

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



**Možnosti využití poloparazitů a fixátorů dusíku pro  
potlačení konkurenčně silných druhů trav**

**Ondřej Nezval**

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: Mgr. Jan Mládek, Ph.D.

Olomouc 2014



Nezval O. (2014): Možnosti využití poloparazitů a fixátorů dusíku pro potlačení konkurenčně silných druhů trav. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc, 45 s., v češtině.

## Abstrakt

Polopřirozené travní porosty jsou jedny z nejvíce druhově bohatých biotopů v Evropě. Expanze konkurenčně silných trav, jako jsou například třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a kostřava červená (*Festuca rubra*), znamená značnou hrozbu pro jejich biologickou rozmanitost. Cílem práce bylo otestovat, zda výsevem poloparazitů (druhy rodu kokrhel – *Rhinanthus* spp.) a fixátorů dusíku (jetel luční – *Trifolium pratense*, tolíce vojtěška – *Medicago sativa*) lze potlačit dominanci třtiny respektive kostřavy, a zvýšit druhovou bohatost těchto degradovaných travních porostů.

V červenci 2013 proběhl samotný výzkum pro účely diplomové práce, a sice ve dvou dříve založených experimentech: (i) v porostu třtiny v obci Návojná na jižním Valašsku, (ii) v porostu kostřavy v obci Potštát v Oderských vrších. Experimenty byly na obou lokalitách uspořádány v pěti blocích, které obsahovaly více variant výsevu kokrhelů a jetele resp. vojtěšky. Celkem na 50 experimentálních plochách byl proveden monitoring druhového složení a vizuální odhad proporcí biomasy všech druhů rostlin ve čtvercích velikosti 1 m<sup>2</sup>, ze kterých byla sklizena nadzemní biomasa pro stanovení sušiny. U poloparazitů se navíc sledoval počet uchycených jedinců, počet tobolek i vyprodukovaných semen. Sebraná data byla analyzována jednorozměrnými i mnohorozměrnými technikami.

Výsev kokrhelů výrazně snížil zastoupení třtiny v experimentu v Návojně. Přestože i v Potštátu se kokrhele také dobře uchytily, neměla jejich introdukce zatím signifikantní vliv na produkci sušiny kostřavy. Produkce sušiny, počet tobolek i vyprodukovaných semen poloparazitů byl výrazně větší v porostu třtiny než kostřavy. Absolutní sušina poloparazitů závisela na celkové produkci společenstva. Přímé gradientové analýzy ukázaly, že většina druhů působením kokrhelů v prvním roce pokusu snížila své zastoupení ve společenstvu. Nicméně, výsev kokrhelů neměl doposud vliv na druhovou rozmanitost ploch. Efekt fixátorů dusíku na porosty třtiny ani kostřavy se nepotvrdil z důvodů jejich špatného uchycení v těchto zapojených porostech.

Z ochrannářského hlediska se poloparazité nabízí jako účinný managementový nástroj pro potlačení dominance třtiny.

**Klíčová slova:** biomasa, expanze, hostitel, introdukce, produktivita, *Rhinanthus*, travinobylinná společenstva, živiny

Nezval O. (2014): Nezval O. (2014): The possibilities of using hemiparasites and nitrogen-fixers for suppression of strongly competitive grass species. MSc. thesis, Department of Ecology and Environmental Science, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 45 pp., in Czech.

## Abstract

Seminatural grasslands belong among the most species-rich communities in Europe. Expansion of strong competitive grass species such as Wood Small-reed (*Calamagrostis epigejos*) and Red Fescue (*Festuca rubra*) represents a considerable threat to their biodiversity. The aim of the Thesis was to test, whether sowing of hemiparasites (species of genus *Rhinanthus* spp.) and nitrogen fixers (Red Clover - *Trifolium pratense*, Alfalfa – *Medicago sativa*) can suppress dominance of *C. epigejos* respective *Festuca rubra*, and increase species richness of these degraded grasslands.

Actual research for the Thesis was carried out in July 2013 using two earlier established experiments: (i) stand of *C. epigejos* near Návojná in Southern Walachia, (ii) stand of *F. rubra* near Potštát in Oderské Hills. Experiments at both sites were arranged in five blocks, which included several variants of sowing *Rhinanthus* and *Trifolium* respective *Medicago*. Altogether, at 50 experimental plots we monitored plant species composition and visually estimated their biomass proportions in subplots having 1 m<sup>2</sup> in size, where biomass was further harvested to determine dry matter production. Moreover, we recorded the number of established hemiparasites and counted their capsules and produced seeds. Collected data were analysed with the help of both univariate and multivariate techniques.

Sowing of *Rhinanthus* substantially decreased the proportion of *C. epigejos* in Návojná experiment. Although *Rhinanthus* well established also in Potštát experiment, its introduction did not significantly influence dry matter production of *F. rubra* so far. Dry matter production of hemiparasites as well as the number of their capsules and seeds was much higher in stand of *C. epigejos* than in stand of *F. rubra*. Hemiparasite's dry matter depended on the community productivity. Multivariate analyses showed that hemiparasites decreased the proportions of most other plant species in community biomass. However, sowing of hemiparasites did not influence species richness. Nitrogen fixers did neither affect *C. epigejos* community nor *F. rubra* stand, because their establishment was not successful due to high vegetation cover.

Hemiparasites could be used as an effective tool to suppress dominance of *C. epigejos* for nature conservation purposes.

**Key words:** biomass, expansion, grassland communities, host, introduce, nutrients, productivity, *Rhinanthus*

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením Mgr. Jana Mládka, Ph.D. s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 17. 4. 2014

.....  
podpis

# Obsah

Seznam tabulek .....	viii
Seznam obrázků .....	ix
Seznam příloh .....	xi
Poděkování.....	xii
1. ÚVOD.....	1
2. CÍLE PRÁCE .....	5
3. MATERIÁL A METODY .....	6
3.1. Popis studovaných lokalit .....	6
3.1.1. Návojná.....	6
3.1.2. Potštát.....	7
3.2. Uspořádání experimentálních ploch .....	9
3.2.1. Návojná.....	9
3.2.2. Potštát.....	10
3.3. Sběr dat .....	12
3.4. Analýza dat .....	12
3.4.1. Výpočet změn proporcí biomasy třtiny křovištní.....	12
3.4.2. Výpočet úspěšnosti introdukce poloparazitů.....	13
3.4.3. Výpočet změn vegetace v lokalitě Návojná .....	13
3.4.4. Výpočet změn vegetace v lokalitě Potštát.....	14
4. VÝSLEDKY.....	15
4.1. Změny proporce biomasy třtiny křovištní v lokalitě Návojná .....	15
4.2. Úspěšnost introdukce poloparazitů v lokalitě Návojná.....	16
4.3. Změny vegetace v lokalitě Návojná.....	20
4.4. Úspěšnost introdukce poloparazitů v lokalitě Potštát .....	23
4.5. Změny vegetace v lokalitě Potštát .....	27
5. DISKUSE .....	31
5.1. Potlačení dominantních trav třtiny křovištní a kostřavy červené .....	31
5.2. Introdukce poloparazitů rodu kokrhel ( <i>Rhinanthus</i> ) .....	33
5.3. Introdukce leguminóz .....	36
5.4. Abiotické podmínky na pokusných plochách .....	37
5.5. Závěr.....	39
6. SOUHRN.....	40
7. LITERATURA .....	42
8. PŘÍLOHY .....	46

## Seznam tabulek

Tab. 1 Průměrné hodnoty měřených parametrů poloparazitů na lokalitě Návojná .....	16
Tab. 2 Výstup z RDA analýzy testující změny druhového složení ploch působením výsevu kokrhele na lokalitě Návojná.....	21
Tab. 3 Průměrné hodnoty měřených parametrů poloparazitů na lokalitě Potštát .....	23
Tab. 4 Výstup z RDA analýzy testující hmotnost sušiny všech druhů (vyjma vyšetých) v závislosti na čtyřech zásazích v lokalitě Potštát. ....	28

## Seznam obrázků

Obr. 1 Lokalizace studované lokality v obci Návojná.....	6
Obr. 2 Lokalizace studované lokality v obci Potštát .....	8
Obr. 3 Letecký snímek s vyznačením studijních ploch na lokalitě Návojná .....	9
Obr. 4 Uspořádání pokusných ploch v lokalitě Návojná.....	10
Obr. 5 Letecký snímek s vyznačením studijních ploch na lokalitě Potštát.....	11
Obr. 6 Uspořádání pokusných ploch v lokalitě Potštát .....	11
Obr. 7 Graf post-hoc Tukey test znázorňující pokles proporce třtiny křovištní ( <i>C. epigejos</i> ) na kontrolních plochách a na plochách s kokrhelem v letech 2012 a 2013 .....	15
Obr. 8 Lineární regrese změny proporce třtiny křovištní ( <i>C. epigejos</i> ) v biomase společenstva s kontrolou z roku 2012 na 2013 .....	16
Obr. 9 Nesignifikantní vztah sušiny <i>Rhinanthus</i> sp. a celkové hmotnosti sušiny .....	17
Obr. 10 Pozitivní závislost celkové hmotnosti sušiny na průměrné výšce porostu .....	17
Obr. 11 Pozitivní závislost hmotnosti sušiny <i>Rhinanthus</i> sp. na průměrné výšce porostu .....	18
Obr. 12 Nesignifikantní vztah počtu poloparazitů <i>Rhinanthus</i> sp. a průměrné výšky porostu.....	18
Obr. 13 Pozitivní závislost počtu tobolek <i>Rhinanthus</i> sp. na hmotnosti sušiny <i>Rhinanthus</i> sp.....	19
Obr. 14 Pozitivní závislost počtu semen <i>Rhinanthus</i> sp na průměrné výšce porostu .....	19
Obr. 15 Pozitivní závislost počtu semen <i>Rhinanthus</i> sp. na celkovém počtu tobolek .....	20
Obr. 16 Výsledek ANOVY meziroční změny pokryvnosti na pokusných plochách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO) .....	20
Obr. 17 Výsledek analýzy RDA změny druhového složení ploch působením výsevu kokrhele na lokalitě Návojná.....	21
Obr. 18 Výsledek ANOVY meziroční změny počtu druhů na pokusných plochách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO) .....	22
Obr. 19 Výsledek ANOVY meziroční změny počtu druhů na pokusných plochách při různých typech zásahů .....	22
Obr. 20 Pozitivní závislost hmotnosti sušiny <i>Rhinanthus</i> sp. na celkové hmotnosti sušiny.....	23
Obr. 21 Nesignifikantní vztah celkové hmotnosti sušiny a průměrné výšky porostu .....	24
Obr. 22 Nesignifikantní vztah hmotnosti sušiny <i>Rhinanthus</i> sp. a průměrné výšky porostu .....	24
Obr. 23 Nesignifikantní vztah počtu poloparazitů a průměrné výšky porostu .....	25
Obr. 24 Pozitivní závislost počtu tobolek <i>Rhinanthus</i> sp. na hmotnosti sušiny <i>Rhinanthus</i> sp.....	25
Obr. 25 Nesignifikantní vzat počtu semen <i>Rhinanthus</i> sp. a průměrné výšky porostu .....	26
Obr. 26 Pozitivní závislost počtu semen <i>Rhinanthus</i> sp. na celkovém počtu tobolek .....	26
Obr. 27 Výsledek ANOVY pokryvnosti na pokusných plochách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO).....	27
Obr. 28 Výsledek analýzy RDA hmotnosti sušiny všech druhů (vyjma vyšetých) v závislosti na čtyřech zásazích na experimentálních plochách v lokalitě Návojná.....	28



Obr. 29 Výsledek ANOVY rozdílů hmotnosti sušiny <i>Festuca</i> sp. na lokalitách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO) .....	29
Obr. 30 Výsledek ANOVY počtu druhů na lokalitách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO) .....	29
Obr. 31 Výsledek ANOVY počtu druhů na pokusných plochách s jednotlivými typy zásahů. ....	30

## Seznam příloh

Příloha 1 Zkratky názvů druhů použitých v ordinačních diagramech RDA.....	46
Příloha 2 Výstup z dataloggeru v lokalitě Návojná na ploše s variantou zásahu samotný výsev <i>Rhinanthus</i> .....	47
Příloha 3 Výstup z dataloggeru v lokalitě Návojná na ploše s variantou zásahu samotný výsev <i>Rhinanthus</i> .....	47
Příloha 4 Výstup z dataloggeru v lokalitě Návojná na ploše s variantou zásahu <i>T. pratense</i> .....	48
Příloha 5 Výstup z dataloggeru v lokalitě Potštát na ploše s variantou zásahu <i>T. pratense</i> .....	48
Příloha 6 Výstup z dataloggeru v lokalitě Potštát na ploše s variantou zásahu kontrola .....	48
Příloha 7 Výstup z dataloggeru pro měření PAR v lokalitě Návojná.....	49
Příloha 8 Fotografie lokality Návojná .....	49
Příloha 9 Fotografie lokality Potštát.....	49
Příloha 10 Prořídilý porost v pokusné ploše s kokrhelem v lokalitě Návojná .....	50
Příloha 11 Pokusná plocha po odběru biomasy v lokalitě Návojná .....	50
Příloha 12 Datalogger pro měření teploty půdy v lokalitě Návojná .....	51
Příloha 13 Čidlo pro měření fotosynteticky aktivní radiace na jedné ze studovaných ploch .....	51
Příloha 14 Talířové měřidlo k měření výšky porostu .....	52

## **Poděkování**

V prvé řadě bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce, Mgr. Janu Mládkovi, Ph.D. za mnoho podnětných rad, cenných konzultací a skvělou spolupráci během řešení diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu RNDr. Zbyňku Hradílkovi, PhD. za poskytnutí botanických dat k Oderským vrchům. Také jsem vděčný panu RNDr. Vilibaldu Kakosovi za konzultaci abiotických podmínek řešených v diplomové práci. Aby bylo poděkování kompletní, musím vzpomenout na své rodiče, kteří mě v práci podporovali. Předložená diplomová práce byla financována z projektů GAČR (P505/12/1390, 14-26779P) a z vnitřního projektu Přírodovědecké fakulty UP (IGA\_PrF\_2014001).

V Olomouci, 17. dubna 2014

# 1. ÚVOD

Agresivní šíření trav je v poslední době významným problémem v polopřirozených travinobylinných společenstvech (Diekmann 2003). Příčina může souviset s atmosférickými expozicemi dusíku při současné změně hospodaření nebo omezení disturbancí na určitém území (Sedláková a Fiala 2001). Následně se snižuje druhová diverzita bylin na úkor produktivních druhů trav, jako např. třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*) nebo kostřavy červené (*Festuca rubra*).

Oba zmíněné taxony mají odlišný typ strategie růstu. Třtina upřednostňuje poměrně rychlou expanzi na velké vzdálenosti (Lehmann a Rebele 1994), zatímco kostřava ovládá prostor v pomalu se rozšiřujícím trsu. Třtina má mimořádně širokou ekologickou valenci, která jí umožňuje existenci přímo u vodního zdroje ale i na sušších stepních porostech, v hlubokých stinných lesních prostředích i na permanentně osluněných pasekách. Přímý vliv třtiny křovištní je tedy značný, dokonce je schopna zastínit a potlačit mladé sazenice stromků a zabránit tak regeneraci lesního porostu (Gloser a Gloser 1996).

Příčina úspěšného šíření produktivních druhů trav je postavena zejména na ekologické plasticitě, značné konkurenceschopnosti a efektivním přerozdělování zdrojů v prostoru a čase (Willems a Bobbink 1990). Trávy se šíří hlavně vegetativně a jejich fragmenty mohou být přenášeny na značné vzdálenosti např. podél komunikací (Oborny a Bartha 1995). Výsledkem tak jsou floristicky chudá společenstva, ve kterých dominuje několik druhů trav (Kryszak a Kryszak 2007). Mezi potenciálně zranitelná společenstva patří luční porosty v kulturní krajině západní a střední Evropy (Ellenberg 1988).

Jedna z prvních studií zabývajících se souvislostí mezi nadměrnou depozicí dusíku a expanzí trav byla provedena již v 50. letech minulého století ve Velké Británii. Obnovou druhově bohatých lučních společenstev různými metodami se zabývala již celá řada zahraničních i českých autorů, jako např. Bullock (2000), Rebele a Lehmann (2001), Pywell et al. (2004), Kavanová a Gloser (2005), Hille a Goldammer (2007), Házi et al. (2011) nebo Roubíčková et al. (2012).

Řešení k potlačení dominance trav ve společenstvech se nabízí několik. Metody lze rozdělit na abiotické a biotické. Mezi abiotické zásahy patří periodické kosení

nadzemní biomasy. Tato metoda je značně zdlouhavá a organizačně náročná (Hazi et al. 2011). Postup lze kombinovat s další metodou – pastvou. Pastva i kosení musí probíhat intenzivně alespoň několik vegetačních sezón, protože podzemní orgány trav rychle zregenerují nadzemní biomasu. Naopak vypalování se zdá být neefektivní, neboť obnova biomasy z podzemních orgánů je rychlá a předrůstá žádoucí byliny (Hille a Goldammer 2007). V současné době převažují experimenty s biotickými metodami. Jednou z nich je aplikace podzemních býložravců – drátovců (č. *Elateridae*). Podzemní silné výhonky třtiny jsou na tyto škůdce náchylné a mohou být ideálním zdrojem potravy (Roubíčková et al. 2012). To rostliny stresuje a vede k celkovému oslabení růstu. Další možnost spočívá ve využití poloparazitických rostlin a je předmětem výzkumu v předložené diplomové práci.

V posledních letech se prosazuje aplikace rodu kokrhel (*Rhinanthus*), který je běžně přítomen v travinobylinných společenstvech po celé Evropě (Davies et al. 1997). Kokrhele taxonomicky patří do čeledi zárazovité (Orobanchaceae), mají pevnou vazbu k zemědělsky obhospodařovaným kulturám a travním porostům (Press a Phoenix 2005). Výhoda využití kokrhelů spočívá ve schopnosti relativně snadného zavedení a uchycení i v uzavřených společenstvech, navíc je jako taxon dobře prostudovaný (Smith et al. 2000).

V případě problematického výskytu lze kokrhel snadno omezit, jeho schopnosti samovolně se šířit jsou poměrně nízké. Šíření je možné kontrolovat kosením ve správnou dobu. Před dozráním semen se populace *Rhinanthus* sp. zredukuje nebo úplně zlikviduje v poměrně krátké době, protože kokrhel netvoří trvalou semennou banku. Introdukce poloparazita do porostu obnovované louky je relativně levná záležitost oproti jiným metodám (Bullock a Pywell 2005).

Rod *Rhinanthus* patří do zástupců jednoletých poloparazitických krytosemenných rostlin a zahrnuje přibližně 25 druhů, vyskytujících se převážně v Evropě (Ter Borg 2005). Dříve byl považován za nežádoucí plevel v obilných polích (Fürst 1931), dnes je na něj pohlíženo spíše jako jednu z možností ke znovuoobnovení diverzity travinobylinných společenstev. Parazitický způsob získávání zdrojů přináší těmto rostlinám celou řadu výhod, ale také nutnost anatomických a fyziologických přizpůsobení, umožňující efektivní přenos látek z hostitele. Většina parazitů tak prošla redukcí kořenů a vyvinula speciální útvar – haustorium (Mudrák a Lepš 2010). Klíčem k úspěšnému přenosu živin je vysoký transpirační proud.

