůsobí na semena. Předpokladem úspěšného hubení vytrvalých hlubokokořenících plevelů je vytvoření dostatečné listové plochy v době aplikace, aby se zabezpečil co největší příjem účinné látky do rostlin. Nejúčinnější jsou ošetření prováděna v době od nasazení pupat do odkvětu, kdy jsou rostliny v plném růstu. Příznaky působení Roundupu Klasik se projevují postupným vadnutím, žloutnutím, zasycháním až zhnědnutím zasažených rostlin během 10 – 14 dnů (za chladného a suchého počasí se příznaky mohou projevit později). Účinek se zvětšuje vyšší intenzitou světla, vyšší relativní vlhkostí vzduchu, naproti tomu snížení účinku způsobuje déšť do 6 hodin po ošetření (MONSANTO, 2016).

4.1.1 Glyfosát (účinná složka herbicidu Roundup)

Herbicide na bázi glyfosátu jsou v současné době nejpoužívanějšími přípravky proti plevelům. Jsou široce využívány v zemědělství, lesnictví, ve veřejné zeleni i k likvidaci plevelů na komunikacích a v jejich okolí. Po mnoho let byly považovány za zcela bezpečné pro následné plodiny, půdu i pro ekosystémy (ACKERMANN, 2014).

Herbicidní využití glyfosátu objevil chemik firmy Monsanto J. E. Franz v roce 1970. Čtyři roky poté se stal glyfosát účinnou složkou herbicidu Roundup. Měl mít – a snad nadále má – několik unikátních vlastností. V první řadě specifitu účinku jen na rostliny. Za druhé výraznou schopnost *chelatovat*⁵ ionty různých kovů, případně jiné kationty, a tak se pevně vázat v půdě v blízkém okruhu ošetřené rostliny a neohrožovat širší ekosystém (OPATRŇÝ, 2013). Glyfosát (N-fosfonomethyl-glycin) je neselektivní systémově působící herbicidní účinná látka s relativně rychlým příjmem a pohybem v rostlině. Z kontaminovaných listů a dalších částí rostlin je přemísťována do vrcholových *meristémových*⁶ pletiv nadzemních i podzemních částí rostlin, kde

⁵ **Chelatovat:** aktivně na sebe vázat

⁶ **Meristém:** rostlinné dělivé pletivo

působí jako inhibitor aktivity meristémů. Translokace glyfosátu probíhá především v období dvou až tří dnů po aplikaci. V rostlině se pohybuje *akropetálně*⁷ xylémem (cévy, cévice) i *bazipetálně*⁸ floémem (sítkovice). Používá se postemergentně, projev poškození je pozvolný. Zasažené rostliny (obr. č. 2) zastavují růst, vrcholové listy se zbarvují žlutozeleně až žlutě a postupně hynou (ACKERMANN, 2014). Rozklad rostlin způsobí uvolnění glyfosátu do půdy (DUKE et al. 2012) a zde následně proběhne několik degradačních fází (DUKE, 2011).



Obr. č. 2: Rostlina zasažená herbicidem Roundup Klasik

*Subletálně*⁹ kontaminované rostliny později pokračují v růstu nebo raší z adventivních pupenů a zpravidla mají nápadně pozměněné listy. V půdě je glyfosát málo pohyblivý, je stálý na vzduchu a fotodegradace je minimální (ACKERMANN, 2014). DUKE et al. (2012), ve své studii zkoumá vliv glyfosátu a jeho údajného negativního vlivu na minerální výživu rostlin, který by měl vést k nežádoucím účinkům včetně zvýšení chorob u rostlin. Tato rozsáhlá studie popisuje také procesy, které ovlivňují glyfosát v půdním prostředí a poukazuje i na nutnost pochopit jak tato účinná složka reaguje s půdními minerály a mikroorganismy (upřesnění v uvedené studii).

⁷ **Akropetálně:** vývoj/ proces postupující směrem k vrcholu

⁸ **Bazipetálně:** vývoj/ proces postupující k bázi

⁹ **Subletálně:** nepostačující k usmrcení

4.1.2 *Glyfosát a životní prostředí*

Glyfosát je účinnou složkou jednoho z nejrozšířenějších herbicidů na naší planetě, který čelí v poslední době vážným podezřením, že není až tak neškodný, jak o něm jeho výrobci několik desetiletí tvrdili. V roce 2015 byl zařazen na seznam potenciálních karcinogenů a v červnu 2016 jeho registraci zamítl Evropský parlament (HRUŠKA, 2016).

Uznávaná Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) označila glyfosát za pravděpodobně karcinogenní látku. K tomuto závěru dospěl tým nezávislých vědců studiem na zvířatech i výzkumem u lidí. IARC sloučeninu následně zařadila do skupiny *karcinogenních látek 2A*¹⁰ s odůvodněním, že může způsobovat u laboratorních zvířat nádorová onemocnění a u lidí vede ke vzniku některých typů rakoviny krve (BROŽ, 2016). Dlouhodobá toxicita a karcinogenita glyfosátu byla zkoumaná již více subjekty (GREIM et al. 2015). Nízká toxicita byla zjištěna např. na vodní organismy (LEVINE et al. 2015), půdní organismy (MÉREY et al. 2016) a také u savců (TARAZONA et al. 2017). V otázce karcinogenity a toxicity u člověka byla prokázána jistá pravděpodobnost vlivu na lidský organismus (RICHARDOVÁ et al. 2005; BENACHOUR et al. 2007; TARAZONA et al. 2017).

Závažnost působení glyfosátu se projevuje i v jeho praktickém použití v zemědělství pro vyvolání předsklizňového úhynu natí různých plodin (např. řepky a obilovin) tzv. desikace (OPATRNÝ, 2013; HRUŠKA, 2016). K této metodě se používají přípravky s označením desikanty (zpravidla herbicidy), které vysušují rostliny a urychlují ukončení vegetace některých plodin (urychlení dozrávání, zvýšení obsahu sušiny v biomase...), nebo jejich částí, dále odplevelení porostů před sklizní obilnin apod. (KOHOUT, 1997). Více než 90% celosvětových plodin spolu s geneticky modifikovanými plodinami je vůči glyfosátu odolným (WRIGHT et al. 2010; PETTER et al. 2015). Přirozená odolnost se projevila i u mnoho druhů plevelných rostlin (WRIGHT et al. 2010; GREEN et OWEN, 2011; SAMMONS et GAINES, 2014; KRAEHMER et al. 2014) a to díky početným aplikacím herbicidů na plodiny (WRIGHT et al. 2010). Další využití glyfosátu je v lesnictví, kde se běžně používá k chemické přípravě před výsadbou sazenic. Asi pětina glyfosátu spotřebovaného v České republice skončí právě v lesnictví. Přestože aplikace glyfosátu v naší krajině je masivní a často nadbytečná, přímé důkazy o jeho vlivu na biologickou rozmanitost chybějí, a to

¹⁰ **Karcinogenní látka 2A:** látky, na něž je třeba pohlížet, jako by byly karcinogenní pro člověka.

zejména proto, že je zřejmě dosud nikdo systematicky neshromažďoval (HRUŠKA, 2016).

Poznámka: Odvolací výbor Evropské komise na zasedání dne 27. listopadu 2017 kvalifikovanou většinou podpořil obnovu schválení účinné látky glyfosát na dalších 5 let (do roku 2022). Použití přípravků na ochranu rostlin obsahující tuto účinnou látku, je tak povoleno ve všech členských zemích Evropské unie. V roce 2018 čeká Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) společně s výrobcí přehodnocení stávajících povolení těchto přípravků. Přehodnocení ze strany ÚKZÚZ se týká např. posouzení, jak tyto přípravky působí na životní prostředí a pitnou vodu a to dle posledních platných metodik Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) (eAGRI, 2018).

4.2 Fusilade Forte 150 EC (aplikovaný herbicid)

Mnoho vážných důvodů nutí lesní hospodáře k uváženému výběru přípravků na regulaci konkurenčního tlaku buřeně v lesních kulturách (JANAUER, 1995). Jako buřeň lesníci označují plevelné druhy rostlin, které konkurují vysazeným dřevinám a z hospodářského hlediska jsou nežádoucí. Stejně tak hodnotí trávy, které se po rozpadu lesa a po odlesnění způsobené škodlivinami rozšířili na rozsáhlých plochách v horských oblastech (FIALA et al. 2007).

Jedním z přípravků pro potlačení lesní buřeně je i Fusilade Forte 150 EC. Tento přípravek působí selektivně jako listový translokační herbicid proti trávovitým plevelům a to jednoletým i vytrvalým (s výjimkou lipnice roční a kostřavy červené). Fusilade Forte 150 EC obsahuje 150 g účinné látky Fluazifop - p - butyl (15,8 %) na litr. Předností tohoto výrobku je, že se aplikuje až na vzešlé rostliny, takže je možné ošetřovat výběrově ohniska skutečně zaplevelených částí pozemků. Přípravek působí systémově, proto je nutno jej aplikovat v období optima pro trávovité. Jeho působení je rychlé, herbicidní účinky jsou pozorovatelné již za 7 dní. Teplé a vlhké počasí urychluje příjem přípravku a jeho účinnost. Přípravkem se v plné dávce ošetřuje jednou ročně výhradně v době růstového optima plevelných trav, kdy většina z nich je ve stádiu od dvou listů do konce odnožování. Dokonalá pokrývnost je podmínkou úspěchu aplikace (SYNGENTA, 2016).

Nebyly zjištěny negativní ekologické důsledky například na změnu výskytu makrofauny, bohatství druhů a jejich rozmanitosti (WOJTOWICZ, 2014; SHIMETA et al. 2016).

4.2.1 Fluazifop-p-butyl (účinná složka herbicidu Fusilade)

Účinná látka Fluazifop-p-butyl herbicidního přípravku Fusilade Forte 150 EC má chemické označení (*R*) – butyl 2/4 – (5 – trifluormethyl – 2 – pyridyl – oxy) – fenoxy/ - propionát (VÁLKOVÁ, 1989).

Látka je vhodná pro hubení jednoletých a vytrvalých trav (s výjimkou širokolistých travin, kde je účinek minimální). Je absorbována přes povrch listů a zde se hydrolyzuje na kyselinu fluazifopovou, která se primárně přepravuje *floémem* a akumuluje se v meristémech, kde narušuje syntézu lipidů (převážně u citlivějších druhů rostlin). V rostlinách se stává kyselina herbicidně aktivní. V půdním a vodním prostředí jsou kyselina a její ester metabolizovány půdními nebo sedimentovými mikroby, což způsobuje jejich rozpad na herbicidně neaktivní sloučeniny. Poločas rozpadu účinné látky v půdním prostředí je jeden až dva týdny (TU et al. 2001). Poločas rozpadu je určován dobou nutnou ke snížení koncentrace původně aplikované dávky na polovinu a často vyjadřuje proces *perzistence*¹¹ či *inaktivace*¹² herbicidů (VÁLKOVÁ, 1989). Rozkládá se primárně hydrolyzou a sekundárně mikrobiálními metabolismy. Látka není degradována fotolýzou nebo jinými chemickými procesy. Snadno se váže na půdní částice a proto je jeho mobilita v půdním prostředí velmi nízká.

