



**Agronomická  
fakulta**

**Mendelova  
univerzita  
v Brně**



**Schopnost kokrhele menšího (*Rhinanthus minor* L.) parazitovat  
na vybraných druzích trav a snížit produkci jejich nadzemní  
hmoty**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
doc. Ing. Stanislav Hejduk Ph.D.

*Vypracoval:*  
Bc. Tomáš Křeček



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Schopnost kokrhele menšího (*Rhinanthus minor* L.) parazitovat na vybraných druzích trav a snížit produkci jejich nadzemní hmoty vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 29. 4. 2015

.....  
podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu doc. Ing. Stanislavu Hejdukovi Ph.D., za čas věnovaný konzultacím a poskytnutí cenných rad a materiálů k této diplomové práci.

## Abstrakt

Kokrhel menší (*Rhinanthus minor*) byl dříve považován za plevelnou rostlinu v travních porostech díky snižování výnosu a rychlé ztrátě kvality píce. Dnes je ale cenně díky své schopnosti snížit konkurenceschopnost agresivních druhů trav, čímž umožní obnovení druhově bohatých travních porostů. V suchých a teplých podmínkách jižní Moravy byla testována vhodnost různých druhů trav sloužit jako hostitel kokrhele menšího. Současně bylo sledováno hodnocení vlivu závlahy v podmínkách sucha během jarního růstu na produkci nadzemní biomasy poloparazitických rostlin i jejich hostitele. Poslední částí experimentu byla zkouška hydrofobnosti a infiltrační schopnosti půd. Polní experiment byl založen v Žabčicích na pokusné stanici Mendelovy university v Brně. Pro zjištění schopnosti kokrhele menšího parazitovat na různých druzích trav byly zvoleny kostřava červená, lipnice luční, jílek vytrvalý a kostřava rákosovitá. Závlaha průkazně zvýšila počet rostlin i biomasu kokrhele menšího. Největší počet rostlin i biomasa kokrhele menšího byl zjištěn na zavlažovaných parcelách s kostřavou rákosovitou. Na druhou stranu nejmenší počet rostlin byl na parcelách s kostřavou červenou. Tyto rozdíly souvisí zřejmě se schopností hostitelské rostliny vyrovnat se s nepříznivými podmínkami prostředí.

Z pokusu vyplývá, že kostřava červená není vhodným hostitelem kokrhele menšího v suchých a teplých podmínkách jižní Moravy. Naopak vhodným hostitelem se jeví hluboce kořenící kostřava rákosovitá a klonální (výběžkatá) lipnice luční.

## Abstract

In past, yellow rattle (*Rhinanthus minor*) was considered as a weed in grasslands due to grass yields reduction and rapid loss of its forage quality. But today it is valued for its ability to reduce the competitiveness of aggressive species of grasses, allowing restoration of species-rich grasslands. In dry and warm conditions in southern Moravia there was tested the suitability of different grasses to serve as host of *Rhinanthus minor*. The impact of irrigation was also assessed in drought conditions during spring growth on the production of aboveground biomass hemiparasitic plants and their hosts. The last part of the experiment was a test hydrophobicity and infiltration capacity of soils. Field experiment was established in Žabčice experimental station of Mendel University in Brno. To determine the ability of *Rhinanthus minor* to parasitize on various grasses red fescue, Kentucky bluegrass, perennial ryegrass and tall fescue were chosen. Irrigation significantly increased the number of plants and biomass of *Rhinanthus*. The largest number of plants and the highest biomass of *Rhinanthus minor* was found on irrigated plots with tall fescue. On the other hand, the smallest number of plants and the biomass were on the plots with red fescue. These differences are probably related to the ability of the host plant to cope with adverse environmental conditions.

The experiment results in finding that red fescue is not a suitable host for *Rhinanthus minor* in dry and warm conditions in southern Moravia. On the contrary, it seems that the perfect hosts are deeply rooted tall fescue and clonal (rhizomatous) smooth stalked meadow grass.

## OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL PRÁCE.....	9
3	LITERÁLNÍ PŘEHLED .....	10
3.1	Charakteristika čeledi krtičníkovitých ( <i>Scrophulariaceae</i> ) .....	10
3.1.1	Kokrhel větší ( <i>Rhinanthus major</i> ) .....	10
3.1.2	Kokrhel sličný ( <i>Rhinanthus pulcher</i> ).....	11
3.1.3	Kokrhel luštinec ( <i>Rhinanthus alectorolophus</i> ).....	11
3.1.4	Kokrhel menší ( <i>Rhinanthus minor</i> ) .....	12
3.1.4.1	Šíření semen.....	13
3.2	Poloparazitické rostliny.....	16
3.2.1	Schopnost parazitovat.....	16
3.2.2	Haustorie.....	17
3.2.3	Schopnost poloparazitů fotosyntetizovat.....	19
3.2.4	Schopnost poloparazitů najít hostitele .....	19
3.3	Potenciální hostitelé .....	20
3.3.1	Charakteristika čeledi lipnicovitých ( <i>Poaceae</i> ).....	20
3.3.1.1	Lipnice luční ( <i>Poa pratensis</i> ) .....	23
3.3.1.2	Kostřava červená ( <i>Festuca rubra</i> ) .....	23
3.3.1.3	Jílek vytrvalý ( <i>Lolium perenne</i> ).....	23
3.3.1.4	Kostřava rákosovitá ( <i>Festuca arundinaceae</i> ) .....	23
3.3.2	Charakteristika čeledi bobovitých ( <i>Fabaceae</i> ).....	24
3.3.3	Charakteristika ostatních čeledí sloužících jako hostitelské rostliny.....	24
3.4	Zkušenosti s použitím poloparazitů .....	26
3.5	Hydrofobnost.....	27
3.6	Infiltrační schopnost.....	27

4	METODIKA.....	28
4.1	Charakteristika stanoviště .....	28
4.2	Schéma založení experimentu.....	29
4.3	Stanovení hydrofóbnosti (SWR).....	30
4.4	Infiltrace .....	31
4.5	Statistické hodnocení .....	32
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	33
5.1	Počet vzešlých rostlin kokrhele menšího .....	33
5.2	Hmotnost nadzemní biomasy kokrhele a trav .....	35
5.2.1	Trávy bez kokrhele na parcelkách s kokrhelem.....	37
5.3	Hodnocení hydrofóbnosti půdy.....	39
5.4	Hodnocení infiltrační schopnosti .....	42
6	ZÁVĚR.....	44
7	SEZNAM ZKRATEK .....	45
8	SEZNAM TABULEK .....	46
9	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ .....	47
10	POUŽITÁ LITERATURA.....	48



# 1 ÚVOD

Do světa rostlin se vcitujeme mnohem obtížněji než do světa živočichů. Zkuste si představit například, jaké by to bylo, kdyby vám někdo neustále pil krev, navíc by vám při rozhovoru skákal do řeči a vůbec by se vás všeobecně snažil zastínit. Takhle nějak musí být rostlině napadené poloparazitem, který jí saje vodu (a v ní rozpuštěné minerální látky, hormony atd.) a ještě s ní (většinou) soupeří o světlo (Klimešová 2008).

*Rhinanthus minor* byl dříve považován za plevel díky nízkému výnosu a kvalitě krmiva, ale dnes je ceněn díky své schopnosti snížit konkurenceschopnosti vysoce produktivních druhů píce, a tím umožní obnovení travních porostů bohatých na druhy. Přežití kokrhele menšího zcela závisí na dostatečné produkci semen v každé vegetační době, jelikož jde o jednoletý druh a produkuje pouze krátkodobá semena. V monokultuře, výkonnost jednotlivých rostlin Kokrhele je nejvyšší v substrátu s vysokou dostupností výživných látek, ale tohle může být i naopak, když se *Rhinanthus minor* objeví v opravdové stálé lučině s potenciálními hostiteli. *Rhinanthus minor* je vysoce citlivý k zastínění vysokými potenciálními hostiteli, zvláště v období vzcházení. Tohle může vysvětlovat, proč *Rhinanthus minor* se vyskytuje méně, nebo se nevyskytuje vůbec v travních porostech s vysokou produktivitou s roční produkcí suché biomasy větší než 5 t na hektar. (Hejman et al. 2011).

Populace luční poloparazitické rostliny, kokrhele menšího, v současné době ustupují z krajiny. Podle Slavíka (2000) je však na celém území hojně rozšířen. Vzhledem k velkovýrobnímu způsobu hospodaření, které v naší zemi převažuje a je spojeno s aplikací hnojiv a časnou první sklizní travních porostů, jsou tyto rostliny spíše na ústupu. Příčiny však zatím nejsou úplně jasné. Hlavní důvody ústupu kokrhele budou zřejmě spojené se změnou hospodaření na loukách a pastvinách (biotopy jeho výskytu), které mohou přímo vést k úvahám o populačním poklesu na jednotlivých lokalitách, i se změnou využívání krajiny. Mnohé úvahy zůstávají jen v teoretické rovině a nejsou doposud podloženy daty.

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem práce bylo ověřit vhodnost různých druhů trav sloužit jako hostitel kokrhele menšího v podmínkách suché a teplé oblasti jižní Moravy. Současně se práce zaměřila na hodnocení vlivu závlahy v podmínkách sucha během jarního růstu na produkci nadzemní biomasy poloparazitických rostlin i jejich hostitele. Posledním cílem bylo ověřit vliv jednotlivých trav na infiltrační schopnost a hydrofóbnost půdy.

## 3 LITERÁLNÍ PŘEHLED

### 3.1 Charakteristika čeledi krtičníkovitých (*Scrophulariaceae*)

Čeď krtičníkovitých (*Scrophulariaceae*) zahrnuje především byliny, ale také keře a stromy. Rostliny jsou autotrofní, zelené, řidčeji nezelené, parazitické. Stonek je zpravidla přítomen, přímý, vystoupavý, poléhavý, plazivý, velmi často spolu s listy chlupatý nebo žláznatý. Listy jsou jednoduché, celistvé, bez palistů, zároveň se stonkem chlupaté nebo žláznaté. U parazitických druhů jsou listy nahrazeny šupinami, které nemají chlorofyl. Květenství zpravidla hroznovitá či klasovitá, méně často květy jednotlivé v paždí listů nebo část květenství vrcholičnatá. Listeny jsou většinou přítomny, někdy nápadně zbarveny. Květy jsou oboupohlavné, zpravidla souměrné. Kalich 4-5 čtený, srostlý, kališní cípy často nestejně a kalich dvoupyský. Koruna je 4-5četná, alespoň na bázi srostlá, kolovitá, zvonkovitá, baňkovitá nebo trubkovitá. Plně vyvinutých tyčinek mají 2-5. Plodem je tobolka. Semena jsou obvykle četná, výjimečně v tobolce pouze jediné. Čeď zahrnuje asi 220 rodů a přibližně 3000 druhů téměř po celém světě, s těžištěm v mírném pásu severní polokoule (Slavík 2000).

#### 3.1.1 Kokrhel větší (*Rhinanthus major*)

Jedná se o bylinu 10-80 cm vysokou s hlavním kořenem zasahujícím do hloubky 5-10 cm. Lodyha je přímá, mírně lesklá, zpravidla fialově čárkovaná, obvykle bohatě větvená. Listy úzce eliptické až úzce kopinaté, pilovitě zubaté. Hrozny krátké, v dolní části řidší, nahoře husté, obvykle 8-12květé. Listeny trojúhelníkovité, špičaté, na okraji zubaté. Zuby od vrcholu listenu k bázi se zvětšující, dolní listeny zelené, horní žlutozelené, někdy červeně nebo fialově nabíhající. Kalich za květu úzce až široce vejčitý, za plodu nafouklý s ostře špičatými cípy, lesklý, na ploše lysý, koruna 14–22 mm dlouhá, citronově žlutá, korunní trubka jen mírně vzhůru prohnutá, horní pysk mírně vyklenutý, končící dvěma fialovými, delšími než širokými cípy, dolní pysk za plného květu k hornímu přitisklý, a proto ústí koruny zavřené nebo jen velmi mírně otevřené, prašníky s tmavými prašnými váčky, semeník lysý, čnělka světlá, blizna kulovitá. Plodem je až 1,2 cm dlouhá tobolka obsahující semena s křídlatým lemem obvykle 1 mm širokým. Kvete od května do září (Slavík 2000).

Výskyt kokrhele většího je na celém území, avšak v některých oblastech zcela chybí a naopak v jiných územích je velmi hojný. Nejčastěji ho můžeme hledat na loukách, pastvinách, okrajích cest a také jako plevel v polích (Slavík 2000).

### **3.1.2 Kokrhel sličný (*Rhinanthus pulcher*)**

Jedná se o jednoletou, poloparazitickou bylinu s černě čárkovanou lodyhou, 5–50 cm vysokou, s vstřícnými listy, které jsou na okrajích pilovité a dvoupryskými květy. Dolní pysk odstává od horního, takže ústí koruny je otevřené, horní pysk nese fialový zoubek. Tento druh je poměrně značně variabilní, bývají rozlišovány čtyři poddruhy (ekotypy), proměnlivé jsou však i jiné znaky. Kokrhel sličný je z hlediska ohrožení hodnocen jako silně ohrožený druh naší květeny (Slavík 2000).