Rod *Rhinanthus* má širokou škálu hostitelů. Nejčastěji však preferuje leguminózy a trávy z čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Naopak byliny jsou nejméně vhodné vzhledem k jejich dobře vyvinutým obranným mechanismům (Jiang et al. 2008).

*Rhinanthus* může na své hostitele respektive na rostlinné společenstvo působit řadou přímých i nepřímých vlivů. Ovlivňuje hostitele pod zemí, kde získává živiny, a nad zemí s ním konkuruje o světlo (Matthies 1996). Různé hustoty hostitele mohou mít pro poloparazita jak pozitivní, tak negativní důsledky. Van Hulst et al. (1987) pozorovali při větším zapojení porostu větší mortalitu semenáčků. V případě vysoké hustoty populace poloparazitů a nedostatku zdrojů z hostitelských rostlin jsou schopny parazitovat na jedincích svého druhu (Prati et al 1997).

Kokrhel často roste v prostředí chudém na živiny, kde hostitelé musí investovat více zdrojů do kořenové soustavy, což poloparazité nemusí a získávají tak v těchto prostředích velkou kompetiční výhodu nad svými hostiteli. Jejich úspěšná strategie spočívá ve velké velikosti semen a rychlém jarním růstu, kdy napadají hostitele ještě před zahájením růstu nadzemní biomasy (Jiang et al. 2003).

Ze zástupců kořenových poloparazitů je v České republice poměrně hojný a dobře prozkoumaný kokrhel menší (*Rhinanthus minor*) a kokrhel luštinec (*Rhinanthus alectorolophus*). Přestože parazitují na kořenech rostlin, jsou schopny v omezené míře existovat bez přítomnosti hostitele. Kokrhel menší se často vyskytuje v mezofilních ovsíkových loukách svazu *Arrhenatherion*, kde je považován za diagnostický druh (Chytrý a Tichý 2003).

Parazitismus je spojován se snížením celkové produkce nadzemní biomasy společenstva. Poloparazit obvykle nedokáže nahradit vlastní biomasou ztrátu způsobenou hostitelům. Tento efekt se vysvětluje zejména nízkou využitelností živin. Kokrhel menší stejně jako řada dalších poloparazitických druhů má ve svých tkáních poměrně velkou koncentraci dusíku a fosforu, a při daném množství živin tedy vyprodukuje méně biomasy než např. trávy (Westbury 2004).

Díky vysoké koncentraci živin (zejména v listech) mohou poloparazité urychlit koloběh živin v ekosystémech. Živiny, které poloparazit nashromáždil do své biomasy, pocházejí často z vytrvalých hostitelů vytvářejících pomalu rozložitelná pletiva, kde by byly vázány dlouhou dobu (Press 1988). Poloparazit je pak každoročně uvolňuje ve svém opadu. Brzké odumírání biomasy u časných typů jako je *R. minor*, zanechává v porostu mezery, které jsou následně obohaceny o živiny z rychle rozloženého opadu poloparazita. Trávy v okolí vzniklých mezer jsou navíc oslabeny předchozí parazitací.

Tímto způsobem lze usnadnit uchytávání semenáčků různých druhů rostlin (Joshi et al. 2000).

Reakce leguminóz na parazitismus není zcela objasněna, v každém případě je pro leguminózy přijatelnější, než kompetice trav (Cameron et al. 2005). Bylo prokázáno větší zastoupení jetele lučního (*T. pratense*) ve společenstvu za přítomnosti kokrhelů, než trav (Gibson a Watkinson 1991). Vliv poloparazitů na čeled' Fabaceae není tedy ve společenstvu jednoznačně negativní, ale může být i prospěšný (Ameloot et al. 2005).

Souběžné vysévání leguminóz s poloparazity by mohlo vést k úspěšnější introdukci z několika důvodů. Role leguminóz spočívá ve fixaci atmosférického dusíku pomocí symbiotických bakterií, čímž usnadňují pomocí přísunu dusíku překonat kokrhelům kritickou fázi semenáčků. Naopak kokrhel může nepřímo podporovat leguminózy snížením kompetice trav. Pletiva poloparazitů bohatá na živiny zrychlují rozklad stařiny a zpřístupňují tak minerální prvky (např. fosfor a draslík) leguminózám, které jej přijímají ve zvýšené koncentraci (Davies a Graves 2000).

## 2. CÍLE PRÁCE

Diplomová práce řeší především otázku jaká je role poloparazitů a fixátorů dusíku v travinobylinných společenstvech a zda tyto dvě skupiny lze využít pro potlačení konkurenčně silných druhů trav. Vzhledem k aktuální problematice šíření produktivních druhů trav v druhově bohatých travinobylinných společenstvech byla předložená práce zaměřena na testování následujících hypotéz:

(1) introdukce poloparazitických rostlin rodu kokrhel (*Rhinanthus alectorolophus*, *R. minor*) potlačí dominanci třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*) resp. kostřavy červené (*Festuca rubra*) v travinobylinném společenstvu

(2) introdukce bobovitých, jetele lučního (*Trifolium pratense*) nebo tolíce vojtěšky (*Medicago sativa*), podpoří uchycení nových druhů rostlin, tj. zvýší diverzitu travinobylinného společenstva

(3) kombinovaná introdukce kokrhelů a bobovitých povede k rychlejšímu potlačení dominance třtiny křovištní resp. kostřavy červené a zvýšení diverzity společenstva než při introdukci obou skupin samostatně



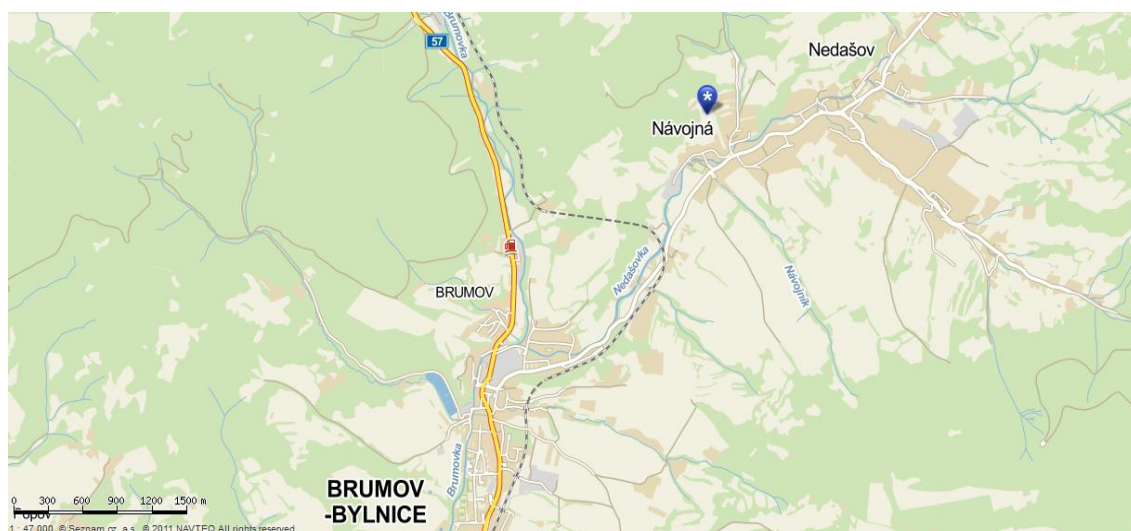
## 3. MATERIÁL A METODY

### 3.1. Popis studovaných lokalit

Studovanými lokalitami byly experimentální plochy založené na dvou místech v katastrálním území obce Návojná a Potštát v roce 2012. Nachází se na dříve neobhospodařovaných a nehnojených loukách s dominantním porostem třtiny křovištní (*C. epigejos*) v Návojně a kostřavy červené (*F. rubra*) v Potštátu.

#### 3.1.1. Návojná

Lokalita se nachází v obci Návojná (okr. Zlín) ve IV. zóně CHKO Bílé Karpaty přibližně 4 km jihovýchodně od Valašských Klobouk (obr. 1). Nadmořská výška činí cca. 400 m n. m. GPS lokalizace: 49°6'40.851''N / 18°3'0.541''E. Jedná se o jihovýchodně exponovaný svah. Dle Quitta (1971), lze oblast zařadit do klimatického regionu MT5. Léto bývá normálně dlouhé až krátké a mírné. Přechodné období je normální až dlouhé s mírným jarem a mírně teplým podzimem. Zima je zpravidla normálně dlouhá, mírně chladná, suchá až mírně suchá s normálním trváním sněhové pokrývky. Průměrná roční teplota vzduchu dosahuje cca. 7,0 °C a roční úhrn srážek 700 mm (Tolasz et al. 2007). Průměrné datum nástupu plného jara nastává okolo 10. 5., plné léto 8. 8. a konec podzimu po 27. 10. (Hájková et al. 2012).



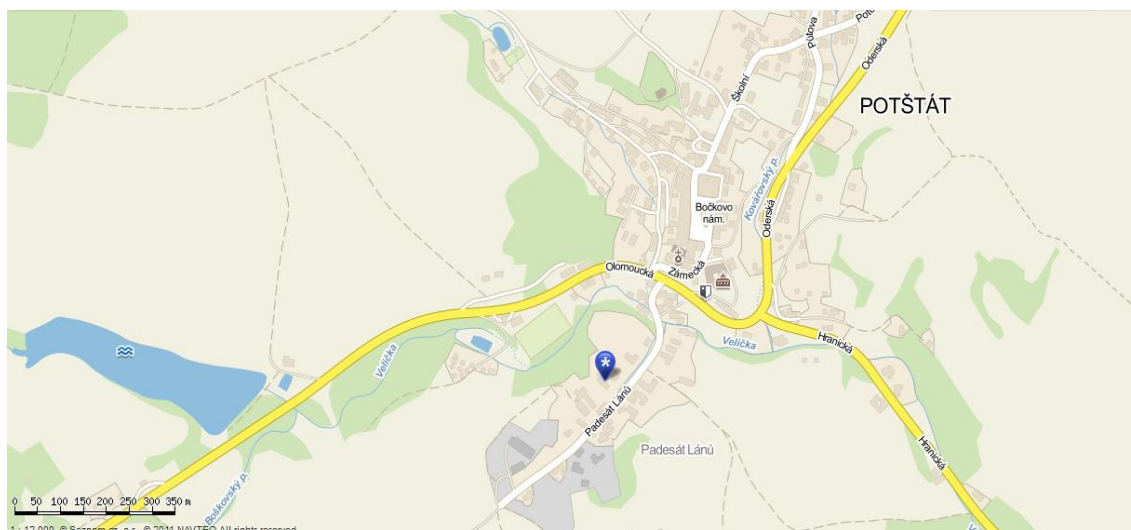
Obr. 1 Lokalizace studované lokality v obci Návojná (mapový podklad: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz), severní orientace)

Celá oblast geomorfologicky náleží do provincie Západních Karpat, soustavy Vnějších Západních Karpat, podcelku Chmeřovské hornatiny, celku Bílých Karpat a okrsku Bylnická kotlina. Dno Bylnické kotliny má charakter ploché pahorkatiny se zbytky zarovnaných povrchů, asymetrickými údolími a širokými údolními nivami. Četné jsou sesuvy. Kotlina je převážně bezlesá, převládá orná půda, roztroušeně se v krajině vyskytují sady (Demek a Mackovič 2006). Přítomny jsou slepence, pískovce, jílovce a útržky jurských vápenců (Pavelka a Trezner 2001).

Bílé Karpaty se nachází v mezofytiku. Na místech po vykácených lesích se objevují různé typy travinobylinné květeny. Vegetace náleží do svazu *Bromion erecti* Koch 1926 (subatlantské širokolisté suché trávníky), asociace *Carlino acaulis-Brometum erecti* Oberdorfer 1957. V dvouvrstevném zapojeném porostu převládá obvykle v horní vrstvě sveřep vzpřímený (*B. erectus*) s ovsíkem vyvýšeným (*A. elatius*) a srhou laločnatou (*D. glomerata*). Spodní vrstvu tvoří kostřava žlábkatá (*F. rupicola*), tomka vonná (*A. odoratum*) a početné dvouděložné byliny – bedrník obecný (*P. saxifraga*), šalvěj luční (*S. pratensis*), kopretina bílá (*L. vulgare*) aj. Tento typ luk se nachází na suchých až mírně vlhkých stanovištích na flyšovém podloží v nadmořské výšce 260 m až 550 m. Půdním typem jsou kambizemě, pelozemě či rendziny na vápencích (Jongepierová 2008).

### 3.1.2. Potštát

Místo se nachází v obci Potštát (okr. Přerov) v oderských vrších asi 10 km severozápadně od Hranic na Moravě (obr. 2). Nadmořská výška činí cca 510 m n. m. GPS lokalizace: 49°38'4.989"N / 17°38'54.010"E. Pokusné plochy se nalézají u rodinného domu v exponovaném východním svahu. Dle Quitta (1971), lze oblast zařadit do klimatického regionu MT2. Léto bývá krátké, mírné až chladnější a vlhké. Přechné období je krátké s mírným jarem a mírným podzimem. Zima bývá normálně dlouhá s mírnými teplotami, suchá s normálně dlouhým trváním sněhové pokrývky. Průměrná roční teplota vzduchu je cca. 6,0 °C a roční úhrn srážek bývá přibližně 800 mm. Průměrné datum nástupu plného jara nastává okolo 18. 5., plné léto po 18. 8. a konec podzimu 22. 10. (Hájková et al. 2012).



**Obr. 2** Lokalizace studované lokality v obci Potštát (mapový podklad: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz), severní orientace)

Oblast geomorfologicky náleží do systému Hercynského, provincie České vysočiny, subprovincie Krkonošsko – Jesenické, podsoustavy Jesenické, celku Nízký Jeseník, podcelku Vítkovské vrchoviny a okrsku Potštátská vrchovina. Vyskytuje se na spodnokarbonských břidlicích a drobách, převážně moravických vrstev se široce zaoblenými rozvodními hřbety a hluboko zařazenými údolími (Demek a Mackovič 2006).

Jesenické podhůří patří do fytogeografické oblasti mezofytika, květena je jednotvárná a oblast spadá pod submontánní vegetační stupeň. Vegetace náleží do svazu *Arrhenatherion elatioris* Luquet 1926, asociace *Poo-Trisetetum flavescens* Knapp ex Oberdorfer 1957, podhorské kostřavovo-trojštětové louky. V porostech často převládá kostřava červená (*F. rubra*) s ovsíkem vyvýšeným (*A. elatius*), psinečkem obecným (*A. capillaris*) a trojštětem žlutavým (*T. flavescens*). Z dvouděložných rostlin bývá hojněji přítomen řebříček obecný (*A. millefolium*), třezalka skvrnitá (*H. maculatum*), máchelka srstnatá (*L. hispidus*), v sušších porostech také zvonek okrouhlolistý (*C. rotundifolia*), mateřídouška obecná (*T. pulegioides*) aj. Společenstvo je vázáno na vrchoviny a podhorské oblasti v nadmořských výškách do 800 m. Osídluje nejčastěji oligotrofní kambizemě, mírně humózní a kamenité na minerálně chudším podloží (Chytrý a Tichý 2003).

## 3.2. Uspořádání experimentálních ploch

### 3.2.1. Návojná

Smyslem pokusu bylo otestovat, jestli kombinovaná introdukce poloparazitů (kokrhele menšího a luštince) a bobovitých (jetele lučního nebo tolíce vojtěšky) povede k rychlejšímu potlačení třtiny křovištní a nárůstu diverzity společenstva, než při introdukci obou skupin samostatně. Pokus se šesti typy zásahů byl založen v roce 2012. Jednotlivé experimentální plochy velikosti 2 m × 2 m byly v blokovém uspořádání (obr. 3, 4 a příloha č. 8).



Obr. 3 Letecký snímek s vyznačením studijních ploch na lokalitě Návojná (mapový podklad: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz), severní orientace)

Setí leguminóz probíhalo ve dnech 20. 4. a 25. 6. 2012. Ve variantách zásahu 2, 3, 5 a 6 bylo vyseto 55g semen/m<sup>2</sup> jetele a vojtěšky, tj. 26 500 semen jetele respektive 28 500 semen vojtěšky, která byla předem inokulována bakteriemi rodu *Rhizobium* (preparát Rizobin, AGRO-PROFI s.r.o.). V každém termínu byla vyseta polovina semen. Setí poloparazitů se uskutečnilo 3. 10. 2012. Ve variantách zásahu 4, 5 a 6 bylo vyseto společně 8 g/4m<sup>2</sup> kokrhele luštince a 3 g/4m<sup>2</sup> kokrhele menšího, tj. 2000 semen pro oba druhy. Po vysetí byly plošky narušeny hrabáním.

Pokus byl uspořádán v blocích, tj. každá varianta zásahu (označení 1 – 6) byla přítomna právě jednou v každém bloku: 1 – kontrola, 2 – *M. sativa* var. *Morava*, 3 – *T. pratense* var. *Manuela*, 4 – *R. alectorolophus*, *R. minor*, 5 – *M. sativa* + *R. alectorolophus*, *R. minor*, 6 – *T. pratense* + *R. alectorolophus*, *R. minor* (obr. 4). Datalogery pro snímání teploty a vlhkosti (příloha č. 12) byly umístěny ve druhém a čtvrtém bloku ve variantě č. 4 (samotný výsev *Rhinanthus*) a v pátém bloku ve

variantě č. 3 (samotný výsev *Trifolium*). Ve variantách zásahu č. 1 (kontrola) a 4 (samotný výsev *Rhinanthus*) v prvním bloku byla instalována čidla pro měření fotosynteticky aktivní radiace (PAR  $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), která sloužila k otestování predikce zlepšujících se světelných podmínek pro potenciální klíčení nově přichozích druhů po zředění porostu třtiny kokrhelem (příloha č. 13).

2	1	3
4	6	5
6	2	1
5	4	3
3	5	4
1	6	2
5	4	6
3	2	1
1	3	5
2	4	6

↓ klesající svah

Obr. 4 Uspořádání pokusných ploch v lokalitě Návojná (Mládek 2013)

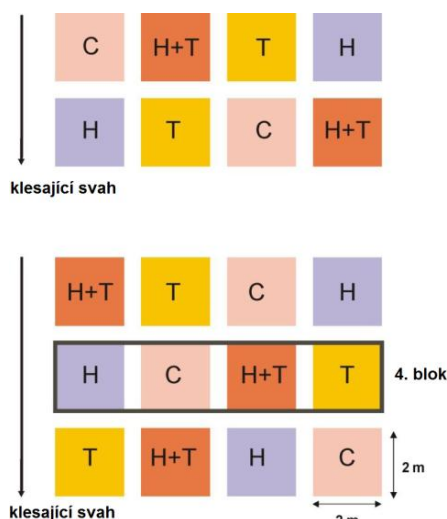
### 3.2.2. Potštát

Na lokalitě Potštát byl dlouhodobě neobhospodařovaný porost s dominantní kostřavou červenou (*Festuca rubra*). Smyslem pokusu bylo otestovat, zda kombinovaná introdukce poloparazitů (kokrhelů) a leguminóz (jetele lučního) povede k efektivnějšímu potlačení kostřavy červené a k následnému nárůstu diverzity společenstva, než při introdukci obou skupin samostatně. Před založením experimentu byla louka posečena a vyhrabána stařina se silnou vrstvou mechu. Pokus byl založen 20. 11. 2012. Jednotlivé čtverce 2 m × 2 m byly v blokovém uspořádání (obr. 5, 6 a příloha č. 9).



