

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta



Mravenci jako roznašeči semen v luční vegetaci

Bakalářská práce

Marie Konečná

Školitel: Prof. RNDr. Jan Lepš, CSc.

České Budějovice

2012

Konečná M. (2012): Mravenci jako roznašeči semen v luční vegetaci [Ants as dispersers of seeds in meadow vegetation. Bc. Thesis, in Czech] – 43 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation: Seed dispersal by ants was investigated in a wet meadow. Vegetation and viable seed bank of places with and without ant-hill were compared. The response of ants to the presence of elaiosome on seeds of myrmecochorous plant *Pedicularis sylvatica* was observed.

Práce byla podporována grantem GAČR 31–206/091471.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice, 27. 4. 2012

.....
Marie Konečná

Děkuji:

Šuspovi, za jeho pomoc na místy strastiplné „mravenčí stezce“.

Áje Vítové za pomoc kdykoli a s čímkoli během celého „prokousávání se studiem a hlavně pokusy“.

Pavlu Pechovi za určení mravenců.

Pavlu Kúrovi za pomoc se statistikou.

Své rodině za podporu a především mamce, za to, že mě vždycky obložila jídlem, když jsem se vrátila do rodného lesa u města Vimperk; „nebiologickým“ kamarádům z Předšumaví i „biologickým“ budějovickým.

Letošní spolubydlící Jitce za to, že přežila hromadění sena a jiné entropie na pokoji. Dále musela přetrpět opakované ukazování „roztomilých semenáčků“ hlavně „chlupatých Luzul“ ze skleníkového pokusu.

V neposlední řadě těm, kteří mě dokázali vždy (ne)priměřeně naštvat, což zapříčinilo, že mi práce šla lépe od ruky.

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1. Úvod do problému myrmekochorie	1
1.2. Výhody a nevýhody myrmekochorie	1
1.3. Adaptace rostlin	3
1.4. Elaiosom	3
1.5. Průběh odnosů.....	4
1.6. Rozšíření myrmekochorie ve světě	4
1.7. Myrmekochorie na Ohrazení	5
2. Cíle experimentální části práce	8
3. Metodika	9
3.1 Popis lokality	9
3.2 Uspořádání pokusů.....	10
3.2.1 Porovnání vegetace plošek s mraveništi a plošek kontrolních	10
3.2.2 Porovnání semenné banky plošek s mraveništi a plošek kontrolních	10
3.2.3 Porovnání druhového složení semenné banky a vegetace plošek	11
3.2.4 Interakce mravenců se semeny – „odnosy“	11
3.2.5 Zjištění umístění „odkladiště“ mravenců na Ohrazení	11
3.3 Statistické zpracování	12
3.3.1 Použitý statistický software	12
3.3.2 Porovnání vegetace plošek s mraveništi a plošek kontrolních	12
3.3.3 Porovnání biomasy plošek s mraveništi a plošek kontrolních.....	12
3.3.4 Porovnání druhů rostlin zjištěných v semenné bance a ve vegetaci plošek .	12
3.3.5 Porovnání druhového složení semenné banky a vegetace plošek	13
3.3.6 Interakce mravenců se semeny – „odnosy“	13
4. Výsledky	13
4.1 Porovnání vegetace plošek s mraveništi a kontrolních	13
4.2 Porovnání biomasy plošek s mraveništi a plošek kontrolních	17
4.3 Porovnání semenné banky plošek s mraveništi a bez nich	18
4.4 Porovnání druhového složení semenné banky a vegetace studovaných plošek	23
4.5 Interakce mravenců se semeny – „odnosy“	24
4.6 Zjištění umístění odkladiště mravenců na Ohrazení	24
5. Diskuse.....	25
5.1 Porovnání vegetace plošek s mraveništi a plošek kontrolních.....	25
5.2 Porovnání semenné banky plošek s mraveništi a plošek kontrolních.....	29
5.3 Porovnání druhového složení semenné banky a vegetace studovaných plošek	31
5.4 Interakce mravenců se semeny – „odnosy“	32
6. Závěr	33
7. Literatura.....	34
8. Přílohy.....	39

1. Úvod

1.1. Úvod do problému myrmekochorie

Pojem myrmekochorie je odvozen z řeckých slov „*myrmeco*“ (související s mravenci) a „*chory*“ (roznos). Jedná se tedy o typ zoochorie, kdy se mravenci podílejí na šíření semen rostlin. Přestože jsou tyto vztahy mezi mravenci a semeny zmiňovány a pozorovány již odedávna, podrobně popsány byly poprvé v monografii Sernander (1906).

Mnoho druhů rostlin, Lengyel (2010) uvádí počet nejméně 11 000 druhů v 77 čeledích, rozšiřuje svá semena pomocí mravenců. K podobnému počtu čeledí došel i Gómez & Espadaler (1998), který však uvádí jako počet druhů 3000 ve více než 80 čeledích. Z toho je patrné, že se názory na to, který druh je myrmekochorní, v čase a mezi autory liší.

Existují různé způsoby klasifikace myrmekochorních rostlin. Jedním dělením je podle přítomnosti elaiosomu. Elaiosom je přívěsek semen bohatý především na tuky. Rostliny, které jej mají, jsou někdy nazývány specializovanými myrmekochorními rostlinami. Nespecializovanými se nazývají naopak ty druhy rostlin, u kterých je rozšiřování semen uskutečňováno bez přítomnosti elaiosomu (Gorb & Gorb 2003). Dalším dělením je dělení na obligátní a fakultativní myrmekochorní rostliny. Obligátní jsou ty, které využívají roznos mravenci jako jediný způsob rozšiřování, např. *Asarum europaeum*, fakultativní pak využívají i další způsoby, např. *Chelidonium majus* (Ulbrich 1939). Ovšem praktické určení, který druh je nutno považovat za obligátně a který za fakultativně myrmekochorní, považují za extrémně obtížné, případně i nemožné – tyto kategorie pak nejsou uváděny v databázích a užívají se jen výjimečně. **V úvodu své práce podávám širší přehled o problému myrmekochorie, včetně literární rešerše, a teprve v jeho poslední části se věnuji problémům, které přímo souvisí s mou experimentální prací.**

1.2. Výhody a nevýhody myrmekochorie

Myrmekochorie je současně typem mutualismu rostlina – mravenec. Výhody, které přináší mravencům, popsal např. Gammans & Bullock (2005). Při krmení kolonií mravenců druhu *Myrmica ruginodis* semeny s elaiosom druhů rodu *Ulex* se zvýšil počet i váha larev, dále pak dělnice lépe přeživaly zimu. Kolonie druhu *Myrmica rubra* dokrmovaná elaiosomy druhů *Scilla bifolia* a *Corydalis cava* měla v práci Fokuhl et al. (2007) lepší přežívání zimy a více kulek dělnic než ta, která měla dostatek jiné potravy. Některé skupiny rostlin, například

Piperaceae či rod *Philodendron*, jsou pěstovány v tzv. „mravenčích zahrádkách“. Tyto zahrádky mravenci tvoří ve větvích keřů a stromů z hlíny, rostlinného odpadu a rozžvýkaných rostlinných vláken. Do nich nanosí semena a z epifytických rostlin, které zde vyrostou, pak slouží mravencům jako potrava výživné výrůstky rostlin, dužnina plodů a nektar (Hölldobler & Wilson 1995).

A jaké výhody tedy myrmekochorie přináší rostlinám? Podle Bonda & Slingsbyho (1984) myrmekochorie redukuje predaci hlodavců na semenech (studováno v jižní Africe) a snižuje množství herbivorního hmyzu na těchto rostlinách (Hölldobler & Wilson 1995). Dále jim pomáhá v kompetici s nemyrmekochorními rostlinami (Handel 1978). Výhodou též může být přenos semen na místa bohatá na živiny (Culver & Beattie 1978), avšak některé studie tyto hypotézy nepotvrzují (Horvitz & Schemske 1986). Dále zvýšení vzdálenosti rozptylu semen (Andersen 1988). I malý kousek dráhy, kterým mravenec přispěje, podstatně sníží kompetici mateřské rostliny se semenáčky (parent-offspring competition). Pro představu – vzdálenost semen, pro která mravenci putují od mraveniště, se podle Gómeze & Espadalera (1998) pohybuje v rozmezí od 0,01 m do 77 m. Nejvyšší hodnota se shoduje s měřeními Davidsona & Mortona (1981). Myrmekochorie je tedy výhodná jak pro mravence, tak pro rostliny. Tento mutualismus se však může snadno změnit v exploataci. Někteří mravenci snědí elaiosom bez toho, aby semeno přenesli, chovají se tedy spíše jako predátoři než jako roznašeči (Garrido et al. 2002).