Stanoviště kokrhelu sličného jsou hory střední a jihovýchodní Evropy – Východní Alpy, Sudety, Karpaty, Stará Planina, Rila. U nás se vyskytuje jen v Krkonoších, Hrubém Jeseníku a na Králickém Sněžníku, na Slovensku ve vyšších Karpatech (Fatra, Tatry, Pieniny, Bukovské vrchy) (Slavík 2000).

### **3.1.3 Kokrhel luštinec (*Rhinanthus alectorolophus*)**

Jednoletá, poloparazitická, 10 až 80 cm vysoká bylina. Lodyha přímá, často fialově naběhlá nebo fialově čárkovaná. Listy kopinaté nebo úzce vejčité, chlupaté, pilovité zubaté, světle zelené. Květní hrozen 10 až 20kvěťový, květy krátce stopkaté, žluté, korunní trubka mírně prohnutá, zoubek na horním pysku fialový, delší než široký, dolní pysk přitisklý k hornímu, takže ústí koruny zavřené, kalich chlupatý, listeny bledě zelené až bělavé, někdy s fialovým nádechem. Kveté v květnu až červenci (Slavík 2000).

Vhodná stanoviště jsou meze, louky, podél cest, křoviny, pole, na půdách výživných, kyprých, hlinitých, mírně kyselých až neutrálních (Slavík 2000).

V ČR dříve roztroušeně, dnes poměrně vzácně, nejvíce roste ve středních polohách, v teplých oblastech vzácně a na horách jen asi do výšky 1000 m. n. n. Celkově roste ve střední Evropě, na západě do střední Francie, střední Belgie a Holandska, na východě do západních Karpat, na jihu do severní Itálie a severozápadu Maďarska.

Kokrhel patří mezi slabě jedovaté rostliny, obsahuje toxickou iridoidní sloučeninu aukubin, která má tlumivý účinek na centrální nervovou soustavu (Polívka 1904).

#### **3.1.4 Kokrhel menší (*Rhinanthus minor*)**

Je poloparazitická bylina z čeledi krtičníkovitých (*Scrophulariaceae*) kořenový systém má kokrhel menší jednoduchý, kořenové vlášení bývá potlačeno díky bohatě vyvinutým haustoriím. Lodyha přímá, mírně lesklá, jednobarevná nebo slabě fialově čárkovaná, obvykle nevětvená, čtyřhranná (Hrouda 2013). Listy úzce eliptické až kopinaté, až 4(-5) cm dlouhé, (0,3-)0,5-1,0 cm široké okraj převážně vroubkovaně pilovitý, zuby nejčastěji oblé, vzácně ven vyhnuté, tmavě zelené, lesklé, na obou stranách s kratičkými štětinkovitými chlupy (Slavík 2000). Žluté trubkovité květy jsou uspořádané v hroznovitých květenstvích na hlavním vrcholu i na bočních větvích s 1 až 20 květy. (Westbury, 2004). Plodem jsou malosemenné tobolky až 1,2 cm dlouhé, které jsou uloženy ve vytrvalém kalichu. Semena 4-5 mm dlouhá, s křídlatým lemem až 1 mm širokým. (Slavík 2000).

Plody obsahují v průměru kolem 10 semen (Ter Borg 1985 k. v., Van Hulst et al. 1987, Kelly 1989, Westbury 2004). Počet semen na rostlinu se mezi jednotlivými studii velmi liší (20 – 170), protože rostliny nesou odlišný počet plodů v závislosti na fenologickém typu a podmínkách prostředí (Van Hulst et al. 1987, Kelly 1989, Westbury 2004).



#### **3.1.4.1 Šíření semen**

Plody dozrávají od začátku června v závislosti na klimatických podmínkách a fenologickém typu (Westbury 2004) a jsou schopné ve značné míře dozrát i během 3 – 4 dnů po posečení rostlin (Smith et al. 1996). Po puknutí tobolek v nich semena zůstávají, dokud nejsou vytřesena větrem, procházející zvěří či dobyt看em nebo zemědělskou technikou (Westbury 2004). Blanitý lem má zřejmě napomáhat šíření větrem, semena jsou ale pro tento způsob šíření těžká a lem příliš malý (Van Hulst et al. 1987). Samovolně se obvykle nešíří dál než do vzdálenosti 0,3 – 0,7 m, ve směru převládajícího větru až 1,3 m (Ter Borg 1985, Coulson et al. 2001, Bullock et al. 2003). Endozoochorní šíření (v trusu dobytka) nebylo zjištěno (Coulson et al. 2001, Bullock et al. 2003). Šíření semen epizoochorně (v srsti nebo na kopytech dobytka) podle Bullock et al. (2003) také nebylo pozorováno. Kiviniemi & Eriksson (1999) ale zjistili, že i když většina semen ze

srsti skotu opadá do 2 minut, nepatrné množství semen se může v srsti udržet i několik desítek minut (max. 45 min).

Šíření semen významně zvyšuje zemědělská technika. Ve směru sečení se semena běžně šíří do vzdálenosti 2 – 3 m a dovedou překonat i vzdálenost 10 m (Ter Borg 1985, Bullock et al. 2003). Semena jsou sklizňovou technikou buď přímo vymršťována, nebo na ní díky jejich plochému tvaru snadno ulpívají a později opadávají (Strykstra et al. 1997 k. v., Coulson et al. 2001, Bullock et al. 2003). Byl zaznamenán i přenos nezanedbatelného množství semen přichycených na žacích strojích mezi loukami (Strykstra et al. 1997 k. v.). Semena se také šíří při obracení a odvozu sena (podle Coulson et al. 2001).

Klíčení všech našich poloparazitických druhů probíhá nezávisle na přítomnosti hostitele. To je významný rozdíl oproti holoparazitům, jako jsou např. druhy rodů podobílek (*Lathraea*), záraza (*Orobanche*), případně evolučně pokročilým poloparazitům (např. rod *Striga* rostoucí v tropech a subtropích), jejichž klíčení je indukováno chemickými signály šířícími se z kořene hostitele (Cardoso et al. 2011). Neznamená to ale, že by semena poloparazitů klíčila za jakýchkoliv podmínek. Vyžadují totiž chladovou stratifikaci, která indukuje klíčení všech druhů našich poloparazitických zárazovitých (Orobanchaceae). Optimální teplota stratifikace se může lišit v závislosti na konkrétním druhu i mezi populacemi v rámci druhu, většinou se pohybuje mezi 4°C a 10°C (Ter Borg 2005, Mudrák et al. 2014). Stejně tak je variabilní i doba nutná k indukci klíčení, obvykle trvá několik (4–10) týdnů. V přirozených podmínkách tak poloparaziti klíčí během pozdní zimy až časného jara, aby se mohli co nejdříve napojit na hostitele a zahájit rychlý vegetativní růst. Poněkud výjimečné jsou v tomto ohledu druhy rodu černýš (*Melampyrum*), které klíčí již na podzim a přežívají zimu ve stádiu semene s naklíčeným hypokotylem, zatímco epikotyl a děložní listy zůstávají skryty v osemeni (tzv. „*epicotyl dormancy*“; Masselink 1980, Průšová et al. 2013). Z tohoto plyne, že výsev poloparazitů je vždy třeba provádět na podzim, a to nejlépe v jeho první polovině (cca do konce října). Pozdní výsev, provedený během časně zimy (v lednu) je např. kokrhelů (*Rhinanthus* spp.) odsouzen k neúspěchu (Mudrák et al. 2014). Některá semena však mohou přežít v semenné bance a vyklíčit v další sezóně.

Stádium semenáčku představuje nejzranitelnější část životního cyklu poloparazitických rostlin. Semenáčky poloparazitů před napojením na hostitele fungují velmi špatně fyziologicky (nízká úroveň fotosyntézy, špatná schopnost získávat a využít anorganické zdroje z půdy; Klaren & Janssen 1978, Seel et al. 1993, Lechowski 1996). Před napojením na hostitele jsou semenáčky poloparazitů extrémně citlivé k vysušení substrátu. Je pravděpodobné, že jarní přísušky, případně suché zimy jsou hlavní příčinou velkého kolísání populační hustoty poloparazitů, které je možné pozorovat v datech z dlouhodobých monitorování populací (Ameloot et al. 2006). Nejen před napojením, ale i v první fázi po napojení na hostitele jsou semenáče velmi citlivé na zastínění (Těšitel et al. 2011), které může být způsobeno buď vrstvou stařiny z předchozí vegetační sezóny anebo okolními, rychle rostoucími a kompetenčně silnými rostlinami. Z tohoto důvodu může být uchycení velmi komplikované ve vysoce produktivních lučních porostech.

Jednou z možných příčin ústupu kokrhel by mohla být fragmentace krajiny (Kiviniemi, 2008). Protože se kokrhel na dlouhé vzdálenosti šíří velmi omezeně, nemusí být schopen překonat velké vzdálenosti mezi izolovanými fragmenty vhodných stanovišť. Může se tak stát, že na mnohých loukách kokrhel neroste proto, že se na ně po náhodném vymření nedovedl opět dostat (tzv. *dispersal limitation*; Münzbergová 2004), ne proto, že na nich nebyl schopen dlouhodobě přežít (tzv. *habitat limitation*; Münzbergová 2004). Zda jsou druhy omezovány nedostatečnou šířitelností, se zjišťuje pomocí vysévacích experimentů. Za důkaz *dispersal limitation* se považuje úspěšné uchycení rostliny na neobsazeném stanovišti (Turnbull et al. 2000, Coulson et al. 2001, Münzbergová 2004, Ehrlén et al. 2006, Vítová & Lepš 2011).

Rostliny kokrhelů jsou cizosprašné. To znamená (Chloupek 2008), že mateřské gamety individua se oplodní otcovskými gametami jiného individua.



## 3.2 Poloparazitické rostliny

### 3.2.1 Schopnost parazitovat

Poloparazitické rostliny neboli hemiparazité mají funkční fotosyntetický aparát, ale svými kořeny se pomocí haustorií napojují na kořeny hostitelů, kde z xylému sají hlavně vodu a minerální látky (Westbury 2004). Například kokrhel se ani v nejparnějších dnech neobtěžuje zavíráním průduchů. Jiné poloparazitické druhy sice průduchy zavírou, ale později než hostitel. Až poté, když uříznete hostitelův kořen, na kterém je kokrhel závislý, začíná tvořit své kořeny. Na noc zavírá průduchy a začne investovat do vlastních kořenů, aby mohl dál růst. (Klimešová 2008) Ovšem bez napojení na hostitele přežívají jen dočasně a brzy hynou, protože jejich chudý kořenový systém nedokáže získat dostatek vody.

Oproti tomu holoparazité neboli praví parazité zasahují haustorii do floému, odkud odvádí organické látky. Zde se jedná o rostliny nezelené, nefotosyntetizující např. kokoticové (*Cuscuta*) a zárazovité (*Orobanchaceae*).

Rostliny z rodu kokotice (*Cuscuta*) jsou rozšířeny téměř po celé Evropě, rostou na suchých travnatých a křovinatých stráních, v lesích a na rumištích. Jedná se o jednoletou liánovitou rostlinu, je bělavá, žlutavá až nachová. Její listy obsahují velmi málo chlorofylu, tím má listy silně redukované. Pár dní po vyklíčení musí kokotice najít svého hostitele, jinak zahyne. Parazituje na různých hostitelích, tím, že se omotává kolem rostliny, naruší její pletivo a zapustí haustoria do jejího cévního svazku. Tímto způsobem je schopná získat její organické látky a vodu. Následně potom přeruší svůj kořen, kterým byla spojena s půdou. Během cizopasení může snižovat schopnost hostitelské rostliny bránit se proti infekci a býložravému hmyzu. Mezi zástupce kokoticových patří kokotice povázka a kokotice evropská (Cameron a Seel 2007).