O environmentálním dopadu jsou informace ve vědecké literatuře velmi omezené (TRABELSI et al. 2015; BADAWI et al. 2015). Fluazifop-p-butyl je lehce až prakticky netoxický pro savce a ptactvo, a jen lehce toxický pro zvířecí kůži a oči (TU et al. 2001). Nevytváří ani negativní účinky na půdní bezobratlé (SCORIZA et al. 2015). Vyšší koncentrace mohou ovlivnit vývoj expanzivních a invazivních druhů trav. Taktéž zbytkové vlastnosti účinné látky mohou vykazovat jisté zamezení růstu semenáčků a klíčení semen některých druhů rostlin (ROKICH et al. 2009). Degradční procesy v zemědělské půdě byly zjištěny jako téměř výlučně mikrobiálního charakteru (BADAWI et al. 2015).

¹¹ **Perzistence:** čas, ve kterém dochází k vymizení toxických složek z určitého ekosystému

¹² **Inaktivace:** abioticko-chemický (+fotochemický), fyzikální a biochemický pochod, dochází k rozložení fytotoxických látek až na nejedovaté složky

5. Metodika

Nádobový experiment byl založen na podzim roku 2015, v odlehlé části ovocného sadu, v prostoru Lumbeho zahrad, které jsou součástí pozemku Pražského hradu. Sad se nachází v nadmořské výšce 268 m, 50° 5' 35" severní a 14° 23' 35" východní zeměpisné šířky. Průměrné roční teploty vzduchu pro lokalitu Praha jsou 9 °C s průměrnou relativní vlhkostí až 75% a průměrný roční úhrn srážek se pohybuje od 450 do 500 ml (TOLASZ et al. 2007).

Experiment probíhal po dobu dvou let se zahájením aplikací na jaře v roce 2016 a zakončením sběru dat v létě v roce 2017. Tento experiment volně navazuje na bakalářskou práci „Vliv managementu na růst *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth“ (DUBSKÁ, 2015).

Experiment byl zaměřen na reakci dlouhostébelné expanzivní trávy *C. epigejos* na aplikaci dvou herbicidních přípravků Roundup klasik a Fusilade forte 150 EC v kombinaci s růstovým hnojivem NPK a dále na kombinaci sestřihu a při plném růstu. Bylo založeno 10 variant po 4 opakováních. Každé opakování tvořilo 10 rostlin s následujícím rozdělením aplikací (Cut + NPK + Rou / Cut + Rou / Rou / Cut + NPK + Fus / Cut + Fus / Fus / Cut + NPK / NPK / Cut / Control). Zkratky jednotlivých aplikací jsou pro přehled uvedeny v tabulce č. 1.

Cut + NPK + Rou	<i>sestřih + růstové hnojivo NPK + Roundup Klasik</i>
Cut + Rou	<i>sestřih + Roundup Klasik</i>
Rou	<i>Roundup Klasik</i>
Cut + NPK + Fus	<i>sestřih + růstové hnojivo NPK + Fusilade Forte 150 EC</i>
Cut + Fus	<i>sestřih + Fusilade Forte 150 EC</i>
Fus	<i>Fusilade Forte 150 EC</i>
Cut + NPK	<i>sestřih + růstové hnojivo NPK</i>
NPK	<i>růstové hnojivo NPK</i>
Cut	<i>sestřih</i>
Control	<i>kontrolní vzorek</i>

Tab. č. 1: Zkratky jednotlivých aplikací.

Rostliny byly vysazeny do květníků o průměru 30 cm a objemu 10 l o ploše 0,07 m². Do každého květníku byl zasazen trs *C. epigejos* o 10 rametách (počet zvolen z důvodu větší úspěšnosti uchycení rostliny). Půda pro vysazení byla použita z místa založení experimentu. Dále byl odebrán vzorek půdy pro rozbor (chemické vlastnosti uvedeny v tabulce č. 2). Vzorek půdy byl sušen při pokojové teplotě a homogenizován proséváním přes síto s oky o velikosti 2 mm. Obsah P (fosforu), Ca (vápníku), Mg (hořčíku) a K (draslíku) byl zjišťován převedením do extrakčního roztoku dle metodiky Melich III. (ZBÍRAL, 1995). Rostlinou dostupný fosfor byl stanoven spektrometricky, jako fosfomolybdenová modř při vlnové délce 750 nm na spektrofotometrickém přístroji (Cary 60 UV-Vis, Agilent Technologies, Santa Clara, USA). Pro stanovení draslíku byl použit atomový absorpční spektrofotometr (55B AA Spectrometer, Agilent Technologies, Santa Clara, USA) za použití acetyleny a vzduchu. Stejný postup byl zvolen i pro stanovení vápníku a hořčíku, s přidáním roztoku lanthanu. Pro analýzy celkového uhlíku (měřen jako CO₂ při teplotě 1050°C) a celkového dusíku (měřen jako N₂ při teplotě 600°C) bylo použito vysokoteplotního katalytického spalování na přístroji Primacs SNC (Scalar, Breda, Nizozemsko).

Živiny	P	Ca	Mg	K	C	N
Obsah (mg/kg)	8,82	4103,2	1247,1	306,6	4875	332

Tab. č. 2: Chemické vlastnosti půdy.

Po vysazení do nádob následovalo klidové období z důvodu uchycení rostliny. Květníky byly umístěny v nechráněném prostoru sadu a v zimním období byly nádoby zazimovány (zahrnuty mulčovací kůrou) pro zamezení možného vymrznutí.

V červnu roku 2016 byly na jednotlivých variantách, 4 opakováních provedeny jednorázové aplikace herbicidů Roundup klasik a Fusilade forte 150 EC, růstového hnojiva NPK a sestřihu (simulace kosení).

Herbicidy Roundup klasik a Fusilade forte 150 EC byly na vybrané varianty (**Cut + NPK + Roundup / Cut + Roundup / Roundup / Cut + NPK + Fusilade / Cut + Fusilade / Fusilade**) aplikovány za použití ručního tlakového rozprašovače (pro simulaci celoplošně prováděných postřiků). Pro Roundup klasik byla použita koncentrace 3% (300 ml / litr vody) a pro Fusilade forte 150 EC koncentrace 1% (100 ml / litr vody) roztoku, dle metodických pokynů aplikace těchto přípravků. Aplikace na jednotlivé varianty byla provedena z dosahu ostatních rostlin a po zaschnutí byla rostlina vrácena zpět (z důvodu nezasažení ostatních rostlin a

neovlivnění tak ostatních aplikací). Na variantách **Cut + NPK + Roundup** a **Cut + NPK + Fusilade** byla aplikace provedena s týdenním odstupem od rozhozu NPK pro dostatečné vstřebání hnojiva.

Růstové hnojivo NPK bylo aplikováno rozhozem na zeminu v množství 50 g / m². Daná dávka byla určena jako dostačující množství na květník o ploše 0,07 m².

Sestřih byl proveden zahradnickými nůžkami ve výšce 5 cm nad zemí. Biomasa získaná sestřihem byla sušena po dobu 14 dnů v suché a větratelné místnosti při cca 20 C° v prodyšných sáčcích. Usušená biomasa se poté zvažila na analytické váze v laboratorních prostorech. Stejný postup byl aplikován i u oddělených lat ze sestřihané biomasy s jejich následným změřením.

5.1 Sběr dat

V srpnu roku 2017 byl proveden sběr dat. U studované rostliny se nejprve vyhodnotil její vizuální stav (výška, tvar a barva listové plochy) na aplikované herbicidy a zaznamenaly se její reakce. Jednotlivé varianty rostlin byly následně vyjmuty z květníků, kořenové baly se zbavily zeminy a promyly se proudem vody. Rostliny se poté zvažily jako celek (s kořenovým systémem). Dále se u každé rostliny spočítal počet ramet a výhony jednotlivých ramet. Biomasa a laty získané po oddělení od kořenového systému byly opět usušeny, zvaženy a změřeny.

6. Statistické vyhodnocení

Pro statistické testy byl použit matematický statistický software R a program STATISTIKA 13 software (Statsoft, Tulsa). Data pro celkovou vyprodukovanou biomasu (nadzemní i podzemní) rostlin v závislosti na jednotlivých variantách treatmentů byla vyhodnocena jednocestnou analýzou variance (single factor ANOVA). Pro analýzu hmotnosti a délky vytvořených květů v závislosti na variantě treatmentu a roku, byla zvolena více - faktorová ANOVA (two factor ANOVA) bez interakcí s následným využitím testů mnohonásobného srovnání Tukey HSD pro analýzu rozdílů mezi jednotlivými variantami treatmentů (LEPŠ et ŠMILAUER, 2016). Pomocí více faktorové ANOVA byl rovněž testován předpoklad, že se průměrná hmotnost nadzemní biomasy rostlin liší od podzemní a rovněž se tyto hmotnosti mezi sebou liší dle použité varianty treatmentu. Samotnému testování předcházela odmocninová transformace dat (LOG +1) z důvodu nulových dat u některých variant treatmentů, po jejichž aplikaci rostliny zcela odumřely. Dále byla data testována na ověření předpokladu homogenity variancí pomocí Bartlettova testu. Pro zjištění míry těsnosti vztahu mezi délkou květu a jeho váhou byl vypočten korelační koeficient. Pro zjištění rozdílů v produkci květů mezi rokem 2016 a 2017 byla z důvodu narušení normality dat použita neparametrická obdoba pro dvouvýběrový t-test. Konkrétně Wilcoxonův test. Pro analýzu produkce květů v závislosti na použité variantě ošetření, byla ze stejných důvodů využita neparametrická obdoba analýzy variance, tzn. Kruskal - Wallisův test.