V literatuře jsou často popisovány specifické půdní podmínky v mraveništích. King (1981) například uvádí pro mraveniště nižší procento organické hmoty než v okolí, s čímž souvisí nižší schopnost půdy zadržovat vodu. Mraveniště se tak na vlhké louce stávají suššími ostrůvky, které vyhledávají suchomilnější druhy rostlin. Toto ve své studii potvrdil Lesica (1998), který dále zdůrazňuje i odlišnou strukturu půdy a její lepší provzdušnění. Podobně Dean et al. (1997) uvádí v mraveništi větší obsah písku a nižší obsah siltu oproti okolí. Hodně studií se věnovalo chemismu půdy mravenišť a zjistili odlišnosti od půdy okolní (King 1981, Dean et al. 1997), nicméně jejich výsledky se rozcházejí a nelze v nich najít žádný společný trend, neshodují se v pH ani v obsahu dusíku. Těmito odlišnostmi můžeme vysvětlit pozitivní vliv mravenišť na uchycování semenáček (Culver & Beattie 1978), což ale nemusí platit ve všech případech (Horvitz & Schemske 1986). Rozdíly ve vlastnostech půdy mravenišť a okolí ale nemusí nutně znamenat rozdíl ve druhovém složení vegetace, Dean et al. (1997) nenalezl průkazně vyšší počet bazofilních či acidofilních či nitrofilních rostlin v mraveništních.

Myrmekochorie přináší oběma stranám také nevýhody. Semena mravenci přenesou do mraveniště, ta poté vyklíčí a semenáčky mohou mraveništi stínit a ochlazovat ho (Gorb et al. 1997). Semena rostlin mohou být skladována v hlubších částech mraveniště, pokud odtud nejsou dále transportována blíže k povrchu půdy, snižuje se jejich šance na úspěšné uchycení (Renard et al. 2010).

1.3. Adaptace rostlin

Myrmekochorní rostliny jsou na roznos mravenci adaptovány, nejnápadnějším přizpůsobením je zmiňovaný elaiosom, ale existuje i řada dalších. Gorb & Gorb (2003) uvádějí tyto typy adaptací: morfologické (elaiosom, výstupky na semeni sloužící k úchopu), anatomické, biochemické (chemické složení elaiosomů – potřebné tuky, esenciální mastné kyseliny, cukry, vitamín C, produkce atraktantů) (Fischer et al. 2008) a fenologické (časné kvetení a tím i dozrávání semen) adaptace. Mezi těmito rostlinami je nápadně mnoho časných jarních rostlin, např. *Hepatica nobilis*, *Galanthus nivalis*, *Leucojum vernum*, *Helleborus* sp. či *Viola* sp., které si tak zajišťují dostatečnou disperzi semen a mravencům zároveň zajišťují dostatek potravy v době nedostatku jiné potravy (Gorb & Gorb 2003, Guitián & Garrido 2006).

1.4. Elaiosom

Mezi morfologické adaptace patří již zmiňovaný elaiosom. Původ vzniku tohoto přívěsku semen je z různých částí rostliny jako je chaláza, funikulus, perikarp (Ciccarelli 2005). Tento pojem pochází ze starořeckých výrazů „*elaion*“ (olej) a „*sōma*“ (tělo), i přesto je v literatuře používáno více pojmů, např. karuncula u čeledi *Euphorbiaceae*. Problémem je i samotné rozpoznání elaiosomu, pro které je nutné provést chemický rozbor přívěsku (Sernander 1906). Elaiosomy mohou mít různé chemické složení i tvary, podle čehož lze myrmekochorní rostliny dále klasifikovat (Sernander 1906, Gorb & Gorb 2003).

To, že je pro mravence atraktivní z celého semene právě tato část, dokazuje mnoho studií (Hanzawa et al. 1985, Mark & Olesen 1996). Atraktivita elaiosomu je v případě „měkkých elaiosomů“ dána stářím semene (čím starší semena, tím méně vody obsahují). Existuje preference pro semena s čerstvými elaiosomy (Kjellsson 1985, Servigne & Detrain 2009). U druhého typu elaiosomů, které mají pevnou a stálou strukturu, se atraktivita nemění (Berg 1975).

1.5. Průběh odnosů

Přítomnost elaiosomu způsobuje, že některé druhy mravenců dopraví semeno do mraveniště, kde je elaiosom slouží jako potrava přednostně larvám (Gammans & Bullock 2005). Stejně jako ostatní nepotřebný materiál, odkládají mravenci semena s odděleným elaiosomem do komůrek v mraveništi k tomuto účelu zbudovaných či na odkladiště mimo mraveniště. Klíčivost semen není touto manipulací porušena (Gómez & Espadaler 1998). Při odnosech dochází často k upuštění semene mravencem, taková semena mohou být později sebrána a odnesena jiným mravencem (Culver & Beattie 1978).

1.6. Rozšíření myrmekochorie ve světě

Myrmekochorní rostliny najdeme všude ve světě, ale zdá se, že jsou převážně koncentrovány v Austrálii (Berg 1975 udává 1500 druhů) a jižní Africe (Milewsky & Bond 1982 udávají 1300 druhů). Ve zbylých oblastech světa se vyskytuje méně druhů. Počty udávaných druhů musíme vztahovat k roku publikace, protože v posledních letech bylo za myrmekochorní nově označeno velké množství druhů. Pro příklad – Berg (1975) uvádí 30 druhů myrmekochorních rostlin vyskytujících se mimo Austrálii, ale Servigne & Detrain (2008) uvádějí jen pro evropský temperát 260 druhů.

Nerovnoměrné rozšíření ve světě je dáno tím, že mravenci, až na výjimky, vyžadují neobvykle velké množství tepla. Jejich aktivita klesá se snižující se teplotou. Proto se rozmanitost mravenců prudce snižuje směrem z tropů směrem do vyšších zeměpisných šířek (Hölldobler & Wilson 1995). Druhy rostlin závislé na mravencích se tedy nacházejí především v teplejších oblastech.

1.7. Myrmekochorie na Ohrazení

Na Ohrazení se vyskytují tyto myrmekochorní rostliny: *Ajuga reptans*, *Carex pilulifera*, *Carex pallescens*, *Danthonia decumbens*, *Luzula multiflora*, *Pedicularis sylvatica*, *Potentilla erecta* a *Viola palustris*. Myrmekochorie těchto druhů byla stanovena podle databází Ecoflora (Fitter & Peat 1994), Bioflor (Klotz et al. 2002) a knihy Grime et al. (2007). Je-li druh myrmekochorní, není vždy jednoznačné. U některých druhů je přítomnost elaiosomu uváděna zdrojem jako sporná, u některých druhů se zdroje v uváděných informacích rozcházejí či informace chybí (Tabulka 1).

Tabulka 1. Seznam potenciálně myrmekochorních druhů vyskytujících se na Ohrazení. Grime et al. (2007) užívá zkratky: ANIME pro roznos mravenci; UNSP – nespecializovaný.

		Fitter & Peat (1994)	Klotz et al. (2002)	Grime et al. (2007)
1	<i>Ajuga reptans</i>	vždy	vždy	ANIME
2	<i>Carex pallescens</i>	–	–	UNSP
3	<i>Carex pilulifera</i>	vždy	–	ANIME
4	<i>Danthonia decumbens</i>	vždy	–	ANIME
5	<i>Lathyrus pratensis</i>	–	protichůdné názory	UNSP
6	<i>Luzula multiflora</i>	vždy	vždy	ANIME
7	<i>Pedicularis sylvatica</i>	vždy	vždy	ANIME
8	<i>Potentilla erecta</i>	–	vždy	UNSP
9	<i>Prunella vulgaris</i>	–	protichůdné názory	–
10	<i>Viccia cracca</i>	–	protichůdné názory	UNSP
11	<i>Viola palustris</i>	–	vždy	ANIME

Druhy mravenců vyskytující se na Ohrazení jsou tyto: *Formica fusca*¹, *Formica picea*, *Formica sanguinea*, *Lasius platythorax*, *Myrmica scabrinodis*, *Myrmica ruginodis* a *Myrmica vandeli*. Druhem, který se vyskytuje na Ohrazení nejhojněji, je *Myrmica scabrinodis*, která má hustotu 2,3 hnízda/m² (Pavel Pech, úst. sděl.). Ve zkoumaných plochách byly kromě ní zjištěny pouze druhy *Myrmica vandeli* a *Lasius platythorax* (Příloha I).

Ve své práci jsem se zabývala srovnáním druhového složení rostlin mravenišť s okolní vegetací. Pokud lze zaznamenat mezi těmito místy rozdíly ve vegetaci, mohou být způsobeny tímto:

1. Mravenci si volí specifickou vegetaci pro vybudování svých mravenišť.
2. Přítomnost mraveniště ovlivňuje své okolí, udržuje specifické podmínky mikrostanoviště, kde se pak mají určité druhy rostlin tendenci se soustředit.

Z mravenců vyskytujících se na Ohrazení byl studován ve spojitosti s vegetací pouze druh *Myrmica scabrinodis* (King 1981). Další práce, které se vegetací mravenišť zabývaly, jsou například tyto: Barton et al. (2009), Dauber (2006), Dean et al. (1997), Elmes & Wardlaw (1982), King (1981), Kovář et al. (2000) a Lenoir (2009). Zmiňované práce byly prováděny na pastvinách s výjimkou práce Barton et al. (2009), která se zabývala vlhkou ostřicovou loukou. Autoři uvádějí, že by mraveniště mohla tvořit důležitá refugia pro druhy preferující sušší podmínky. Mravenci ovlivňují složení vegetace v blízkosti mravenišť, ve studii s druhem *Galium aparine* (Gorb et al. 1997; opadavý les, *Formica polyctena*) bylo pozorováno, že mravenci zaštipují mladé rostliny tohoto druhu a regulují tak zahřívání mravenišť. Pokud nejsou rostliny včas zneškodněny, mohou však zarůst mraveniště a příliš jej zastínit. Kolonie se pak musí přesunout jinam.