Mezi plně parazitické rostliny patří také čeleď zárazovité (*Orobanchaceae*). Jsou životně závislé na hostitelských rostlinách. Nemají žádný chlorofyl, nefotosyntetizují a mají redukované, nefunkční nebo chybějící kořeny. Jsou závislé přijímat životně nezbytné látky (zejm. vodu a veškeré živiny) z kořenového systému hostitelských rostlin. Během vývoje těchto rostlin došlo k redukci vegetativních orgánů, zejména lodyhy, kořenů a listů. Čeleď *Orobanchaceae* se vyznačuje vysokou produkcí velmi drobných

semen a mnohaletou klíčivostí, což jim umožňuje jejich přežití. Klíčení jejich semen je ovlivněno látkami, které se vylučují kořeny hostitelů, a probíhá jen několik milimetrů od kořene hostitele. Ze zárodku nejprve vyrůstá drobný, tenký útvar, podobný kořínku, tzv. prekaulom. Napojí se na vodivá pletiva kořene a přeměňuje se na primární haustorium. Jeho směr růstu je orientován látkami vylučovanými z kořene, do kterého vniká. V místě proniknutí do kořene hostitele se vytvoří drobný hlízovitý útvar (tzv. tuberculus). Z něj vyrůstají květonosné lodyhy, které buď odumírají tentýž rok zároveň s tuberculem po dozrání semen (jednoleté rostliny), nebo tuberculus přetrvává přes zimu a lodyha se vytváří až druhý rok (dvouleté rostliny). Čeleď *Orobanchaceae* můžeme rozdělit do dvou skupin, na monofágní a oligofágní. Monofágní druhy mají pouze jeden specifický druh hostitele, naopak oligofágní mohou parazitovat na více druzích rostlin. Jsou rozšířeny v mírném a subtropickém pásu severní polokoule. Zbarvení a velikost rostlin jsou dány hlavně vyživovací schopností hostitele. Mezi typické zástupce patří černýš hajní, podbílek šupinatý a záraza vyšší.

Zajímavý je i fakt, že kromě vody a minerálních látek mohou poloparazité přijímat i významné množství asimilátů hostitele. Kokrhel menší má ve své biomase v průměru 56 % (6 – 90 %) uhlíku původem z hostitele (Těšitel et al. 2010). Díky parazitismu snižuje kokrhel produkci celkové biomasy společenstva i o více než 50 % v závislosti na hustotě výskytu parazita (Matthies 1995 k. v., Seel & Press 1996, Davies et al. 1997, Pywell et al. 2004, Cameron et al. 2008, Mudrák & Lepš 2010).

### 3.2.2 Haustorie

Parazitické rostliny vyvinuly specializovaný mechanismus, který jim umožňuje využívat zdroje od svých hostitelů. Z těchto rostlin vysávají zdroje z jejich dřevních svazků (xylému) – vodu, minerální živiny a proměnlivé množství organického uhlíku (Irving & Cameron 2009, Těšitel et al. 2010). Jejich schopnost napojit se na cévní svazky hostitele a odebírat zdroje pomocí transportního orgánu, známého jako haustoria, je nezbytná adaptace. V závislosti na druzích parazitujících rostlin, haustoria propojují buď xylém hostující rostliny a parazita, floém podpovrchové (interfacial) parenchymy, nebo kombinaci těchto tří. Plně diferenciované a zralé haustorium vytvořené kokrhelem menším proniká do xylému hostující rostliny; nejprve obklopí kořen hostitele a rozdrťí vnější kůru a vytváří háček k proniknutí, který je protlačen do středního válce hostitele a

přímo proniká do cévního systému. Penetrující háčky jsou postupně spojeny ke xylémovým prvkům kořene parazita pomocí druhotného xylému. Druhotný xylém je umístěn centrálně v haustoriu a je obklopen hyalinovým tělem, částí haustoria. To je bohaté na jádra a předpokládá se, že je funkční během odčerpávání a zpracovávání rozpuštěných látek (Cameron a Seel 2007).

*Rhinanthus minor* získává vodu a minerální živiny primárně z xylému hostitele. Jeho přímé propojení do xylému hostitele umožňuje z hostitele pomocí koheze odčerpat vodu, která obsahuje rozpuštěné minerály a uhlík. Tento převod rozpuštěných látek je poháněn zvýšenou transpirací u parazita, přičemž je roztok xylému hostitele tlačěn přes xylémové kontinuum do parazita. Látky rozpuštěné v xylémové míze jsou tedy přemísťovány do parazita hromadným proudem. Parazit udržuje sílu toku, která překračuje tu hostitele. Výsledné snížení vodního potenciálu ( $\psi$ ) v pletivech parazita je větší než v pletivu hostitele a vytváří spád vodního potenciálu podporující tok k parazitovi. Kořenová hemiparazit, jako například *Striga* a *Rhinanthus* mohou udržovat vysokou rychlost transpirace, díky průduchům, které jsou relativně necitlivé k ztrátě vody. Například průduchy poloparazitická rostlina *Striga* se pouze zavírají v důsledku silného stresu ze sucha, nejspíš jako následek přímé ztráty turgoru buněk v „detekčních buňkách“. Kromě toho, nízký vodní potenciál parazita může také být zprostředkováván akumulací osmoticky aktivních sloučenin, například cukrů, cukerných alkoholů, a zvláště manitolu (Cameron a Seel 2007).

Kokrhel menší obecně tvoří haustoria na většině kořenů, ale ne všichni možní hostitelé jsou pro parazita stejně přínosní. Trávy a leguminózy jsou pro kokrhel menší nevhodnější hostitelé, zatímco ostatní byliny nejsou tak vhodnými hostiteli. Sdružení s některými bylinami může dokonce vést k smrti parazita (parazit tvoří méně biomasy než, pokud by rostl bez hostitele). Úspěšný vývoj parazita pozitivně souvisí s potlačením hostitele. Růst trav bývá silně omezen, zatímco růst ostatních bylin není ovlivněn. Předěšlé studie předpokládaly, že rozdíly v kvalitě hostitele (a tím rozdíly v parazitem indukovaném poškození hostitele) jsou způsobeny obrannou reakcí dvouděložných bylin, (ale ne trav), která brání parazitovi přístupu ke zdrojům xylému (Cameron et al. 2006).

### 3.2.3 Schopnost poloparazitů fotosyntetizovat

Tok vody rostlinou ovlivňuje fotosyntézu. Je-li rostlina schopna mít otevřené průduchy a vydávat vodu může do rostliny vstoupit více CO<sub>2</sub> (oxid uhličitý). V tom případě ani fotosyntéza poloparazita není zcela nezávislá na hostiteli. Fotosyntéza poloparazitů není tak účinná jako u jejich hostitelů, proto parazitace vede ke snížení celkové produkce biomasy porostu. O světlo taktéž poloparazité soupeří se svým hostitelem, takže se jim nedaří nejlépe, když je živin i vody v půdě dostatek z důvodu zastínění hostitelem. Malé dávky hnojiv (okolo 25 kg N. ha<sup>-1</sup>) ale kokrhel snáší a zvýšenou mortalitu semenáčků kompenzuje vyšší plodností dospělých rostlin (Smith et al. 2000, Mudrák & Lepš 2010).

Mnohem výhodnější jsou pro ně živinami chudší a sušší stanoviště. Zde je hostitel více oslabený silným odsáváním vody. Proto vrhne veškeré síly do vybudování rozsáhlejšího kořenového systému, ze kterého má však prospěch především poloparazit.

Pokud je lokalita příliš suchá, může být ovšem poloparazit, kdo na to doplatí. Nedovede přežít uvadnutí, a když nemá čím plýtvat, zahyne (Klimešová 2008).

### 3.2.4 Schopnost poloparazitů najít hostitele

Poloparaziti většinou nejsou tak nároční na identitu hostitele jako paraziti a nemusí je proto obtížně hledat. Zato ovšem musí řešit jiný problém. Musí být schopni se uchytit v zapojeném porostu louky nebo lesa. Vyplatí se jim proto velká semena, která jim usnadní počáteční růst (Klimešová 2007). Zmiňovaný kokrhel menší má široké spektrum hostitelů, dovede parazitovat nejméně 50 různých druhů, přičemž jedna rostlina je obvykle napojena na 4 (1 – 7) druhy najednou. Z napadaných druhů patří většina mezi trávy (*Poaceae*) a bobovité (*Fabaceae*), ale napadány mohou být i druhy jiných čeledí (Gibson & Watkinson 1989, Cameron et al. 2006).

Pokud tedy poloparazité najdou svého hostitele, změní se jim kořeny na haustoria víc do nich neinvestují, to už za ně dělá hostitelská rostlina.

Poloparazitické rostliny mají však i pozitiva, lze je využít k obohacení degradovaných luk o konkurenčně slabé komponenty. Potlačení dominance trav, které jsou především nejčastějšími hostiteli parazitů, podporuje růst ostatních bylin, které se dokáží

parazitaci bránit. Například jitrocel kopinatý se pronikajícím haustoriím kokrhelu menšího brání dřevnatěním (lignifikací) kořenových pletiv a fragmentací napadených pletiv.

Parazitace skupin, které obvykle v lučních společenstvech dominují, často vede k rozvolnění porostu a umožňuje se prosadit i konkurenčně slabším druhům. Toho se stále častěji začíná využívat při obnově druhově bohatých luk na dříve intenzivně využívaných travních porostech nebo na orné půdě, i když s nejistými výsledky (Davies et al. 1997, Pywell et al. 2004)

### 3.3 Potenciální hostitelé

Mezi potenciální hostitele pro poloparazitické rostliny jsou rostlinné druhy převážně z čeledí lipnicovitých (*Poaceae*), bobovitých (*Fabaceae*), mořenovitých (*Rubiaceae*), hluchavkovitých (*Lamiaceae*) a hvězdicovitých (*Asteraceae*).

#### 3.3.1 Charakteristika čeledi lipnicovitých (*Poaceae*)

Lipnicovité jsou bezesporu nejzastoupenější čeledí luk a pastvin s mnoha specifickými znaky jak v generativních tak i vegetativních orgánech. Jsou rozšířeny po celém světě a jsou zastoupeny téměř ve všech rostlinných formacích a často určují i jejich vzhled či druhové složení (Steinbach 1990).

Kořenová biomasa trav představuje 60 – 90 % čisté primární produkce travních ekosystémů. Vytvoření většího množství aktivních kořenů (včetně většího množství zásobních látek) znamená i vyšší odolnost porostů proti změnám vnějších podmínek a odolnost vůči stresovým vlivům (Hrabě 2004).

Jejich kořenový systém můžeme rozdělit na kořeny primární (zárodečné) a sekundární. Primární zárodečné kořeny plní funkci pouze po krátký čas, na rozdíl od sekundárního kořenového systému, který přetrvává. Jedná se o systém poměrně jemných a rozvětvených kořenů, vytváří se z odnožovací uzliny. Má svazčitý charakter v porovnání např. s jetelovinami, které mají kulový kořen. Jen malá část kořenů proniká do větších hloubek, vyskytují se převážně v povrchové vrstvě, kde tvoří velmi hustou síť. Životnost kořenů je omezena životností příslušné odnože (zpravidla 1–1,5 roku) (Hrabě et al. 2004).

Délka života kořenů, hloubka zakořenění, hmotnost a stratifikace kořenového systému vykazují značné druhové a odrůdové rozdíly, které mohou být modifikovány vlivem stanoviště, úrovní ošetřování a účinkem stresu. Čím hlouběji kořeny sahají, tím lépe mohou získávat vláhu i z větších hloubek a odolávat stresům ze sucha. Vedle hloubky kořenů je důležitým kritériem také prokořenění půdy, jež se zvláště v posledních letech stává předmětem studia kořenové biomasy. Kořenový systém trav dosahuje mírného pásma hloubky okolo 45 cm (Beard 1973). Jsou-li trávy krátce koseny, může být hloubka zakořenění při letním stresu z horka redukována na pět centimetrů i méně. Čím nižší je výška kosení a čím jsou porosty sečeny či spásány častěji, tím mělčí je prokořenění (Hrabě et al. 2004).

Podstatným faktorem ovlivňujícím růst a vertikální distribuci kořenové biomasy je hnojení. Nedostatek živin obecně způsobuje relativně vyšší nárůst kořenové hmoty, protože vrcholky kořenů zpravidla pronikají rychle zónami s nižší zásobou živin. Omezení růstu kořenů je často následkem vysoké úrovně dusíku – hnojení spojené s vyšším nárůstem nadzemní hmoty a s tím související potřebou asimilace. V půdě dochází ke zvýšení koncentrace CO<sub>2</sub>, což je důsledek zvýšené hustoty porostu, zvláště v souvislosti se stoupající intenzitou odnožování zapříčiněné vyšší četností využití (Hrabě et al. 2004).

V případě travníků lze mělčí prokořenění přisuzovat více než nadměrné výšce porostu tvorbě travní plsti, která při postupném utužení vede k omezení výměny plynů mezi půdou a atmosférou (Gandert a Bureš 1991). Hloubka a hustota kořenů poklesá také začátkem léta, kdy dochází u některých travních druhů k intenzivní tvorbě generativních orgánů (Beard 1973). Zásobní látky nezbytné pro tvorbu květů, pak nejsou v dostatečné míře k dispozici pro vytváření kořenů (Hrabě a kol. 2004).