**Obr. 5** Letecký snímek s vyznačením studijních ploch na lokalitě Potštát (mapový podklad: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz), severní orientace)

Setí leguminóz proběhlo 20. 4. 2012 na plochách „T“ a „H+T“ bylo vyseto 50 g semen/4m<sup>-2</sup> (tj. 24 tis. semen na 4 m<sup>-2</sup>) jetele lučního (*Trifolium pratense* var. *Suez*), která byla předem inokulována bakteriemi *Rhizobium* (preparát Rizobin, AGRO-PROFI s.r.o.). Setí poloparazitů se uskutečnilo 18. 11. 2012. Na plochy „H“ a „H+T“ bylo vyseto 16 g/4m<sup>-2</sup> kokrhele luštince a 6 g/4m<sup>-2</sup> kokrhele menšího, tj. 4000 semen každého druhu. Pokus byl založen ve znárodněném blokovém uspořádání, kde písmena určují jednotlivé typy zásahů: „C“ – kontrola, „H“ – hemiparazit *R. alectorolophus* a *R. minor*, „T“ – *T. pratense*, „H+T“ – hemiparazit + *T. pratense* (obr. 6).



**Obr. 6** Uspořádání pokusných ploch v lokalitě Potštát (Mládek 2013)

### 3.3. *Sběr dat*

Odběr nadzemní biomasy probíhal v termínech 1. a 2. 7. 2013 (Návojná) a 19. 7. 2013 (Potštát). Na všech experimentálních plochách byl železným rámem (příloha č. 11) vymezen centrální čtverec o rozměru  $1 \text{ m}^{-2}$ , ve kterém byly provedeny následující záznamy: stanovení procentuálního podílu nadzemní biomasy pro všechny druhy bylinného patra, měření výšky porostu (příloha č. 14) v centimetrech pomocí talířového měřidla (Correll et al. 2003, rising-plate meter method).

Před odběrem veškeré nadzemní biomasy byla zvlášť separována třtina a parazité (kostřava v lokalitě Potštát nikoliv). U parazitů byl zaznamenán počet uchycených jedinců a zralých tobolek na každé experimentální ploše. Biomasa se ukládala do označených vzorkovacích sáčků s odpovídajícím číslem plochy. V sáčcích se neprodleně vážila čerstvá biomasa, která byla následně sušena v sušičce po dobu 48 hodin. Nakonec se v laboratoři zvažila sušina rostlinné biomasy a zaznamenala hmotnost semen poloparazitů v jednotlivých plochách. V práci byla použita nomenklatura dle Kubát et al. (2002).

### 3.4. *Analýza dat*

Zjištěná data se analyzovala metodou lineární regrese, jednofaktorovou analýzou rozptylu (one-way ANOVA) a mnohorozměrnou analýzou tj. přímou lineární gradientovou analýzou (RDA). Výpočet prvních dvou metod byl proveden ve statistických softwarech Statistica 8 (StatSoft ®) a R (R Development Core Team 2011), mnohorozměrné analýzy byly vytvořeny v software Canoco 4.5.5.

#### 3.4.1. **Výpočet změn proporcí biomasy třtiny křovištní**

Změny proporcí biomasy se analyzovaly v lokalitě Návojná, ve které byly k dispozici data o odhadu proporcí biomasy třtiny za obě sezóny 2012 a 2013. Byl použit lineární model se smíšenými efekty (náhodný faktor blok) s nezávislou proměnnou množstvím biomasy poloparazitů a závisle proměnnou meziroční změnou proporce třtiny ve společenstvu. Analýza se provedla s kontrolou (tj. i s plochami kde nebyl poloparazit vyset). ANOVA s post-hoc Tukey HSD testem porovnávala změny proporce třtiny od výchozího roku po data za 1. rok jak na kontrolních plochách, tak na plochách s poloparazity.

### 3.4.2. Výpočet úspěšnosti introdukce poloparazitů

Za účelem zjištění úspěšnosti introdukce poloparazitů byly provedeny regresní analýzy. Jako nezávisle proměnné byly stanoveny: celková sušina ( $\text{g m}^{-2}$ ), průměrná výška porostu (cm), sušina *Rhinanthus* sp. ( $\text{g m}^{-2}$ ) a počet tobolek *Rhinanthus* sp. ( $\text{ks m}^{-2}$ ). Mezi závislé proměnné byly vybrány: sušina *Rhinanthus* sp. ( $\text{g m}^{-2}$ ), celková sušina ( $\text{g m}^{-2}$ ), počet *Rhinanthus* sp. ( $\text{ks m}^{-2}$ ), počet tobolek *Rhinanthus* sp. ( $\text{ks m}^{-2}$ ) a počet semen *Rhinanthus* sp. ( $\text{ks m}^{-2}$ ). Výše uvedené proměnné byly mezi sebou analyzovány na obou lokalitách.

Meziroční změna pokryvnosti v lokalitě Návojná a pokryvnost po výsevu poloparazitů v Potštátu se analyzovaly prostřednictvím ANOVY. V obou případech platila jako kategoriální nezávislá proměnná výsev poloparazitů „NE“ a „ANO“. Závislá proměnná byla v Návojně meziroční změna pokryvnosti (%) spočítaná z rozdílů změn pokryvnosti za sezóny 2012 a 2013. V Potštátu byla nezávislá proměnná pokryvnost (%) v roce 2013.

### 3.4.3. Výpočet změn vegetace v lokalitě Návojná

Druhové změny vegetace se analyzovaly přímou lineární gradientovou analýzou (RDA) s nezávislou proměnnou interakce *Rhinanthus*\*rok. Jako kovariáty byly stanoveny binární („dummy“) proměnné rok a kód bloku. K analýze bylo zvoleno 499 permutací v Monte Carlo permutačním testu se statistickým testem všech kanonických os. Randomizace byla provedena v blocích, takže sledované plochy (6 ploch v jednom bloku) byly permutovány volně v rámci daného bloku s cyklickým posunem dvou časových záznamů 2012 a 2013.

Pokud jsou směry (šipky) jednotlivých druhů shodné, nebo téměř shodné se směrem zásahu (*Rhinanthus*\*rok), znamená to, že druhy z roku 2012 na 2013 zvětšily svůj podíl v biomase na plochách s vysetým poloparazitem. V opačném případě podíl druhů v biomase společenstva působením poloparazitů poklesl. Vztah druhu k faktoru prostředí lze zjistit kolmou projekcí koncového bodu šipky druhu na šipku hodnoty proměnné prostředí.

Dvě ANOVY testovaly změnu počtu druhů v plochách s výsevem a bez výsevu poloparazitů mezi sezónami 2012 a 2013 a změnu počtu druhů v závislosti na jednotlivých typech zásahů na všech plochách mezi sezónami 2012 a 2013. V prvním případě byla kategoriální nezávislá proměnná (faktor) výsev poloparazitů „NE“



a „ANO“ a závislá proměnná jako změna počtu druhů spočítaná z rozdílu druhů na plochách z obou let. V druhém případě byla kategoriální proměnná typ zásahu (1 až 6) a závislá proměnná byla rovněž změna počtu druhů.

#### **3.4.4. Výpočet změn vegetace v lokalitě Potštát**

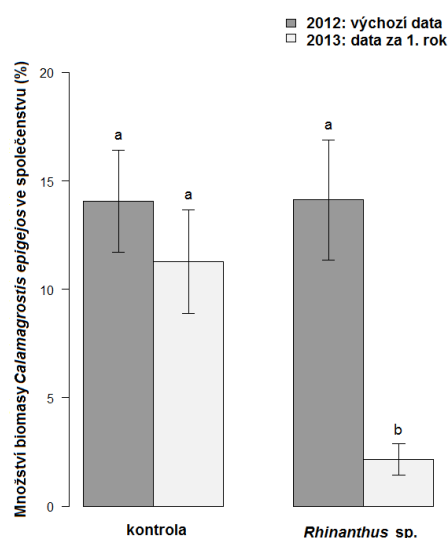
V Potštátu byla provedena analýza hmotnosti sušiny všech druhů na plochách (vyjma vyšetých – poloparazitů a jetel luční) se všemi typy zásahů pomocí přímé lineární gradientové analýzy (RDA) s nezávislými proměnnými čtyř druhů zásahů (kontrola, výsev jetele, výsev poloparazitů, výsev jetele + poloparazitů). Jako kovariáty byly zvoleny binární („dummy“) proměnné bloky (celkem 5 bloků). K analýze bylo zvoleno 499 permutací v Monte Carlo permutačním testu se statistickým testem všech kanonických os. Randomizace byla provedena v blocích, proto sledované plochy (4 plochy v jednom bloku) byly permutovány volně v rámci daného bloku.

Nakonec se zhotovily tři ANOVY. První testovala rozdíl hmotnosti sušiny kostřavy červené na plochách bez výsevu poloparazitů a s nimi za rok 2013. Kategoriální nezávislá proměnná (faktor) byla výsev poloparazitů „NE“ a „ANO“ a závislá proměnná byla hmotnost sušiny kostřavy ( $\text{g m}^{-2}$ ). Druhá testovala rozdíl počtu druhů na plochách bez výsevu poloparazitů a s nimi za rok 2013. Kategoriální nezávislá proměnná byla výsev poloparazitů „NE“ a „ANO“ a závislá proměnná byla počet druhů. Posledním testovaným kritériem byl rozdíl počtu druhů v závislosti na všech typech zásahů v experimentálních plochách za sezónu 2013. Kategoriální nezávislou proměnnou byl typ zásahu (C, T, H, H+T) a závislá proměnná počet druhů na ploše.

## 4. VÝSLEDKY

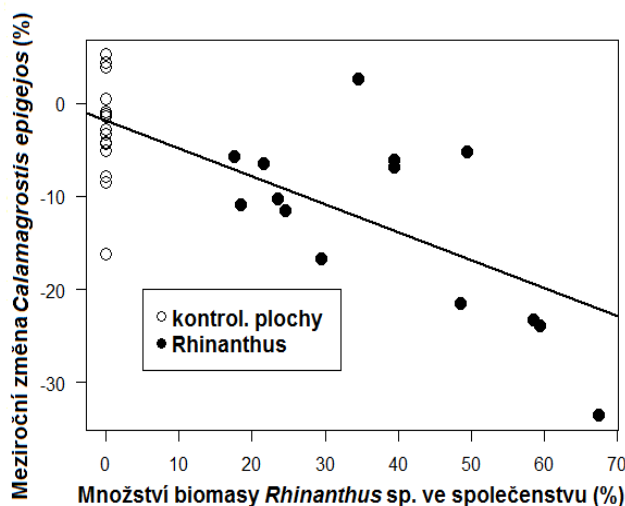
### 4.1. Změny proporce biomasy třtiny křovištní v lokalitě Návojná

Sloupcový graf post-hoc Tukey testu ukazuje, jak proporce třtiny křovištní (*C. epigejos*) poklesla na kontrolních plochách, ale ne signifikantně od výchozího roku 2012, ve kterém byl v lokalitě Návojná pokus založen (výchozí data). Signifikantní pokles proporce třtiny byl pouze na plochách s kokrhelom (obr. 7).



Obr. 7 Graf post-hoc Tukey test znázorňující pokles proporce třtiny křovištní (*C. epigejos*) na kontrolních plochách a na plochách s kokrhelom v letech 2012 a 2013, úsečka představuje střední chybu průměru (SE).

Stejně tak lineární model se smíšenými efekty potvrdil pokles proporce biomasy třtiny křovištní (*C. epigejos*) ve společenstvu v pokusných plochách z roku 2012 na 2013 (obr. 8). S přibývajícím podílem biomasy poloparazitů docházelo signifikantně k meziročnímu poklesu třtiny ( $F=29,76$ ;  $P<0,001$ ;  $df=1, 13$ ;  $R^2=0,50$ ). Regrese byla provedena s kontrolou tj. i s plochami, kde nebyl poloparazit vyset a uvažuje tak s meziroční fluktuací třtiny bez výsevu kokrhelů.



Obr. 8 Lineární regrese změny proporce třtiny křovištní (*C. epigejos*) v biomase společenstva s kontrolou z roku 2012 na 2013.

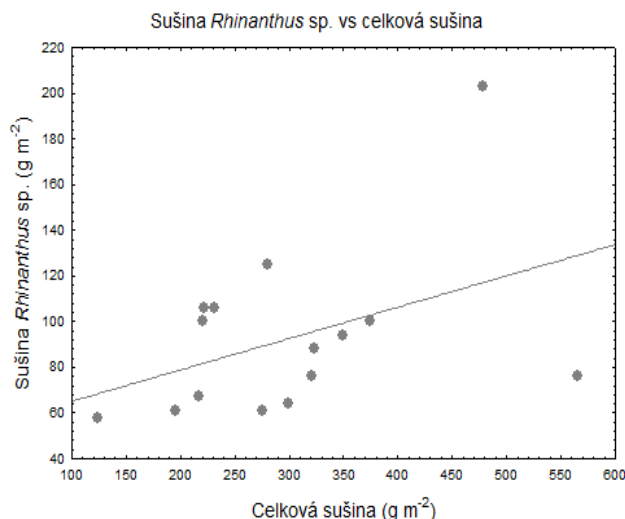
#### 4.2. Úspěšnost introdukce poloparazitů v lokalitě Návojná

V tab. 1 jsou uvedeny zjištěné průměrné hodnoty poloparazitů na lokalitě Návojná.

Tab. 1 Průměrné hodnoty měřených parametrů poloparazitů na lokalitě Návojná (n=15).

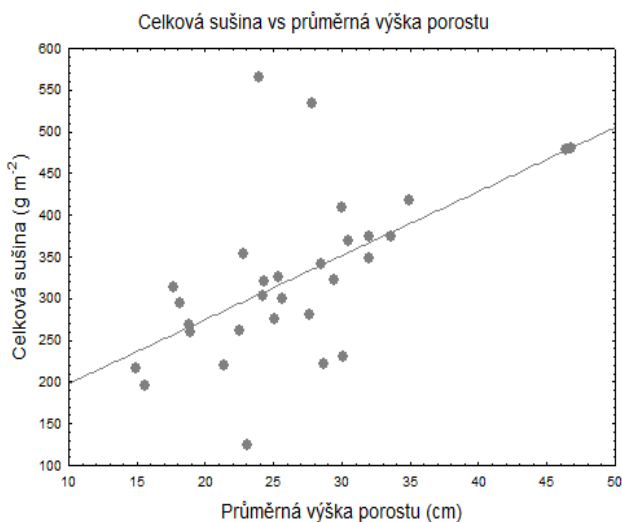
Ukazatel fitness jedinců na jednotku pokusné plochy	Hodnota
Průměrný počet jedinců	221 ks m <sup>-2</sup>
Průměrný počet tobolek	2 018 ks m <sup>-2</sup>
Průměrný počet semen	5 437 ks m <sup>-2</sup> (9,1 ks/tobol.)
Průměrná hmotnost sušiny jedinců	92,3 g m <sup>-2</sup>

Obr. 9 ukazuje analýzu vztahu mezi hmotností sušiny poloparazitů a celkové hmotností sušiny ( $F=2,8$ ;  $P=0,12$ ;  $df=1, 13$ ). S rostoucí hmotností sušiny na plochách přibývala hmotnost sušiny poloparazitů jen nepatrně, kromě dvou hodnot s výraznými regresními reziduály.



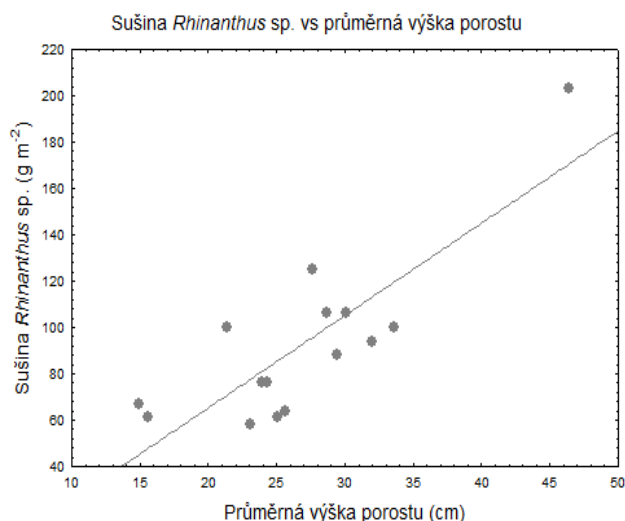
**Obr. 9** Nesignifikantní vztah sušiny *Rhinanthus* sp. a celkové hmotnosti sušiny.

Signifikantní závislost celkové hmotnosti sušiny na průměrné výšce porostu je uvedena na obr. 10. S narůstající průměrnou výškou porostu rostla také celková hmotnost sušiny ( $F=14,12$ ;  $P=0,008$ ;  $df=1, 28$ ;  $R^2=0,34$ ). Na ploše s výškou porostu 15,6 cm vážila celková hmotnost sušiny 196 g, zatímco na ploše s nejvyšší výškou porostu 46,8 cm dosahovala hmotnost sušiny 480 g.



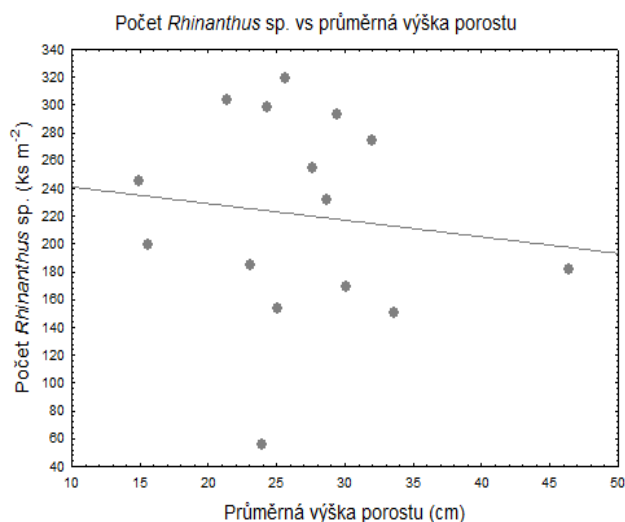
**Obr. 10** Pozitivní závislost celkové hmotnosti sušiny na průměrné výšce porostu.