¹ Nomenklatura druhů mravenců byla sjednocena podle knihy Ameisen Mittel- und Nordeuropas (Seifert 2007).

Dále jsem se pokusila srovnat semennou banku z hlediska mravenišť s bankou, která se vyskytuje v půdě mimo mravenišť. Gorb et al. (1997) zaznamenali průkazně vyšší počet mrtvých semen v semenné bance mravenišť *Formica polyctena* (včetně nemymekochorních rostlin), Dauber et al. (2006) našel rozdíl v semenné bance druhu *Lasius flavus*. To může být, jak autoři uvádí, zapříčiněno faktem, že semena mohou sloužit jako stavební materiál či je to pouze důsledkem čištění jejich teritoria. Při srovnání zastoupení myrmekochorních rostlin v semenné bance mravenišť s bankou v půdě mimo mravenišť však Schütz et al. (2008) nenalezl průkazný rozdíl. Naopak Dostál (2004) zjistil rozdíly v druhovém složení, množství a vertikální distribuci semen v semenné bance mravenišť a okolí.

Kjellsson (1985) zkoumal roznos semen druhu *Carex pilulifera* mravencem druhu *Myrmica ruginodis*, oba druhy se na Ohrazení vyskytují. Vzdálenost roznosu se pohybovala mezi 0 – 1,4 m od mateřské rostliny.

2. Cíle experimentální části práce

- Zjistit rozdíly ve vegetaci míst s mraveništi a míst bez nich.
- Zjistit, zda se půda odebraná z mravenišť liší svou semennou bankou od půdy okolní a zda je v ní více životaschopných semen myrmekochorních rostlin.
- Provést pozorování interakce mravenců se semeny – prokázání atraktivity elaiosomů.

3. Metodika

3.1 Popis lokality

Veškeré pokusy probíhaly na lokalitě Ohrazení (48° 57' s.š., 14° 36' v.d.; 510 m n. m.), jejíž rozloha činí přibližně 1 ha. Tato oligotrofní vlhká louka leží 10 km jihovýchodně od Českých Budějovic v blízkosti obce Ohrazení a stejnojmenné rezervace. Louka je obklopena ze tří stran lesem, z poslední jihozápadní strany na ni navazuje pole, ze kterého se na část louky dostávají splachováním živiny. Z hodnot naměřených meteorologickou stanicí v obci Ledenice (vzdálené od Ohrazení necelé 2 km), byla spočítána průměrná teplota pro roky, kdy pokusy probíhaly, činila 7,5°C (2010) a 8,6°C (2011) a roční průměrný úhrn srážek za posledních 18 let, který činí 720 mm. Louka byla do konce 80. let každým rokem jednou či dvakrát kosená. Po přerušení, které trvalo do roku 1994, byl tento management obnoven, s výjimkou severní části, která ustupuje dřevinám. V současnosti probíhají dvě seče a to v druhé polovině června a října. Pokusné plochy ležely v části Ohrazení, která je pravidelně kosená a nepodléhá eutrofizaci.

Ohrazení je druhově poměrně bohaté – bylo zaznamenáno 101 druhů cévnatých rostlin na kosené části (Koutecký 2006, nepublikovaná data). Fytocenologicky je lokalita řazena do svazu *Molinion*. Dominantu tedy tvoří *Molinia caerulea*². Dalšími travami, které se hojně se vyskytují *Agrostis canina*, *Agrostis capillaris*, *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Danthonia decumbens*, *Festuca rubra*, *Holcus lanatus* a *Nardus stricta*. Četné jsou též ostřice: *Carex hartmanii*, *C. ovalis*, *C. pallescens*, *C. panicea*, *C. pilulifera*, *C. nigra* a *C. umbrosa*. Z dvouděložných rostlin jsou zde zastoupeny pro svaz *Molinion* diagnostické druhy *Achillea ptarmica*, *Betonica officinalis*, *Galium boreale*, *Scorzonera humilis*, *Selinum carvifolia* a *Succisa pratensis*. Na sušších místech je možno zaznamenat přechody ke svazu *Violion caninae* s hojným druhem *Nardus stricta* a diagnostickými druhy *Danthonia decumbens* a *Scorzonera humilis*.

² Nomenklatura druhů rostlin byla sjednocena podle Klíče ke květeně České republiky (Kubát et al. 2002).

3.2 Uspořádání pokusů

3.2.1 Porovnání vegetace plošek s mraveništi a plošek kontrolních

V červnu roku 2010 bylo vytyčeno 8 čtvercových ploch o velikosti 2 x 2 m. Po prozkoumání ploch a zjištění množství vyskytujících se mravenišť bylo v každé ploše náhodně vybráno 6 mravenišť. Kolem každého byla vytyčena ploška představující nejbližší okolí mraveniště definovaná jako kruh o poloměru 7,5 cm, v jehož středu leželo mraveniště. V každé ploše byly zároveň vyznačeny kontrolní plošky, tj. místa bez projevu mraveniště.

V červenci roku 2010 byly pořízeny fytoocenologické snímky (procentuální pokryvnosti) jak celých ploch o velikosti 2 x 2 m, tak všech kruhových plošek. Navíc byly zaznamenány druhy rostlin, které rostly v bezprostřední blízkosti či přímo z mravenišť. Z každé kontrolní plošky a plošky s mraveništěm byla odebrána biomasa přibližně 2 – 3 cm nad zemí. Po odebrání byla usušena do konstantní hmotnosti při teplotě 80°C po dobu 24 hodin a zvážena s přesností na 0,001 g.

3.2.2 Porovnání semenné banky plošek s mraveništi a plošek kontrolních

Půdní sondou s vnitřním průměrem 5 cm byly odebrány 2 vzorky ze středu kontrolních plošek a plošek s mraveništěm. Polovina vzorků (tedy vždy 3 z kontrolních plošek a 3 z plošek s mraveništěm v rámci každé plochy) byla odebrána v červenci (12. 7. 2010) před první sečí a druhá polovina v říjnu (18. a 21. 10. 2010). Půdní vzorky byly odebrány do hloubky 4 cm vlastní půdy (z mravenišť byla navíc odebrána jejich nadzemní část jako součást vzorků z plošek, ve kterých ležela). Vzorky půdy byly nejprve vysušeny při pokojové teplotě a poté uskladněny venku, aby semena prošla mrazem (tzv. „*chilling*“), mohly klíčit tedy i rostliny, které k tomu nižší teploty potřebují.

Pro klíčení semen z odebrané půdy byl založen skleníkový pokus ve dnech 18. a 20. dubna 2011. Podle instrukcí pro semennou banku Leda TraitBase (Knevel et al. 2003) byly pěstební nádoby naplněny sterilním pískem, půdní vzorky byly homogenizovány v kádince s vodou a pak byly rozprostřeny na sterilní písek rovnoměrně v tenké vrstvě. Sterilizace písku proběhla v sušárně při 120°C po dobu 2 hodin. Semenáčky byly průběžně určovány a vytrhávány, aby nebraly živiny dalším rostlinám a nestínily jim (při vytrhávání nedocházelo k odstraňování půdního vzorku z misek). Trávy a ostřice, které ve stádiu semenáčku nebylo možné určit, byly přesazeny a dopěstovány do určitého stádia v klimaboxu.

3.2.3 Porovnání druhového složení semenné banky a vegetace plošek

Dále bylo testováno, zda jsou pro jednotlivé druhy korelovány počty životaschopných semen v semenné bance s jejich pokryvnostmi v daných ploškách. Analýzy vztahů druhů vyskytujících se v semenné bance a ve vegetaci plošek byly provedeny odděleně pro plošky s mraveništi a kontrolní plošky. Testovány byly zvláště červencové a říjnové vzorky.

3.2.4 Interakce mravenců se semeny – „odnosy“

Dne 6. 9. 2011 bylo provedeno na Ohrazení pozorování reakce mravenců na nabídnutá semena druhu *Pedicularis sylvatica*. Tobolky všivce byly nasbírány na Ohrazení v červnu stejného roku a uloženy do mrazicího boxu. Večer před pokusem byla polovina potřebných diaspor zbavena elaiosomu pomocí skalpelu. Všechna semena byla vrácena do mrazicího boxu, ze kterého byla vyjmuta druhý den 3 hodiny před začátkem pokusu.

Pokus probíhal při jasném slunečném dni (21°C). Semena byla dána na kartonové kartičky tvaru čtverce o délce strany 6 cm. Pokus sestával z 12 opakování – kartiček, které byly rovnoměrně rozmístěny v ploše 6 x 9 m, tedy nejbližší kartičky byly od sebe vzdálené 3 m. Kartičky z kartónu byly poklady tak, aby mravencům nebylo bráněno ve vstoupení na kartičku, to někdy znamenalo odstranění mechu. Na semínka byla kápnuta voda, aby bylo částečně kompenzováno rychlé schnutí elaiosomů po vyjmutí semen z tobolky, vodou měla být obnovena jejich atraktivita pro mravence (Servigne & Detrain 2009). Na každou kartičku bylo umístěno po 10 semenech s elaiosomem na první hromádku a na druhou hromádku po 10 semenech s elaiosomem odstraněným. Pokus byl započat v 16:00. Semena zbylá na kartičkách byla spočítána v 19:30.