7. Analýza dat

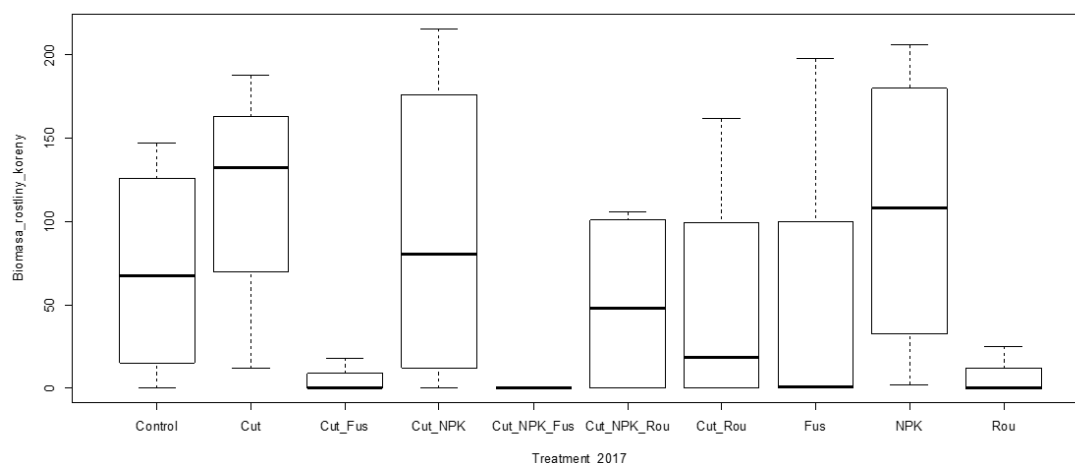
7.1 Efekt herbicidu na růst *Calamagrostis epigejos*

7.1.1 Analýza závislosti průměrné hmotnosti biomasy (nadzemní i podzemní) rostlin na jednotlivých variantách ošetření.

Testovaný model: ANOVA - Biomasa rostlin ~ Treatment. Závislá proměnná: biomasa. Prediktor: treatment.

Výsledek jednocestné analýzy variance pro předpoklad, že hmotnost biomasy je statisticky průkazně ovlivněna zvoleným ošetřením vyšel průkazný (ANOVA, $F = 2.011$, $df = 9$, $p = 0.0733$) na hladině významnosti testu $\alpha = 0,1$. Z dosažené hladiny významnosti $p = 0.0733$, lze ale usuzovat, že při vyšším sběru dat, bude výsledek průkazný i na hladině významnosti $\alpha = 0.05$.

Nejnižších hmotností dosahovala biomasa u rostlin ošetřených variantou Cut + NPK + Fus. Naopak nejvyšších hmotností dosahovaly varianty, na které nebyl aplikován herbicid (Control, Cut, Cut + NPK, NPK). Přehled variability dat dosažených biomas rostlin je uveden na obr. č. 3.



Obr. č. 3: Přehled hmotností nadzemní i podzemní biomasy rostlin (g) v závislosti na zvoleném ošetření. Střední „krabicová“ část diagramu obsahuje 50 % dat a je ohraničená kvartily. Linie mezi nimi značí medián. Kolmé linie vycházející ze střední části diagramu vyjadřují variabilitu dat nad kvartily (25 %, 25 % dat). Zkratky jednotlivých treatmentů jsou vysvětleny v kapitole č. 5, tab. č. 1.

7.1.2 Analýza průměrného množství vytvořené nadzemní a podzemní biomasy dle jednotlivých variant treatmentů (zda je více redukována nadzemní, či podzemní biomasa)

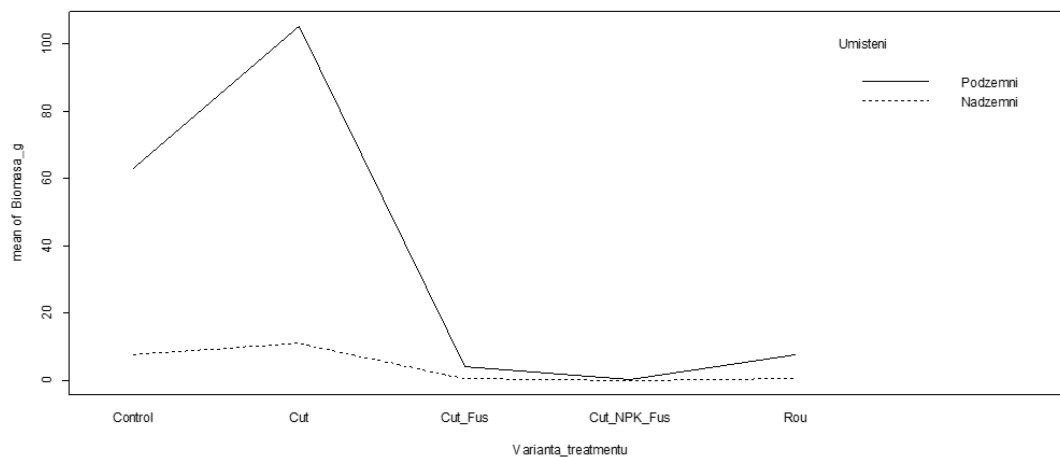
Testovaný model: dvoucestná ANOVA – Hmotnost biomasy ~ Treatment + Umístění (nadzemní, podzemní). *Závislá proměnná:* hmotnost biomasy. *Prediktor:* treatment, umístění.

Výsledek dvoucestné analýzy variance pro předpoklad, že se hmotnost biomasy rostlin liší dle umístění (nadzemí, podzemí) a je statisticky průkazně ovlivněna zvoleným ošetřením, vyšel průkazný pro oba faktory (tab. č. 3).

Prediktor	F	df	p
<i>Treatment</i>	3.6	9	0.001011
<i>Umístění</i>	12.59	1	0.000701

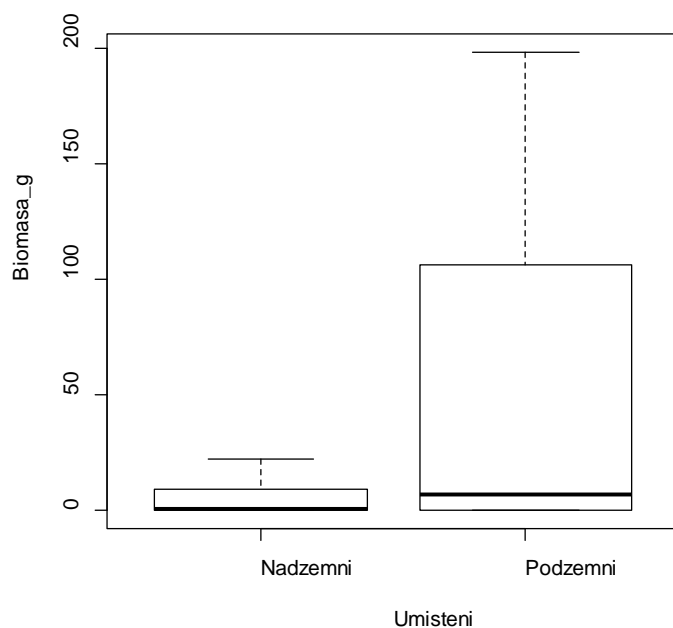
Tab. č. 3: Výsledky analýzy předpokladu vlivu varianty ošetření a umístění na výslednou nadzemní a podzemní hmotnost biomasy rostlin, F – testovací statistika, df – stupně volnosti, p – dosažená hladina významnosti.

Výsledek testování pomocí Tukey HSD testu prokázal statisticky průkazný rozdíl ($p = 0.0228$) v hmotnostech nadzemní a podzemní biomasy mezi variantou Cut + Fus a Cut, dále mezi variantou Cut + NPK + Fus a Cut ($p = 0,0049$) a v neposlední řadě mezi Rou a Cut ($p = 0.0281$) na hladině významnosti testu $\alpha = 0.05$. Všechny varianty produkovaly statisticky méně nadzemní i podzemní biomasy než varianta Cut. Oproti kontrole produkovaly statisticky méně podzemní biomasy, ale v produkci nadzemní biomasy se oproti kontrole nelišily. Porovnání lišících se variant je pro přehlednost zobrazeno na obr. č. 4.



Obr. 4: Přehled vybraných treatmentů lišících se od sebe hmotností biomasy dle varianty aplikovaného treatmentu. Zkratky jednotlivých treatmentů jsou vysvětleny v kap. 5, tab. 1.

Aplikace herbicidů výrazně redukuje podzemní biomasu, ale nadzemní biomasa se oproti kontrole snižuje jen nepatrně (obr. 5).



Obr. 5: Rozložení variability dat vyprodukované biomasy (g) v závislosti na umístění (podzemí, nadzemí).

7.2 Ovlivnění šíření *Calamagrostis epigejos* typem herbicidu

7.2.1 Analýza hmotnosti květů v závislosti na roku jejich vytvoření a jednotlivých variantách ošetření

Testovaný model: **dvoucestná ANOVA - Biomasa květů ~ Treatment + Rok.**

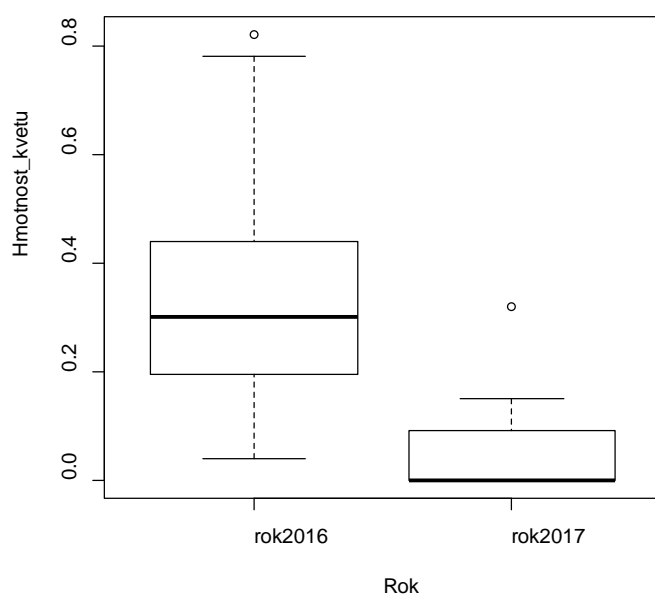
Závislá proměnná: biomasa květů. Prediktor: treatment, rok.

Výsledek dvoucestné analýzy variance pro předpoklad, že hmotnost květů rostlin je statisticky průkazně ovlivněna zvoleným ošetřením a rokem vykvetení vyšel průkazný pro oba faktory (tab. č. 4) na hladině významnosti testu $\alpha = 0.05$ (hladina 0.0522 byla brána jako již statisticky významná).

Prediktor	F	df	p
Treatment	2.259	5	0.0522
Rok	100.876	1	<2e-16

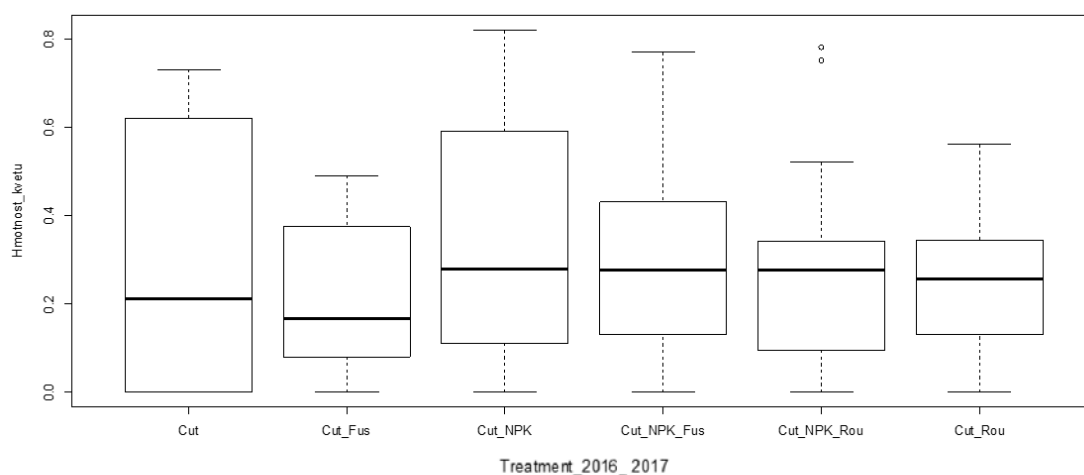
Tab. č. 4: Výsledky analýzy předpokladu vlivu varianty ošetření a roku na výslednou hmotnost květů, *F* – testovací statistika, *df* – stupně volnosti, *p* – dosažená hladina významnosti.