V rámci hmotnosti sušiny poloparazitů byla prokázána signifikantní závislost na průměrné výšce porostu ( $F=27,62$ ;  $P<0,001$ ;  $df=1, 13$ ;  $R^2=0,68$ ). Plocha s nejnižší výškou porostu 14,9 cm obsahovala pouze 67 g sušiny poloparazitů, ale na ploše s nejvyšší výškou porostu 46,4 cm obsahovala sušina 203 g poloparazitů (obr. 11).



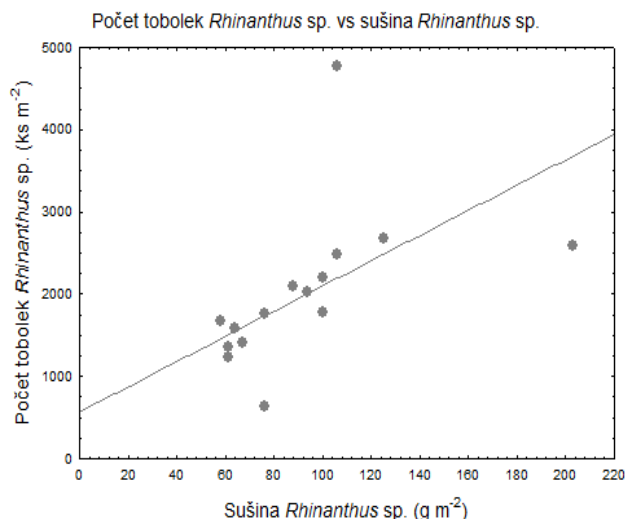
Obr. 11 Pozitivní závislost hmotnosti sušiny *Rhinanthus* sp. na průměrné výšce porostu.

Mezi počtem poloparazitů a průměrnou výškou porostu nebyla zjištěna signifikantní závislost ( $F=0,20$ ;  $P=0,66$ ;  $df=1, 13$ ). Výsledná data jsou značně variabilní a samotná regrese vysvětluje pouze 0,02 % variability dat (obr. 12).



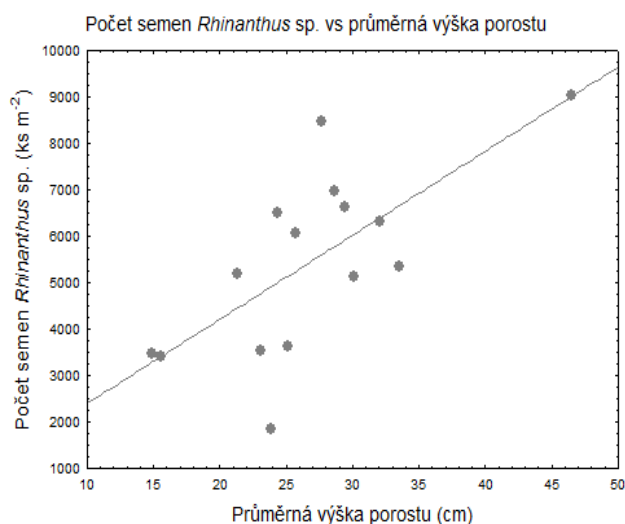
Obr. 12 Nesignifikantní vztah počtu poloparazitů *Rhinanthus* sp. a průměrné výšky porostu.

Mezi počtem tobolek a hmotností sušiny poloparazitů byla signifikantní závislost potvrzena ( $F=32,91$ ;  $P<0,001$ ;  $df= 1, 13$ ;  $R^2=0,69$ ). Plocha s nejnižší hmotností sušiny poloparazitů (58 g) obsahovala 1 679 tobolek, na ploše s nejvyšším obsahem 203 g sušiny bylo zjištěno 2 583 tobolek. Největší množství tobolek 4 767 však bylo přítomno na ploše se sušinou o hmotnosti 106 g (obr. 13).



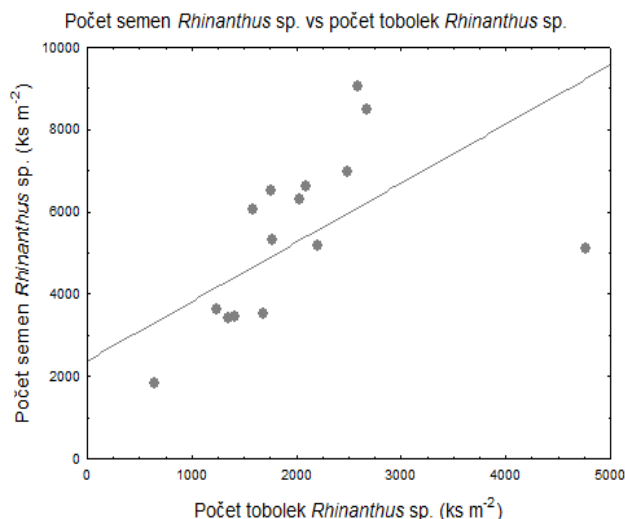
Obr. 13 Pozitivní závislost počtu tobolek *Rhinanthus* sp. na hmotnosti sušiny *Rhinanthus* sp.

Prokázána byla pozitivní závislost počtu semen poloparazitů na průměrné výšce porostu ( $F=11,64$ ;  $P=0,0046$ ;  $df= 1, 13$ ;  $R^2=0,47$ ). Při nejnižší výšce porostu 14,9 cm se vyskytlo 3 464 semen, zatímco při nejvyšší výšce porostu 46,4 cm bylo napočítáno 9 039 semen (obr. 14).



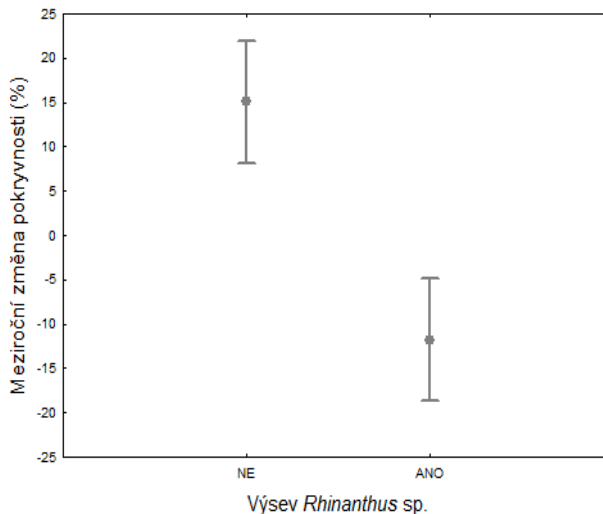
Obr. 14 Pozitivní závislost počtu semen *Rhinanthus* sp na průměrné výšce porostu.

Obrázek 15 znázorňuje pozitivní závislost mezi počtem semen a tobolek poloparazitů. S přibývajícím množstvím tobolek poloparazitů na pokusných plochách rovněž signifikantně narůstal počet semen ( $F=89,065$ ;  $P=0,0063$ ;  $df=1, 13$ ;  $R^2=0,76$ ). Na ploše s nejmenším množstvím tobolek 643 bylo zjištěno pouze 1 840 semen. Na ploše s nejvyšším počtem tobolek 9 039 bylo zjištěno 2 583 semen. Nejvíce semen (9 039) však bylo napočítáno na ploše s 2 583 tobolekami.



Obr. 15 Pozitivní závislost počtu semen *Rhinanthus* sp. na celkovém počtu tobolek.

Signifikantní výsledek meziroční změny pokryvnosti vlivem působení poloparazitů jsou uvedeny na obr. 16 ( $F=31,74$ ;  $P<0,001$ ;  $df=1, 28$ ). Ze zjištěných dat jasně vyplývá, že v plochách s výsevem kokrhelů došlo ke snížení pokryvnosti v průměru o 13 %. Plochy bez výsevu poloparazitů vykazovaly meziroční nárůst pokryvnosti v průměru o 15 %.

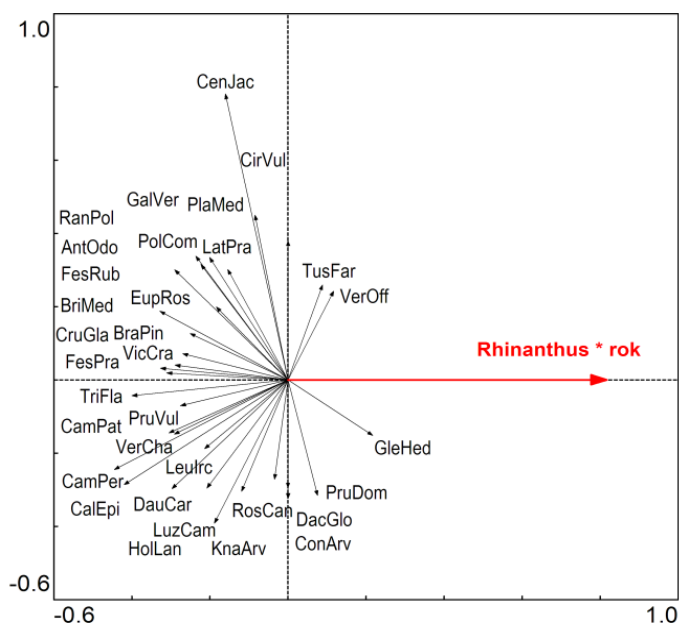


Obr. 16 Výsledek ANOVY meziroční změny pokryvnosti na pokusných plochách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO). Kolečko představuje průměr a úsečka střední chybu průměru (SE).

### 4.3. Změny vegetace v lokalitě Návojná

Výsledný ordinační diagram přímé lineární gradientové analýzy (RDA) znázorňuje změny druhového složení experimentálních ploch vlivem působení výsevu poloparazitů (obr. 17). Z diagramu je zřejmé, že po výsevu kokrhelů došlo k výrazné změně

druhového složení společenstva. Drtivá většina druhů trav i bylin snížila svůj podíl v biomase, některé zásadně jako např. třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), kostřava luční (*Festuca pratensis*), zvonek broskvolistý (*Campanula persicifolia*) nebo trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*). Naopak mírně podpořeny byly některé druhy bylin jako např. popenec obecný (*Glechoma hederacea*), rozrazil lékařský (*Veronica officinalis*) nebo podběl lékařský (*Tussilago farfara*).



**Obr. 17** Výsledek analýzy RDA změny druhového složení ploch působením výsevu kokrhele na lokalitě Návojná. Zobrazení druhů, které nejlépe korelovaly s proměnnou v prostoru ordinačních os.

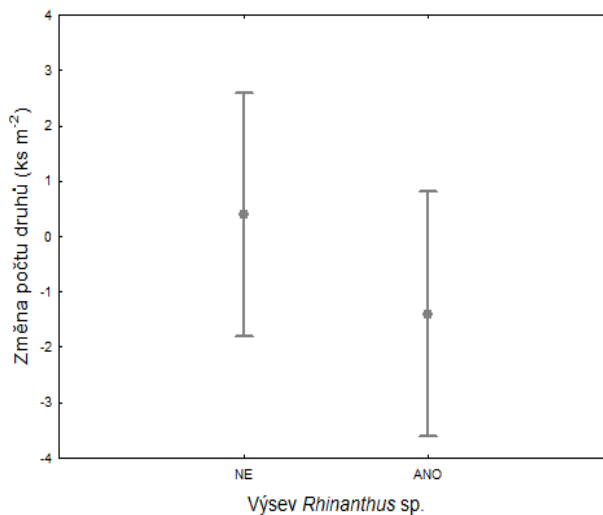
Tabulka 2 shrnuje výstup z RDA analýzy změn druhového složení působením výsevu poloparazitů. První kanonická osa (*Rhinanthus\*rok*) postihla 6,5 % a druhá (nekanonická osa) 30,3 % celkové variability souboru dat. Monte Carlo permutační test prokázal, že vliv výsevu poloparazitů kokrhele (*Rhinanthus* sp.) na změnu druhového složení byl signifikantní, tedy průkazný na 0,4% hladině průkaznosti ( $P=0,004$ ).

**Tab. 2** Výstup z RDA analýzy testující změny druhového složení ploch působením výsevu kokrhele na lokalitě Návojná. Variabilita zachycená jednotlivými osami je vyjádřena tzv. charakteristickými čísly (Eigenvalues).

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues	0.047	0.219	0.108	0.087	1.000
Species-environment correlations	0.605	0.000	0.000	0.000	
Cumulative percentage variance of species data	<b>6.5</b>	<b>36.8</b>	51.7	63.7	
Cumul. per. variance of species-environment relation	100.0	0.0	0.0	0.0	
Sum of all eigenvalues					0.725
Sum of all canonical eigenvalues					0.047
Test of significance of all canonical axes:	Trace	0.047			
	F-ratio	<b>3.712</b>			
	P-value	<b>0.0040</b>			

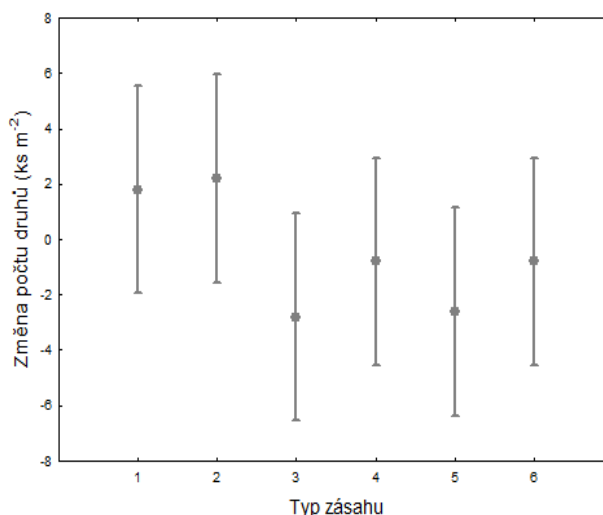


Obr. 18 znázorňuje výsledek ANOVY testující změnu počtu druhů na plochách bez výsevu poloparazitů a s nimi mezi sezónami 2012 a 2013. Na plochách po výsevu kokrhelů byl pokles celkového počtu druhů statisticky neprůkazný ( $F=1,2$ ;  $P=0,25$ ;  $df=1, 28$ ).



Obr. 18 Výsledek ANOVY meziroční změny počtu druhů na pokusných plochách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO). Kolečko představuje průměr a úsečka střední chybu průměru (SE).

Obrázek 19 představuje výsledek ANOVY testující změnu počtu druhů v závislosti na jednotlivých typech zásahů na experimentálních plochách mezi sezónami 2012 a 2013. Rozdíl mezi jednotlivými zásahy byl nesignifikantní ( $F=1,36$ ;  $P=0,28$ ;  $df=5, 24$ ).



Obr. 19 Výsledek ANOVY meziroční změny počtu druhů na pokusných plochách při různých typech zásahů: 1 – kontrola, 2 – *M. sativa* var. *Morava*, 3 – *T. pratense* var. *Manuela*, 4 – *R. alectorolophus*, *R. minor*, 5 – *M. sativa* + *R. alectorolophus*, *R. minor*, 6 – *T. pratense* + *R. alectorolophus*, *R. minor*. Kolečko představuje průměr a úsečka střední chybu průměru (SE).

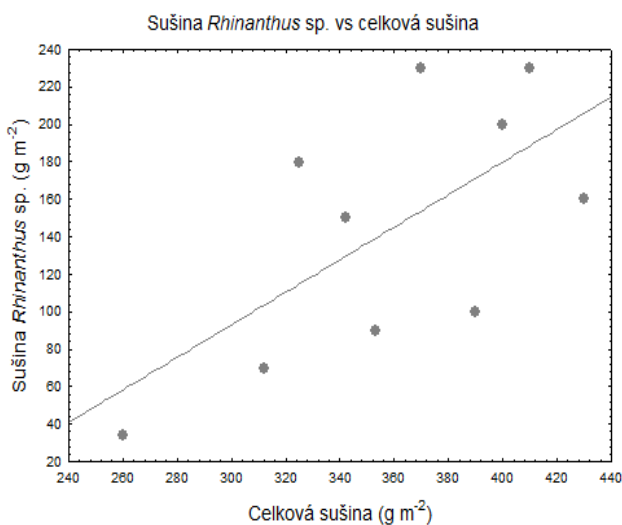
#### 4.4. Úspěšnost introdukce poloparazitů v lokalitě Potštát

V tab. 3 jsou uvedeny zjištěné průměrné hodnoty poloparazitů na lokalitě Potštát.

**Tab. 3 Průměrné hodnoty měřených parametrů poloparazitů na lokalitě Potštát (n=10).**

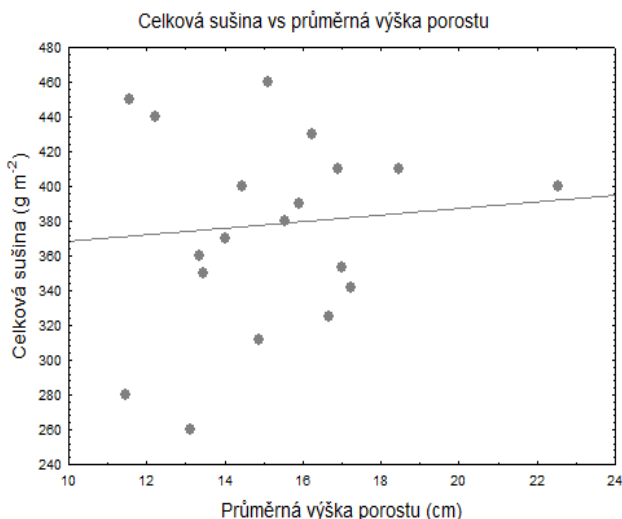
Ukazatel fitness jedinců na jednotku pokusné plochy	Hodnota
Průměrný počet jedinců	126 ks m <sup>-2</sup>
Průměrný počet tobolek	991 ks m <sup>-2</sup>
Průměrný počet semen	1 979 ks m <sup>-2</sup> (7,0 ks/tobol.)
Průměrná hmotnost sušiny jedinců	48,2 g m <sup>-2</sup>

Obrázek 20 uvádí signifikantní pozitivní závislost hmotnosti sušiny poloparazitů na celkové hmotnosti sušiny v jednotlivých plochách ( $F=6,67$ ;  $P=0,032$ ;  $df=1, 8$ ;  $R^2=0,45$ ). Na ploše s nejnižší vahou sušiny 260 g byla zjištěna hmotnost sušiny poloparazitů 35 g. Naopak při celkové hmotnosti sušiny 410 g byla váha sušiny poloparazitů 230 g.



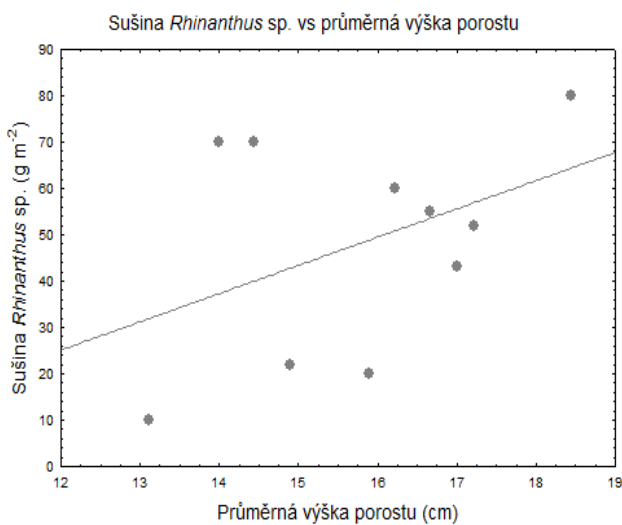
**Obr. 20** Pozitivní závislost hmotnosti sušiny *Rhinanthus* sp. na celkové hmotnosti sušiny.