3.2.5 Zjištění umístění „odkladiště“ mravenců na Ohrazení

Dne 6. 9. 2011 bylo obarveno daktyloskopickým fluorescenčním práškem (zeleným) asi 300 semen druhu *Pedicularis sylvatica*. V 16:45 bylo dáno více než 70 těchto semen na každou ze 4 kartónových kartiček 6 x 6 cm umístěných v přímce a vzdálených od sebe 3 m. Za tmy byly pomocí UV baterky hledány stopy tvořené zrníčky prášku, který se během přenosu ze semen uvolňoval.

3.3 Statistické zpracování

3.3.1 Použitý statistický software

Všechny jednorozměrné analýzy byly provedeny v programu Statistica 10 (StatSoft 2011), s výjimkou repeated measurement ANOVA s interakcí, která byla spočítána ve verzi 5.5 (StatSoft 1999). Dále byly použity mnohorozměrné gradientové analýzy v programu Canoco for Windows 4.5 (ter Braak & Šmilauer 2002).

3.3.2 Porovnání vegetace plošek s mraveništi a plošek kontrolních

Rozdíly ve vegetačním pokryvu plošek s mraveništi a bez nich (kontrolní plošky) byly testovány přímou gradientovou analýzou RDA. Ve všech analýzách v této práci byly použity předvolby, tj. žádná standardizace po vzorcích, a pouze centrování po družích. Vysvětlovanými proměnnými byly pokryvnosti jednotlivých druhů, vysvětlující proměnná pak přítomnost či nepřítomnost mraveniště (kódovaná jako *dummy variable*). Hodnoty pokryvností jednotlivých druhů vyjádřené v procentech byly logaritmičsky transformovány podle vzorce $Y' = \log(100 * Y + 1)$. Statistická významnost vlivu přítomnosti mraveniště byla ověřena Monte Carlo permutačním testem (4999 permutací omezených bloky, tj. plochami 2 x 2 m). Statistická významnost závislosti pokryvnosti jednotlivých druhů na kategorii mraveniště/kontrolní plocha byla zjištěna zobrazením diagramu T-statistiky – *T-value biplot* (Lepš & Šmilauer 2003; str. 166–7).

Dále byl testován rozdíl v součtu pokryvností druhů v ploškách s mraveništi a ploškách kontrolních a to zvláště pro myrmekochorní a nemyrmekochorní druhy (viz kapitola 1.8). Testy byly prováděny s pomocí faktoriální ANOVy s pevným efektem přítomnosti/nepřítomnosti mraveniště a náhodným efektem bloku (tj. plocha 2 x 2 m).

3.3.3 Porovnání biomasy plošek s mraveništi a plošek kontrolních

Rozdíl v celkové biomase plošek s mraveništi a plošek kontrolních byl testován pomocí faktoriální ANOVy s náhodným efektem bloku. Hodnoty hmotnosti byly podrobeny logaritmičské transformaci podle vzorce $Y' = \log(Y + 1)$.

3.3.4 Porovnání druhů rostlin zjištěných v semenné bance a ve vegetaci plošek

Počty životaschopných semen v půdních vzorcích odebraných z mravenišť *t* a kontrolních plošek byly porovnávány pomocí neomezené (PCA) i omezené (RDA) gradientové analýzy. Pro počty semenáčků byla použita logaritmičská transformace podle vzorce $Y' = \log(Y + 1)$.

Rozdíl součtu semenáčků myrmekochorních rostlin a nemymekochorních, které z odebrané půdy vyklíčily, byl zjištěn jednak provedením faktoriální ANOVy s pevným efektem kategorie mraveniště/kontrola a náhodným efektem bloku. Stejná primární data byla dále testována analýzou variance pro opakovaná pozorování (repeated measurement ANOVA), kde myrmekochorní/nemymekochorní druh byl faktorem opakovaných pozorování (within factor, within plot factor). Interakce faktorů druh*mraveniště (faktory: druh – myrmekochorní/nemymekochorní rostlina; mraveniště – ploška s mraveništěm/kontrolní ploška) charakterizuje rozdílnost odpovědi myrmekochorních a nemymekochorních druhů na přítomnost mraveniště.

3.3.5 Porovnání druhového složení semenné banky a vegetace plošek

Byl vypočten jednoduchý neparametrický korelační koeficient (Spearmanův) výskytu životaschopných semen jednotlivých druhů s jejich pokryvnostmi v daných ploškách. Korelační koeficient byl počítán pouze pro druhy, které se vyskytovaly současně alespoň v 5 ploškách, a to jak v semenné bance, tak ve snímcích. Byla testována signifikance tohoto vztahu.

3.3.6 Interakce mravenců se semeny – „odnosy“

Frekvence odnosu semen s elaiosomy a bez nich byla porovnávána pomocí jednostranného párového testu. Jednostranný test byl použit, protože v nulové hypotéze předpokládáme pouze variantu, že odnos semen s elaiosomy bude stejný nebo nižší než odnos semen bez elaiosomů.

4. Výsledky

4.1 Porovnání vegetace plošek s mraveništi a kontrolních

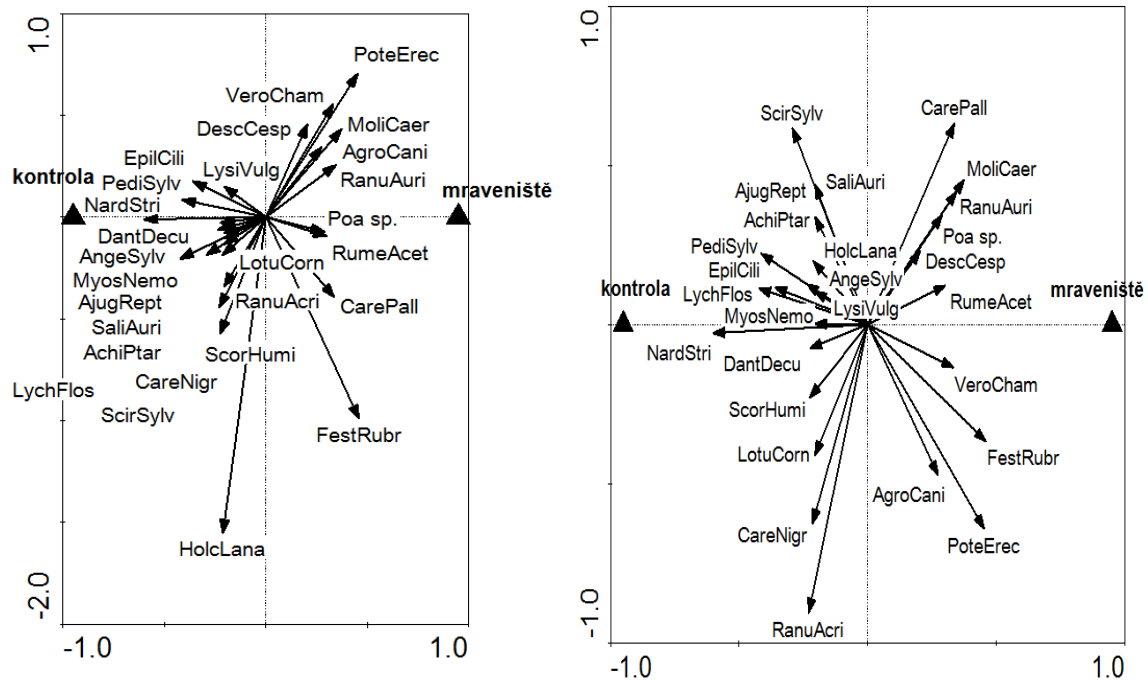
Ve snímkaných plochách 2 x 2 m bylo zaznamenáno celkem 60 druhů rostlin, z toho 52 druhů se vyskytovalo též v kruhových ploškách o poloměru 7,5 cm. Ve velkých plochách byly navíc nalezeny tyto druhy: *Carex echinata*, *Cynosurus cristatus*, *Deschampsia cespitosa*, *Equisetum arvense*, *Poa trivialis*, *Sanguisorba officinalis*, *Trifolium dubium* a *Vicia cracca*. V bezprostřední blízkosti mraveniště bylo zaznamenáno celkem 15 druhů. Z myrmekochorních to byly druhy *Carex pallescens*, *Danthonia decumbens*, *Luzula multiflora* a *Potentilla erecta*, z dalších druhů pak *Agrostis capillaris*, *Betonica officinalis*,

Briza media, *Carex hartmanii*, *Carex ovalis*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Galium palustris*, *Holcus lanatus*, *Juncus effusus* a *Molinia caerulea*. Poslední druh – bezkoleneček, dominantní Ohrazení, byl pozorován nejčastěji.