Rostliny dosahovaly nižších hmotností květů v roce 2017 oproti roku 2016. Přehled variability dat dosažených hmotností květu v jednotlivých letech uvádí obr. č. 6.



Obr. č. 6: Hmotnost květů (g) v závislosti na roku jejich vytvoření. Střední „krabicová“ část diagramu obsahuje 50 % dat a je ohraničená kvartily. Linie mezi nimi značí medián. Kolmé linie vycházející ze střední části diagramu vyjadřují variabilitu dat nad kvartily (25 %, 25 % dat). Body značí odlehlé hodnoty.

Výsledek testování pomocí Tukey HSD testu prokázal statisticky průkazný rozdíl ($p = 0.0429$) mezi variantou ošetření Cut + NPK a Cut + Fus. Ostatní varianty ošetření se v průměrných hmotnostech květů neliší. Nejnižších hmotností dosahovala varianta ošetření pomocí Cut + Fus. Přehled dosažených hmotností květů dle jednotlivých variant ošetření je zobrazen na obr. č. 7.



Obr. č. 7: Rozložení variability dat hmotností (g) vytvořených květů v závislosti na jednotlivých zvolených ošetřeních. Střední „krabicová“ část diagramu obsahuje 50 % dat a je ohraničená kvartily. Linie mezi nimi značí medián. Kolmé linie vycházející ze střední části diagramu vyjadřují variabilitu dat nad kvartily (25 %, 25 % dat). Zkratky jednotlivých treatmentů jsou vysvětleny v kap. č. 5, tab. č. 1.

7.2.2 Analýza délky květů v závislosti na roku jejich vytvoření a jednotlivých variantách ošetření

Testovaný model: dvoucestná ANOVA - Délka květů ~ Treatment + Rok.

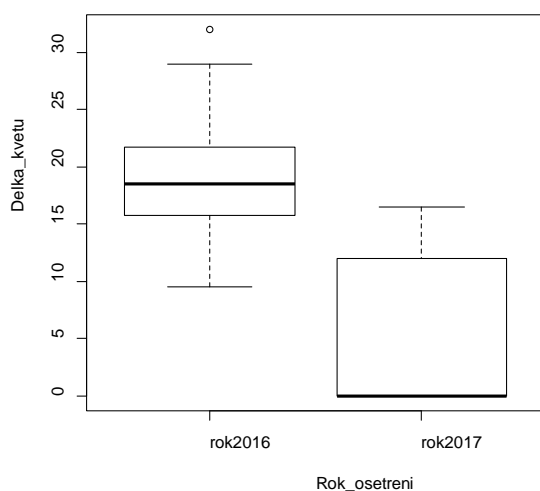
Závislá proměnná: délka květů. **Prediktor:** treatment, rok.

Výsledek dvoucestné analýzy variance pro předpoklad, že délka květů rostlin je statisticky průkazně ovlivněna zvoleným ošetřením a rokem vykvetení vyšel průkazný pro faktor roku, zvolená varianta ošetření se jako průkazná neprojevila. Nicméně dosažená hladina významnosti se přibližuje hladině 0.05, z čehož lze usuzovat, že při vyšším počtu dat, by mohla mít varianta ošetření vliv na tvorbu délky květu. Přehled dosažených hladin významnosti uvádí tab. č. 5.

Prediktor	F	df	p
Treatment	2.142	5	0.0642
Rok	231.864	1	<2e-16

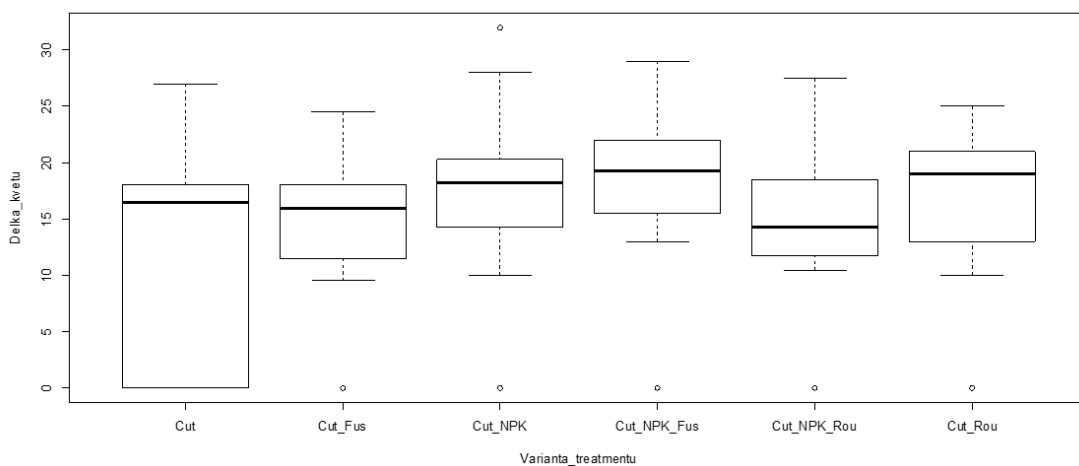
Tab. č. 5: Výsledky analýzy předpokladu vlivu varianty ošetření a roku na výslednou délku květů, F – testovací statistika, df – stupně volnosti, p – dosažená hladina významnosti.

Vyšších délek dosahovaly květy vytvořené v roce 2016 než v roce 2017. Přehled dosažených délek květů dle roku vytvoření zobrazuje obr. č. 8.



Obr. č. 8: Délka květů (cm) v závislosti na roku jejich vytvoření. Střední „krabicová“ část diagramu obsahuje 50 % dat a je ohraničená kvartily. Linie mezi nimi značí medián. Kolmé linie vycházející ze střední části diagramu vyjadřují variabilitu dat nad kvartily (25 %, 25 % dat). Body značí odlehlé hodnoty.

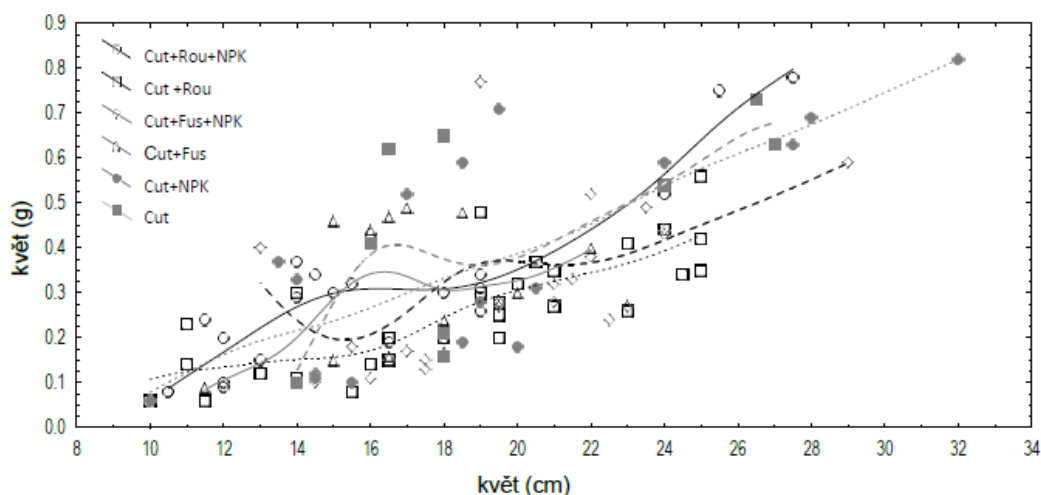
Přehled dosažených délek květů dle jednotlivých variant ošetření je zobrazen na obr. č. 9.



Obr. č. 9: Rozložení variability dat délek (cm) vytvořených květů v závislosti na jednotlivých zvolených variantách ošetření. Střední „krabicová“ část diagramu obsahuje 50 % dat a je ohraničená kvartily. Linie mezi nimi značí medián. Kolmé linie vycházející ze střední části diagramu vyjadřují variabilitu dat nad kvartily (25 %, 25 % dat). Body značí odlehlé hodnoty. Zkratky jednotlivých treatmentů jsou vysvětleny v kap. 5, tab. č. 1.

7.2.3 Analýza vztahu mezi váhou květu a jeho délkou dle jednotlivých treatmentů

Korelační analýza byla spočítána pouze pro sestříhané varianty treatmentů. Výsledné korelační křivky včetně dosažených hodnot korelačního koeficientu jsou uvedeny na obr. č. 10.



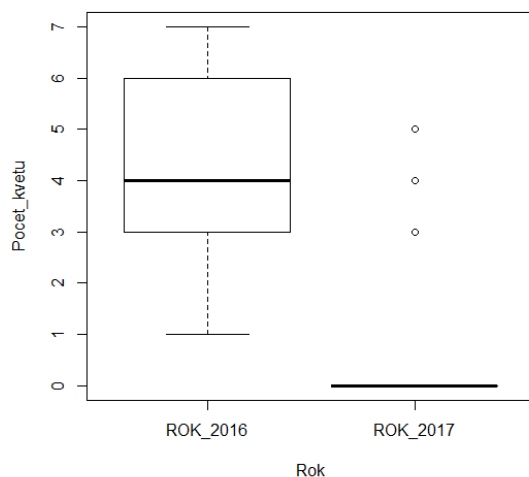
Obr. č. 10: Výsledky korelační analýzy vztahu mezi váhou a délkou květenství *Calamagrostis epigejos* dle jednotlivých treatmentů. Korelační koeficient pro jednotlivé treatmenty: Rou + Cut + NPK: $r = 0.890$; $p < 0.001$; Rou + Cut: $r = 0.791$; $p < 0.001$; Fus + Cut + NPK: $r = 0.453$; $p = 0.034$; Fus + Cut: $r = 0.394$; $p = 0.163$; Cut + NPK: $r = 0.760$; $p < 0.001$; Cut: $r = 0.632$; $p = 0.068$. Křivky trendu byly vytvořeny pomocí metody nejmenších čtverců. Zkratky jednotlivých treatmentů jsou vysvětleny v kap. č. 5, tab. č. 1.