Závislost celkové sušiny na průměrné výšce porostu v experimentálních plochách je uvedena v obr. 21. Nebyla statisticky průkazná ( $F=0,15$ ;  $P=0,7$ ;  $df=1, 18$ ).



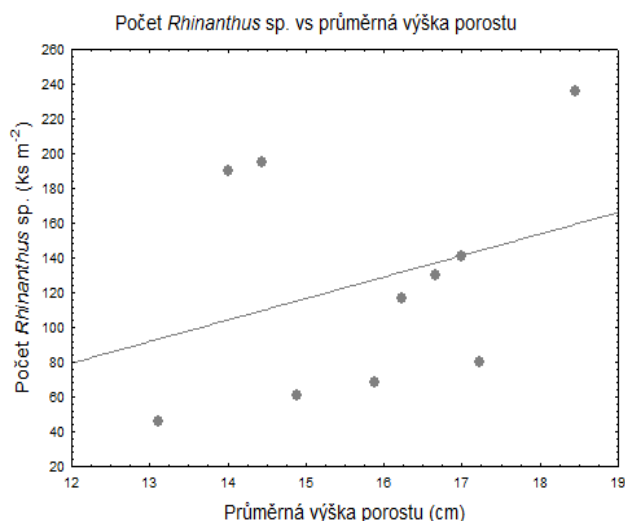
Obr. 21 Nesignifikantní vztah celkové hmotnosti sušiny a průměrné výšky porostu.

Obr. 22 ukazuje analýzu vztahu hmotnosti sušiny poloparazitů na průměrné výšce porostu ( $F=1,72$ ;  $P=0,22$ ;  $df=1, 8$ ). Oproti lokalitě Návojná nebyla závislost signifikantní, jelikož s rostoucí průměrnou výškou porostu rostla hmotnost sušiny poloparazitů nevýrazně.



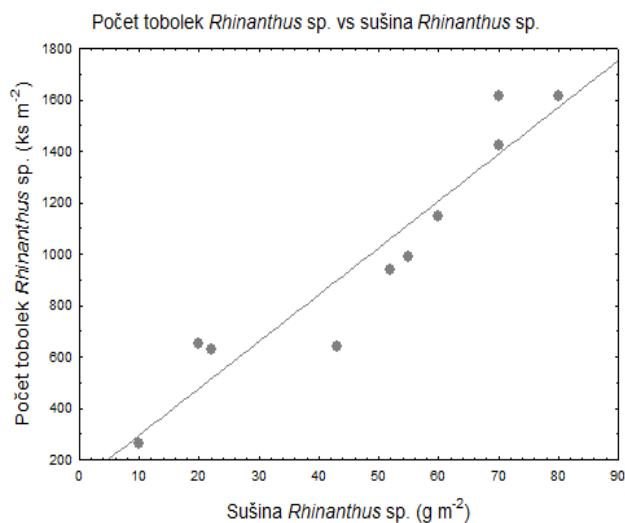
Obr. 22 Nesignifikantní vztah hmotnosti sušiny *Rhynanthus* sp. a průměrné výšky porostu.

Obr. 23 popisuje nesignifikantní vztah počtu poloparazitů a průměrné výšky porostu ( $F=0,89$ ;  $P=0,37$ ;  $df=1, 8$ ).



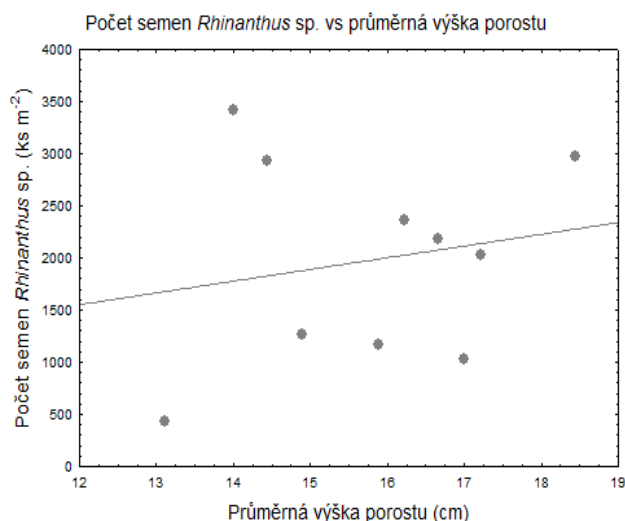
Obr. 23 Nesignifikantní vztah počtu poloparazitů a průměrné výšky porostu.

Stejně jako v lokalitě Návojná, silnou závislost vykazuje počet tobolek a sušina poloparazitů ( $F=68,21$ ;  $P<0,001$ ;  $df=1, 8$ ;  $R^2=0,90$ ). V ploše s nejnižší hmotností sušiny poloparazitů (10 g) bylo zjištěno 260 tobolek, zatímco při nejvyšší hmotnosti sušiny poloparazitů bylo napočítáno 1 617 tobolek (obr. 24).



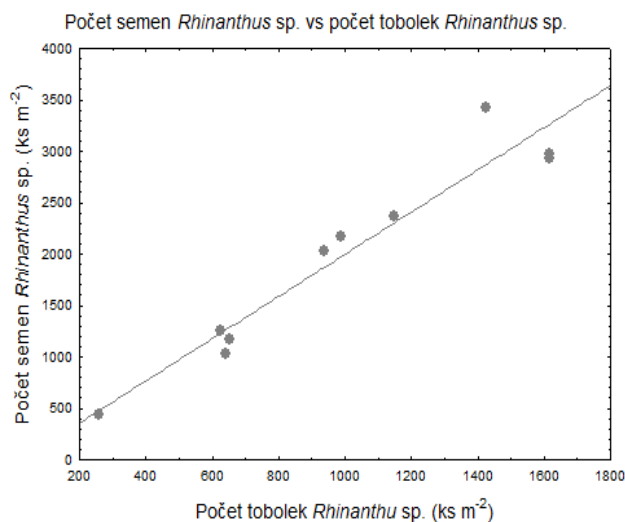
Obr. 24 Pozitivní závislost počtu tobolek *Rhinanthus* sp. na hmotnosti sušiny *Rhinanthus* sp.

Obrázek 25. uvádí nesignifikantní vztah mezi počtem semen poloparazitů a průměrnou výškou porostu na experimentálních plochách ( $F=0,30$ ;  $P=0,6$ ;  $df=1, 8$ ).



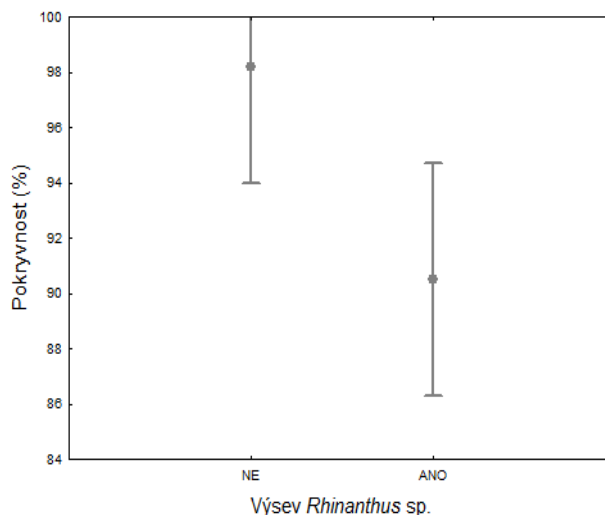
Obr. 25 Nesignifikantní vzat počtu semen *Rhinanthus* sp. a průměrné výšky porostu.

Obrázek 26 znázorňuje silnou pozitivní závislost mezi počtem semen poloparazitů a tobolekami poloparazitů ( $F=100,86$ ;  $P<0,001$ ;  $df=1, 8$ ;  $R^2=0,92$ ). Při nejnižším množství tobolek (260) na ploše bylo zjištěno 434 semen, zatímco na ploše s největším počtem tobolek 1 617 bylo napočítáno 2 979 semen.



Obr. 26 Pozitivní závislost počtu semen *Rhinanthus* sp. na celkovém počtu tobolek.

Signifikantní vliv poloparazitů na pokryvnosti ploch jsou uvedeny v obr. 27 ( $F=7,67$ ;  $P=0,014$ ;  $df=1, 18$ ). Z obrázku jasně vyplývá, že v plochách s výsevem poloparazitů byla prokazatelně nižší pokryvnost, než bez nich.



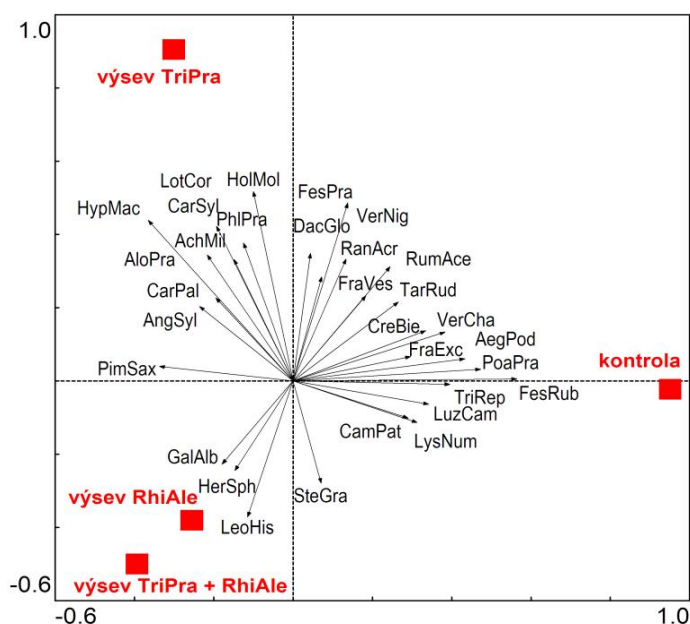
Obr. 27 Výsledek ANOVY pokryvnosti na pokusných plochách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO). Kolečko představuje průměr a úsečka střední chybu průměru (SE).

#### 4.5. Změny vegetace v lokalitě Potštát

Výsledný ordinační diagram přímé lineární gradientové analýzy (RDA) znázorňuje analýzu hmotnosti sušiny všech druhů (vyjma vyšetých) na experimentálních plochách v závislosti na čtyřech typech zásahů v roce 2013 (obr. 28). Z diagramu vyplývá, že největší vliv na druhovou skladbu mělo vysetí poloparazitů (výsev RhiAle). V tomto případě měly v plochách největší podíl na sušině druhy: svízel bílý (*Galium album*), bolševník obecný (*Heracleum sphondylium*) a máchelka srstnatá (*Leontodon hispidus*).

Nejvíce si byly podobné plochy s výsevem čistě poloparazitů (výsev RhiAle) a poloparazitů + jetel (výsev TriPra + RhiAle). V přítomnosti pouze jetele lučního nejlépe prosperovaly druhy jako např. štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*), psárka luční (*Alopecurus pratensis*) nebo děhel lesní (*Angelica sylvestris*).

Na kontrolních plochách dominovaly jednoděložné rostliny jako např. kostřava červená (*Festuca rubra*), lipnice luční (*Poa pratensis*) nebo bika ladní (*Luzula campestris*). Oproti dalším zásahům na plochách s kontrolou prosperovaly byliny jako např. bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), rozrazil rezekvítek (*Veronica chamaedrys*), jetel plazivý (*Trifolium repens*) nebo vrbina penízková (*Lysimachia nummularia*).



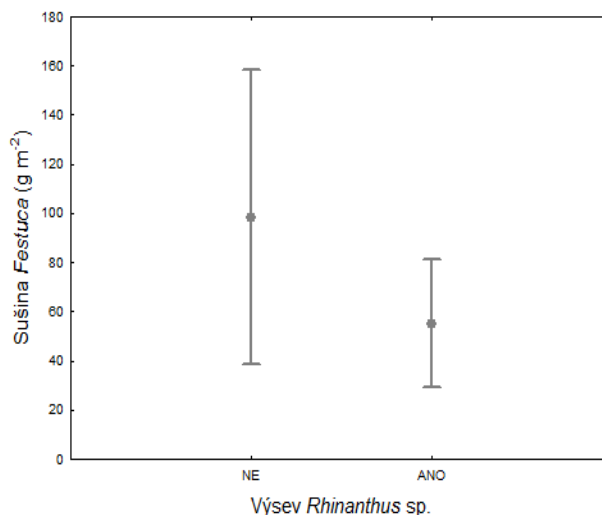
Obr. 28 Výsledek analýzy RDA hmotnosti sušiny všech druhů (vyjma vyšetých) v závislosti na čtyřech zásazích na experimentálních plochách v lokalitě Návojná. Zobrazení druhů, které nejlépe korelovaly s proměnnou v prostoru ordinálních os.

Tabulka 4 shrnuje výstup z RDA analýzy. První kanonická osa postihla 21,3 % a druhá 8,3 % celkové variability souboru dat. Monte Carlo permutační test neprokázal, že vliv jednotlivých zásahů na změnu druhového složení je signifikantní. Vyšel tedy těsně neprůkazně na 0,06% hladině průkaznosti ( $P=0,066$ ).

Tab. 4 Výstup z RDA analýzy testující hmotnost sušiny všech druhů (vyjma vyšetých) v závislosti na čtyřech zásazích v lokalitě Potštát. Variabilita zachycená jednotlivými osami je vyjádřena tzv. charakteristickými čísly (Eigenvalues).

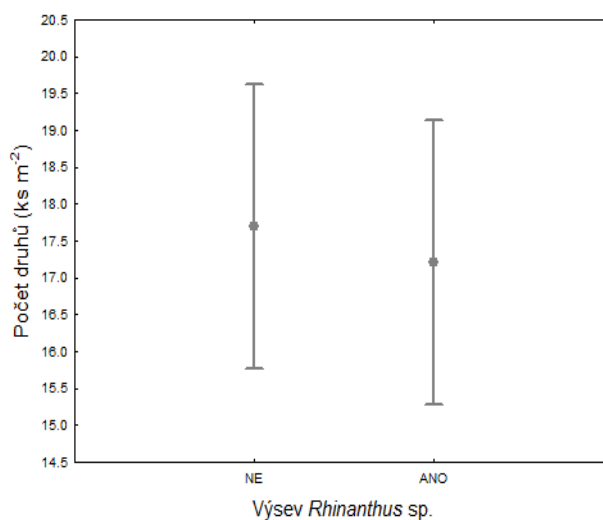
Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues	0.137	0.054	0.010	0.186	1.000
Species-environment correlations	0.717	0.816	0.582	0.000	
Cumulative percentage variance of species data	<b>21.3</b>	<b>29.6</b>	31.2	60.1	
Cumul. per. variance of species-environment relation	68.2	95.1	100.0	0.0	
Sum of all eigenvalues					0.645
Sum of all canonical eigenvalues					0.201
Test of significance of all canonical axes:	Trace	0.201			
	F-ratio	<b>1.811</b>			
	P-value	<b>0.0660</b>			

Výsledek ANOVY testující rozdíl hmotnosti sušiny kostravy červené (*Festuca rubra*) na plochách bez výsevu poloparazitů a s nimi za rok 2013 nebyl statisticky průkazný ( $F=2,27$ ;  $P=0,15$ ;  $df=1, 18$ ). Došlo sice k zaznamenání nižšího podílu biomasy kostravy na plochách s přítomností poloparazitů, avšak výsledek nebyl signifikantní (obr. 29).



Obr. 29 Výsledek ANOVY rozdílů hmotnosti sušiny *Festuca* sp. na lokalitách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO). Kolečko představuje průměr a úsečka střední chybu průměru (SE).

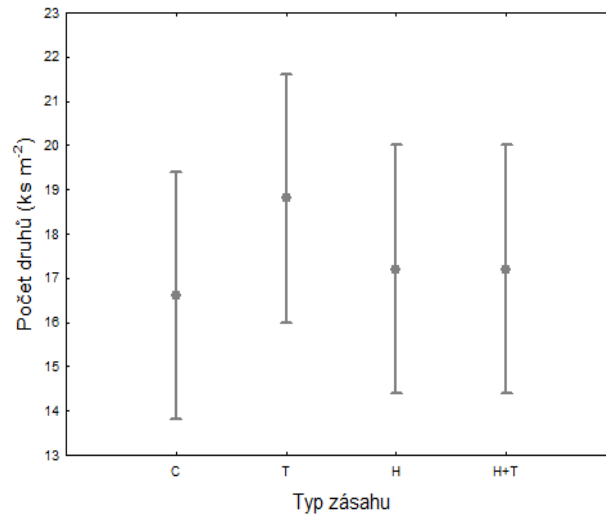
Obr. 30 znázorňuje výsledky ANOVY testující rozdíl počtu druhů na plochách bez výsevu poloparazitů a s nimi za rok 2013. Výsledkem byl nesignifikantní rozdíl v počtu druhů rostlin mezi zásahy ( $F=0,15$ ;  $P=0,7$ ;  $df=1, 18$ ).



Obr. 30 Výsledek ANOVY počtu druhů na lokalitách bez přítomnosti poloparazitů (NE) a s nimi (ANO). Kolečko představuje průměr a úsečka střední chybu průměru (SE).

Obrázek 31 představuje výsledky ANOVY testující rozdíly počtu druhů v závislosti na jednotlivých typech zásahů v experimentálních plochách za sezónu 2013. Signifikantní rozdíl mezi jednotlivými zásahy nebyl prokázán ( $F=0,51$ ;  $P=0,6$ ;  $df=3, 16$ ).





**Obr. 31** Výsledek ANOVY počtu druhů na pokusných plochách s jednotlivými typy zásahů: C – kontrola, T – *T. pratense*, H – hemiparazité *R. alectorolophus* a *R. minor*, H+T – hemiparazité + *T. pratense*. Kolečko představuje průměr a úsečka střední chybu průměru (SE).

## 5. DISKUSE

Cílem diplomové práce bylo zjistit jaká je role poloparazitů a fixátorů dusíku v travinobylinných společenstvech. Zda lze obě skupiny efektivně využít pro potlačení konkurenčně silných druhů trav jako je třtina křovištní resp. kostřava červená a zvýšit tak druhovou diverzitu společenstva. Pokles proporce třtiny ze sezóny 2012 na 2013 v Návojně byl statisticky významný. V Potštátu nebyl rozdíl sušiny kostřavy s výsevem poloparazitů či bez nich signifikantní. Absolutní sušina poloparazitů závisela na celkové produkci sušiny společenstva. Většina druhů působením kokrhelů v prvním roce pokusu snížila své zastoupení ve společenstvu a je tedy nezbytný dlouhodobý monitoring, zda skutečně může kokrhel napomoci lepšímu rozšíření bylin. Nebyl zjištěn signifikantní rozdíl počtu druhů mezi plochami s různým typem zásahů. Efekt bobovitých (jetel a vojtěška) se na žádné z lokalit nepotvrdil, z důvodů špatného uchycení po výsevu do hodně zapojených travních porostů.