Mravenišťům a kontrolním ploškám bylo společných 39 druhů. V mraveništích se navíc vyskytovaly tyto 3 další druhy: *Agrostis canina*, *Deschampsia cespitosa* a *Lysimachia nummularia*. V kontrolách se navíc vyskytovalo těchto 10 druhů: *Achillea ptarmica*, *Ajuga reptans*, *Epilobium ciliatum*, *Lotus corniculatus*, *Lysimachia vulgaris*, *Myosotis nemorosa*, *Nardus stricta*, *Pedicularis sylvatica*, *Salix aurita* a *Scirpus sylvatica*.

Analýzou RDA byl zjištěn průkazný rozdíl v pokryvnostech jednotlivých druhů rostlin mezi ploškami s mraveništi a kontrolními ploškami ($F = 2,032$; $p = 0,0014$). Závislost pokryvnosti druhů na přítomnosti mraveniště je patrná (Obr. 1).

Druhy, které měly pokryvnost v blízkosti mraveniště a mimo něj průkazně odlišnou, byly zjištěny vynesáním do grafu T statistiky (*T-value biplot*). V kontrolních ploškách měly větší pokryvnost tyto druhy: *Epilobium ciliatum*, *Lychnis flos-cuculi*, *Nardus stricta* a *Pedicularis sylvatica*, v mraveništích tomu tak bylo u druhů *Festuca rubra*, *Molinia caerulea* a *Potentilla erecta*.



a)

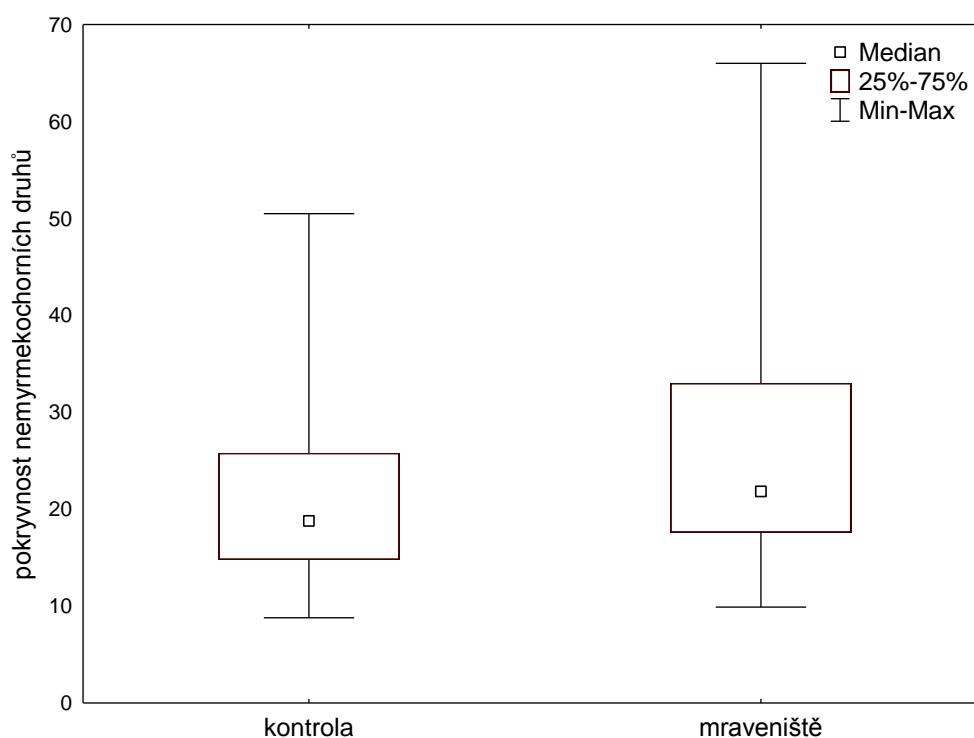
b)

Obr. 1. Ordinační diagramy RDA pokryvnosti jednotlivých druhů v závislosti na kategorii plošky s mraveništěm a kontrolní plošky (značeno mraveniště/kontrola). Rozdíl je průkazný ($F = 2,032$; $p = 0,0014$; kanonická osa vysvětluje 1,7 % celkové variability). Ordinační diagramy zobrazují první a druhou osu (a) a první a třetí (b). Zobrazeno je pouze 17 nejlépe fitujících druhů z 52 celkových. Zkratky názvů druhů cévnatých rostlin jsou uvedeny v Příloze II.

Sečtené pokryvnosti nemyrmekochorních druhů jsou mírně vyšší pro plošky s mraveništi než pro ty bez nich (Obr. 2). Rozdíl byl testován faktoriální ANOVou a není statisticky průkazný (Tabulka 2).

Tabulka 2. Výsledky faktoriální ANOVy testující rozdíl pokryvnosti nemyrmekochorních druhů v ploškách s mraveništi a kontrolních ploškách (faktor mraveniště - přítomno/nepřítomno v plošce).

	typ efektu	DF	F	p
mraveniště	pevný	1	3,081	0,122
blok	náhodný	7	3,349	0,066
mraveniště *blok	náhodný	7	2,413	0,027
chyba		80		

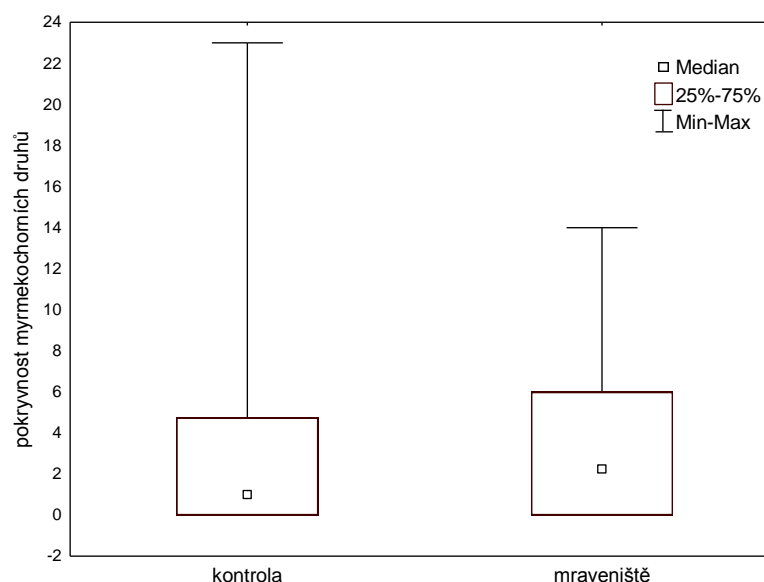


Obr. 2. Srovnání pokryvnosti nemyrmekochorních druhů v ploškách s mraveništi a kontrolních ploškách; $F_{1,7} = 3,081$ $p = 0,122$.

Celková pokryvnost myrmekochorních druhů mezi ploškami s mraveništi a bez nich se průkazně neliší (Tabulka 3). Je však patrný mírný trend vyšší pokryvnosti v mraveništích (Obr. 3).

Tabulka 3. Výsledky faktoriální ANOVy testující rozdíl pokryvnosti myrmekochorních druhů mezi ploškami s mraveništi a ploškami kontrolními (faktor mraveniště - přítomno/nepřítomno v plošce).

	typ efektu	DF	F	p
mraveniště	pevný	1	0,15	0,709
blok	náhodný	7	11,14	0,002
mraveniště*blok	náhodný	7	0,89	0,511
chyba		80		



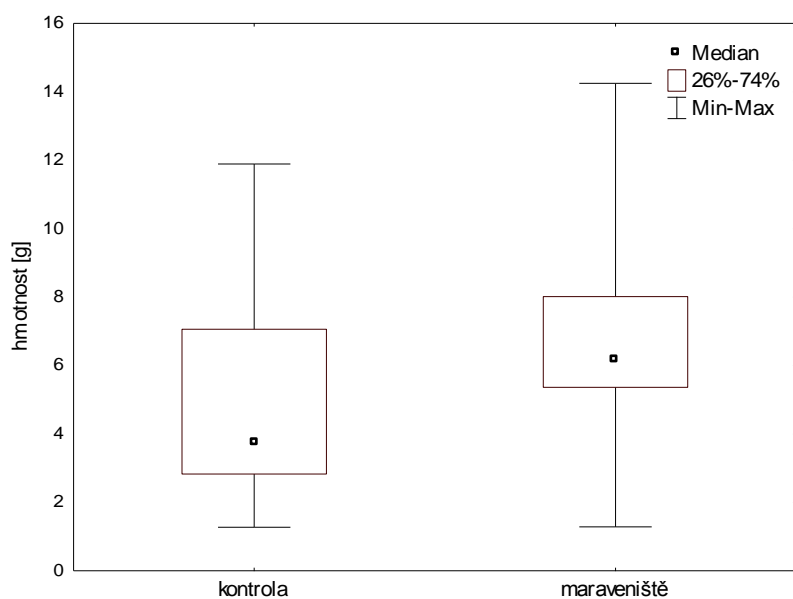
Obr. 3. Srovnání pokryvnosti myrmekochorních druhů v ploškách s mraveništi a kontrolních plošek; $F_{1,7} = 0,15$, $p = 0,709$.

4.2 Porovnání biomasy plošek s mraveništi a plošek kontrolních

Rozdíl v biomase plošek s mraveništi a kontrolních testovaný faktoriální ANOVou je statisticky průkazný (Tabulka 4). Byl zjištěna větší biomasa v mraveništích (Obr. 4).