Typickým stonkem trav je stéblo s dutými internodii a plnými nody (kolénky). Internodia jsou obvykle obalena listovou pochvou, přecházející v oblasti kolének v čárkovitou čepel. Pochva je přitom obvykle otevřená, přestože obaluje celé stéblo, okraj nesrůstá, poznáme to snadno podle toho, že zatáhneme-li za list do strany, vytáhneme stéblo z pochvy bez jejího poškození. Na přechodu pochvy a čepele listu někdy nacházíme dva orgány, jejichž přítomnost či tvar jsou obvykle druhově charakteristické, a často tak napomáhají při určování ve sterilním stavu. Blanitý jazýček je pokračováním

pochvy, a proto je obvykle přitisknut ke stéblu. Ouška jsou párovité bazální výrůstky čepele objímající stéblo (Hrouda 2013).

Stéblo trávy představuje dokonalou konstrukci. I přes svou pozoruhodnou, často i metr přesahující délku, zůstává obvykle nejvýše 2 mm tlusté a navíc nese značně větvené nebo kompaktní, v každém poměrně těžkém květenství. Tato skutečnost je podmíněna tím, že ve stěně stébla jsou přítomny velmi pevné, vláknité elementy, které, zabráňují zlomení stébla vlastní vahou (Hrabě et al. 2004).

Velmi důležitým znakem je typ růstu trav, související se způsobem odnožování. Odnožování je vlastně vegetativní způsob rozmnožování. Každá odnož, je-li dostatečně vyvinutá, je schopna samostatného růstu, pokud ji oddělíme od mateřské rostliny. Má vlastní kořenový systém i odnožovací uzlinu. Díky odnožování jsou schopny rostliny trav vytrvalosti (Hrabě et al. 2004).

Z hlediska způsobu odnožování se člení trávy na trsnaté a výběžkaté. Ty můžeme dále dělit na hustě trsnaté většinou nenáročné plevelné druhy s nízkou kvalitou píce např. (metlice trsnatá) a volně trsnaté zde se jedná především o hlavní skupinu pícních trav. Ty poskytují vysoké výnosy kvalitní píce, mají rychlý vývoj např. (kostřava luční, bojínek luční, srha laločnatá). Výběžkaté členíme na výběžkaté s nadzemními výběžky, ty vytvářejí hustou spleť výběžku na povrchu půdy (např. psineček výběžkatý) a s podzemními výběžky mají pomalejší počáteční vývoj v porostu, zaplňují volná místa (např. lipnice luční) (Hrabě et al. 2004).

U generativního rozmnožování je velice důležité, že jsou trávy větrosprašné, což má za následek nepotřebnost velkého okvětí. Důležitá je hlavně produkce velkého množství pylu. Ten pak rovnou ze vzduchu padá na strukturovanou bliznu (Hrouda 2013).

Plodem trav je obilka, suchý plod typu nažky, u něhož však na rozdíl od pravé nažky osemení pevně srůstá s oplodím (Hrouda 2013).

### **3.3.1.1 Lipnice luční (*Poa pratensis*)**

Lipnice luční je vytrvalá výběžkatá tráva tvořící řídké trsy. Stébla jsou přímá na bázi vystoupavá, dlouhá 20-80 cm. Listy i pochvy obvykle lysé, přízemní listy podélně svinuté až 4 mm široké a krátké s kápoitou špičkou, nejhořejší s čepelemi kratšími než pochvy. Jazyček je uťatý do 1 mm dlouhý, sbíhavý po okraji pochvy. Květenství je lata, která je jen o málo delší než širší, klásky jsou tří- až pětikvěté. Plodem je vejcovitá nebo trojhranná obilka (Hrouda 2013).

### **3.3.1.2 Kostřava červená (*Festuca rubra*)**

Jedná se o vytrvalé velmi různorodé byliny. Nejčastěji výběžkaté s krátkými nebo dlouhými podzemními oddenky, řidčeji trsnaté. Stébla jsou tuhá, lysá, často s načervenalými kolénky a pochvami nejdolejších listů 20-70 cm vysoká. Listy s téměř uzavřenými pochvami a velmi krátkým jazyčkem, tvořícím jen úzký lem. Květenství vzpřímená, volná lata, větve vyrůstají jednotlivě. Klásky tří-až sedmikvěté, pluchy drsné, s 1-2 mm dlouhou osinou. Obilky podlouhlé, při vrcholu řídce chlupaté (Hrouda 2013).

### **3.3.1.3 Jílek vytrvalý (*Lolium perenne*)**

Vytrvalá, tmavozelená, trsnatá tráva, trsy složené z menších trsů spojených oddenkovými články. Stébla přímá nebo na bázi vystoupavá, 10–60 cm vysoká, i nahoře hladká. Jazyček 1–2,5 mm dlouhý; listy 2–4(-6) mm široké, ploché, v mládí složené, na rubu lesklé, na lici drsné. Lichoklas 3–20 cm dlouhý, štíhlý, převislý, klásky k vřetenu květenství přisedlé užší stranou, vřeteno zprohýbané; klásky za květu vzpřímeně odstávající až k vřeteni přitisklé, dvou-až desetikvěté (Hrouda 2013).

### **3.3.1.4 Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinaceae*)**

Vytrvalá, hustě trsnatá tráva s daleko plazivými výběžky. Stébla přímá, mohutná, dosahující 150 cm výšky, většinou hladké a pouze pod latou poněkud drsná. Listové pochvy až k bázi otevřené, na hřbetě zaoblené, u přízemních listů drsné, bělavé, vláknitě nerozpadavé. Jazyčky poměrně krátké až 1 cm dlouhé. Ouška malá, úzká na okrajích brvitá. Listy až 70 cm dlouhé, až 10mm široké, tuhé, na svrchní straně krátce chlupaté nebo drsné, na spodní straně hladké. Lata až 40 cm dlouhé s četnými klásky.



Vřeteno a větve laty drsné. Klásky čtyř- až osmikvěté úzce eliptické až podlouhlé (Hrouda 2013).

### 3.3.2 Charakteristika čeledi bobovitých (*Fabaceae*)

Velmi významnou složkou v travních společenstvech jsou jeteloviny neboli bobovité (leguminózy). Jejich význam není jen z hlediska krmivářského, ale také ekologického a jedná se (na rozdíl od trav) o medonosné plodiny. Velmi důležitou vlastností je i schopnost vázat vzdušný dusík díky symbióze s hlízkovitými bakteriemi.

Bobovité představují zpravidla byliny, někdy i dřeviny, nikdy však nežijí ve vodním prostředí. Listy jsou téměř vždy střídavé. Nejčastěji jsou zpeřené, a to jak lichozpeřené (*Vicia cracca*), sudozpeřené zakončené hrotem (*Lathyrus vernus*) nebo úponkou (*Lathyrus pratensis*). Méně časté jsou listy dlanitě složené (*Lupinus*). Jednoduché listy jsou pro tuto čeleď spíše ojedinělé. Květenství je hroznovité, téměř výhradně oboupohlavní. Plodem jsou nejčastěji lusky, pukají tedy 2 švy, řidčeji se vícesemenný plod příčně rozpadá na jednosemenné díly a má tedy charakter struku. Jednosemenné nepukavé plody představují z typologického hlediska nažky.

Pro bobovité rostliny je typický kůlový kořen, na rozdíl od trav, které mají svazčitý kořenový systém. Jejich kořenový systém je rozložen v orniční a podorniční vrstvě. Například jeteloviny můžeme rozdělit podle hloubky zakořenění na hluboce, středně a mělce kořenící. Dále se na kořenech jetelovin nachází na přechodu mezi kořenem a bazální nadzemní částí kořenový krček. Představuje centrum tvorby nových lodyh, podle stavby kořenového krčku můžeme tedy jeteloviny opět dělit na trstnaté a výběžkaté. Důležitá je tu i symbióza s hlízkovými bakteriemi na jejich kořenech, které přeměňují vzdušný kyslík na důležité dusíkaté sloučeniny potřebné pro růst rostlin. Této skutečnosti se využívá zvláště ke zlepšení kvality půd. (Hrabě et al. 2004)

### 3.3.3 Charakteristika ostatních čeledí sloužících jako hostitelské rostliny

Rostliny z čeledi mořenovitých (*Rubiaceae*) jsou různorodého vzhledu většinou jednoleté až vytrvalé byliny, polokeře, v tropech též stromy, liány i epifyty. Nejvíce druhů roste v tropech, kde jsou to převážně dřeviny. V naší květeně je čeleď zastoupena 4 bylinnými rody: svízel, svízelka, mařinka a bračka. Pro většinu dřevnatých druhů jsou

charakteristické vstříčné listy s palisty a trubkovité květy. Naše druhy mají přeslenité listy a drobné čtyřčetné květy. Plodem bývá tobolka, peckovice, bobule nebo dvounažka rozpadající se ve dvě merikarpia (semena s endospermem) (Slavík 2000).

Mořenovité jsou významnou ekonomickou čeledí. Její zástupci obsahují totiž důležité alkaloidy, např. caffein, chinin, emetin psychotrin. (Slavík 2000).

Rostliny z čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*) jsou jednoleté, dvouleté nebo vytrvalé byliny, keře mimo naše území i keře či stromy, často s výraznou aromatickou vůní. Lodyha je povětšinou čtyřhranná jednoduchá nebo větvená. Listy jsou nejčastěji vstříčné, řidčeji přeslenité, jednoduché až dlanitě nebo zpeřeně složené. Oboupohlavné květy ve stažených vrcholících vytvářející zdánlivé přesleny či lichopřesleny, někdy skládající latovitá či vidlanovitá květenství, někdy redukované do jednotlivých květů, květy souměrné, oboupohlavné či druhotně oboupohlavné. Plodem hluchavkovitých je tvrdka, u některých mimoevropských skupin může být však peckovice nebo tobolka. Rozšíření je téměř po celém světě. Mezi jejich zástupce v travních porostech patří zběhovec lesní, popenec obecný, mateřídouška vejčitá, šalvěj luční, hluchavka bílá a nachová (Slavík 2000).

Další čeledí jsou hvězdicovité (*Asteraceae*), jsou jednoleté, dvouleté či vytrvalé byliny či polokeře (mimo naše území i keře či stromy), s květy většinou oboupohlavními, kořeny většinou vřetenovité až křulovité, stonky zpravidla vyvinuté, listy bez palistů, střídavé či vstříčné a vzácně v přeslenech, někdy všechny v přízemní růžici, řapíkaté nebo přisedlé, celistvé nebo peřeně či lyrovitě členěné v úkrojky, výjimečně složené (Slavík 2000).

Květy jsou drobné, uspořádané obvykle v mnohokvětý úbor, které jsou homogamní (všechny květy oboupohlavné a plodné) či heterogamní (úbory složené z květů samičích či jalových a květů oboupohlavních, nebo květů samičích a samčích), úbory bývají jednotlivé nebo skládající vrcholičnatá, hroznovitá i listnatá květenství. Květy nejčastěji 5četné, zřídka 4četné (Slavík 2000).

Plodem je nažka rozmanitého tvaru, zbarvení a povrchové skulptury, s různě vyvinutým chmýrem nebo bez chmýru. Stavba a vlastnosti chmýru jsou důležitými znaky k určování rodů i druhů (Slavík 2000).

Obrovské množství druhů je léčivých (podběl, heřmánek, devětsil, benedikt, třapatka, měsíček, pampeliška, lopuch, pelyněk, arnika). Hvězdnicovité se vyznačují velice pestrým souborem obsahových látek. Proto mají mnohé druhy význam nejen jako zdroj léčiv, ale také jako zdroj potravy pro člověka nebo hospodářská zvířata a jinak využitelných surovin. Mezi jejich významné druhy zastoupené v travních porostech patří sedmikráska obecná, řebříček obecný, pcháč zelinný, chrpa luční, pampeliška lékařská a čekanka obecná (Hrabě et al. 2004).

### 3.4 Zkušenosti s použitím poloparazitů

Myšlenka využít poloparazity rodu kokrhel (*Rhinanthus*) pochází ze studie Davies et al. (1997), která ukázala, že tyto poloparazitické druhy jsou asociovány s nižší produktivitou travinných společenstev, což by mohlo umožňovat koexistenci většího počtu druhů na jednom místě. Schopnost těchto poloparazitů redukovat produkci biomasy, a tím i intenzitu nadzemní kompetice, byla posléze experimentálně prokázána v řadě studií (shrnutu v Ameloot et al. 2005).

Pozitivní výsledky přinesly dvě studie (Pywell et al. 2004, Westbury et al. 2006), které ukázaly, že kokrhel menší (*R. minor*) je možné úspěšně vysít do obnovovaných lučních společenstev, zvláště těch s poněkud nižší produktivitou, a přítomnost druhu snižuje celkovou produkci biomasy a zvyšuje druhovou pestrost společenstev a napomáhá uchycení dalších cílových druhů (jak vysetých tak spontánně rozšířených). Další studie pak ukázala, že kokrhel menší (*R. minor*) je možné úspěšně vysít do řady lučních společenstev na různém geologickém podloží (Hellström et al. 2011). Typickým následkem vysetí kokrhele bylo potlačení trav a naopak podpoření uchycování a růstu dvouděložných (Pywell et al. 2004, Westbury et al. 2006, Westbury & Dunnett 2007, Hellström et al. 2011). V některých případech však nedošlo ke zvýšení biodiverzity (Westbury & Dunnett 2007). Některé studie dokonce ukázaly, že zvýšení diverzity na některých obnovených plochách může být zapříčiněno nástupem necílových ruderalních druhů (plevele; Joshi et al. 2000, Wagner et al. 2011).