### 5.1. *Potlačení dominantních trav třtiny křovištní a kostřavy červené*

V Návojně se třtina vyskytovala na neobhospodařované louce v hojném množství až  $135 \text{ g m}^{-2}$  sušiny na ploše bez zásahu, tj. 33 % biomasy společenstva. Rebele a Lehmann (2001) uvádí hmotnost třtiny v monocenóze  $71 \text{ g m}^{-2}$  na chudých půdách a  $697 \text{ g m}^{-2}$  na půdách bohatých na živiny. Značné zastínění půdního povrchu ve výsledku směřuje ke snižování počtu druhů resp. indexu diverzity na opuštěných loukách (Prach a Pyšek 1994). Většina bylin s nízkým vzrůstem nebo vysokými nároky na světlo není schopna takové konkurenci čelit a ze společenstva vymizí.

Na plochách po výsevu poloparazitů se podíl třtiny v biomase výrazně zredukoval až o 35 % (obr. 8 a příloha č. 10). Podle RDA analýzy (obr. 17) prakticky většina rostlin včetně třtiny křovištní mezi sezónami 2012 a 2013 snížila svůj podíl na celkové biomase v plochách s výsevem poloparazitů. Pouze několik málo druhů bylin s nízkým vzrůstem bylo v prvním roce pokusu mírně podpořeno např. popenec obecný (*Glechoma hederacea*), rozrazil lékařský (*Veronica officinalis*) nebo podběl lékařský (*Tussilago farfara*). Davies et al. (1997) uvádí celkovou redukci biomasy o 36–73 %, biomasa leguminóz zůstala nezměněna a pokles trav byl až o 79 %. Ameloot et al. (2005) uvádějí redukci trav přes 56 %.

V důsledku přítomnosti poloparazitů také docházelo k signifikantní redukci celkové pokryvnosti na plochách (obr. 16 a 27). V Návojně, kde se provedl monitoring pokryvnosti i před výsevem poloparazitů, byl meziroční pokles pokryvnosti mezi sezónami 2012 a 2013 v průměru o 13 % na plochách s výsevem poloparazitů. Naopak plochy bez poloparazitů vykazovaly nárůst pokryvnosti o 15 %. V Potštátu byla nižší pokryvnost na plochách s poloparazity rovněž signifikantní. Poloparazit obvykle nedokáže nahradit vlastní produkcí biomasy ztrátu způsobenou společenstvu. To lze vysvětlit nízkou využitelností živin. Tím vytváří ve společenstvu volné mezery (tzv. „gaps“), které jsou dostupné pro obsazení dalšími druhy (Joshi et al. 2000).

Kokrhel má ve svých pletivech relativně velkou koncentraci živin, ale ve výsledku vyprodukuje méně biomasy, než např. trávy. Na druhou stranu živiny nashromážděné v pletivech poloparazitů často pochází z vytrvalých a kompetičně zdatných hostitelů, kde by byly vázány dlouhou dobu. Poloparazit je každoročně uvolňuje ve svém opadu (Press 1998).

V Potštátu dominovala na neobhospodařované louce kostřava červená. V kontrolách bez zásahu tento druh dosahoval až 58 % pokryvnosti. V tomto případě nebylo možné srovnání změn proporcí biomasy kostřavy červené za obě sezóny 2012 a 2013 z důvodů chybějících dat z roku 2012. K analýze byl použit rozdíl hmotnosti sušiny kostřavy na plochách bez výsevu poloparazitů a s výsevem (obr. 29). V přítomnosti poloparazitů se projevil zřetelný úbytek sušiny kostřavy, ale na hranici průkaznosti.

Také nebyl zjištěn rozdíl v počtu druhů na plochách s výsevem a bez výsevu poloparazitů. V plochách s výsevem poloparazitů druhová diverzita nevzrostla, naopak byla spíše tendence k úbytku druhů. V obou typech ploch se vyskytovalo průměrně 18 druhů. Gibson a Watkinson (1992) zmiňují, že zvýšení invazní rezistence na přítomnost poloparazitů a vyšší druhová diverzita by měla být patrna až v průběhu delšího časového období.

Je tedy nezbytné v experimentu pokračovat v delším časovém období. Je však nesporné, že poloparazité mění konkurenční rovnováhu mezi hostitelskými a neparazitovanými druhy, čímž se postupně změní druhová skladba společenstva ve prospěch bylin (Gibson a Watkinson 1992). Joshi et al. (2000) uvádí, že pokles druhů při výsevu nového invazního poloparazita je běžný a po prvotním invazním šoku následuje ve střednědobém horizontu nárůst počtu druhů. Westbury a Dunnett (2000) vyseli *R. minor* ve stejnou dobu jako ostatní druhy a zjistili spíše pokles trav i bylin.

Pywell et al. (2004) nezjistil po dvou letech žádný vliv na biomasu. Joshi et al. (2000) uvádí po zavedení poloparazitů do společenstva významný nárůst invazních druhů. Pywell et al. (2004) zasel *R. minor* do druhově chudých travních porostů a výrazně tak navýšil počet bylin ze semen, které byly přidány o dva roky později. V experimentu, který uvádí Pywell et al. (2002), bylo dohromady vyseto s *R. minor* celkem 19 druhů bylin v chudých travních porostech. S rostoucím podílem poloparazitů se snižovala travní biomasa, ale současně nebyl zaznamenán nárůst bylin vyjma chrpy (*Centaurea* sp.) a jetele lučního (*Trifolium pratense*).

Poslední analýza z Potštátu srovnávala počty druhů na plochách se všemi typy zásahů, nejen s poloparazity. Ani v tomto případě nebyl zjištěn signifikantní rozdíl mezi různými zásahy. Na plochách pouze s poloparazity nebo s leguminózami dohromady byl průměrný počet druhů stejný. Nepatrně menší počet druhů byl na kontrolních plochách, kde výrazně dominovala kostřava červená. Plochy s výsevem pouze leguminóz vykazovaly průměrně o jeden druh navíc (nebyly zahrnuty vysévané druhy).

Výsledky z Návojně potvrzují hypotézu č. 1. Došlo k signifikantnímu poklesu třtiny pouze na plochách s výsevem poloparazitů rodu *Rhinanthus* sp. Kontrolní plochy vykazovaly pouze neprůkazný pokles. V Potštátu byl pokles kostřavy červené statisticky neprůkazný.

## 5.2. *Introdukcce poloparazitů rodu kokrhel (Rhinanthus)*

Lineární regrese porovnávala vybrané znaky charakterizující fitness poloparazitů ve společenstvu. Mezi tyto parametry patřila sušina poloparazitů, počet jedinců, počet tobolek a počet semen poloparazitů vztažených na jednotku plochy. V Návojně byla dobrým prediktorem sušiny poloparazitů průměrná výška porostu měřená talířovým měřidlem (Correll et al. 2003). S rostoucí průměrnou výškou porostu signifikantně rostla celková produktivita společenstva, sušina poloparazitů, počet tobolek a počet semen poloparazitů. Počet rostlin poloparazitů nikoliv. V Potštátu byla lepším prediktorem výskytu poloparazitů (resp. jejich počtu tobolek a semen) celková produkce sušiny. V přítomnosti poloparazitů docházelo signifikantně ke snižování pokryvnosti vegetace.

Vztah počtu rostlin poloparazitů na průměrné výšce porostu byla jediná neprůkazná regrese u obou lokalit. V Návojně byla sice tendence klesající regresní přímky, ale v Potštátu byl trend opačný (obr. 12 a 23). Lze však očekávat větší počet

rostlin poloparazitů na málo produktivních plochách a naopak (cf. Mudrák 2006). Na produktivních stanovištích začne hustota okolní vegetace stínit a kokrhelům odpadají spodní listy. Přichází o zdroj energie a počátek kritického období se posune na dřívější termín. Kritická fáze semenáčků je cca dva týdny, během této doby jsou neparazitičtí (Davies et al. 1997). Poté, co přežijí tuto kritickou fázi, dosahují v blízkosti rychle rostoucích hostitelů vysoké plodnosti (Keith et al. 2004).

Největší rozdíl v regresní analýze byl vztah mezi sušinou poloparazitů a průměrnou výškou porostu. Zatímco v Návojně tento vztah vykazoval silnou závislost s 68 % vysvětlené variability, v Potštátu vyšel jednoznačně neprůkazně. To mohlo být spojeno s jinou architekturou růstu rostlin v Potštátě, včetně kostřavy, která je typická poléhavým vzrůstem. Výška porostu měřená talířovým měřidlem pak v takovém společenstvu nemusí odrážet produkci biomasy.

Shodně u obou lokalit byl nejvíce průkazný vztah mezi sušinou a počtem tobolek poloparazitů. S přibývajícím hmotností sušiny poloparazitů také výrazně rostl počet tobolek. V Potštátu tato regrese vysvětlila 90 % variability.

Ve všech plochách bylo uchycení poloparazitů úspěšné. Studie Blažka (2011) uvádí, že na třetině lokalit (sečené i nesečené louky, okraje luk, lesů a cest) *R. minor* rostl špatně. V jeho práci nebyla před výsevem poloparazitů odstraněna stařina, která může bránit uchycení semenáčků. Westbury et al. (2004) uvádí, že kokrhel měl větší populační hustotu v rozvolněném travním společenstvu než v trvale zapojených křovinách.

Poloparazité lépe prosperovali v lokalitě Návojná, kde všechny zjištěné hodnoty převyšovaly výsledky z Potštátu. Průměrná sušina kokrhelů v Návojně ( $92,3 \text{ g m}^{-2}$ ) byla téměř dvojnásobně větší než v Potštátu ( $48,2 \text{ g m}^{-2}$ ) a to i přesto, že ve druhé lokalitě bylo vyseto dvojnásobné množství semen. Počet vyprodukovaných semen poloparazity v 1. roce byl v Návojně téměř trojnásobný ( $5\,437 \text{ ks m}^{-2}$ ) než v Potštátě ( $1\,979 \text{ ks m}^{-2}$ ). Ve srovnání s původním výsevem byla produkce semen desetinásobná v Návojně (výsev  $500 \text{ ks m}^{-2}$ ) resp. dvojnásobná v Potštátě (výsev  $1000 \text{ ks m}^{-2}$ ). Ameloot et al. (2005) uvádí, že výnosy semen běžně převyšují dvojnásobně až trojnásobně (výjimečně šestinásobně) původní vysévané hodnoty. Pywell et al. (2004) zmiňuje efektivní výsev poloparazitů alespoň  $2,5 \text{ kg/ha}$  (tj.  $0,25 \text{ g m}^{-2} = \text{ca } 73 \text{ semen m}^{-2}$ ), což je výrazně méně než v pokusu v Návojně ( $500 \text{ ks } R. alectorolophus$  na  $1 \text{ m}^2$ ) nebo v Potštátě ( $1000 \text{ ks } R. alectorolophus$  na  $1 \text{ m}^2$ ).

Jedna tobolka obsahovala průměrně 9,1 semen v Návojně a 7,0 semen v Potštátu. Údaj z Návojně se blíží průměrné hodnotě podle studie (Kelly 1989), uvádějící 10 semen na jednu tobolku. Do určité míry počet zralých semen v tobolkách roste s časem, tj. do doby než dozrají všechny tobolky (Blažek 2011). Enormní nárůst semen na lokalitě však vede k přesycení a vnitrodruhovému parazitismu s výraznou mortalitou semenáčků (Van Hulst et al. 1987). Naopak ztráty semen při časně seči v průběhu vegetace rostliny úspěšně kompenzují sníženou mortalitou a zvýšením produkce semen jednotlivých rostlin (Mudrák a Lepš 2010).

Z výše uvedeného vyplývá, že třtina křovištní je zřejmě lepším hostitelem pro rod kokrhel než kostřava červená. Třtina tvoří zásadně více nadzemní biomasy, do které ukládá velké množství živin. Dominuje také v podzemí, kde kořeny dosahují rozpětí 40–200 cm (Rebele a Lehmann 2001). Naproti tomu kostřava vytváří znatelně menší množství biomasy jak nad povrchem – tak pod povrchem (Brown et al. 2010). Westbury (2004) zjistil, že hostitelé s delšími kořeny mají větší pravděpodobnost být parazitovány. Jinými slovy při větším zastoupení druhu v podzemní biomase se pravděpodobnost parazitace zvyšuje.

Odlišná růstová strategie třtiny a kostřavy může rovněž hrát roli v preferenci hostitelů. První růstová forma je trsnatá, ovládající prostor pomalu krok za krokem stylem tzv. „phalanx“, tedy v hustém a excentricky se rozšiřujícím trsu s krátkými a pevnými spoji mezi dceřinými rametami, což je případ kostřavy červené (*F. rubra*). Běžnější typ představuje partyzánskou strategii růstu, tzv. „guerilla“, která tvoří řídké porosty. Výběžky jsou schopny rychle pronikat do zapojeného porostu a využívat jeho mezer jako např. třtina (Lehmann a Rebele 1994). V řídkém porostu má kokrhel zřejmě větší šanci na uchycení, než v hustém trsu s pevnými spoji.

Přestože byl vyset stejný počet semen obou druhů poloparazitů v obou pokusech, v porostu vždy dominoval kokrhel luštinec (*R. alectorolophus*) a zatímco kokrhel menší (*R. minor*) se téměř neuchytil (většinou do 0,5% biomasy). Příčinou může být negativní závislost na hustotě populace. Více druhů na jednom místě vytváří mezidruhovou ale i vnitrodruhovou kompetici o světlo, což pro ně může být limitním faktorem. Kokrhel luštinec má výrazně větší semena, a tak může předrůst konkurenčně slabší kokrhel menší. Jelikož je životně důležitá zásoba živin v semeni a možnost vlastní fotosyntetické aktivity během krátké periody před napojením na hostitelskou rostlinu (Prati et al. 1997). Také dorůstá do větší výšky (až 60 cm) s početnějším květním hroznem (10–20květý). Z obou druhů tak zřejmě konkurenčně lépe vyšel

kokrhel luštinec a vytěžil z parazitismu více. Odpověď poloparazitů na různé typy hostitele se zdá být rozdílná mezi různými druhy a může se významně lišit (Bullock a Pywell 2005).

### 5.3. *Introdukce leguminóz*

Na obou lokalitách byl v některých pokusných plochách proveden společný výsev poloparazitů a leguminóz. Smyslem byla vzájemná podpora těchto druhů k potlačení dominantních druhů trav. Je známo, že poloparazité nejsou tak úspěšní v růstu a reprodukci jako za přítomnosti dusík fixujících leguminóz (Westbury 2004). Ty usnadňují pomocí přísunu dusíku překonat kokrhelům kritickou fázi semenáčků (Davies a Graves 2000). Na oplátku poloparazité nepřímo podporují leguminózy snížením konkurence trav a urychlují přístup k minerálním živinám jako např. fosforu, který leguminózy přijímají ve velkém množství (Bardgett et al. 2006).

Výsev v Návojně zahrnoval 26 500 semen jetele a 28 500 semen vojtěšky na plochu 4 m<sup>2</sup>. V Potštátě se jednalo o 24 000 semen jetele (viz Materiál a metody). Průměrná proporce biomasy vojtěšky v Návojně dosahovala 4 %, a na plochách bez výsevu se nevyskytovala. Proporce biomasy jetele se pohybovala v průměru okolo 13 %.

Mudrák (2006) ve své práci uvádí pouze marginální vztah mezi poloparazity a leguminózami. V jeho práci většinu produkce (80 %) tvořil jediný druh jetel luční (*T. pratense*), který se zdá být jeden z mála druhů leguminóz nepotlačovaných parazitismem. Jiní autoři dokonce uvádějí vliv parazitace na leguminózy více nevýhodný než pro samotné trávy (Gibson a Watkinson 1991).

V Potštátu byl podíl biomasy jetele zanedbatelný. Výsev proběhl 20. 4. 2013 tj. tři měsíce před odběrem biomasy. Na rozdíl od Návojně, kde byly leguminózy vysety rok předem. Vzhledem ke špatnému uchycení leguminóz byl efekt na potlačení třtiny křovištní resp. kostravy červené neprůkazný. Výsledky ANOVY (obr. 19 a 31) potvrzují, že plochy čistě s poloparazity nebo současně s leguminózami nevykazovaly rozdíl v počtu druhů. Tento fakt potvrzuje RDA analýza z Potštátu. Plochy s výsevem čistě poloparazitů a dohromady s leguminózami si byly nejvíce podobné a prosperovaly na nich jen některé byliny např. svízel bílý (*Galium album*), bolševník obecný (*Heracleum sphondylium*) a máchelka srstnatá (*Leontodon hispidus*).

Lze tedy zamítnout hypotézu č. 2. Introdukce bobovitých v prvním roce pokusu signifikantně nepodpořila uchycení nových druhů rostlin a nezvýšila diverzitu travinobylinného společenstva. Současně se zamítá i hypotéza č. 3., jelikož se prokázalo, že kombinovaná introdukce poloparazitů a bobovitých nevedla k rychlejšímu potlačení dominantních druhů trav než při introdukci obou skupin samostatně. Vyšší produkce leguminóz za přítomnosti rodu kokrhel (*Rhinanthus*) byla pozorována, ale jen výjimečně staticky průkazná (Cameron et al. 2005). Vliv poloparazitů na leguminózy tedy není v reálném společenstvu jednoznačně negativní a může být za určitých okolností i pozitivní. Záleží na konkrétních druzích obsažených ve společenstvu. Častěji je však uváděn vliv negativní (Ameloot et al. 2005).

#### **5.4. Abiotické podmínky na pokusných plochách**

Studované lokality se lišily reliéfem, nadmořskou výškou i klimatickými podmínkami. Gibson a Watkinson (1989) však uvádějí, že taxon *Rhinanthus* sp. dobře roste na široké škále stanovišť. Nicméně na výrazné sezónní změny je druh citlivý. Tyto abiotické vlivy (např. sucho) mohou vést až k nedostatku zásob semen do následujícího roku (Ameloot et al. 2008).

Z výsledků dataloggerů (přílohy č. 2 – 6) umístěných v obou pokusných lokalitách je patrné, že výsev (3. 10. respektive 18. 11. 2012) probíhal ještě v relativně teplých dnech s dobrými vlhkostními poměry v půdě. Zima měla mírný průběh na obou lokalitách prakticky stejně, s tím rozdílem, že v Návojně (400 m n. m.) bylo tepleji ve všech měřených hladinách než v Potštátu (510 m n. m.). Nejvýraznější teplotní propad nastal v druhé prosincové dekádě 2012 a na konci ledna 2013. Vlhkost půdy byla velmi podobná na všech plochách v Návojně, v Potštátu jsou patrný větší rozdíly.

Za povšimnutí stojí stabilní teplota půdy v hloubce 10 cm. Tato vrstva se jevila v zimním období 2012/13 jako nezámrazná. Dále je patrné přechodné oteplení na přelomu první a druhé březnové dekády s následným chladným průběhem jara, které mohlo mít na klíčení poloparazitů negativní vliv. Vegetační období v Návojně nastalo ca 17. 4. 2013, v Potštátu po 20. 4. 2013. Podle Westbury (2004) klíčení začíná na jaře od února do dubna na povrchu půdy či mělce pod povrchem. Z výstupů dataloggerů nelze vyvodit teplotní ani vlhkostní změny vlivem různých typů zásahů v pokusných plochách.