Váhy květů jsou pozitivně korelovány s jejich délkou, a to u všech variant kromě variant Fus + Cut.

7.2.4 Analýza zhodnocení počtu vytvořených květů v jednotlivých letech experimentu

Testovaný model: Wilcoxonův test - Počet květů \sim Treatment + Rok.
Závislá proměnná: počet květů. Prediktor: treatment, rok.

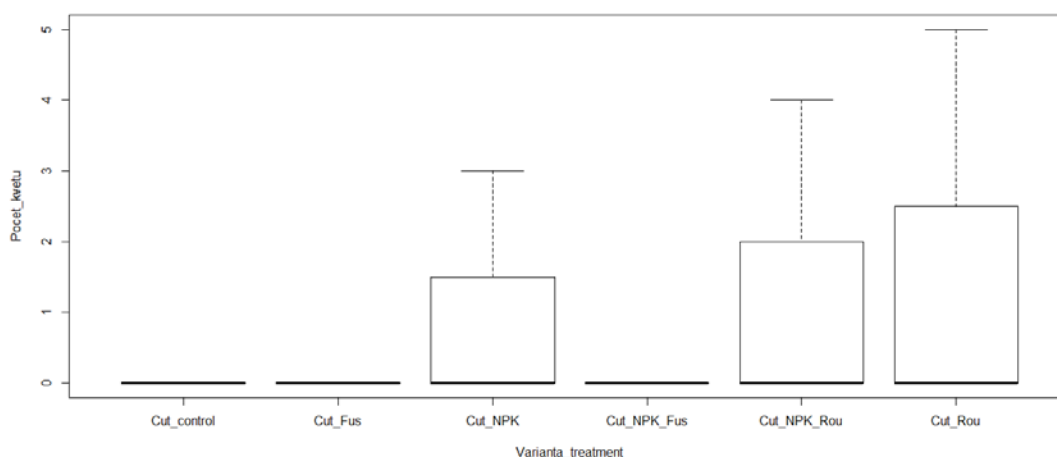
Statistické testování pomocí Wilcoxonova testu potvrdilo významný rozdíl v počtu květů mezi rokem 2016 a 2017 (p -value = $4.142e-08$). Z nasbíraných dat vyplývá, že byla nižší produkce květů v roce 2017 (obr. č. 11).



Obr. č. 11: Průměrné počty vytvořených květů v jednotlivých letech experimentu. Střední „krabicová“ část diagramu obsahuje 50 % dat a je ohraničená kvartily. Linie mezi nimi značí medián. Kolmé linie vycházející ze střední části diagramu vyjadřují variabilitu dat nad kvartily (25 %, 25 % dat). Body značí odlehlé hodnoty.

Zhodnocení počtu vytvořených květů v roce 2017 dle jednotlivých variant ošetření je zobrazen na obr. č. 12.

Statistické testování pomocí Kruskal – Wallisova testu, neprokázalo statisticky významný rozdíl v produkci květů v závislosti na rozdílném ošetření rostlin ($\chi^2 = 3.2987$, $df = 5$, $p\text{-value} = 0.654$).



Obr. č. 12: Přehled variability dat vytvořených květů v roce 2017 v závislosti na typu ošetření. Střední „krabicová“ část diagramu obsahuje 50 % dat a je ohraničená kvartily. Linie mezi nimi značí medián. Kolmé linie vycházející ze střední části diagramu vyjadřují variabilitu dat nad kvartily (25 %, 25 % dat). Zkratky jednotlivých treatmentů jsou vysvětleny v kap. č. 5, tab. č. 1.

7.3 Vyhodnocení experimentu

V tomto nádobovém experimentu založeného v experimentálních podmínkách, byly sledovány reakce *Calamagrostis epigejos* na ošetření herbicidy Roundup Klasik a Fusilade Forte 150 EC. Cílem bylo zjistit, zda se účinnost těchto přípravků liší na základě rozdílného stavu rostlin. Tj. zda jsou odezvy pokosených rostlin (simulováno zástřihem) odlišné od reakcí rostlin mechanicky nepoškozených. Dále bylo zkoumáno, zda jsou rostliny s dostatkem živin (hnojeno růstovým hnojivem s kombinacemi prvků NPK) odolnější vůči postřikům oproti rostlinám, které hnojeny nebyly. Pro zodpovězení těchto otázek bylo vybráno celkem 10 variant kombinací herbicidů a odlišného ošetření rostlin. Jednalo se o kombinace *Cut* (Sestřih, dále už jen *Cut*) + *NPK* + *Roundup*; *Cut* + *Roundup*; *Roundup*; *Cut* + *NPK* + *Fusilade*; *Cut* + *Fusilade*; *Fusilade*; *Cut* + *NPK*; *Cut*; *NPK* a kontrolní varianta (dále jen *Control*).

Reakce *Calamagrostis epigejos* na aplikované herbicidy Roundup Klasik a Fusilade Forte 150 EC byli velmi pozvolné. Účinky herbicidů se začaly projevovat mezi 10 a 14 dnem od aplikace. Jemné svěšení listové plochy přecházelo do mírného zešednutí s náznaky zaschnutí horní listové části. V následujícím roce po aplikaci se přeživší rostliny projevovaly pomalým a nízkým nárůstem nadzemní biomasy s minimální tvorbou květenství. Pro přehlednost je % zredukované nadzemní i podzemní biomasy nejúčinnějších treatmentů (*Cut* + *NPK* + *Fus*; *Cut* + *Fus* a *Rou*) uvedeno v tabulce č. 6. Rozdíly mezi nadzemní a podzemní biomasou u uvedených variant ošetření jsou patrné na fotografiích (Příloha č. 1) a zbylých variant ošetření (Příloha č. 1a). Ovlivnění růstu u variant s tímto ošetřením bylo znatelné i při vizuálním hodnocení.

Varianta ošetření	r. 2017 - % zredukované nadzemní biomasy oproti kontrolním variantám	r. 2017 - % zredukované podzemní biomasy oproti kontrolním variantám
<i>Cut</i> + <i>NPK</i> + <i>Fus</i>	99 %	99 %
<i>Cut</i> + <i>Fus</i>	88 %	81 %
<i>Rou</i>	79 %	73 %

Tab. č. 6: % zredukované nadzemní i podzemní biomasy nejúčinnějších treatmentů v r. 2017.

Průměrná váha celkové nadzemní biomasy všech sestřihaných variant (*Cut* + *NPK* + *Roundup*; *Cut* + *Roundup*; *Cut* + *NPK* + *Fusilade*; *Cut* + *Fusilade*; *Cut* + *NPK*;

Cut - kontrola) je pro přehled uvedena v tabulce č. 7. Pro porovnání byly použity data sestříhaných variant, u kterých bylo možné doložit díky odběrům v jednotlivých letech rozdíl v produkci před ošetřením a po ošetření jednotlivými aplikacemi.

Nadzemní biomasa (všech sestříhaných variant)	r. 2016 před provedenými aplikacemi	r. 2017 po provedení aplikací
<i>Průměrná váha (g)</i>	8,75	8,1

Tab. č. 7: Průměrná váha nadzemní biomasy všech sestříhaných variant v jednotlivých letech.

Rostliny, na které byl po sestříhu aplikován herbicid Fusilade Forte 150 EC, měly výraznější úhyn než rostliny, na které byl tento herbicid aplikován v plném růstu. U rostlin, kde byl aplikován herbicid Roundup Klasik, byl efekt opačný. Roundup Klasik měl vyšší procento úhynu u aplikací na vzrostlé rostliny. Potvrzuje se tak tzv. Beskydská metoda (podrobněji popsáno v kapitole Diskuze). Podle výsledku analýz můžeme konstatovat, že herbicid Roundup Klasik je lépe aplikovat na rostliny v plném růstu a herbicid Fusilade Forte naopak na rostliny po sestříhu. Dosažené výsledky z tohoto experimentu prokázaly, že aplikace ošetřením herbicidy Roundup Klasik a Fusilade Forte 150 EC na *C. epigejos*, nepůsobily striktně letálně. Působení herbicidů se projevilo částečným potlačením, zpomalením růstu a v jejím následném fyziologickém vývoji, ale k přímému úhynu (tzn. 100% úhyn) nedošlo. Tuto skutečnost dokládají i studie se zaměřením na podobná témata použitých v kapitole Diskuze.

8. Diskuze

Výsledné analýzy ze získaných dat prokázaly, že množství nadzemní biomasy je nejefektivněji eliminováno u rostlin s ošetřením *Cut + růstové hnojivo NPK + Fusilade Forte*; *Cut + Fusilade Forte* a *Roundup*. Výsledky lze srovnat se studii DVORANEN et al. (2008); TIBURCIO et al. (2012) a SANTOS et al. (2012) kteří porovnávali vliv účinných složek fluazifop-p-butylu a glyfosátu zmíněných herbicidů a prokázaly negativní vliv na produkci biomasy, na rychlost růstu rostlin a OLSZYK et al. (2013) zmiňuje i následné ovlivnění výšky rostlin. Tyto výsledky byly prokázány i u podzemní biomasy, kde se projevila odlišnost pouze u varianty s ošetřením *Roundup*, zde byla biomasa redukována méně. Závěry experimentů zmíněných studií potvrdili negativní vliv herbicidů na vývoj rostlin, z čehož lze usuzovat, že jsou výsledky v této studii průkazné a aplikovatelné v praxi. Díky těmto výsledkům lze dále konstatovat, že ošetření herbicidem Roundup Klasik je účinnější provádět na rostliny v plném růstu. Na tomto způsobu aplikace je založena tzv. Beskydská metoda používaná při likvidaci křídlatek (*Reynoutria*), spočívající v aplikaci glyfosátového přípravku na listovou plochu v konečné fázi vegetační doby, kdy mají křídlatky období květu (tj. přelom srpna a září). Klíčovým krokem před ošetřením je cílové porosty nevytrhávat, nekosit nebo jinak mechanicky nepoškozovat, aby nedošlo k porušení vodivých pletiv (ŠRUBAŘ, 2006). Výsledky nádobového experimentu potvrzují stejné účinky i na porosty *C. epigejos*. Naopak před ošetřením herbicidem Fusilade Forte 150 EC je vhodné porosty této dlouhostébelné trávy pokosit. Pokosené varianty vykazovaly statisticky menší množství biomasy, než varianty nepokosené. Vizuálním hodnocením byla v roce 2017 sledována i změna pigmentace listové plochy u variant přeživších rostlin po ošetření herbicidy. *Calamagrostis epigejos* měla viditelné snížení chlorofylu. Její listy vykazovaly světle zelené až šedé zbarvení. O citlivosti některých druhů rostlin na účinné látky glyfosát a fluazifop-p-butyl aplikovaných herbicidů ohledně ztráty chlorofylu, se ve svých studiích zabýval např. ALI et al. (2013); ANESIO et al. (2017); DIAS et al. (2017) a také SILVEIRA et al. (2017), jejichž výsledky prokázaly pozitivní nebo naopak negativní reakci změny pigmentace listové plochy v závislosti na množství aplikované dávky účinných látek. Pro objasnění mechanismů fotosyntézy a změn v rostlinách způsobených biotickým nebo abiotickým stresem, se používá metoda Hodnocení fluorescence chlorofylu, kterou ve své studii použil např. SILVEIRA et al. (2017).