V rámci České Republiky byly provedeny pilotní pokusy s použitím kokrhelů na obnovených loukách v Bílých Karpatech, které ukázaly možnost uchycení na některých plochách (Mudrák et al. 2014). Mimoto probíhají v současné době experimenty, které testují možnost potlačení třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*) pomocí kokrhele

většího (*R. major*) a kokrhele luštince (*R. alectorolophus*). Výhodou použití těchto druhů je jejich podstatně rychlejší růst a větší schopnost potlačit hostitele oproti kokrheli menšímu (*R. minor*). Větší druhová pestrost rodu kokrhel (*Rhinanthus*) ve střední Evropě oproti Britským ostrovům, tak slibuje podstatně větší potenciál využití těchto poloparazitů a dosažení lepších výsledků, než naznačují britské studie.

### 3.5 Hydrofóbnost

Hydrofóbnost půd (angl. soil water repellency, dále SWR) je jevem, který se vyskytuje na všech půdních druzích po celém světě při pěstování rostlin. Nevyskytuje se jen v humidních oblastech, kde nedochází k periodickému vyschnutí půdního profilu. Příčinou tohoto jevu je nejčastěji organická hmota, která vznikla činností některých půdních hub a jiných mikroorganismů, ale také rozkladem kořenů, vymýváním vosků z listů a jehlic, ale také z humusových kyselin. Organické látky pokrývají povrch půdních částic a způsobují jejich nesmáčitelnost. Po opakovaném zvlhčení a vysušení prodělá půdní organická hmota strukturální změny, vytvoří hydrofobní povlak a velmi obtížně na sebe znovu přijímá a váže vodu (Aamlid et al. 2009).

Hydrofobnost půd je z hydrologického hlediska nežádoucí, neboť zvyšuje podíl povrchově odtékající vody ze srážek a omezují tím dotaci podzemních vod. Některé trávy (zejména kostřava červená) urychlují proces vzniku hydrofóbnosti, neboť využívají tento jev pro zvýšení konkurenčního tlaku vůči jiným druhům. Potlačěním těchto druhů pomocí poloparazitických rostlin by se měla hydrofobnost půdy omezit.

### 3.6 Infiltrační schopnost

Vegetace má schopnost měnit infiltrační schopnost půd tvorbou kořenového systému, zlepšením struktury půdy, ochranou povrchu půdy před destruktivním účinkem dešťových kapek a podporou rozvoje edafonu. Vytrvalé trávy jsou obecně považovány za skupinu rostlin, které infiltrační schopnost půd zvyšují. Některé travní druhy vytváří na povrchu půdy hydrofobní plst' (psinečky, kostřava červená), která infiltrační schopnost půd snižuje (Hrabě a kol. 2009).

## 4 METODIKA

### 4.1 Charakteristika stanoviště

Polní experiment byl založen v Žabčicích na pokusné stanici Mendelovy university v Brně (49°0'42'N, 16°35'32'E), Katastrální území Žabčice se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, patří mezi nejteplejší oblasti v České republice. Lokalita leží v nadmořské výšce 179 m, v jihomoravské suché oblasti s typickým vnitrozemským klimatem. Suchost klimatu způsobují a zvyšují větry, které způsobují velký výpar půdní vláh. Průměrná roční teplota je 9,2 a třicetiletý průměr ročních úhrnů srážek činí 480 mm (Brotan et al. 2013).

Tabulka 1: Úhm srážek Žabčice 2013–2014 (zdroj: Brotan, nepublikováno)

Měsíc	2013		2014	
	průměrné teploty (°C)	srážky (mm)	průměrné teploty (°C)	srážky (mm)
I.	-1,0	20,2	1,1	22,0
II.	0,7	42,1	2,7	12,6
III.	1,8	40,8	8,5	5,6
IV.	10,6	20,2	11,8	11,2
V.	14,7	109,0	14,5	62,8
VI.	18,3	147,4	18,8	43,4
VII.	21,9	4,7	21,5	85,0
VIII.	20,4	43,6	17,9	113,6
IX.	14,0	63,2	15,6	116,2
X.	10,1	35,2	11,5	46,4
XI.	5,4	20,4	7,5	29,2
XII.	2,1	6,2	2,4	28,7
<b>rok</b>	<b>9,9</b>	<b>553,0</b>	<b>11,2</b>	<b>576,7</b>

Polní experiment byl poznamenán suchým průběhem počasí v Žabčicích v měsících březnu, dubnu a červnu, kdy byla nadnormální teplota vzduchu doprovázena silně podnormálními srážkami.

V polním experimentu byla sledována schopnost kokrhele menšího parazitovat na různých druzích trav z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Jednalo se o kostravu červe-

nou, lipnici luční, jílek vytrvalý a kostřavu rákosovitou. Poslední částí experimentu byla zkouška hydrofobnosti a infiltrační schopnosti půd.

## 4.2 Schéma založení experimentu

Experiment byl založen 8. 11. 2013. Na již dříve založených parcelách o velikosti 1m x 1m se zmiňovanými druhy trav bylo nejdříve potřeba připravit plochu k vysetí osiva kokrhele menšího. Příprava spočívala ve vytyčení jednotlivých parcel s travními druhy.

Tabulka 2: Schéma založení experimentu

1A	2A	3A	4A					1C	2C	3C	4C
				2C	3C	4C	1C	2A	3A	4A	1A
3C	4C	1C	2C	3A	4A	1A	2A				
1A	2A	3A	4A					1C	2C	3C	4C

1. Lipnice luční
2. Kostřava rákosovitá
3. Kostřava červená
4. Jílek vytrvalý

Pokusné parcely nebyly hnojeny.

Dalšími úkoly bylo posečení parcel a vyhrabání stařiny na jednotlivých parcelách. K tomuto úkonu posloužil vertikutátor, kterým byly veškeré parcely dvakrát vyčesány. Celkem bylo k výsevu kokrhele menšího připraveno 16 parcel.

Před vlastním výsevem osiva kokrhele menšího byla ještě každá z parcel rozdělena na polovinu, takže vzniklo 32 parcel o výměře 0,5 m<sup>2</sup>. Bylo to z důvodu zjištění množství biomasy trav v parcele s kokrhelem a bez něj.

Po zasetí bylo systematicky vybráno 8 parcel, které byly zavlažovány. Cílem závlahy bylo zjistit, zda přežije větší množství rostlin kokrhele menšího a vyprodukuje více biomasy než na nezavlažované variantě. Dávka závlahové vody byla stanovena na 20 milimetrů každých 14 dnů.

Dne 18. 4. 2014 byly spočítány vzešlé rostliny kokrhele menšího (obr. 4). Sklizeň biomasy kokrhele i trav proběhla současně dne 16. 6. 2014. Poslední část experimentu proběhla 5. 11. 2014, kdy byla provedena zkouška infiltrace a odebrány vzorky k posouzení hydrofobnosti půdy.

Tabulka 3: Schéma závlahy pokusných ploch

1A1	2A1	3A1	4A1					1C1	2C1	3C1	4C1
				2C2	3C2	4C2	1C2	2A2	3A2	4A2	1A2
3C3	4C3	1C3	2C3	3A3	4A3	1A3	2A3				
1A4	2A4	3A4	4A4					1C4	2C4	3C4	4C4

### 4.3 Stanovení hydrofóbnosti (SWR)

Přítomnost hydrofobní půdy lze identifikovat kapkovou zkouškou (water droplet penetration test – WDPT), kdy se hodnotí doba, kterou potřebuje kapka vody umístěná na povrchu suché půdy ke vsáknutí. Pokud kapka potřebuje k zasáknutí do půdy více než 5 sekund, je považována za hydrofobní, od 5 do 60 sekund slabě hydrofobní, 60 až

600 sekund silně, 600 až 3600 sekund velmi silně a nad 3600 sekund extrémně hydrofobní (Dekker et al. 2001). SWR se projevuje nejintenzivněji ve vrchních vrstvách půdy, což jsou oblasti, které obsahují nejvíce organické hmoty a nejintenzivnější mikrobiální aktivitu. S narůstající hloubkou profilu půdy se příznaky SWR obvykle snižují (Aamlid et al. 2009).

U některých půd trvá zasáknutí i více než hodinu a někdy se dokonce kapka dřívě vypaří, než se stihne vsáknout. Často se tento jev vyskytuje u vyschlé rašeliny. I některé písky se chovají hydrofóbně – zejména pokud jsou těženy pod borovými lesy, kde vymýváním vosků z jehlic dochází k obalování zrn písku hydrofóbním filmem. K projevům SWR postačuje obsah pouhých 3 % hydrofobních zrn (Aamlid et al. 2009).

#### 4.4 Infiltrace

V tomto experimentu byla infiltrace měřena pomocí výtopové metody (ASTM, 2008). K měření byla použita dvojice kruhů z nerez oceli o průměru 170 mm a 250 mm. Podstatou této metody je hodnocení množství zasáknuté vody ve vnitřním kruhu za jednotku času. Vzhledem k časové a pracovní náročnosti měření infiltrační rychlosti půd bylo hodnoceno pouze 12 měření.

Obr. 2: Měření infiltrace půdy (foto autor)





## 4.5 Statistické hodnocení

Pro statistická hodnocení byla použita vícefaktorová analýza variance (ANOVA). Pro výpočet byl použit program Statistica, verze 10. Pro zjištění průkazných rozdílů byly výsledky testovány pomocí Tukeyho testu pro mnohonásobné porovnání při hladině významnosti  $p=0,05$ .

Obr. 3: Kvetoucí kokrhel menší, Žabčice 23. 5. 2014 (foto autor)



## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Počet vzešlých rostlin kokrhele menšího

Velká většina poloparazitů má krátce vytrvávající semennou banku a klíčivost semen se rychle snižuje. Semena kokrhelů musí projít obdobím nízkých teplot, aby došlo k odbourání inhibičních látek a mohla vyklíčit. Je proto nutno vysévat na podzim čerstvá semena nasbíraná ve stejném roce. Lze ale použít i rok stará semena, která si u kokrhelů (*Rhinanthus* spp.) udržují dobrou klíčivost. Taková semena by ale neměla být používána pro experimentální nebo pilotní výsevy, protože v případě neúspěchu takového výsevu by nebylo možné identifikovat jeho příčinu (nízká kvalita semen vs. nevhodné podmínky). Hustota výsevu též podstatně ovlivňuje jeho úspěch, přičemž vyšší hodnoty zvyšují šanci na uchycení populace a zrychlují její rozšíření na lokalitě (Pywell et al. 2004). Pro druhy rodu kokrhel (*Rhinanthus*) lze za dostatečnou považovat hustotu výsevu 200-500 semen na metr čtvereční (Mudrák et al. 2014). Při velkoplošné aplikaci lze doporučit výsev v pruzích, ze kterých se potom poloparaziti plošně rozšíří, což lze navíc i podpořit vhodným zásahem (kosení těsně po dozrání semen). (Bullock et al. 2003).

Obr. 4: Vzešlé rostliny kokrhele menšího 18. 4. 2014 (foto autor)



V tomto experimentu bylo vyseto padesát semen kokrhele menšího na plochu  $0,5 \text{ m}^2$ . Počty vzešlých rostlin jsou uvedeny v tabulce č. 5. Z této tabulky vyplývá, že největší počet vzešlých rostlin kokrhele menšího byl na zavlažovaných parcelách a na variantách s kostřavou rákosovitou (*Festuca arundinacea*). Oproti tomu průkazně nejmenší podíl rostlin byl na zavlažovaných parcelách s kostřavou červenou. Na nezavlažovaných parcelách nebyly zjištěny průkazné rozdíly mezi druhy, ale u zavlažované varianty byl počet rostlin kokrhele průkazně menší u kostřavy červené. Současně je průkazná interakce mezi druhem a závlahou, kdy počet kokrhelů na kostřavě červené nebyl ovlivněn závlahou.