Rozdíl v půdní vlhkosti mezi plochou s výsevem poloparazitů (příloha 3) a bez nich (příloha 4) v lokalitě Návojná vyšel opačně, než jaký je teoretický předpoklad. Kokrhel totiž pomocí haustorií vysává z hostitelské rostliny značné množství živin včetně vody, které jsou transportovány prostřednictvím většího negativního vodního potenciálu parazitů s otevřenými průduchy (Jiang et al. 2003). Na ploše s kokrhelem byla půdní vlhkost ze začátku vegetační sezóny o 10 % vyšší, než v ploše bez výsevu. Postupně se však rozdíl snižoval a mezi 19. a 26. 6. 2013 byla půdní vlhkost u kokrhelů nižší, což se kryje s obdobím dozrávání plodů poloparazitů (Westbury 2004). Výsledek byl zjevně ovlivněn horším uchycením poloparazitů (druhá nejnižší pokryvnost), která se náhodně vyskytla právě na ploše s dataloggerem.

Teplota půdy a vzduchu v porostu byla na ploše s kokrhelem a bez nich z počátku vegetační sezóny (ca 17. 4. 2013) v lokalitě Návojná stejná, s minimálními rozdíly. Přibližně od 7. 6. 2013 byl teplotní rozdíl výrazný ve všech vrstvách patrně z důvodů houstnoucího a zapojujícího se porostu na ploše bez poloparazitů (pokryvnost 100 %). To zapříčinilo, že na povrch půdy nedopadalo stejné množství záření, jako v prořídlem porostu s poloparazitami (pokryvnost 80 %). Teplotní rozdíl (až +13 °C) se prohluboval směrem k povrchu půdy (příloha č. 3 a 4).

Rozdíl sklizně biomasy mezi Návojnou a Potštátem byl 17 dnů (1. – 2. 7. 2013 Návojná vs. 19. 7. 2013 Potštát). S narůstající nadmořskou výškou se nástup sklizně opoždí o několik dnů na 100 m výšky. Hájková et al. (2012) uvádí nástup plného jara v Návojně cca 10. 5. a v Potštátu ca. 18. 5. To je způsobeno vertikálním teplotním gradientem, který v letním období udává hodnotu poklesu teplot o cca 0,8 °C na 100 m výšky. Rozdíl nadmořské výšky mezi Návojnou a Potštátem činí 110 m, což znamená, že průběh vegetační sezóny byl v Potštátu o několik dní opožděn.

V Návojně bylo navíc provedeno měření fotosynteticky aktivního záření (PAR) ke zjištění, jaký má vliv různý typ zásahu na prosvětlení porostu. Predikce předpokládala, že v přítomnosti poloparazitů dojde k zředění porostu třtiny alepší se tak světelné podmínky pro potenciální klíčení nově přichozích druhů. Dataloggery byly umístěny do třech ploch s odlišným typem zásahu. Na rozdíl od měření teplot půdy a vlhkosti, kde byl vidět vliv výsevu různých skupin v plochách až na konci vegetační sezóny, v tomto případě byl výsledek výrazný po celou dobu. Z přílohy č. 7 je zřejmé, jak management typu seč, odstraněná stařina + poloparazité výrazně zlepšují světelné podmínky v průběhu vegetační sezóny oproti porostu s třtinou křovištní ponechanému ladem.

## 5.5. Závěr

Dvě sezóny (Návojná) a jedna sezóna (Potštát) experimentálních zásahů jsou velmi málo k prokázání některých kauzalit. Navíc významné změny se mohou projevit i v pozdějších letech, jelikož vliv parazitismu může přetrvat v místě ještě dlouho po experimentech. Bylo by dobré pokračovat v monitoringu experimentu v dalších sezónách, ve kterých se zřejmě prokáže vliv poloparazitů na kostravu v Potštátu, kde byl menší počet pokusných ploch vzhledem k omezeným rozměrům louky. Obdobně vliv bobovitých rostlin na třtinu a kostravu bude patrně možné zaznamenat až v dalších letech. Výsledky mohou složit jako podkladový materiál pro další práci v dané problematice.

Evropské polopřirozené travinobylinné porosty hostí jedny z nejvíce druhově bohatých rostlinných společenstev. Intenzifikace zemědělské výroby a postupné opouštění neproduktivních nebo nepřístupných oblastí vede ke ztrátě tohoto biotopu, to znamená značnou hrozbu pro biologickou rozmanitost (Poschlod et al. 1998).

Z ochrannářského hlediska se poloparazit nabízí jako poměrně šetrný a levný managementový nástroj pro znovuoobnovení diverzity degradovaných a eutrofních lučních společenstev, na kterých dominují konkurenčně silné druhy trav (Walker et al. 2004). V současnosti se začíná využívat při obnově travinobylinných společenstev poloparazitický rod kokrhel (Pywell et al. 2004). Má hned několik výhod. (1) Je přirozenou součástí mnoha lučních společenstev a jeho zavedení je žádoucí pro biologickou rozmanitost i bez dalších dopadů na společenstvo. (2) Introdukce poloparazitů je relativně šetrný způsob, jak snížit produktivitu. (3) *Rhinanthus* sp. má pouze krátkodobou semennou banku. Pokud se z nějakého důvodu stává problematický, může být populace zlikvidována kosením v době květu. (4) *Rhinanthus* sp. urychluje koloběh živin a obvykle potlačí silné dominantní druhy, čímž podporuje funkční rozmanitost a stabilitu rostlinných společenstev (Mudrák et al. 2014).

Na podzim jsou odumřelé nadzemní části těchto rostlin zdrojem snadno rozložitelné biomasy bohaté na živiny. Kokrhel omezuje hostitele vytrvale i dlouho po vymizení ze společenstva (Seel a Press 1996). Naopak pro rostliny, které nejsou jejich hostiteli, mohou být užitečným zdrojem živin. Můžeme je tedy vnímat v travinobylinném společenstvu spíše jako „družinu Robina Hooda“ než jako „Drákulovy kumpány“ (Klimešová 2008).

## 6. SOUHRN

Předložená diplomová práce se zabývá problematikou expanzních a dominantních druhů trav třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a kostřavy červené (*Festuca rubra*) v polopřirozených travinobylinných společenstvech. Agresivní šíření trav je v současné době významným problémem. Oba taxony mají odlišný typ strategie růstu s širokou ekologickou valencí. Třtina se expanzním druhem stala postupně se změnou hospodaření. Ke zlepšení biodiverzity a estetických hodnot travních společenstev mohou významně přispět poloparazité rodu kokrhel (*Rhinanthus*) společně s leguminózami. Po odkvětu a rychlém odumření plodných rostlin kokrhelů se vytváří ve společenstvu volné mezery, které jsou dostupné pro obsazení dalšími druhy.

Výzkum probíhal na jižním Valašsku v obci Návojná a v Oderských vrších v obci Potštát v letech 2012 a 2013 na dříve neobhospodařovaných loukách s dominancí třtiny resp. kostřavy. Pokusy byly uspořádány v blocích s různým typem zásahů. K záznamu abiotických podmínek v průběhu pokusu byly na obou lokalitách umístěny sensory půdní a vzdušné teploty a půdní vlhkosti s dataloggery. V červenci 2013 byl proveden sběr dat na obou lokalitách v celkem 50 pokusných plochách. Účelem bylo zjistit úspěšnost introdukce poloparazitů s leguminózami a změny druhového složení společenstev. Odebrané vzorky biomasy z ploch o velikosti 1 m<sup>2</sup> byly sušeny 48 hodin. U poloparazitů se sledovaly parametry jako např. počet jedinců na ploše, počet tobolek nebo vážení semen v laboratoři.

Regresní analýza a ANOVA v Návojně potvrdily statisticky průkazný pokles biomasy třtiny křovištní na plochách s poloparazity (vysvětleno 50 % variability regresním modelem). Introdukce poloparazitů byla v obou plochách úspěšná. V Návojně byly potvrzeny signifikantní závislosti mezi průměrnou výškou porostu a celkovou sušinou (34 %), průměrnou výškou porostu a sušinou poloparazitů (68 %), průměrnou výškou porostu a počtem semen poloparazitů (47 %) a sušinou poloparazitů s počtem tobolek poloparazitů (69 %). Výsledky ANOVY změn počtu druhů s různým typem zásahů mezi sezónami 2012 a 2013 byly v Návojně neprůkazné.

Rozdíl hmotnosti sušiny kostřavy červené na plochách s výsevem poloparazitů nebo bez nich byl v Potštátu na hranici průkaznosti. V přítomnosti poloparazitů měla sušina kostřavy menší hmotnost. Z regresních analýz byly v Potštátu potvrzeny signifikantní závislosti mezi celkovou hmotností sušiny a sušinou poloparazitů (45 %),

sušinou poloparazitů a počtem tobolek poloparazitů (90 %) a mezi počtem tobolek a počtem semen poloparazitů (92 %). V obou lokalitách vyšel neprůkazně vztah průměrné výšky porostu a počtu rostlin poloparazitů. V Potštátu byly výsledky ANOVY množství druhů s různým typem zásahů v sezóně 2013 neprůkazné.

Výsledek RDA analýzy změny druhového složení experimentálních ploch v Návojně ze sezóny 2012 na 2013 potvrdil, že po výsevu kokrhelů drtivá většina trav i bylin snížila svůj podíl v biomase signifikantně (30,3 % celkové vysvětlené variability). Druhy s úbytkem biomasy byly např. třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), kostřava luční (*Festuca pratensis*) nebo zvonek broskvolistý (*Campanula persicifolia*). K mírně podpořeným druhům patřil např. popenec obecný (*Glechoma hederacea*) nebo rozrazil lékařský (*Veronica officinalis*).

V Potštátu vyšel výsledek RDA analýzy hmotností sušiny všech druhů (vyjma vyšetých) v závislosti na čtyřech typech zásahů v roce 2013 nesignifikantně (29,6 % celkové vysvětlené variability). Největší vliv na druhovou skladbu mělo vysetí poloparazitů. V těchto plochách měly značný podíl na sušině druhy např. svízel bílý (*Galium album*), bolševník obecný (*Heracleum sphondylium*) a máchelka srstnatá (*Leontodon hispidus*). Podobné si byly nejvíce plochy s výsevem čistě poloparazitů a poloparazitů s leguminózami dohromady. Na plochách s výsevem osiva jetele lučního inokulovaného rhizobakteriemi dobře prosperovala další leguminóza, a to štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*). Na kontrole dominovaly jednoděložné trávy a sekundovaly jim byliny.

## 7. LITERATURA

- Ameloot E., Verheyen K., Hermy M. (2005): Meta-analysis of standing crop reduction by *Rhinanthus* spp. and its effect on vegetation structure. *Flora Geobotanica*, 40: 289–310.
- Ameloot E., Verlinden G., Boeckx P., Verheyen K., Hermy M. (2008): Impact of hemiparasitic *Rhinanthus angustifolius* and *R. minor* on nitrogen availability in grasslands. *Plant and Soil*, 311: 255–268.
- Bardgett R. D., Smith R. S., Shiel R. S., Peacock S., Simkin J. M., Quirk H., Hobbs P. J. (2006): Parasitic plants indirectly regulate below-ground properties in grassland ecosystems. *Nature*, 439: 969–972.
- Blažek P. (2011): Faktory ovlivňující populační dynamiku poloparazitické rostliny kokrhele menšího (*Rhinanthus minor*). Mgr. Thesis, Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic, 43 p.
- Brown R. N., Percivalle C., Narkiewicz S., DeCuollo S. (2010): Relative Rooting Depths of Native Grasses and Amenity Grasses with Potential for Use on Roadsides in New England. *The Journal of Horticultural Science*, 45(3): 393–400.
- Bullock J. M. (2000): Gaps and seedling colonization. In *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. (eds.): M. Fenner, CABI Publishing: Wallingford, UK, 375–395 pp.
- Bullock J. M., Pywell R. F. (2005): *Rhinanthus*: a tool for restoring diverse grassland? *Folia Geobotanica*, 40: 273–288.
- Cameron D. D., Hwangbo Jun-Kwon, Keith A. M., Geniez Jean-Michel, Kraushaar D., Rowntree J., Seel W. E. (2005): Interactions between the hemiparasitic angiosperm *Rhinanthus minor* and its hosts: From the cell to the ecosystem. *Folia Geobotanica*, 40: 217–229.
- Correll O., Isselstein J., Pavlu V. (2003): Studying spatial and temporal dynamics of sward structure at low stocking densities: the use of an extended rising-plate-meter method. *Grass and Forage Science*, 58: 450–454.
- Davies D. M., Graves J. D., Elias C. O., Williams P. J. (1997): The impact of *Rhinanthus* spp. on sward productivity and composition: implications for the restoration of species-rich grasslands. *Biological Conservation*, 82: 87–93.
- Davies D. M., Graves J. D. (2000): The impact of phosphorus on interactions of the hemiparasitic angiosperm *Rhinanthus minor* and its host *Lolium perenne*. *Oecologia*, 124: 100–106.
- Demek J., Mackovčín P. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny*. Brno: AOPAK ČR, 2. vydání, 582 s.
- Diekmann M. (2003): Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. *Basic and Applied Ecology*, 4: 493–506.
- Ellenberg H. (1988): *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge University Press, Cambridge – translation of *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, the 5th ed. of which appeared in 1996 at Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Fürst F. (1931): Der Klappertopf (*Alectorolophus*) als Acker- und Wiesenunkraut. Untersuchungen über Bau Lebensverhältnisse, Schaden und Bekämpfungsmöglichkeiten. *Arch. Pflanzenbau*, 6: 28–141.
- Gibson C. C., Watkinson A. R. (1989): The host range and selectivity of a parasitic plant: *Rhinanthus minor* L. *Oecologia*, 78: 401–406.

- Gibson C. C., Watkinson A. R. (1991): Host selectivity and the mediation of competition by the root hemiparasite *Rhinanthus minor*. *Oecologia*, 86: 81–87.
- Gibson C. C., Watkinson A. R. (1992): The role of the hemiparasitic annual *Rhinanthus minor* in determining grassland community structure. *Oecologia*, 89: 62–68.
- Gloser V., Gloser J. (1996): Acclimation capability of *Calamagrostis epigejos* and *C. arundinacea* to changes in radiation environment. *Photosynthetica*, 32: 203–212.
- Hájková L., Voženílek V., Tolasz R., Kohut M., Mřpžný M. (2012): Atlas fenologických poměrů Česka/Atlas of the Phenological Conditions in Czechia. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci 320 s.
- Házi J., Bartha S., Szentes S., Wichmann B., Penksza K. (2011): SeminatURAL grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems*, 145: 699–707.
- Hille G. M., Goldammer G. J. (2007): Dispatching and modeling of fires in Central European pine stands: New research and development approaches in Germany. 4th International Wildland Fire Conference; 2007 May 13–17 Seville.
- Chytrý M., Tichý L. (2003): Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. *Folia Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis. Biologia*, 108: 1–231.
- Jiang F. W., Jesche W. D., Hartung W. (2003): Water flows in the parasitic association *Rhinanthus minor*/*Hordeum vulgare*. *Experimental Botany*, 54: 1985–1993.
- Jiang F. W., Jeschke W. D., Hartung W., Cameron D. D. (2008): Does legume nitrogen fixation underpin host quality for the hemiparasitic plant *Rhinanthus minor*? *Journal of Experimental Botany*, 59: 917–925.
- Jongepierová I. (2008): Louky Bílých Karpat/Grasslands of the White Carpathian mountains. 461 s. ZO ČSOP Bílé Karpaty, Veselí nad Moravou.
- Joshi J., Matthies D., Schmid B. (2000): Root hemiparasites and plant diversity in experimental grassland communities. *Journal of Ecology*, 88: 634–644.
- Kavanová M., Gloser V. (2005): The Use of Internal Nitrogen Stores in the rhizomatous grass *Calamagrostis epigejos* during regrowth after defoliation. *Annals of Botany*, 95: 457–463.
- Keith A. M., Cameron D. D., Seel W. E. (2004): Spatial interactions between the hemiparasitic angiosperm *Rhinanthus minor* and its host are species-specific. *Functional Ecology*, 18: 435–442.
- Kelly D. (1989): Demography of short-lived plants in chalk grassland. I. Life cycle variation in annuals and strict biennials. *Journal of Ecology*, 77: 747–769.
- Klimešová J. (2008): Jaké to je, když vám někdo pije vodu. *Životní strategie poloparazitů. Vesmír*, 87: 110.
- Kryszak A., Kryszak J. (2007): Effect of site conditions and utilization of floristic diversification of Arrhenatheretum elatioris meadow. *Grassland Science Europe* 12: 410–413.
- Kubát K., Hroudá L., Chrtěk J., Kaplan Z., Kirschner J., Štěpánek J. (2002): Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha, 928 s.
- Lehmann C., Rebele F. (1994): Zum Potential sexueller Fortpflanzung bei *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. *Verh. Ges. Ökol*, 23: 445–450.
- Matthies D. (1996) Interactions between the root hemiparasite *Melampyrum arvense* and mixtures of host plants: heterotrophic benefit and parasite-mediated competition. *Oikos*, 75: 118–124.