Tabulka 4. Výsledky faktoriální ANOVy testující rozdíl biomasy plošek kontrolních a plošek s mraveništi (faktor mraveniště - přítomno/nepřítomno v plošce).

	typ efektu	DF	F	p
mraveniště	pevný	1	17,23	0,004
blok	náhodný	7	3,66	0,054
mraveniště*blok	náhodný	7	0,76	0,618
chyba		80		

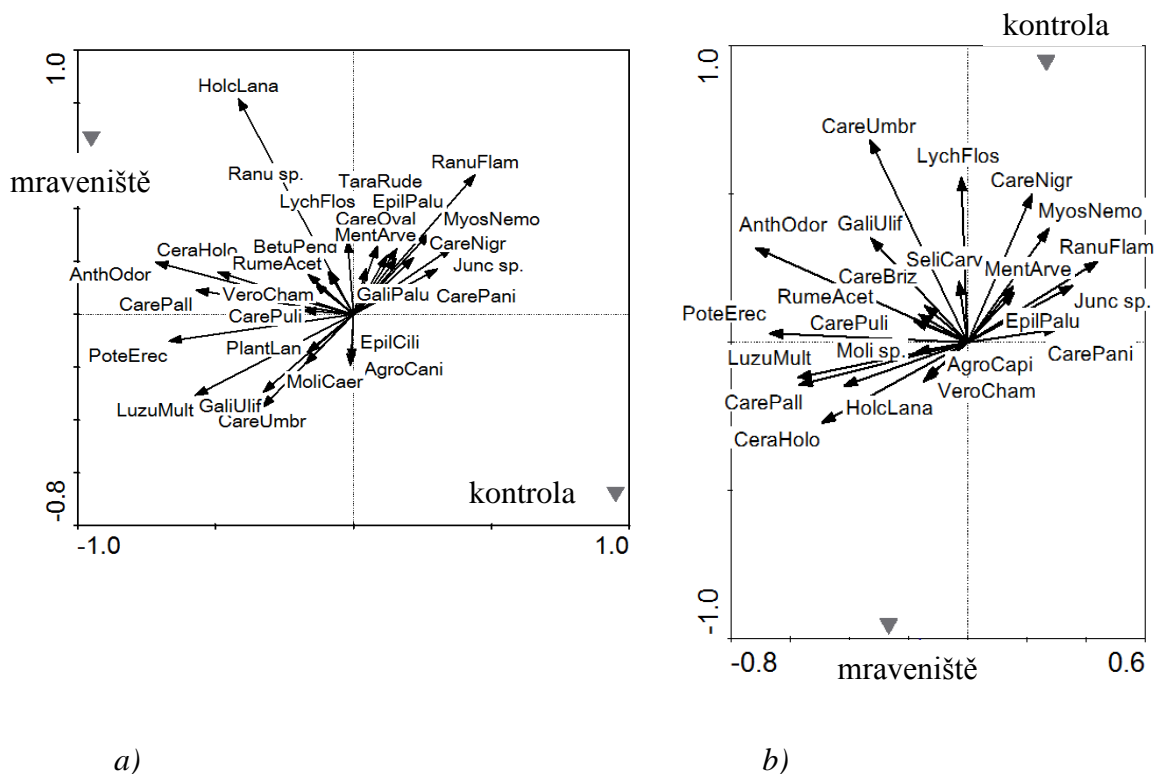


Obr 4. Srovnání biomasy plošek s mraveništi a kontrolních plošek ($F_{1,7} = 17,23$, $p = 0,004$).

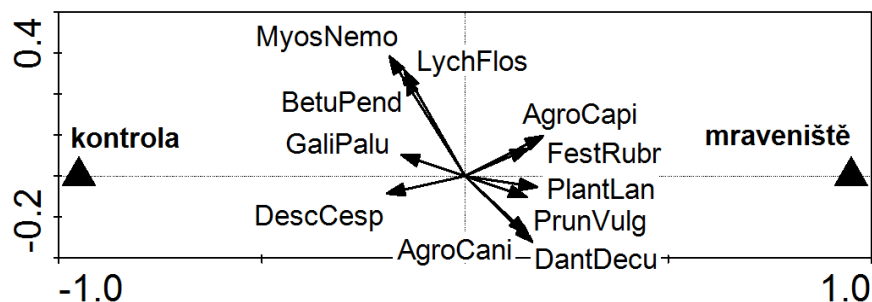
4.3 Porovnání semenné banky plošek s mraveništi a bez nich

Ze semen obsažených v odebraných 84 půdních vzorcích vyklíčilo celkem 47 druhů rostlin. Celkem bylo určeno 26 387 semenáčků, z toho náležela většina k rodu *Juncus*, ten tvoří obrovskou semennou banku, která zabírá 92,7 % celkového počtu životaschopných semen, zbylé necelé dva tisíce tvořily ostatní druhy (Příloha III). V půdě z mravenišť vyklíčilo 13 957 rostlin a z kontrol tedy 12 430. Klíčily též čtyři z osmi na Ohrazení přítomných myrmekochorních druhů rostlin (viz kapitola 1.8), a to druhy *Luzula multiflora*, *Carex pallescens*, *Potentilla erecta* a *Danthonia decumbens*.

RDA neprokázala rozdíl mezi četnostmi životaschopných semen v semenné bance půdy mravenišť a okolní půdy ($F = 0,986$; $p = 0,455$). nicméně u některých druhů jsme zjistili tendenci k častějšímu výskytu v jedné z kategorií (Obr. 5, Obr. 6).



Obr. 5. Ordinační diagram PCA počtu semenáčků v závislosti na kategorii plošky s mraveništěm a kontrolní plošky (značeno mraveniště/kontrola). První osa vysvětluje 16,4 %, druhá 12,5 % a třetí 9,6 % celkové variability). Ordinační diagramy zobrazují první a druhou osu (a) a první a třetí (b). Zobrazeno je pouze 27 nejlépe fitujících druhů (z celkových 47). Zkratky názvů druhů cévnatých rostlin jsou uvedeny v Příloze II.

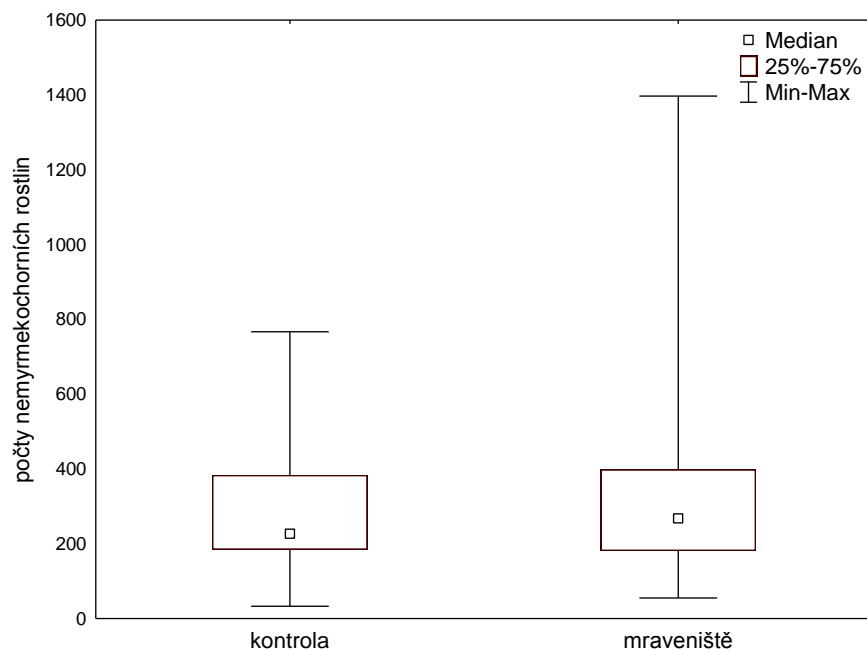


Obr. 6. Ordinační diagram RDA počtu semenáčků v závislosti na kategorii plošky s mraveništěm a kontrolní plošky (značeno mraveniště/kontrola). Rozdíl není průkazný ($F = 0,986$; $p = 0,455$; kanonická osa vysvětluje 1 % celkové variability). V grafu je znázorněno pouze 11 nejlépe fitujících druhů. Zkratky názvů druhů cévnatých rostlin jsou uvedeny v Příloze I.

Rozdíly skladby semenné banky mraveniště a okolí byly dále testovány faktoriální ANOVou s náhodným efektem bloku zvláště pro myrmekochorní (Obr. 7) a nemyrmekochorní (Obr. 8) druhy. Počty semenáčků nemyrmekochorních druhů se průkazně nelišily (Tabulka 5). Myrmekochorní druhy však klíčily průkazně více v mraveništích (Tabulka 6).

Tabulka 5. Výsledky faktoriální ANOVy testující rozdíl v počtu semenáčků nemyrmekochorních druhů (faktor mraveniště - přítomno/nepřítomno v plošce).