V tomto nádobovém experimentu bylo použito pouze výše zmíněné vizuální hodnocení, které bylo pro cíle této práce dostatečné.

Analýzy dále prokázaly nižší hmotnost květů v roce 2017 (průměrná hmotnost sestříhaných variant 0,12 g) oproti roku 2016 (průměrná hmotnost sestříhaných variant 0,34 g). Nižší hmotnost květů by mohla být odezvou na aplikované herbicidy, respektive na jejich účinné složky glyfosát a fluazifop-p-butyl. Negativní účinky těchto složek mající vliv na růst a vývoj rostlin, čímž je ovlivněna tvorba květů a semen zmiňují například ve své práci DVORANEN et al. (2008); ROKICH et al. (2009); ALBRECHT et al. (2012). Rozdílná hmotnost květů u *C. epigejos*, by mohla být způsobena zároveň její velikostí a formou růstu, což jsou důležité znaky pro možnou schopnost regenerace po ošetření sestříhem (KLIMEŠ et KLIMEŠOVÁ, 2001) s účinností použitého herbicidu, který jak již bylo zmíněno, působí na vývoj rostlin negativně. Tento fakt by mohl být důvodem rozdílů mezi variantami *Cut + NPK* a *Cut + Fus*, kdy se jako nejúčinnější kombinace treatmentu pro redukci hmotnosti květů ukázala varianta ošetření pomocí *Cut + Fus*. Naopak nejvyšších průměrných hmotností květů dosahovala varianta *Cut + NPK*, tedy varianta s dostatkem výživy a bez postřiku herbicidním přípravkem. U kombinace *Cut + NPK* byla hmotnost květů ovlivněna spíše sestříhem než růstovým hnojivem, které jak uvádí KLIMEŠ et KLIMEŠOVÁ (2001) nemá na vývoj *C. epigejos* extrémní vliv. Výsledky studie MLÁDKOVÁ et al. (2015) dokonce uvádí, že kosení způsobilo ochuzení půdních živin. Vliv kosení na snížení půdních živin (dusíku a fosforu) potvrzuje svými výsledky i ELISSEOU et al. (1995). Proto můžeme konstatovat, že průměrná hmotnost květů u variant *Cut + NPK* mohla být opravdu ovlivněna sestříhem. Jsou, ale i studie potvrzující příznivé působení živin na vývoj a růst *C. epigejos* (např. TŮMA et al. 2009 a HOLUB et al. 2012) a to i po ošetření kosením (GLOSER et al. 2007).

Nádobový experiment byl zaměřen i na sledování průměrné délky květů. Délka květů byla průkazně pozitivně ovlivněna rokem trvání experimentu, než samotným ošetřením, které se projevilo dle statistických výsledků jako neprůkazný faktor. Výsledky spíše naznačují možnou variantu, že délka květu je závislá na stáří *C. epigejos* tzn. čím vyspělejší rostlina, tím je tvorba květů kvalitnější. *Calamagrostis epigejos* svá stébla tvoří až druhým a třetím rokem svého růstu (DOLEČKOVÁ et OSBORNOVÁ, 1990). Pro možné potvrzení této teorie, nebyly ale nalezeny žádné případové studie k porovnání. Např. ROKICH et al. (2009) prokázal u určitých druhů trav a plevelů účinky herbicidu Fusilade Forte na klíčivost semen a vývoj sazenic.

Snížení tvorby hustoty semen přímo u *C. epigejos* vlivem seče potvrzuje svými výsledky MUDRÁK et al. (2013). Mohu jen konstatovat, že při vyšším počtu dat, by varianta ošetření mohla tvorbu délky květů ovlivnit. Důvodem tohoto konstatování je možný fakt, že v průběhu let by se mohli aplikace ošetření projevit s vyspělostí studované trávy. Analýzy dále prokázaly, že váha květů je pozitivně korelována s jejich délkou, vyjma varianty ošetření *Cut + Fus*, kde došlo po ošetření k vysokému úhynu, proto vykazuje negativní výsledky. Pozitivní korelace mezi váhou a délkou květů naznačuje, že rostlina produkuje semena o podobných hmotnostech v krátkých i dlouhých latách. Tj. investice do délky lat nemá negativní vliv na kvalitu semen. Statistické výsledky potvrdili účinnost herbicidu i u počtu květů, který byl v roce 2017 výrazně zredukován oproti roku 2016. Varianty s ošetřením herbicidu *Cut + Fus*; *Cut + NPK + Fus*; *Cut + NPK + Rou* a *Cut + Rou* měli nulovou nebo minimální produkci květů. To, že *C. epigejos* vyprodukovala minimální počet květů, mohlo být zároveň způsobeno sestřihem, který jak uvádí JEFFREIS et al. (2017) měl pozitivní vliv na účinnost herbicidu. V této studii měla pravidelná seč výrazný účinek na eradikaci *Paspalum urvillei* a ve většině případů zlepšila účinnost herbicidu. Tento výsledek by bylo jistě zajímavé podrobit delšímu zkoumání. V případě variant *Cut (kontrola)* a *Cut + NPK* mohl být počet zredukován díky sestřihu a potvrdit tak výsledky ELISSEOU et al. (1995); KLIMEŠ et KLIMEŠOVÁ (2001) a MLÁDKOVÁ et al. (2015).

Je mnoho studií, které popisují účinnost použití hnojiv (např. TŮMA et al. 2009; HEJCMAN et al. 2010 a HREVUSOVÁ et al. 2015) nebo herbicidů (např. BLACKBURN et al. 2003; GREEN M. J. et al. 2011; SCORIZA R. N. et al. 2015) na biodiverzitu vyšších rostlin, ale studie o účincích kombinovaných zásahů jsou stále velmi vzácné. Např. SIMMONS et al. (2007) a jejich kombinace řízení dominantních druhů ohněm, herbicidem a kosením. Výsledky potvrdily účinnost herbicidu při snižování výskytu těchto druhů, přičemž reakce byla buď negativní, nebo neutrální. Tuto reakci potvrzuje i ULGUIM et al. (2013), jejichž výsledky potvrdily, že čím větší je stupeň vývoje určitého druhu trávy, tím je citlivost na herbicid nižší. SIMMONS et al. (2007) dále uvádí formu řízení kosením jako neúčinný krok proti potlačení dominantních druhů. Tento závěr nelze jednoznačně potvrdit. Odezva na kosení u některých dominantních druhů (kterým je i *C. epigejos*), může mít delší charakter odezvy. To potvrzuje případová studie HAZI et al. (2011) u nichž výsledky potvrzují několikaletý (po 8 letech první známky, 40 – 50 let úplný) spontánní ústup *C. epigejos* při pravidelném řízení kosením. Dalšími způsoby kombinovaných zásahů se zabývali

DAMGAARD et al. (2013); CHAUDRON et al. (2016) a JEFFREIS et al. (2017). Sledovali reakce na řízení kosením, herbicidy a hnojiv. Ošetření herbicidy a pravidelnost kosení měli výrazné účinky při snižování nežádoucí vegetace. To potvrzují i výsledky mého nádobového experimentu.

9. Závěr

Získané výsledky by měly přispět k možnému zamyšlení nad používáním, nebo spíše nadužíváním herbicidních přípravků. Pro vypracování efektivních metod eradikace *Calamagrostis epigejos* je nutné podrobně popsat mechanismus působení herbicidních přípravků, k čemuž měla přispět i tato studie. Hlavní výsledky poukazují na silné rozdíly v reakcích rostlin *C. epigejos* na studované postřiky v závislosti na stavu jejich biomasy. Ze získaných dat vyplývá, že nejúčinnější metoda likvidace pomocí herbicidu Roundup klasik je na nepokosené porosty. Naopak u přípravku Fusilade Forte 150 EC se jako účinnější metoda likvidace jeví postřik na porosty pokosené. Správnou volbou mechanického zásahu tak můžeme docílit efektivnější eradikace a tím přispět i k šetrnému přístupu k životnímu prostředí.

Oba testované herbicidy se projevili sice jako účinným krokem v eliminaci *C. epigejos*, nicméně na kompletní likvidaci stále nejsou dostatečné. Otázkou zůstává, po kolika letech by mohl porost vlivem těchto postřiků vymizet. Tyto informace by bylo proto vhodné doplnit v následujících studiích.

10. Přehled literatury a použitých zdrojů

- ACKERMANN P., 2014: Může glyfosát poškodit následné výsadby? *Zahradnictví* 7: 35 – 37.
- ALI A., STREIBIG J. C., DUUS J. et ANDREASEN C., 2013: Use of Image Analysis to Assess Color Response on Plants Caused by Herbicide Application. *Weed Technology* 27: 604 – 611.
- ALBRECHT L. P., ALONSO D. G., ALBRECHT A. J. P., OLIVEIRA R. S., BRACCINI A. L. et CONSTANTIN J., 2012: Effect of Glyphosate and Associations in Post-Emergency on the Agronomic Performance and Quality of RR R) Soybean Seeds. *Planta Daninha* 30: 139 – 146.
- ANESIO A. H. C., SANTOS M. V., SILVEIRA R. R., FERREIRA E. A., BRAZ T. G. S., SANTOS L. D. T. et SANTOS J. B., 2017: Herbicide Selectivity to Signal Grass and Congo Grass. *Planta Daninha* 35: UNSP e017157521.
- BADAWI N., ROSENBOM A. E., OLSEN P. et SØRENSEN S. R., 2015: Environmental Fate of the Herbicide Fluazifop-P-butyl and Its Degradation Products in Two Loamy Agricultural Soils: A Coombined Laboratory and Field Study. *Environ Sci Technol* 49 (15): 8995 – 9003.
- BENACHOUR N., SIPAHUTAR H., MOSLEMI S., GASNIER C., TRAVERT C. et SERALINI G. E., 2007: Time-and dose-dependent effects of roundup non human embryonic and placental cells. 53: 126 – 133.
- BĚLOHOUBEK J., 2008: Záchranný program pro „hvozdík písečný český“. AOPK ČR, Středisko Ústí nad Labem: 16 – 17.
- BLACKBURN L. G. et BOUTIN C., 2003: Subtle effects of herbicide use in the context of genetically modified crops: A case study with glyphosate (Roundup (R)). *Ecotoxicology* 12: 271 – 285.
- BOURDOT G. W., BASSE B. et CRIPPS M. G., 2016: Mowing strategies for controlling *Cirsium arvense* in a permanent pasture in New Zealand compared using a matrix model. *Ecol. Evol.* 6 (9): 2968 – 2977.