Tabulka 4: Počet vzešlých kokrhelů (hodnocení 18. 4. 2014)

druh	Nezavlažované	Zavlažované
<i>Festuca arundinacea</i>	10 a	27 a
<i>Lolium perenne</i>	10 a	22 a
<i>Poa pratensis</i>	7 a	22 a
<i>Festuca rubra</i>	5 a	5 b

Tabulka 5: Výsledky analýzy variance pro počet rostlin kokrhele dne 18. 4. 2014

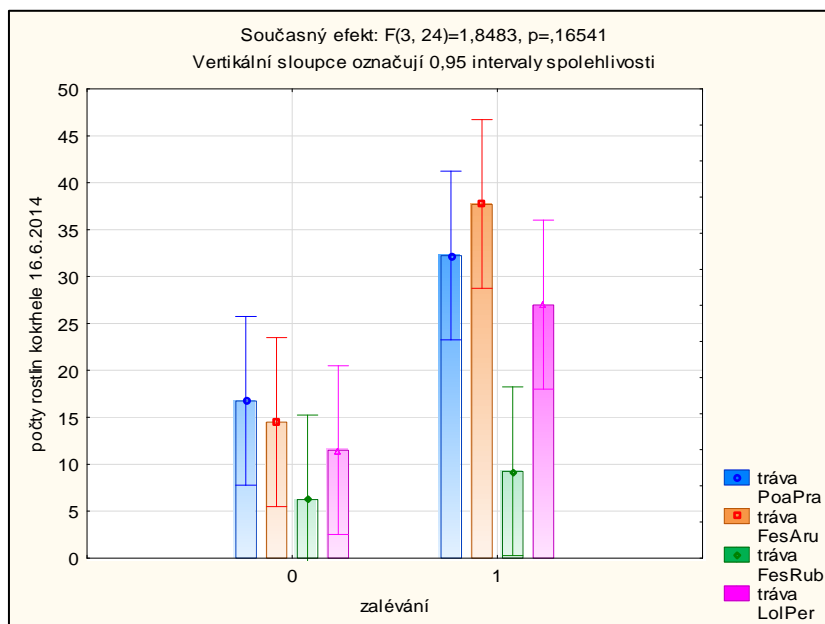
Faktor	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
travní druh	734,75	3	244,917	6,001	0,003352
zalévání	1058	1	1058	25,9234	0,000033
tráva*zalévání	409,75	3	136,583	3,3466	0,035846
Chyba	979,5	24	40,813		

Další hodnocení počtu rostlin proběhlo při sklizni dne 16. 6. 2014. Na většině parcel byly zjištěny větší počty rostlin, než v prvním termínu hodnocení, což může souviset s dodatečným vzejitím části semen. Celkové výsledky ve druhém termínu kopírují data termínu prvního. Ve druhém termínu hodnocení ale nebyla průkazná interakce druhu hostitele a závlahy (tab. 6).

Tabulka 6: Výsledky analýzy variance pro počet rostlin kokrhele dne 16. 6. 2014

	SČ	Stupně	PČ	F	p
		volnosti			
tráva	1655,84	3	551,95	7,2635	0,001243
zalévání	1638,78	1	1638,78	21,5659	0,000103
tráva*zalévání	421,34	3	140,45	1,8483	0,165408
Chyba	1823,75	24	75,99		

Obr. 5: Vliv závlahy a hostitelského druhu na počet rostlin kokrhele menšího při sklizni dne 16. 6. 2014



## 5.2 Hmotnost nadzemní biomasy kokrhele a trav

Sklizeň veškeré biomasy probíhala 16. 6. 2014. Nejprve byly spočítány rostliny kokrhele a sklizena jejich biomasa. Poté byla sklizena biomasa trav na parcelách, kde se vyskytoval kokrhel menší. Nakonec byla pokosena biomasa na parcelách, na nichž se kokrhel menší nevyskytoval. Jednalo se o zbývajícího  $0,5 \text{ m}^{-2}$  na každé z již zmiňovaných šestnácti parcel.

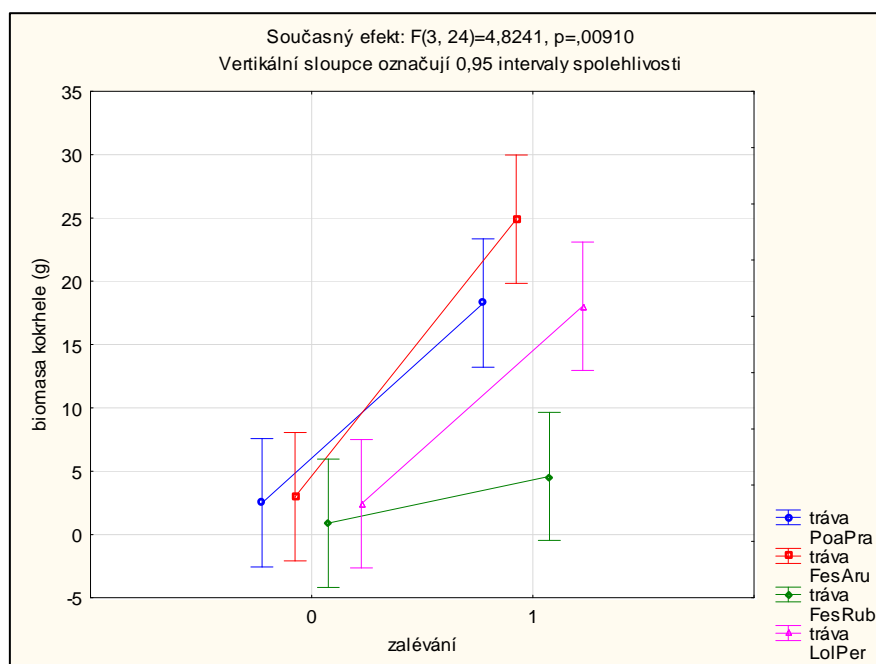
Skližená biomasa byla vložena do papírových sáčků. Takto zpracovaná biomasa byla odvezena z pokusného stanoviště v Žabčicích na Mendelovu universitu v Brně. Zde byla sklizená hmota uložena do sušárny a při konstantní teplotě sušena. Po vyjmutí biomasy ze sušárny byly veškeré vzorky zváženy na digitální váze. Výsledky statistického hodnocení jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 7: Výsledky analýzy variance pro biomasu rostlin kokrhele dne 16. 6. 2014

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
tráva	532,806	3	177,602	7,3636	0,001153
zalévání	1625,498	1	1625,498	67,3955	0,000000
tráva*zalévání	349,056	3	116,352	4,8241	0,009104
Chyba	578,851	24	24,119		

Z tab. 7 vyplývá, že travní druh, závlaha i interakce obou faktorů měly vysoce průkazný vliv na biomasu kokrhele menšího.

Obr. 6: Vliv závlahy a hostitelského druhu na biomasu rostlin kokrhele menšího při sklizni dne 16. 6. 2014



Z obr. 6 vyplývá, že nejvyšší biomasa kokrhele byla zjištěna na zavlažovaných parcelách s kostřavou rákosovitou, zatímco u kostřavy červené závlaha nezvýšila hmotnost biomasy kokrhele. Na nezavlažovaných variantách nebyly zjištěny rozdíly mezi hostiteli.

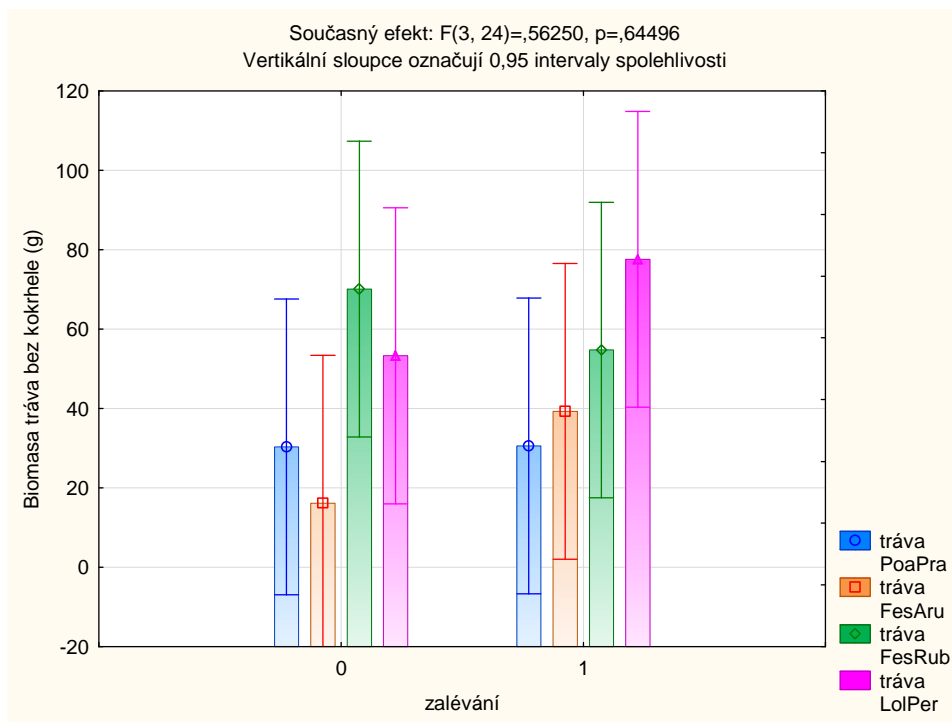
### 5.2.1 Trávy bez kokrhele na parcelkách s kokrhelem

Na rozdíl od samotné biomasy kokrhele nedošlo k průkaznému zvýšení biomasy trav při závlaze, ani nebyly zjištěny průkazné rozdíly vlivem travního druhu. Možným vysvětlením pro neprůkaznost rozdílů mezi druhy je nahodilý výskyt jetelovin, které nebyly při sklizni od biomasy trav odděleny. Neprůkazný vliv závlahy je zřejmě způsoben odčerpáváním vody kokrhelem, který ji méně efektivně využívá pro tvorbu své biomasy.

Tabulka 8: Výsledky analýzy variance pro biomasu trav na parcelkách s kokrhelem dne 16. 6. 2014

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Tráva	9780,88	3	3260,29	2,49960	0,083707
Zalévání	524,56	1	524,56	0,40217	0,531971
tráva*zalévání	2201,07	3	733,69	0,56250	0,644959
Chyba	31303,85	24	1304,33		

Obr. 7: Vliv závlahy na biomasu rostlin trav na parcelkách s kokrhelem při sklizni dne 16. 6. 2014

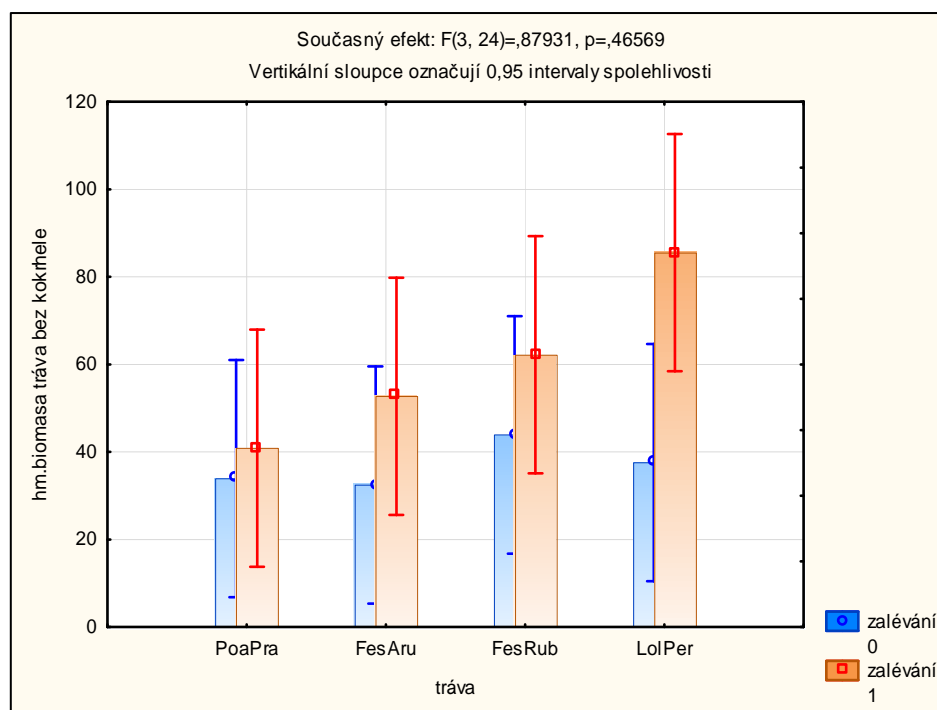


Z následující tabulky a grafu vyplývá, že produkce nadzemní biomasy trav nebyla průkazně ovlivněna druhem, ale byla průkazně zvýšena závlahou. Neprůkaznost rozdílů je spojena s nahodilým výskytem doprovodných rostlin (zejména vičenc setý, štirovník růžkatý, jetel luční), které se na sklizené biomase výrazně podílely.