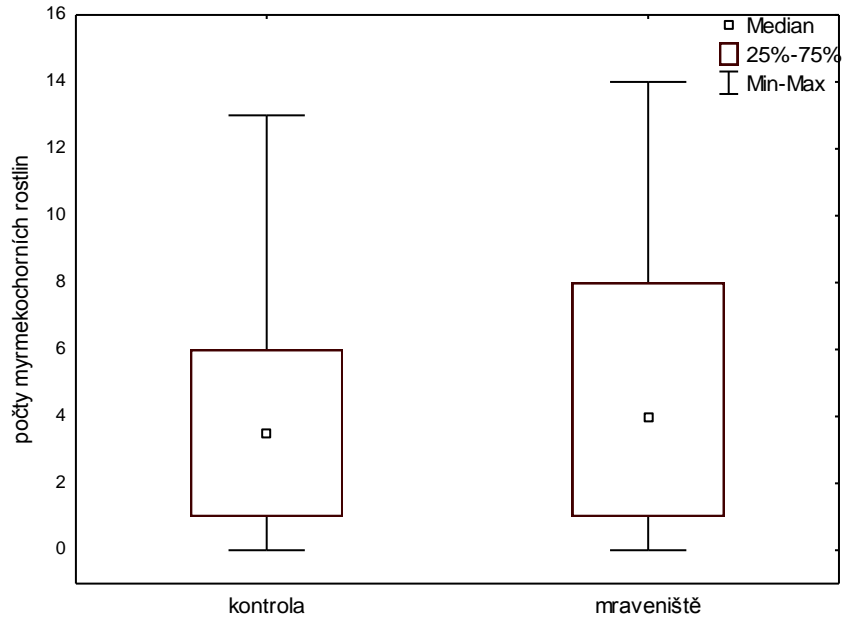
	typ efektu	DF	F	p
mraveniště	pevný	1	0,29	0,608
blok	náhodný	6	5,27	0,031
blok* mraveniště	náhodný	6	1,05	0,401
chyba		70		



Obr. 7. Srovnání počtů druhů nemymekochorních rostlin přítomných v semenné bance mravenišť a kontrolních plošek ($F_{1,6} = 0,29$, $p = 0,608$).

Tabulka 6. Výsledky faktoriální ANOVy testující rozdíl v počtu semenáčků myrmekochorních druhů mezi ploškami s mraveništi a kontrolních plošek (faktor mraveniště - přítomno/nepřítomno v plošce).

	typ efektu	DF	F	p
blok	náhodný	6	23,15	0,001
mraveniště	pevný	1	7,17	0,036
blok*mraveniště	náhodný	6	0,60	0,728
chyba		70		



Obr. 8. Srovnání počtů druhů myrmekochorních rostlin přítomných v semenné bance mezi ploškami s mraveništi a kontrolními ploškami ($F_{1,6} = 7,17$, $p = 0,036$).

Pokud počítáme *Repeated measurement ANOVA*, potom interakce mezi faktory druh*mraveniště (faktory druh myrmekochorní/nemyrmekochorní; mraveniště přítomno/nepřítomno) není průkazná (Tabulka 7). Nemůžeme tedy zamítnout nulovou hypotézu, že počty semenáčů myrmekochorních a nemyrmekochorních druhů ze semenné banky reagují na přítomnost mravenišť stejně.

Tabulka 7. Výsledky *Repeated measurement*. (faktor mraveniště přítomno/nepřítomno v plošce; chorie myrmekochorní/nemyrmekochorní druh).

	DF efekt	typ efektu	DF error	F	p-level
blok	6	náhodný	70	3,139	0,008
mraveniště	1	pevný	6	3,903	0,095
chorie	1	pevný	6	130,481	<0,001
blok*mraveniště	6	náhodný	70	0,786	0,583
blok*chorie	6	náhodný	70	21,842	<0,001
mraveniště*chorie	1	pevný	6	2,424	0,170
Blok*mraveniště*chorie	6	náhodný	70	0,794	0,577

4.4 Porovnání druhového složení semenné banky a vegetace studovaných plošek

Celkem bylo testováno 9 druhů, které se vyskytovaly současně v 5 snímcích a 5 půdních vzorcích pro mraveniště, pro kontroly byly testovány stejné druhy s výjimkou druhu *Carex panicea* (Tabulka 8). S výjimkou druhu *Potentilla erecta* se zdá, že jsou počty semenáčů a pokryvnost druhů vzájemně nezávislé. Ve fytoocenologických snímcích plošek byly nalezeny navíc druhy *Achillea ptarmica*, *Ajuga reptans*, *Alchemilla sp.*, *Angelica sylvestris*, *Betonica officinalis*, *Lysimachia vulgaris*, *Pedicularis sylvestris*, *Poa spp.*³, *Ranunculus acris*³, *Ranunculus auricomus*³, *Scirpus sylvestris*, *Scorzonera humilis*, *Valeriana dioica* a *Viola palustris*. Ze semenné banky vyklíčily druhy běžně se na Ohrazení vyskytující, ale i dva druhy, které na lokalitě nejsou – *Taraxacum sect. Ruderalia* a *Typha latifolia*.

Tabulka 8. Korelační koeficienty druhů rostlin, které se současně vyskytovali v 5 fytoocenologických snímcích a 5 vzorcích semenné banky a) pro mraveniště a b) pro kontroly, pro obě kategorie byly zvlášť testovány červencové (VII.) a pro říjnové vzorky (X.; zkratky druhů rostlin jsou uvedeny v příloze II).

a)

	<i>AnthOdor</i>	<i>CarePall</i>	<i>CarePani</i>	<i>CeraHolo</i>	<i>HolcLana</i>	<i>JuncEffu</i>	<i>LuzuMult</i>	<i>MoliCaer</i>	<i>PoteErec</i>
VII.	-0,178	0,392	0,042	0,150	0,096	-0,011	0,201	-0,468	0,691
X.	-0,280	0,189	0,162	-0,091	-0,111	0,396	0,058	0,123	0,532

b)

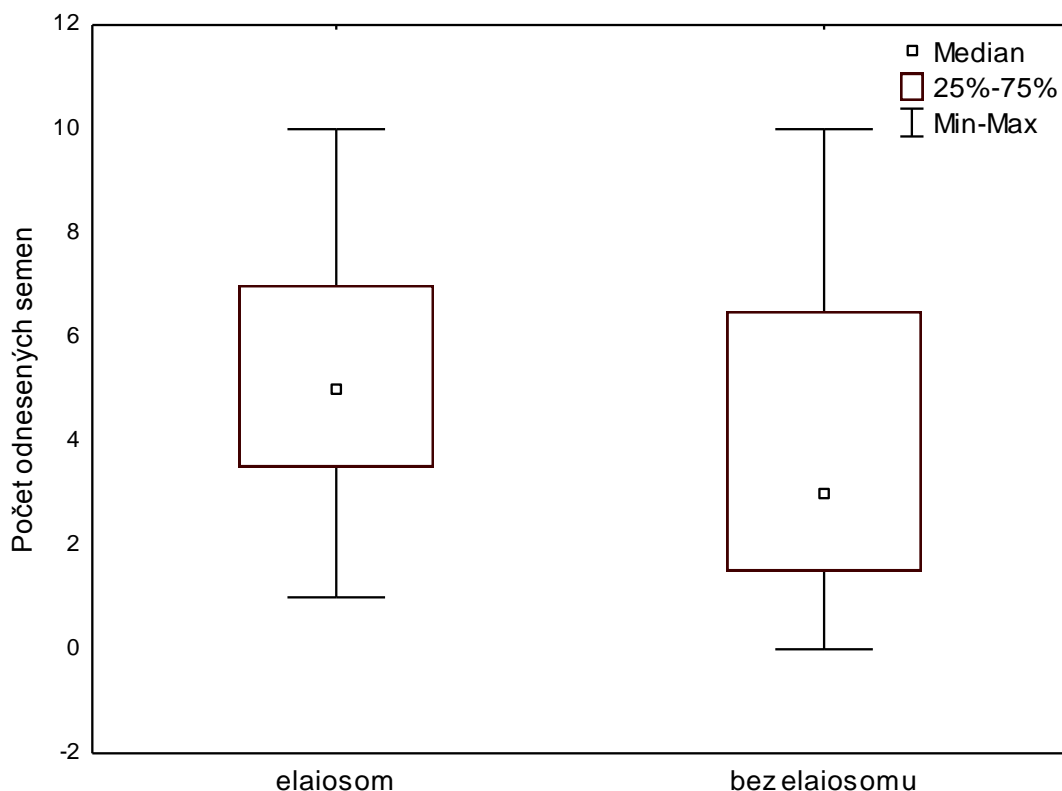
	<i>AnthOdor</i>	<i>CarePall</i>	<i>CeraHolo</i>	<i>HolcLana</i>	<i>JuncEffu</i>	<i>LuzuMult</i>	<i>MoliCaer</i>	<i>PoteErec</i>
VII.	0,358	0,081	0,041	-0,141	0,382	0,325	-0,03	0,476
X.	0,189	0,390	-0,179	0,037	0,204	0,128	0,602	0,319

³ *Poa spp.* je směsná kategorie pro druhy *Poa angustifolia*, *Poa trivialis* a *P. pratensis*, které nemohly být ve vegetaci určeny.