- BROŽ J., 2016: Oblíbenému prostředku Roundup hrozí zákaz. Mladá fronta DNES 4: 7.
- DAMGAARD CH., STRANDBERG B., MATHIASSEN S. K. et KUDSK P., 2013: The Effect of Nitrogen and Glyphosate on Survival and Colonisation of Perennial Grass Species in an Agro-Ecosystem: Does the Relative Importance of Survival Decrease with Competitive Ability? PLoS One 8 (4): e60992.
- DIAS R. C., SANTOS M. V., de OLIVEIRA F. L. R., FERREIRA E. A., dos SANTOS J. B., RODRIGUES B. M. et MARTINS C. A., 2017: Chemical control of signalgrass in alfalfa crops. Semina-Ciencias Agrarias 38: 3695 – 3704.
- DOBIÁŠ V., 1965: Herbicidy jako součást velkovýrobní technologie pěstování hlavních zemědělských plodin. Ministerstvo zemědělství, lesního a vodního hospodářství, Praha, 22 s.
- DOLEČKOVÁ H. et OSBORNOVÁ J., 1990: Konkurenční schopnost a plasticita druhu *Calamagrostis epigejos*. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 25: 35 – 38.
- DOSTÁLEK J. et FRANTÍK T., 2012: The Impact of Different Grazing Periods in Dry Grasslands on the Expansive Grass *Arrhenatherum elatius* L. and on Woody Species. Environmental management 49: 855 – 861.
- DUBSKÁ L., 2015: Vliv managementu na růst *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. The effects of management on the growth of *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. Česká zemědělská univerzita, Praha, 55 s.
- DUKE S. O., 2011: Glyphosate metabolic degradation in glyphosate-resistant crop and weeds vs. susceptible crops and weed. J. Agric. Food Chem.
- DUKE S. O., LYDON J., KOSKINEN W. C., MOORMAN T. B., CHANEY R. L. et HAMMERSCHMIDT R., 2012: Glyphosate Effects on Plant Mineral Nutrition, Crop Rhizosphere Microbiota, and Plant Disease in Glyphosate-Resistant Crops. Journal of Agricultural Food Chemistry 60 (42): 10375 – 10397.

- DUŠKOVÁ L. et KOPŘIVA J., 2009: Ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům. Grada Publishing, a.s., Praha, 88 s.
- DVORANEN E. C., OLIVEIRA R. S., CONSTANTIN J., CAVALIERI S. D. et BLAINSKI E., 2008: GR Glycine max nodulation and growth under glyphosate, fluazifop-p-butyl and fomesafen application. *Planta Daninha* 26: 619 – 625.
- eAGRI, 2018: resortní portál Ministerstva zemědělství, Praha, online: http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2017_ceska-republika-glyfosat.html, cit. 20.2.2018.
- ELISSEOU G. C., VERESOGLOU D. S. et MAMOLOS A. P., 1995: Vegetation productivity and diversity of acid grassland in Northern Greece as influenced by winter rainfall and limiting nutrients. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology* 16: 687 – 702.
- FIALA K., 2001: The role of root system of *Calamagrostis epigejos* on its successful expansion in alluvial meadows. *Ekologia-Bratislava* 20: 292 – 300.
- FIALA K., ZÁHORA J., TŮMA I. et HOLUB P., 2004: Importance of plant matter accumulation, nitrogen uptake and utilization in expansion of tall grasses (*Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*) into an acidophilous dry grassland. *Ekologia-Bratislava* 23: 225 – 240.
- FIALA K., TŮMA I. et HOLUB P., 2007: Porosty trav na odlesněných plochách – nežádoucí buřeň? *Živa* 5: 203 – 205.
- 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.
- GLOSER V., KOŠVANCOVÁ M. et GLOSER J., 2007: Regrowth dynamics of *Calamagrostis epigejos* after defoliation as affected by nitrogen availability. *Biologia Plantarum* 51: 501 – 506.
- GRAU J., KREMER B. P., MOSELER B. M., RAMBOLD G. et TRIEBEL D., 1998: *Trávy*. Ikar, Praha, 287 s.

- GREEN J. M. et OWEN M. D. K., 2011: Herbicide-Resistant Crops: Utilities and Limitations for Herbicide-Resistant Weed Management. *J. Agric. Food Chem.* 59 (11): 5819 – 5829.
- GREIM H., SALTMIRAS D., MOSTERT V. et STRUPP Ch., 2015: Evaluation of carcinogenic potential of the herbicide glyphosate, drawing on tumor incidence data from fourteen chronic/carcinogenicity rodent studies. *Crit. Rev. Toxicol.* 45(3): 185 – 208.
- HÁZI J., BÁRTHA S., SZENTES S., WICHMANN B. et PENKSZA K., 2011: Seminatural grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems* 145: 699 – 707.
- HEGNER P., 1986: Trendy ve výrobě průmyslových hnojiv. Ústředí vědeckých, technických a ekonomických informací. Praha, 48 s.
- HEJCMAN M., KLAUDISOVÁ M., SCHELLBERG J. et HONSOVÁ D., 2007: The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 122: 259 – 266.
- HEJCMAN M., KLAUDISOVÁ M., HEJCMANOVÁ P., PAVLŮ V. et JONES M., 2009: Expansion of *Calamagrostis villosa* in sub-alpine *Nardus stricta* grassland: Cessation of cutting management or high nitrogen deposition? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129: 91 – 96.
- HEJCMAN M., ČEŠKOVÁ M., SCHELLBERG J. et PÄTZOLD S., 2010: The Rengen Grassland Experiment: Effect of Soil Chemical Properties on Biomass Production, Plant Species Composition and Species Richness. *African Journal of Ecology* 45: 125 – 142.
- HEJCMAN M., STRNAD L., HEJCMANOVÁ P. et PAVLŮ V., 2012: Response of plant species composition, biomass production and biomass chemical properties to high N, P and K application rates in *Dactylis glomerata* – and *Festuca arundinacea*-dominated grassland. *Grass and Forage Science* 67: 488 – 506.

- HENNING K., LORENZ A., von OHEIMB G., HARDTLE W. et TISCHEW S., 2017: Year-round cattle and horse grazing supports the restoration of abandoned, dry sandy grassland and heathland communities by suppressing *Calamagrostis epigejos* and enhancing species richness. *Journal for Nature Conservation* 40: 120 – 130.
- HOLUB P. et ZÁHORA J., 2008: Effects of nitrogen addition on nitrogen mineralization and nutrient content of expanding *Calamagrostis epigejos* in the Podyji National Park, Czech Republic. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 795 – 803.
- HOLUB P., TŮMA I., ZÁHORA J. et FIALA K., 2012: Different nutrient use strategies of expansive grasses *Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*. *Biologia* 67: 673 – 680.
- HOLUB P., TŮMA I. et FIALA K., 2012: The effect of nitrogen addition on biomass production and competition in three expansive tall grasses. *Environmental Pollution* 170: 211 – 216.
- HREVUSOVA Z., HEJCMAN M., HAKL J. et MRKVIČKA J., 2015: Soil chemical properties, plant species composition, herbage quality, production and nutrient uptake of an alluvial meadow after 45 years of N, P and K application. *Grass and Forage Science* 70: 205 – 218.
- HRUŠKA J., 2016: Soumrak glyfosátu? *Ochrana přírody* 71: Kulér 4 – 6.
- CHAUDRON C., PERRONNE R., BONTHOUX S. et DI PIETRO F., 2016: Influence of management practices on plant assemblages of road-field boundaries in an agricultural landscape. *Applied Vegetation Science* 19: 644 – 654.
- JANAUER V., 1995: TARGA SUPER: Novinka v ochraně proti plevelům a buřeni 5: 26 – 27.
- JEFFRIES M. D., GANNON T. W. et YELVERTON F. H., 2017: Herbicide Inputs and Mowing Affect Vaseygrass (*Paspalum urvillei*) Control. *Weed Technology* 31: 120 – 129.

- 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.
- KUBÁT K., 2002: Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha, 927 s.
- KRAHULEC F., PYŠEK P. et HROUDA L., 1996: Zprávy České botanické společnosti, Materiály 13, Trávy. Česká botanická společnost, Praha.
- KRAEHMER H., LABER B., ROSINGER CH. et SCHULZ A., 2014: Herbicides as Weed Control Agents: State of the Art: I. Weed Control Research and Safer Technology: The Path to Modern Agriculture 166 (3): 1119 – 1131.
- KOHOUT V., 1997: Plevelle polí a zahrad. Agropoj, Praha, 235 s.
- KOLOS A. et BANASZUK P., 2013: Mowing as a tool for wet meadows restoration: Effect of long-term management on species richness and composition of sedge-dominated wetland. *Ecological Engineering* 55: 23 – 28.
- KULL K. et ZOBEL M., 1991: High species richness in an Estonian wooded meadow. *Journal of Vegetation Science* 2: 715 – 718.
- KLIMEŠ L. et KLIMEŠOVÁ J., 2001: The effects of mowing and fertilization on carbohydrate reserves and regrowth of grasses: do they promote plant coexistence in species-rich meadows? *Evolutionary Ecology* 15: 363 – 382.
- KLIMEŠ L., HÁJEK M., MUDRÁK O., DANCAK M., PREISLEROVA Z., HÁJKOVÁ P., JONGEPIEROVA I. et KLIMEŠOVÁ J., 2013: Effects of changes in management on resistance and resilience in three grassland communities. *Applied Vegetation Science* 16: 640 – 649.
- LEVINE S., Von MÉREY G., MINDERHOUT T., MANSON P. et SUTTON P., 2015: Aminomethylphosphonic acid (AMPA) has low chronic toxicity to *Daphnia magna* and *Pimephales promelas*. *Environ. Toxicol. Chem.* 34: 1382 – 1389.