Tabulka 9: Výsledky analýzy variance pro biomasu trav na parcelkách bez kokrhele dne 16. 6. 2014

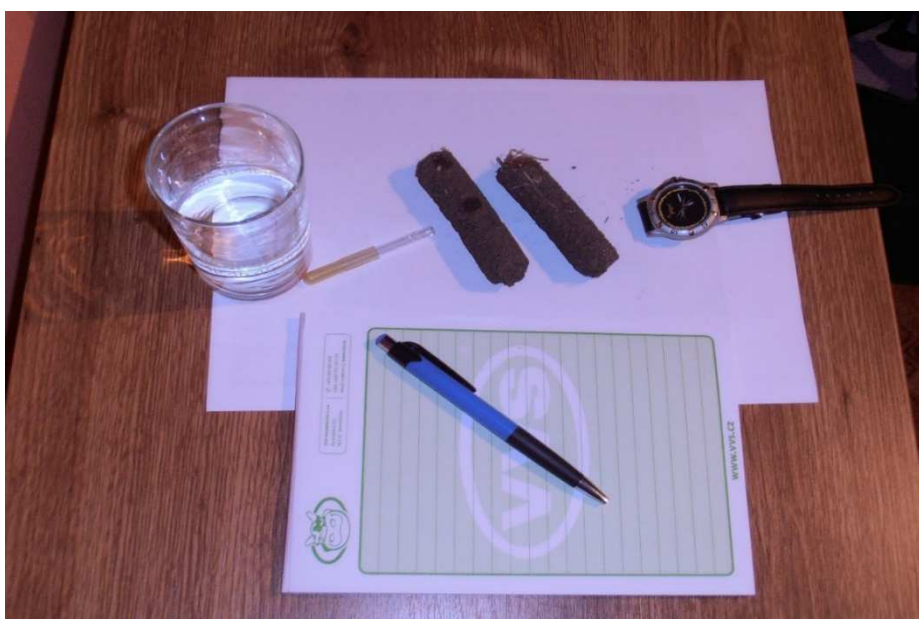
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
tráva	2800,12	3	933,37	1,3522	0,281120
zalévání	4367,85	1	4367,85	6,3279	0,018985
tráva*zalévání	1820,84	3	606,95	0,8793	0,465685
Chyba	16566,03	24	690,25		

Obr. 8: : Vliv závlahy na biomasu rostlin trav na parcelkách bez kokrhele při sklizni dne 16. 6. 2014



### 5.3 Hodnocení hydrofóbnosti půdy

Obr. 9: Zkouška hydrofóbnosti (foto autor)





Při hodnocení hydrofóbnosti půd byly zjištěny její příznaky pouze na povrchu půdy. V hlubších vrstvách zasákla kapka bezprostředně po jejím položení na půdní vzorek.

Výsledky měření hydrofóbnosti jsou uvedeny v následující tabulce č. 10.

Tabulka 10: Stanovení hydrofóbnosti kapkou vody umístěné na povrchu, 1 cm pod povrchem a v hloubce 5 cm

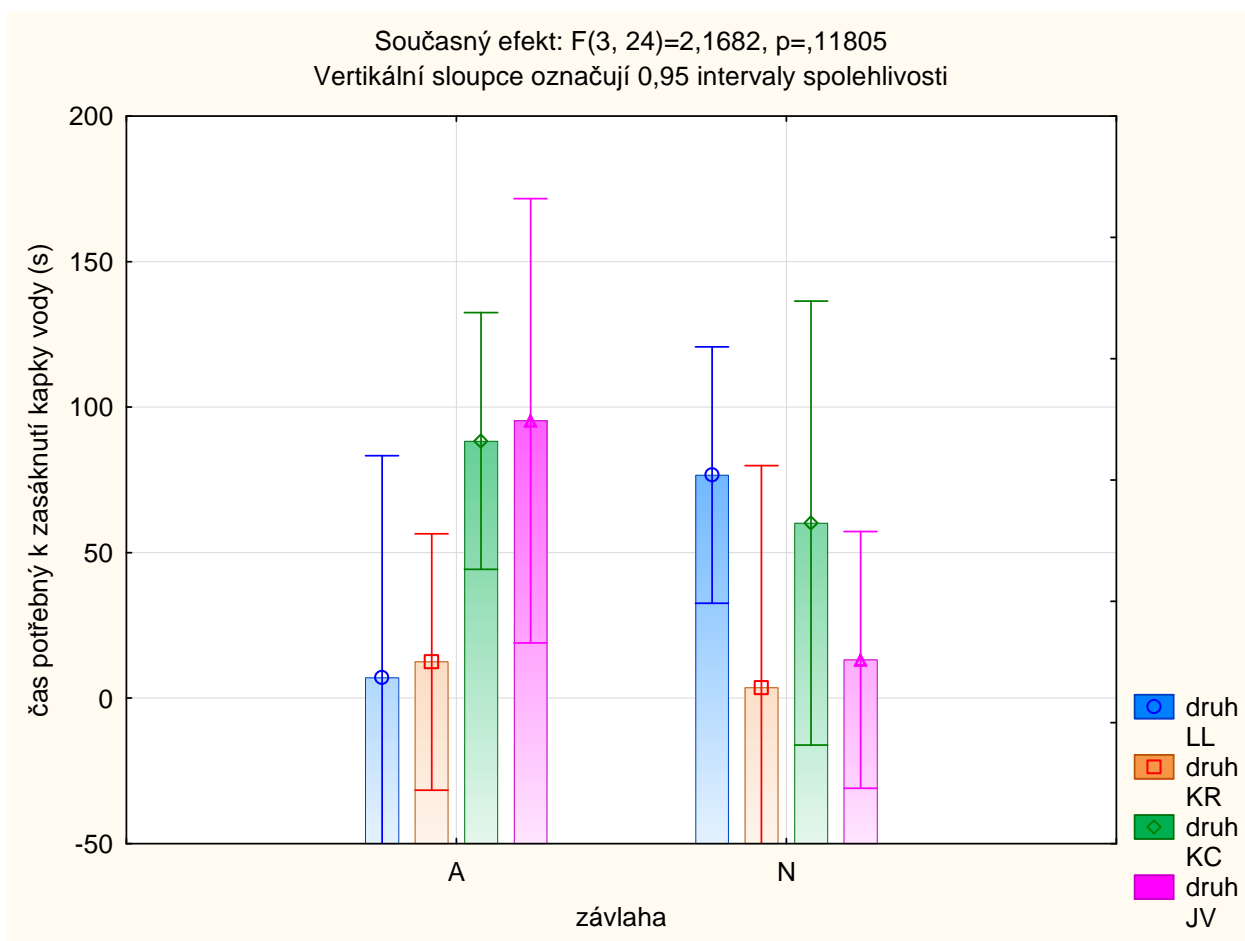
Druh	5 cm	1 cm	povrch
<i>Festuca Rubra</i>	0,0	0,0	81,3 a
<i>Poa Pratensis</i>	0,0	0,0	59,3 a
<i>Festuca Arundinaceae</i>	0,0	0,0	33,7 a
<i>Lolium Perenne</i>	0,0	0,0	10,3 a

Z pokusu vyplývá, že z odebraných vzorků trav vychází kostřava červená jako tráva z největší hydrofóbností.

Tabulka 11: Výsledky analýzy variance pro dobu potřebnou k zasáknutí kapky vody do povrchové vrstvy půdy. Odběr vzorků dne 5. 11. 2014

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
tráva	13921,30	3	4640,43	1,69641	0,194427
zalévání	925,60	1	925,60	0,33837	0,566194
tráva*zalévání	17792,72	3	5930,91	2,16817	0,118048
Chyba	65650,54	24	2735,44		

Obr. 10: Stanovení času potřebného k zasáknutí kapky vody



Ačkoliv byla hydrofóbnost půdy nejvyšší u kostřavy červené, vlivem vysoké variability dat nebyl počet testovaných vzorků dostatečný pro statistické prokázání rozdílů mezi travními druhy.

## 5.4 Hodnocení infiltrační schopnosti

Tabulka č. 12: Hodnocení infiltrační rychlosti dne 5. 11. 2014 na parcelkách trav s hospitelem

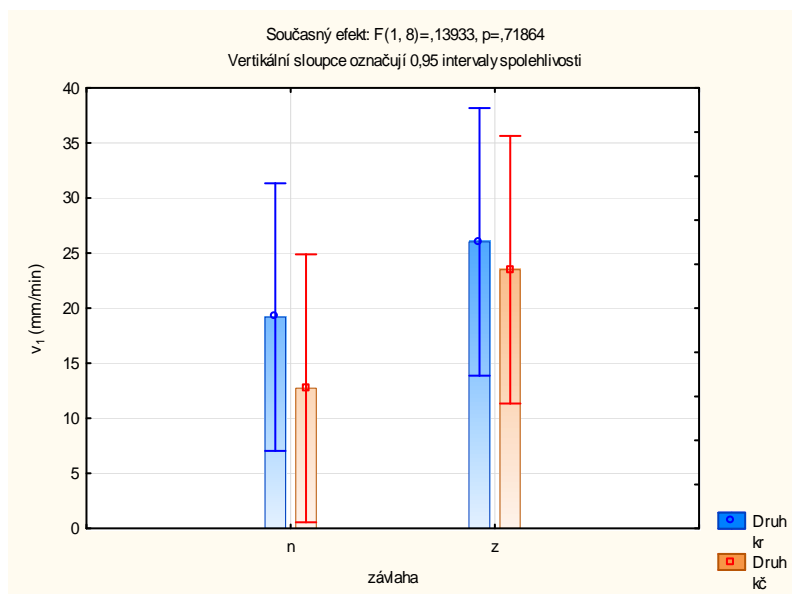
měření č.	Druh	závlaha	v1 (mm/min)	exponent
1	kr	n	9,46	-0,603
2	kč	n	0,222	-0,573
3	kč	n	19,57	-0,644
4	kr	n	15,89	-0,711
5	kr	n	32,26	-0,667
6	kč	n	18,4	-0,635
7	kr	z	31,84	-0,613
8	kč	z	29,56	-0,689
9	kr	z	18,64	-0,678
10	kr	z	27,64	-0,642
11	kč	z	18,31	-0,751
12	kč	z	22,64	-0,64

Metoda vyhodnocení infiltrační rychlosti byla převzata z publikace Kasprzak (1989)

Tabulka 13: Výsledky analýzy variance infiltrační rychlost v 1. minutě (měřeno dne 5. 11. 2014)

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
tráva	60,876	1	60,876	0,73000	0,417731
zalévání	232,566	1	232,566	2,78885	0,133471
tráva*zalévání	11,619	1	11,619	0,13933	0,718643
Chyba	667,131	8	83,391		

Obr. 11: Znázornění infiltrační rychlosti v 1. minutě



## 6 ZÁVĚR

Z výsledků pokusů je zřejmé, že existují rozdíly ve schopnosti kokrhele parazitovat na různých druzích trav. Největší počet vzešlých rostlin kokrhele menšího byl zjištěn na zavlažovaných parcelách s kostřavou rákosovitou (*Festuca arundinaceae*). Oproti tomu nejmenší počet rostlin byl na parcelách s kostřavou červenou, kde závlaha neměla vliv na počet rostlin kokrhele. Celkově závlaha průkazně zvýšila počet rostlin i biomasu kokrhele. Biomasa trav parazitovaných kokrhelem nebyla zvýšena závlahou, pravděpodobně následkem vyšší intenzity odčerpávání vody z hostitele parazitem. Na variantách bez kokrhele zvýšila závlaha průkazně biomasu trav. Kokrhel na kostřavě červené nereagoval na závlahu na rozdíl od dalších druhů trav. Proto byla následně testována hydrofobnost a infiltrační schopnost půd, kde se ukázala tendence kostřavy červené ke snížení těchto parametrů, ale vzhledem k velké variabilitě nebyly rozdíly průkazné.

Z pokusu vyplývá, že kostřava červená není vhodným hostitelem kokrhele menšího v suchých a teplých podmínkách jižní Moravy. Naopak vhodným hostitelem se jeví hluboce kořenící kostřava rákosovitá a klonální (výběžkatá) lipnice luční.