- Mudrak O. (2006): Poloparaziticke interakce druhu *Rhinanthus minor*. Vliv ivin a denzity vyskytu. Mgr. Thesis, Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, Ceske Budejovice, Czech Republic, 44 p.
- Mudrak O., Lepš J. (2010): Interactions of the Hemiparasitic Species *Rhinanthus minor* with its Host Plant Community at Two Nutrient Levels. *Folia Geobotanica*, 45: 407–424.
- Mudrak O., Mladek J., Blažek P., Lepš J., Doležal J., Nekvapilova E., Těšitel J. (2014): Establishment of hemiparasitic *Rhinanthus* spp. in grassland restoration: lessons learned from sowing experiments.
- Oborny B., Bartha S. (1995): Clonality in plant communities: an overview. *Abstracta Botanica*, 19: 115–127.
- Poschlod P., Kiefer S., Trankle U., Fischer S., Bonn S. (1998): Plant species richness in calcareous grasslands as affected by dispersability in space and time. *Applied Vegetation Science*, 1: 75–90.
- Prach K., Pyšek P. (1994): Clonal plants – what is their role in succession? *Folia Geobotanica*, 29: 307–320.
- Prati D., Matthies D., Schmid B. (1997): Reciprocal parasitization in *Rhinanthus serotinus*: a model system of physiological integration in clonal plants. *Oikos*, 78: 221–229.
- Press M. C., Graves J. D., Stewart G. R. (1988): Transpiration and carbon acquisition in root hemiparasitic angiosperms. *Experimental Botany*, 39: 1009–1014.
- Press M. C. (1998): Dracula or Robin Hood? A functional role for root hemiparasites in nutrient poor ecosystems. *Oikos*, 82: 609–611.
- Press M. C., Phoenix G. K. (2005): Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist*, 166: 737–751.
- Pywell R. F., Bullock J. M., Hopkins A., Walker K. J., Sparks T. H., Burke M. J. W., Peel S. (2002): Restoration of species-rich grassland on arable land: assessing the limiting processes using a multi-site experiment. *Journal of Applied Ecology*, 39: 294–310.
- Pywell R. F., Bullock J. M., Walker K. J., Coulson S. J., Gregory S. J., Stevenson M. J. (2004): Facilitating grassland diversification using the hemiparasitic plant *Rhinanthus minor*. *Journal of Applied Ecology*, 41: 880–887.
- Quitt E. (1971): Klimaticke oblasti eskoslovenska. Praha: Academia, 1971, 73 s.
- R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rebele F., Lehmann C. (2001): Biological Flora of Central Europe: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. *Flora*, 196: 325–344.
- Roubıckova A., Mudrak O., Frouz J. (2012): The effect of belowground herbivory by wireworms (Coleoptera: *Elateridae*) on performance of *Calamagrostis epigejos* L. Roth in post-mining sites. *European Journal of Soil Biology*, 50: 51–55.
- Seel W. E., Press M. C. (1996): Effects of repeated parasitism by *Rhinanthus minor* on the growth and photosynthesis of a perennial grass, *Poa alpina*. *New Phytologist*, 134: 495–502.
- Sedlakova I., Fiala K. (2001): Ecological problems of degradation of alluvial meadows due to expanding *Calamagrostis epigejos*. *Ekologia*, 20: 226–233.
- Smith R. S., Shiel R. S., Milward D., Corkhill P. (2000): The interactive effects of management on the productivity and plant community structure of an upland meadow: an 8-year field trial. *Journal of Applied Ecology*, 37: 1029–1043.
- Ter Braak C. J. F., Šmilauer P. (2002): Canoco for Windows 4.5. Centre for biometry Wageningen, Wageningen.

- Ter Borg S. J. (2005): Dormancy and germination in six *Rhinanthus* species in relation to climate. *Folia Geobotanica*, 40(2–3): 243–260.
- Těšitel J., Mládek J., Horník J., Těšitelová T., Adamec V., Mládková P., Nezval O. (2013): Looking for Achilles' heel of *Calamagrostis epigejos*. Can we suppress the expansive grass by hemiparasitic *Rhinanthus* spp.? 3rd Symposium on the biology of non-weedy parasitic plants, 12 – 15 September 2013, Namur, Belgium.
- Tolasz R. (2007): Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 255 s.
- Turkington R., Cavers P. B. (1978): Reproductive strategies and growth patterns in four legumes. *Canadian Journal of Botany*, 56: 413–416.
- Van Hulst R., Shipley B., Thériault A. (1987): Why is *Rhinanthus minor* (Scrophulariaceae) such a good invader? *Canadian Journal of Botany*, 65(11): 2373–2379.
- Walker K. J., Stevens P. A., Stevens D. P., Mountford J. O., Manchester S. J., Pywell R. F. (2004): The restoration and recreation of species-rich lowland grassland on land formerly managed for intensive agriculture in the UK. *Biological Conservation*, 119: 1–18.
- Westbury D. B., Dunnett N. P. (2000): The effect of the presence of *Rhinanthus minor* on the composition and productivity of created swards on ex-arable land. *Aspect of Applied Biology*, 58: 271–278.
- Westbury D. B. (2004): *Rhinanthus minor* L. *Journal of Ecology*, 92: 906–927.
- Willems J. H., Bobbink R. (1990): Spatial processes in the succession of chalk grassland on old fields in the Netherlands. In Krahulec F., Agnew A. D. Q., Agnew S., Willems J. H. (eds.) *Spatial processes in plant communities*. Academia, Praha, 237–249pp.



## 8. PŘÍLOHY

**Příloha 1 Zkratky názvů druhů použitých v ordinačních diagramech RDA: První tři písmena jsou ze jména rodového a další tři ze jména druhového názvu.**

**AegPod** – *Aegopodium podagraria* (bršlice kozí noha)

**AchMil** – *Achillea millefolium* (řebříček obecný)

**AloPra** – *Alopecurus pratensis* (psárka luční)

**AngSyl** – *Angelica sylvestris* (děhel lesní)

**AntOdo** – *Anthoxanthum odoratum* (tomka vonná)

**BraPin** – *Brachypodium pinnatum* (válečka prapořitá)

**BriMed** – *Briza media* (třeslice prostřední)

**CalEpi** – *Calamagrostis epigejos* (třtina křovištní)

**CamPat** – *Campanula patula* (zvonek rozkladitý)

**CamPer** – *Campanula persicifolia* (zvonek broskvolistý)

**CarPal** – *Carex pallescens* (ostřice bledavá)

**CarSyl** – *Carex sylvatica* (ostřice lesní)

**CenJac** – *Centaurea jacea* (chrpa luční)

**CirVul** – *Cirsium vulgare* (pcháč obecný)

**ConArv** – *Convolvulus arvensis* (svlačec rolní)

**CreBie** – *Crepis biennis* (škarda dvouletá)

**CruGla** – *Cruciata glabra* (svízelka lysá)

**DacGlo** – *Dactylis glomerata* (srha laločnatá)

**DauCar** – *Daucus carota* (mrkev obecná)

**EquArv** – *Equisetum arvense* (přeslička rolní)

**EupRos** – *Eupharasia rostkoviana* (světlík lékařský)

**FesPra** – *Festuca pratensis* (kostřava luční)

**FesRub** – *Festuca rubra* (kostřava červená)

**FraExc** – *Fraxinus excelsior* (jasan ztepilý)

**FraVes** – *Fragaria vesca* (jahodník obecný)

**GalAlb** – *Galium album* (svízel bílý)

**GalVer** – *Galium verum* (svízel syřišř'ový)

**GleHed** – *Glechoma hederacea* (popenec obecný)

**HerSph** – *Heracleum sphondylium* (bolševník obecný)

**HolLan** – *Holcus lanatus* (medyněk vlnatý)

**HolMol** – *Holcus mollis* (medyněk měkký)

**HypMac** – *Hypericum maculatum* (třezalka skvrnitá)

**KnaArv** – *Knautia arvensis* (chrastavec rolní)

**LatPra** – *Lathyrus pratensis* (hrachor luční)

**LeoHis** – *Leontodon hispidus* (máchelka srstnatá)

**LeuIrc** – *Leucanthemum ircutianum* (kopretina irkutská)

**LotCor** – *Lotus corniculatus* (štírovník růžkatý)

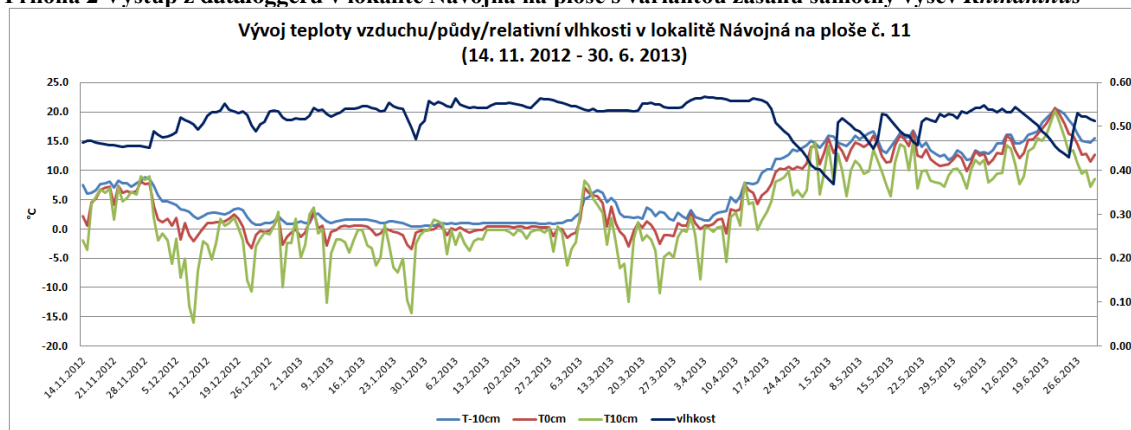
**LuzCam** – *Luzula campestris* (bika ladní)

**LysNum** – *Lysimachia nummularia* (vrbina penížková)

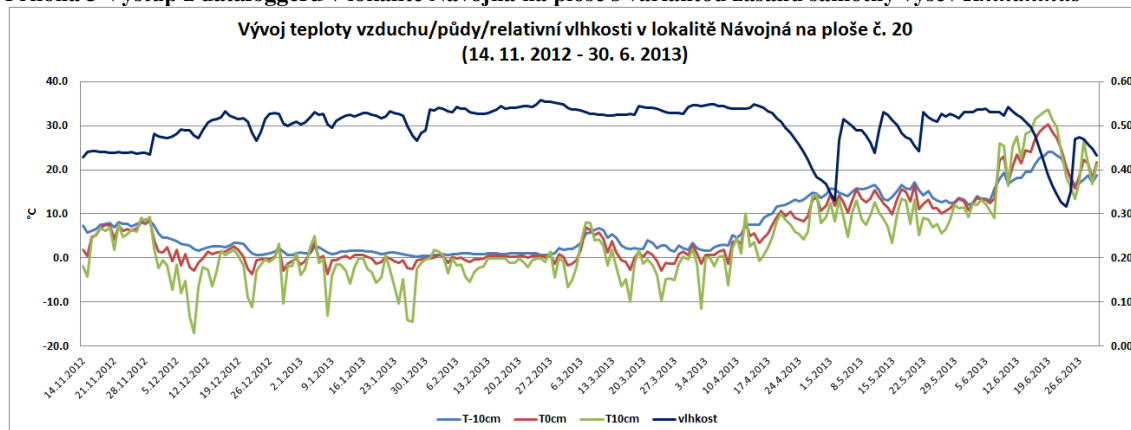
**PhlPra** – *Phleum pratense* (bojínek luční)

- PimSax** – *Pimpinella saxifraga* (bedrník obecný)  
**PlaMed** – *Plantago media* (jitrocel prostřední)  
**PoaPra** – *Poa pratensis* (lipnice luční)  
**PolCom** – *Polygala comosa* (výtod chocholatý)  
**PruDom** – *Prunus domestica* (slivoň švestka)  
**PruVul** – *Prunella vulgaris* (černohlávek obecný)  
**RanAcr** – *Ranunculus acris* (pryskyřník prudký)  
**RanPol** – *Ranunculus polyanthemos* (pryskyřník mnohokvětý)  
**RosCan** – *Rosa canina* (růže šípková)  
**RumAce** – *Rumex acetosella* (šťovík menší)  
**SteGra** – *Stellaria graminea* (ptačinec trávolistý)  
**TarRud** – *Taraxacum ruderalia* (pampeliška lékařská)  
**TriFla** – *Trisetum flavescens* (trojštět žlutavý)  
**TriRep** – *Trifolium repens* (jetel plazivý)  
**TusFar** – *Tussilago farfara* (podběl lékařský)  
**VerCha** – *Veronica chamaedrys* (rozrazil rezekevitek)  
**VerNig** – *Verbascum nigrum* (divizna černá)  
**VerOff** – *Veronica officinalis* (rozrazil lékařský)  
**VicCra** – *Vicia cracca* (vikev ptačí)

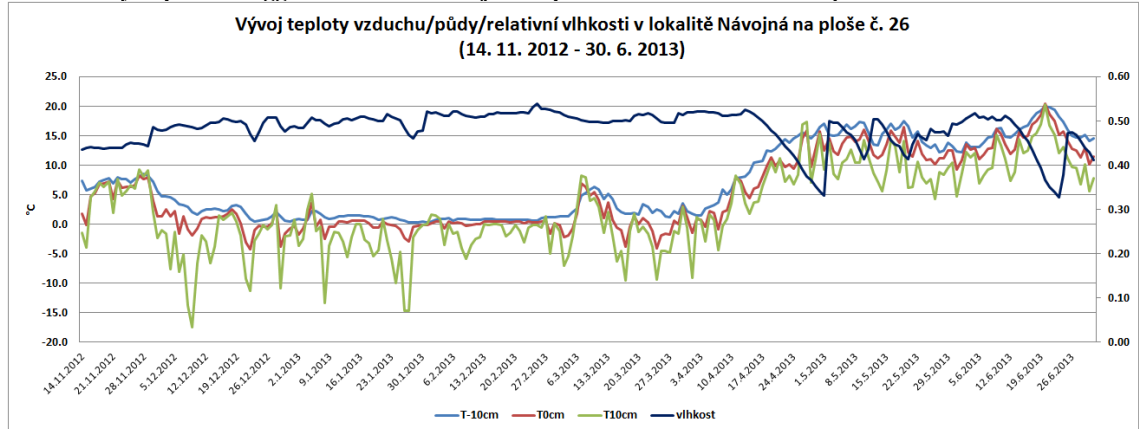
**Příloha 2 Výstup z dataloggeru v lokalitě Návojná na ploše s variantou zásahu samotný výsev *Rhinanthus***



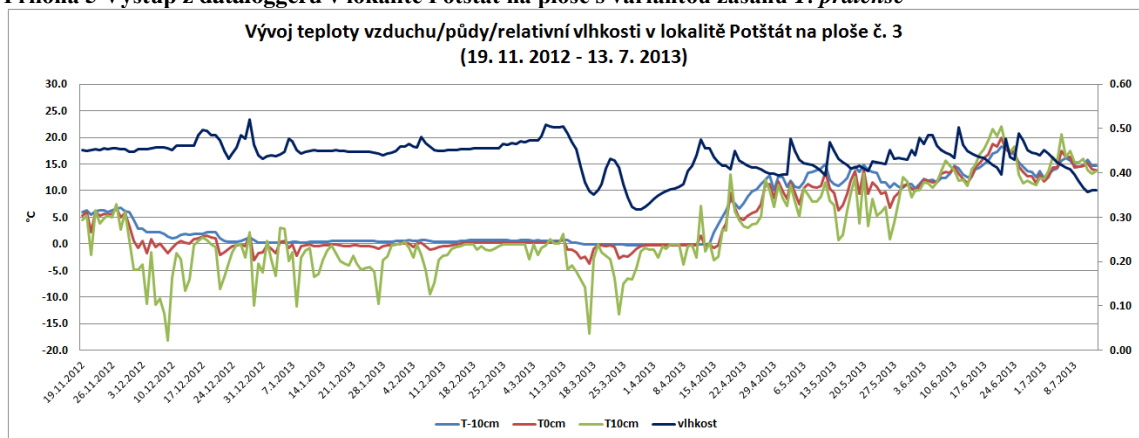
**Příloha 3 Výstup z dataloggeru v lokalitě Návojná na ploše s variantou zásahu samotný výsev *Rhinanthus***



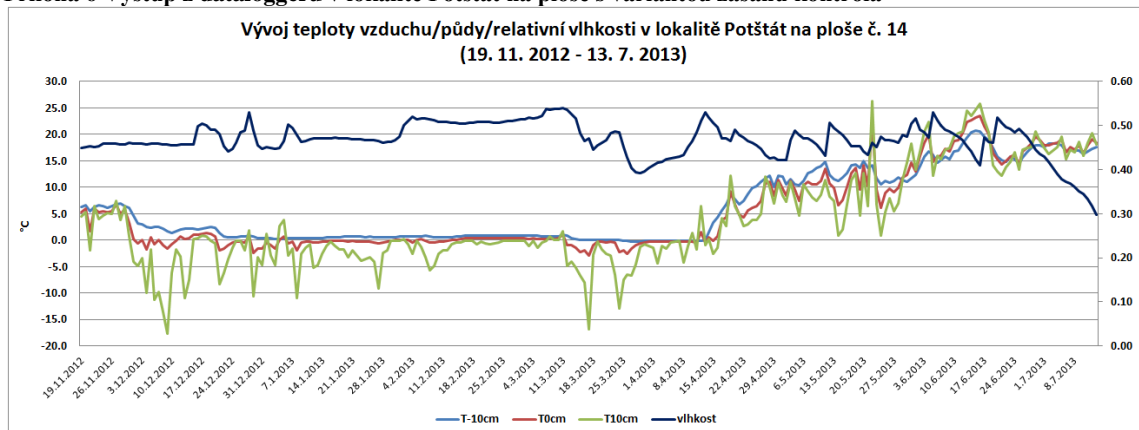
**Příloha 4 Výstup z dataloggeru v lokalitě Návojná na ploše s variantou zásahu *T. pratense* var. *Manuela***



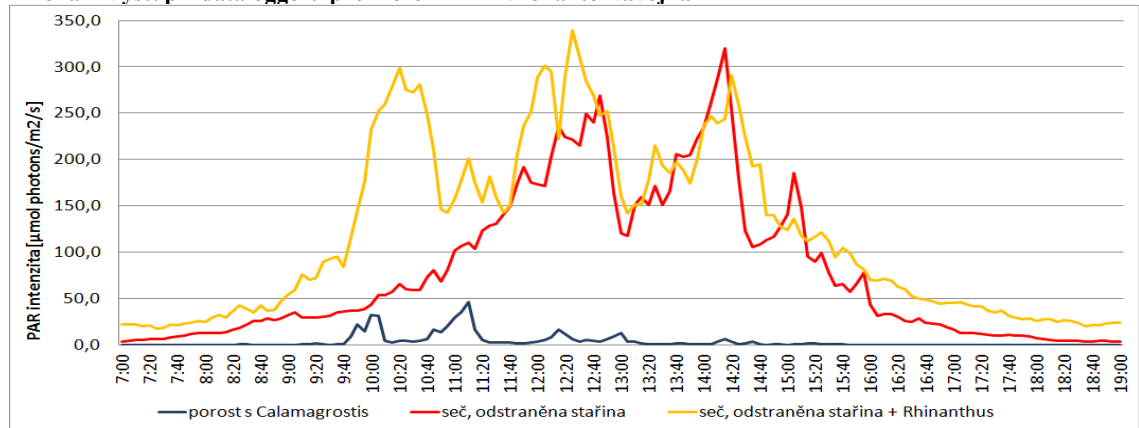
**Příloha 5 Výstup z dataloggeru v lokalitě Potštát na ploše s variantou zásahu *T. pratense***



**Příloha 6 Výstup z dataloggeru v lokalitě Potštát na ploše s variantou zásahu kontrola**



**Příloha 7 Výstup z dataloggeru pro měření PAR v lokalitě Návojná**



**Příloha 8 Fotografie lokality Návojná (jihovýchodní orientace, 1. 7. 2013)**



**Příloha 9 Fotografie lokality Potštát (jihozápadní orientace, 19. 7. 2013)**



**Příloha 10 Prořídilý porost v pokusné ploše s kokrhelem v lokalitě Návojná**



**Příloha 11 Pokusná plocha po odběru biomasy v lokalitě Návojná**



**Příloha 12 Dataloggery pro měření teploty půdy v lokalitě Návojná**



**Příloha 13 Čidlo pro měření fotosynteticky aktivní radiace na jedné ze studovaných ploch**



**Příloha 14 Talířové měřidlo k měření výšky porostu**