- LEHMANN C. et REBELE F., 2002: Successful management of *Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH on a sandy landfill site. *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* 76: 77 – 81.
- LEPŠ J. et ŠMILAUER P., 2016: Biostatistika. Episteme, nakladatelství JČU, České Budějovice.
- Von MÉREY G., MANSON P. S., MEHRSHEIKH A., SUTTON P. et LEVINE S. L., 2016: Glyphosate and aminomethylphosphonic acid chronic risk assessment for soil biota. *Environ. Toxicol. Chem.* 35(11): 2742 – 2752.
- MAREČEK F., 1994: Zahradnický slovník naučný 2. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 541 s.
- MLÁDKOVÁ P., MLÁDEK J., HEJDUK S., HEJCMAN M., CRUZ P., JOUANY C. et PAKEMAN R. J., 2015: High-nature-value grasslands have the capacity to cope with nutrient impoverishment induced by mowing and livestock grazing. *Journal of Applied Ecology* 52: 1073 – 1081.
- MÜLLER Z., RATAJ K. et ZEMÁNEK J., 1961: Chemický boj proti plevelům (herbicity). Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 147 s.
- MUDRÁK O., DOLEŽAL J., HÁJEK M., DANČÁK M., KLIMEŠ L. et KLIMEŠOVÁ J., 2013: Plant seedlings in a species-rich meadow: effect of management, vegetation type and functional traits. *Applied Vegetation Science* 16: 286 – 295.
- MONSANTO ČR s.r.o., 2016: Informační leták. Roundup KLASIK™
- NOVÁK J., 2011: Javorník se představuje, *Noviny Lesy ČR*.
- OLSZYK D., BLAKELEY-SMITH M., PFLEEGER T., LEE E. H. et PLOCHER M., 2013: Effects of Low Levels of Herbicides on Prairie Species of the Willamette Valley, Oregon. *Environmental Toxicology and Chemistry* 32: 2542 – 2551.
- OPATRŇY Z., 2013: Round Up nebo Round Down? *Živa* 4: 86 – 87.

- PAVLŮ V., SCHELLBERG J. et HEJCMAN M., 2011: Cutting frequency vs. N application: effect of a 20-year management in *Lolio-Cynosuretum* grassland. *Grass and Forage Science* 66: 501 – 515.
- PETTER F. A., SIMA V. M., FRAPORTI M. B., PEREIRA C. S., PROCOPIO S. O. et SILVA A. F., 2015: Volunteer RR (R) corn management in Roundup Ready (R) soybean-corn succession system. *Planta Daninha* 33: 119 – 128.
- RANDUŠKA D., ŠOMŠÁK L. et HÁBEROVÁ I., 1983: Barevný atlas rostlin. Obzor, Bratislava, 638 s.
- RADKE R. O., 2014: *Herbicide*. AccessScience McGraw – Hill Education.
- REGAL V. et ŠINDELÁŘOVÁ J., 1970: Atlas nejdůležitějších trav. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 268 s.
- REBELE F. et LEHMANN C., 2001: Biological flora of Central Europe: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. *Flora* 196: 325 – 344.
- REBELE F., 2014: Species composition and diversity of stands dominated by *Calamagrostis epigejos* on wastelands and abandoned sewage farmland in Berlin. *Tuexenia* 34: 247 – 270.
- RICHARDOVÁ S., MOSLEMI S., SIPAHUTER H., BENACHOUR N. et SERALINI G. E., 2005: Differential Effects of Glyphosate and Roundup on Human Placental Cells and Aromatase. *Environ. Health. Perspect.* 113(6): 716 – 720.
- ROKICH D. P., HARMA J., TURNER S. R., SADLER R. J. et TAN B. H., 2009: Fluazifop-p-butyl herbicide: Implications for germination, emergence and growth of Australian plant species. *Biological Conservation* 142: 850 – 869.
- ROUBÍČKOVÁ A., MUDRÁK O. et FROUZ J., 2012: The effect of belowground herbivory by wireworms (*Coleoptera: Elateridea*) on performance of *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth in postmining sites. *European Journal of Soil Biology* 50: 51 – 55.

- SAMMONS R. D. et GAINES T. A., 2014: Glyphosate resistance: state of knowledge. *Pest. Manag. Sci* 70 (9): 1367 – 1377.
- SANTOS M. V., FERREIRA F. A., de FREITAS F. C. L., da FONSECA D. M., de CARVALHO A. J. et BRAZ T. G. D., 2012: *Brachiaria brizantha* control by using fluazifop-p-butyl on Tifton 85 pasture formation. *Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian of Animal Science* 41: 281 – 285.
- SCORIZA R. N., SILVA A. D., CORRELA M. E. F., LELES P. S. D. et de RESENDE A. S., 2015: Herbicide use in degraded forest areas in restoration: Effects on soil invertebrate biota. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 39: 1576 – 1584.
- SCHWABE A., SUSS K. et STORM C., 2013: What are the long-term effects of livestock grazing in steppic sandy grassland with high conservation value? Results from a 12-year field study. *Tuexenia* 33: 189 – 212.
- SILVEIRA R. R., SANTOS M. V., FERREIRA E. A., SANTOS J. B. et SILVA L. D., 2017: Chlorophyll Fluorescence in *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* Submitted to Herbicides. *Planta Daninha* 35: UNSP e017165099.
- SIMMONS M. T., WINDHAGER S., POWER P., LOTT J., LYONS R. K. et SCHWOPE C., 2007: Selective and Non-Selective Control of Invasive Plants: The Short-Term Effects of Growing-Season Prescribed Fire, Herbicide, and Mowing in Two Texas Prairies. *Restoration Ecology* 15: 662 – 669.
- SMUTNÝ V., VONDRA M. et KOCOUREK V., 2011: Metodika pro praxi, Stanovení optimálních dávek herbicidů s využitím přístrojů založených na měření změn v absorbaci záření a fluorescence chlorofylu. Mendelova univerzita, Brno, 38 s.
- SUPEK S., PAVLŮ V., PAVLŮ L., GAISLER J., HEJCMAN M., LUDVÍKOVÁ V et MIKULKA J., 2017: Effects of long-term grazing management on dandelion (*Tarxacum officinale*) in *Agrostis capillaris* grassland. *Grass and Forage Science* 72: 516 – 523.

- SHIMETA J. [ed.], 2016: Long-term ecological consequences of herbicide treatment to control the invasive grass, *Spartina anglica*, in Australian Solmarsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 176: 58 – 66.
- SYNGENTA ČR s.r.o., 2016: Informační leták. Fusilade Forte 150 EC.
- ŠRUBAŘ M., 2006: Konec vítězného tažení křídlatky. *Veronica* 20: 15.
- ŠTÍCHA V., 2015: Lesní hospodářství. Česká zemědělská univerzita, Praha, 78 s.
- ŠVEHLÁKOVÁ H., JANÍKOVÁ A., KUPKA J., ŠOTKOVÁ N. et RAJDUS T., 2017: Possibilities of the management of *Helianthus tuberosus* species in Poodri PLA (Czech Republic), 1st International Conference on Advances in Environmental Engineering (AEE 2017). IOP Conference Series-Earth and Environmental Science 92.
- TARAZONA J. V., COURT-MARQUES D., TIRAMANI M., REICH H., PFEIL R., ISTACA F. et CRIVELLENTI F., 2017: Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC. *Arch. Toxicol.* 91(8): 2723 – 2743.
- TĚŠITEL J., MLÁDEK J., HORNÍK J., TĚŠITELOVÁ T., ADAMEC V. et TICHÝ L., 2017: Suppressing competitive dominants and community restoration with native parasitic plants using the hemiparasitic *Rhinanthus alectorolophus* and the dominant grass *Calamagrostis epigejos*. *Journal of Applied Ecology* 54: 1487 – 1495.
- TIBURCIO R. A. S., FERREIRA F. A., PAES F. A. S. V., MELO C. A. D. et MEDEIROS W. N., 2012: Growth of *Eucalyptus* Clones Seedlings Submitted to Simulated Drift of Different Herbicides. *Revista Arvore* 36: 65 – 73.
- TOLASZ R., MÍKOVÁ T., VALERIÁNOVÁ A. et VOŽENÍLEK V., 2007: Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 255 s.
- TRÍSKA J., 1979: Evropská flora. *Artia*, Praha, 299 s.

- TRABELSI D. [ed.], 2015: Fluazifop-P-butyl (herbicide) affects richness and structure of soil bacterial communities. *Soil Biology and Biochemistry* 81: 89 – 97.
- TU [ed.], 2001: FLUAZIFOP–P–BUTYL. *Weed Control Methods Handbook*. The Nature Conservancy: 7c.1 – 7c.6.
- TŮMA I., HOLUB P. et FIALA K., 2005: Competitive balance and nitrogen losses from three grass species (*Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigejos*, *Festuca ovina*). *Biologia* 60: 417 – 422.
- TŮMA I., HOLUB P. et FIALA K., 2009: Soil nutrient heterogeneity and competitive of three grass species (*Festuca ovina*, *Arrhenatherum elatius* and *Calamagrostis epigejos*) in experimental conditions. *Biologia* 64: 694 – 704.
- ULGUIM A. D., VARGAS L., AGOSTINETTO D., DAL MAGRO T., WESTENDORFF N. D. et HOLZ M. T., 2013: Management of goose grass on transgenic soybean, resistant to glyphosate. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 48: 17 – 24.
- VÁLKOVÁ O., 1989: *Odstraňování nežádoucí vegetace v lesích*. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČSR ve Státním zemědělském nakladatelství, Praha, 152 s.
- VACHOVÁ P. et WALMSLEY A., 2017: Wireworms suppress spreading of the expansive weed *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth by feeding on its rhizomes. *European Journal of Soil Biology* 81: 19 – 24.
- WOJTOWICZ M., 2014: Optimization of chemical weed control in poppy protection against weeds. *Prosperous Oil Crops*: 113 – 115.
- WRIGHT T. R. [ed.], 2010: Robust crop resistance to broadleaf and grass herbicides provided by aryloxyalkanoate dioxygenase trasgenes. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 107 (47): 20240 - 20245.
- ZBIROVSKÝ M., MYŠKA J. et ZEMÁNEK J., 1960: *Herbicides, Chemické prostředky proti plevelům*. Československá akademie věd, Praha, 300 s.

- ZZN POLABÍ, a. s., 2017: Informační leták, Směsné hnojivo NPK
- ZBÍRAL J., 1995: Analýza půd I – Jednotné pracovní postupy. SKZÚZ, Brno, 224 s.

11. Přílohy

Příloha č. 1: nadzemní a podzemní biomasa nejúčinnějších treatmentů ošetření.



Varianta: *Cut* + *Fus*
Opakování III



Varianta: *Rou*
Opakování III



Varianta: *Cut* + *NPK* + *Fus*
Opakování II

Příloha č. 1a: nadzemní a podzemní biomasa zbylých variant ošetření.



Varianta: *Cut + NPK + Rou*
Opakování IV



Varianta: *Cut + NPK + Rou*
Opakování III



Varianta: *Cut + Rou*
Opakování IV



Varianta: *Cut + Rou*
Opakování I



Varianta: *Fus*
Opakování IV



Varianta: *Fus*
Opakování I



Varianta: *Control*
Opakování IV



Varianta: *Control*
Opakování II



Varianta: *Cut* + *NPK*
Opakování IV



Varianta: *Cut* + *NPK*
Opakování III



Varianta: *Cut* + *NPK*
Opakování I



Varianta: **NPK**
Opakování **IV**



Varianta: **NPK**
Opakování **III**



Varianta: **NPK**
Opakování **II**



Varianta: **NPK**
Opakování **I**



Varianta: *Cut*
Opakování IV



Varianta: *Cut*
Opakování III



Varianta: *Cut*
Opakování II



Varianta: *Cut*
Opakování I