## **7 SEZNAM ZKRATEK**

LL – Lipnice luční

KR – Kostřava rákosovitá

KČ – Kostřava červená

JV – Jílek vytrvalý

SWR – soil watter repellency (hydrofóbnost půd)

WDPT – water droplet penetration test (kapková zkouška)

Hm. - hmotnost

## 8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Úhrn srážek Žabčice 2011-2014

Tabulka 2: Schéma oseté plochy

Tabulka 3: Schéma závlahy pokusných ploch

Tabulka 4: Počet vzešlých kokrhelů (hodnocení 18. 4. 2014)

Tabulka 5: Výsledky analýzy variance pro počet rostlin kokrhele dne 18. 4. 2014

Tabulka 6: Výsledky analýzy variance pro počet rostlin kokrhele dne 16. 6. 2014

Tabulka 7: Výsledky analýzy variance pro biomasu rostlin kokrhele dne 16. 6. 2014

Tabulka 8: Výsledky analýzy variance pro biomasu trav na parcelkách s kokrhelem dne 16. 6. 2014

Tabulka 9: Výsledky analýzy variance pro biomasu trav na parcelkách bez kokrhele dne 16. 6. 2014

Tabulka 10: Stanovení hydrofóbnosti kapkou vody umístěné na povrchu, 1 cm pod povrchem a v hloubce 5 cm

Tabulka 11: Výsledky analýzy variance pro dobu potřebnou k zasáknutí kapky vody do povrchové vrstvy půdy. Odběr vzorků dne 5. 11. 2014

Tabulka 12: Hodnocení infiltrační rychlosti dne 5. 11. 2014 na parcelkách trav s hostitelem

Tabulka 13: Výsledky analýzy variance infiltrační rychlost v 1. minutě (měřeno dne 5. 11. 2014)

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 *Rhinanthus minor* (zdroj:www.botany.cz)

Obr. 2: Měření infiltrace půdy (foto autor)

Obr. 3: Kvetoucí kokrhel menší, Žabčice 23. 5. 2014 (foto autor)

Obr. 4: Vzešlé rostliny kokrhele menšího 18. 4. 2014 (foto autor)

Obr. 5: Vliv závlahy a hostitelského druhu na počet rostlin kokrhele menšího při sklizni dne 16. 6. 2014

Obr. 6: Vliv závlahy a hostitelského druhu na biomasu rostlin kokrhele menšího při sklizni dne 16. 6. 2014

Obr. 7: Vliv závlahy na biomasu rostlin trav na parcelkách s kokrhelem při sklizni dne 16. 6. 2014

Obr. 8: Vliv závlahy na biomasu rostlin trav na parcelkách bez kokrhele při sklizni dne 16. 6. 2014

Obr. 9: Zkouška hydrofóbnosti (foto autor)

Obr. 10: Stanovení času potřebného k zasáknutí kapky vody

Obr. 11: Znázornění infiltrační rychlosti v 1. minutě



## 10 POUŽITÁ LITERATURA

- AAMLID, Trygve, Tatsiana ESPEVIG a Agnar KVALBEIN. The potential of a surfactant to restore turfgrass quality on a severely water-repellent golf green. *Biologia*. 2009, vol. 64, issue 3, s. 620-623.
- AMELOOT, Els, Kris VERHEYEN a Martin HERMY. Meta-analysis of standing crop reduction by *Rhinanthus* spp. and its effect on vegetation structure. *Folia Geobotanica* [online]. 2005, vol. 40, 2-3, s. 289-310 [vid. 2015-02-16]
- ASTM D5093-02(2008), Standard Test Method for Field Measurement of Infiltration Rate Using Double-Ring Infiltrometer with Sealed-Inner Ring, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008,
- BOTANY.cz* [online]. 2007-2015 [vid. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/>
- BROTAN, J., Z. ŽALUD, Z. ŽALUD, J. BROTAN, M. TRNKA, P. HLAVINKA a D. SEMERÁDOVÁ. Klimatické a agroklimatické podmínky Žabčic v období 1961-2010 (Climatic and agroclimatic conditions of Žabčice experimental field in the period 1961-2010). *Folia universitatis agriculturae et silviculturae Mendeliane Brunensis*. 2013, č. 6.
- BULLOCK, James M., Iby L. MOY, Sarah J. COULSON a Ralph T. CLARKE. Habitat-specific dispersal: environmental effects on the mechanisms and patterns of seed movement in a grassland herb *Rhinanthus minor*. *Ecography* [online]. 2003, vol. 26, s. 692-704 [vid. 2015-02-14].
- CAMERON, D. D., A. M. COATS a W. E. SEEL. Differential Resistance among Host and Non-host Species Underlies the Variable Success of the Hemi-parasitic Plant *Rhinanthus minor*. *Annals of Botany* [online]. 2006, vol. 98, s. 1289-1299 [vid. 2015-02-23].
- CAMERON, D. D., J.-M. GENIEZ, W. E. SEEL a L. J. IRVING. Suppression of Host Photosynthesis by the Parasitic Plant *Rhinanthus minor*. *Annals of Botany* [online]. 2008, vol. 101, s. 573-578 [vid. 2015-02-16].
- CAMERON, Duncan D. a Wendy E. SEEL. Functional anatomy of haustoria formed by *Rhinanthus minor*: linking evidence from histology and isotope tracing. *New Phytologist* [online]. 2007, vol. 174, s. 412-419 [vid. 2015-02-16].
- COULSON, Sarah J., James M. BULLOCK, Mark J. STEVENSON a Richard F. PYWELL. Colonization of grassland by sown species: dispersal versus microsite li-

- mitation in responses to management. *Journal of Applied Ecology* [online]. 2001, vol. 38, s. 204-216 [vid. 2015-02-14].
- DAVIES, D.M., J.D. GRAVES, C.O. ELIAS a P.J. WILLIAMS. The impact of *Rhinanthus* spp. on sward productivity and composition: Implications for the restoration of species-rich grasslands. *Biological Conservation* [online]. 1997, vol. 82, s. 87-93 [vid. 2015-02-23].
- DEKKER, L.W., OOSTINDIE, K., ZIOGAS, A.K., RITSEMA, C.J., 2001: The impact of water repellency on soil moisture variability and preferential flow. International Turfgrass Society, *Research Journal* 9:498-505
- EHRLÉN, JOHAN, ZUZANA MÜNZZBERGOVA, MARTIN DIEKMANN a OVE ERIKSSON. Long-term assessment of seed limitation in plants: results from an 11-year experiment. *Journal of Ecology* [online]. 2006, vol. 94, s. 1224-1232 [vid. 2015-02-14].
- GIBSON, C. C. a A. R. WATKINSON. The host range and selectivity of a parasitic plant: *Rhinanthus minor* L. *Oecologia* [online]. 1989, vol. 78, s. 401-406 [vid. 2015-02-23].
- GRAU, Jürke et al. *Trávy: lipnicovité, šáchorovité, sítinovité a rostliny podobné travám Evropy*. Vyd. 2. Praha: Euromedia Group - Ikar, 2002. 287 s. Průvodce přírodou. ISBN 80-242-0783-4.
- HEJCMAN, M., Z. STEINOVÁ, P. HEJCMANOVÁ, V. PAVLŮ a J. SCHELLBERG. Plant density and seed production of *Rhinanthus minor* under long-term Ca, N, P and K fertiliser application in the Rengen Grassland Experiment (Germany). *Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions*. [online] 2011, č. 16, s. 595-597. [vid. 2015-02-20].
- HRABĚ, František a Karl BUCHGRABER. *Pícninářství: travní porosty*. 2., přeprac. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009, 154 s. ISBN 978-807-3753-054.
- HRABĚ, František. et al. *Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi*. Olomouc: Ing. Petr Baštan, 2004, 121 s. ISBN 80-903275-1-6.
- HRABĚ, F. (ed.), *Trávníky pro zahradu, krajinu a sport*. 1. vyd. 1. Olomouc: Vydavatelství Ing. Petr Baštan, 2009. s. 35-39. ISBN 978-80-87091-07-4.

- HRÁDEK, František a Petr KUŘÍK. *Hydrologie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta ve vydavatelství Credit, 2002, 271 s. ISBN 80-213-0950-4.
- HROUDA, Lubomír. *Rostliny luk a pastvin*. Vydání 1. Praha: Academia, 2013, 447 s. ISBN 80-200-2259-7.
- HULST, Robert Van, Bill SHIPLEY a Andrée THÉRIAULT. Why is *Rhinanthus minor* (Scrophulariaceae) such a good invader?. *Canadian Journal of Botany* [online]. 1987, vol. 65, s. 2373-2379 [vid. 2015-02-14].
- CHLOUPEK, Oldřich. *Genetická diverzita, šlechtění a semenářství*. vyd. 3., upravené. Praha: Academia ČMT, 2008, 307 s. ISBN 978-802-0015-662
- KASPRZAK, K., 1989: Infiltrace a povrchový odtok na holé půdě při dešti s konstantní intenzitou. *Vodohospodářský časopis*, 37 (2): 137 – 153
- KELLY, D. Demography of Short-Lived Plants in Chalk Grassland. I. Life Cycle Variation in Annuals and Strict Biennials. *The Journal of Ecology* [online]. 1989, vol. 77, s. 747 – 769 [vid. 2015-02-14].
- KIVINIEMI, Katariina a Ove ERIKSSON. Dispersal, Recruitment and Site Occupancy of Grassland Plants in Fragmented Habitats. *Oikos* [online]. 1999, vol. 86, s. 241 – 253 [vid. 2015-02-14].
- KLIMEŠOVÁ, Jitka. Černá ovce rodiny. *Vesmír* 86. 2007, č. 9, s. 574-576.
- KLIMEŠOVÁ, Jitka. Jaké to je, když vám někdo pije vodu: Životní strategie poloparazitů. *Vesmír* 87. 2008, č. 2, s. 110-113.
- Květena České republiky - plané rostliny ČR* [online]. 2003-2015 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.kvetenacr.cz/>
- MATTHIES, Diethart a Keith CLAY. Parasitic and Competitive Interactions between the Hemiparasites *Rhinanthus Serotinus* and *Odontites Rubra* and their Host *Medicago Sativa*. *The Journal of Ecology* [online]. 1995, vol. 83, s. 391-412 [vid. 2015-02-16].
- MUDRÁK, Ondřej a Jan LEPŠ. Interactions of the Hemiparasitic Species *Rhinanthus minor* with its Host Plant Community at Two Nutrient Levels. *Folia Geobotanica* [online]. 2010, vol. 45, s. 407-424 [vid. 2015-02-23].
- MUDRÁK, Ondřej, Jan MLÁDEK, Petr BLAŽEK, Jan LEPŠ, Jiří DOLEŽAL, Eliška NEKVAPILOVÁ a Jakub TĚŠITEL. Establishment of hemiparasitic *Rhinanthus* spp.

- in grassland restoration: lessons learned from sowing experiments. *Applied Vegetation Science*. 2013, vol. 17, s. 274-287 [cit. 2015-02-16].
- MUNZBERGOVA, ZUZANA. Effect of spatial scale on factors limiting species distributions in dry grassland fragments. *Journal of Ecology* [online]. 2004, vol. 92, s. 854-867 [vid. 2015-02-14].
- OLMSTEAD, Richard G., Claude W. DEPAMPHILIS, Andrea D. WOLFE, Nelson D. YOUNG, Wayne J. ELISONS a Patrick A. REEVES. Disintegration of the Scrophulariaceae. *American Journal of Botany* [online]. 2001, vol. 88, s. 73-74 [vid. 2015-02-14].
- PITTER, Pavel a Petr KURŮK. *Hydrochemie*. 4. aktualiz. vyd. Praha: VŠCHT, 2009, viii, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- POLÍVKA, František. *Názorná květena zemí koruny české obsahující též četnější rostliny cizozemské, pěstované u nás pro užitek a okrasu*. Olomouc: R. Promberger, 1904, 476 s.
- PYWELL, RICHARD F., JAMES M. BULLOCK, KEVIN J. WALKER, SARAH J. COULSON, STEVE J. GREGORY a MARK J. STEVENSON. Facilitating grassland diversification using the hemiparasitic plant *Rhinanthus minor*. *Journal of Applied Ecology* [online]. 2004, vol. 41, s. 880-887 [vid. 2015-02-23].
- ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2003, 226 s. ISBN 978-80-7080-521-3.
- SEEL, W. E. a M. C. PRESS. Effects of repeated parasitism by *Rhinanthus minor* on the growth and photosynthesis of a perennial grass, *Poa alpina*. *New Phytologist* [online]. 1996, vol. 134, s. 495-502 [vid. 2015-02-23].
- SLAVÍK, Bohumil a Jitka ŠTĚPÁNKOVÁ. *Květena České republiky 7*. Praha: Academia, 2004, 767 s. ISBN 80-200-1161-7.
- SLAVÍK, Bohumil. *Květena České republiky 4*. Praha: Academia, 1995, 529 s. ISBN 80-200-0384-3.
- SLAVÍK, Bohumil. *Květena České republiky 6*. Praha: Academia, 2000, 770 s. ISBN 80-200-0306-1.
- SMITH, R.S., R.S. SHIEL, D. MILLWARD a P. CORKHILL. 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* [online]. 2000, vol. 37, s. 1029-1043 [vid. 2015-02-23].

- TĚŠITEL, Jakub, Lenka PLAVCOVÁ a Duncan D. CAMERON. Heterotrophic carbon gain by the root hemiparasites, *Rhinanthus minor* and *Euphrasia rostkoviana* (Orobanchaceae). *Planta* [online]. 2010, vol. 231, s. 1137-1144 [vid. 2015-02-16].
- TURNBULL, Lindsay A., Michael J. CRAWLEY a Mark REES. Are plant populations seed-limited? A review of seed sowing experiments. *Oikos* [online]. 2000, vol. 88, s. 225-238 [vid. 2015-02-14].
- VÍTOVÁ, Alena a Jan LEPŠ. Experimental assessment of dispersal and habitat limitation in an oligotrophic wet meadow. *Plant Ecology* [online]. 2011, vol. 212, s. 1231-1242 [vid. 2015-02-14].
- WESTBURY, DUNCAN B. *Rhinanthus minor* L. *Journal of Ecology* [online]. 2004, vol. 92, s. 906-927 [vid. 2015-02-14].