V semenné bance se navíc vyskytuje kategorie *Ranunculus sp.*, která obsahuje druhy *Ranunculus acris* a *Ranunculus auricomus*, které mohly být ve vegetaci určeny, ale v semenné bance byly zahrnuty do této směsné kategorie.

4.5 Interakce mravenců se semeny – „odnosy“

Atraktivita semen myrmekochorního druhu *Pedicularis sylvatica* s elaiosomy a bez nich byla testována jednostranným párovým t-testem. Rozdíl ve frekvenci odnosů těchto semen je průkazný ($t_{11} = -2,02$; $p = 0,034$). Semena s elaiosomem byla upřednostňována před těmi bez něj (Obr. 9). Z jedné kartičky byla odnesena všechna semena s elaiosomem i bez něj.



Obr. 9. Srovnání počtu odnesených semen druhu *Pedicularis sylvatica* přítomným a odstraněným elaiosomem ($t_{11} = -2,02$; $p = 0,034$).

4.6 Zjištění umístění odkladiště mravenců na Ohrazení

Byla dohledána 2 mraveniště a odkladiště s odnesenými semeny všivce byla od jednoho vzdálená 30 cm a od druhého 5 cm. V odkladišti byla nalezena jak semena obarvená, tak semena očištěná od prášku. Některá očištěná semena byla pozorována přímo při povrchu mraveniště.

5. Diskuse

5.1 Porovnání vegetace plošek s mraveništi a plošek kontrolních

V mé práci bylo prokázáno, že se vegetace kontrolních plošek liší od vegetace plošek s mraveništi. V pokusných ploškách byly kromě dominantního druhu *Myrmica scabrinodis* (výskyt v 77 ploškách) přítomny tyto dva druhy mravenců: *Myrmica vandeli* (6) a *Lasius platythorax* (1). Pozorované trendy lze tedy vztáhnout zejména k dominantnímu druhu *Myrmica scabrinodis*.

Mravenišť byla z hlediska rostlin druhově méně bohatá než okolní vegetace, vyskytovalo se v nich celkem 42 druhů oproti 49 druhům v ploškách kontrolních. Tento výsledek je v souladu s prací Kovář et al. (2000), který zjistil průkazně menší počet druhů rostoucích v mraveništích, stejný trend našli i Dean et al. (1997).

Rozdíl v druhové skladbě mravenišť a okolní vegetace našli i tito autoři: King (1981), Elmes & Wardlaw (1982), Dean et al. (1997), Dauber et al. (2006) a Kovář et al. (2000). Tyto uvedené práce zkoumaly vegetaci mravenišť v odlišných biotopech a na jiných druzích rostlin a mravenců. Studie Kovář et al. (2000) probíhala na pastvině na kyselém substrátu náležící ke svazu *Nardo-Agrostion tenuis*. Testováno bylo více druhů mravenců dohromady – převažoval *Lasius flavus*, který semena myrmekochorních rostlin neroznáší, dále se vyskytovaly druhy *Tetramorium caespitum* a *Formica* spp. Dean (1997) zkoumal pastviny svazu *Cynosurion* v jižním Německu s dominantami *Holcus lanatus*, *Festuca ovina* a *Plantago lanceolata*; studovaným druhem mravence byl *Lasius flavus*. Dean et al. (1997) studoval polosuché trávníky centrálního Německa, kde dominovaly tyto druhy rostlin: *Elytrigia repens*, *Dactylis glomerata* a *Arrhenatherum elatius*. Přítomny byly tyto druhy mravenců: *Lasius flavus*, *L. alienus* a *Formica rufibarbis*. King (1981) studoval lokalitu ležící v jihozápadní Anglii, která náleží k asociaci *Agrosti-Festucetum* – dominovaly zde druhy *Agrostis tenuis* a *Festuca ovina*. Studovaným druhem mravence byl *Lasius flavus*. Studie Elmes & Wardlaw (1982) probíhala na pastvině na zásaditém substrátu v jižní Anglii, kde dominovaly druhy *Agrostis setacea*, *Avenella flexuosa* a *Danthonia decumbens*. Autoři prokázali odlišnost vegetace mravenišť od okolní u druhu *Myrmica sabuleti*. Zároveň je jejich studie jediná, která se zabývá vegetací ve spojitosti s mravenci druhu *Myrmica scabrinodis*. U tohoto druhu však nebyl nalezen rozdíl ve vegetaci mravenišť oproti okolí.

Sušší trávníky, ve kterých uvedené studie probíhaly, jsou biotopově velmi odlišné od lokality Ohrazení. Na Ohrazení je dominantním druhem *Molinia caerulea* a dále hojnými druhy *Festuca rubra* a *Nardus stricta*. Tuto lokalitu je dále možné charakterizovat jako oligotrofní podmáčenou louku.

Dalším rozdílem oproti ostatním uvedeným studiím je fakt, že mraveniště studovaných druhů mravenců v ostatních pracích jsou převážně vytrvalá. King (1981) odhadl u druhu *Lasius flavus* z velikostí mravenišť jejich stáří na 54–164 let. Tato mraveniště tedy dlouhodobě udržují podmínky mikrostanoviště odlišného od okolí mraveniště. Pro druh *Lasius flavus* bylo zjištěno, že po opuštění mraveniště se vegetace změní (Kovář et al. 2000). V jeho studii bylo zaznamenáno vysoké zastoupení acidofilních druhů rostlin jako je *Potentilla erecta*, *Nardus stricta*, *Luzula luzuloides*, *Vaccinium myrtillus* a *Hypericum maculatum* v opuštěných mraveništích. Můžeme tedy s určitostí říci, že trvalá mraveniště vegetaci ovlivňují. Naopak mraveniště studovaných druhů vyskytujících se na Ohrazení jsou mravenci obývána jen sezónně a jejich trvání se může pohybovat v řádech několika málo let (Pavel Pech, úst. sděl.). Vliv mraveniště není tedy trvalý, a tedy z daleka tak významný jako u mravenišť dlouhověkových.

Přes tyto rozdíly bylo možné nalézt některé druhy rostlin společné s mou studií, jejichž tendence k výskytu v mraveništi a mimo ně mohou být srovnávány. V ploškách s mraveništi měly průkazně větší pokryvnost než v kontrolních ploškách tyto druhy: *Festuca rubra*, *Molinia caerulea* a myrmekochorní druh *Potentilla erecta*. Druhy, které vykazovaly trend k výskytu v mraveništi a uvádí je některá z prací, zkoumající vegetaci mravenišť, jsou tyto: *Agrostis capillaris*, *Carex pallescens*, *Festuca ovina*, *Luzula multiflora* a *Poa* spp. Pro druh *Festuca rubra* získali stejný výsledek Dauber et al. (2006; *Lasius flavus*), podle práce Kovář et al. (2000; *Lasius flavus*) byl tento druh naopak čtenější mimo mraveniště. Také pro bezkolenec zjistili Elmes & Wardlaw (1982) opačný trend než moje práce. Výskyt druhů *Festuca rubra* a *Molinia caerulea* v mraveništích v mojí práci je zároveň v rozporu s tvrzením, že by zde měly podle práce Dean et al. (1997) růst druhy, které nemohou v zapojené vegetaci soutěžit s travami, které by měly být v tomto prostředí na dusík chudého mraveniště méně úspěšné. Také podle Bartona et al. (2009), který zkoumal vlhkou ostřicovou louku s dominancí druhu *Carex stricta*, se liší vegetace mravenišť od vegetace okolní svými růstovými formami, kdy trávy měly větší pokryvnosti v mraveništi. Toto se zdá být v souladu se zjištěními mé práce, kdy se téměř ve všech mraveništích nacházel druh *Molinia caerulea* a dále *Agrostis capillaris* a *Festuca ovina* a mezi druhy, které se

vyskytovaly pouze v mraveništích, patřilo těchto několik druhů trav: *Agrostis canina*, *Deschampsia cespitosa* a *Poa* spp.

Oproti mojí práci měl druh *Potentilla erecta* v obou studiích, které jej testovaly (King 1981, Kovář 2000), větší pokryvnosti v kontrolních plochách v porovnání s mraveništi. Z dalších rostlin, u kterých byly v této práci zaznamenané trendy pro vyšší pokryvnost v mraveništích, lze najít shodu pro *Agrostis capillaris* s prací Dean et al. (1997). V práci Kovář et al. (2000) *Agrostis capillaris* nevykazuje žádný trend. Pro druh *Festuca ovina* zjistili autoři Kovář et al. (2000) a Dauber et al. (2006) vyšší pokryvnosti v mraveništích, opačný trend naopak uvádějí Dean et al. (1997). Druh *Carex pallescens* byl v práci Kovář et al. (2000) zaznamenán častěji ve vegetaci mimo mraveniště, stejně tomu bylo také v případě druhu *Luzula multiflora* (King 1981, Dean et al. 1997, Kovář et al. 2000, Dauber et al. 2006). Výskyt těchto obou druhů měl tedy oproti mé práci opačný trend. Stejně tomu bylo i u skupiny druhů *Poa* spp. v práci Elmes & Wardlaw (1982).

V této práci byla zjištěna větší biomasa v ploškách s mraveništi. Toto není ve shodě s možnou výhodou myrmekochorie, kdy rostliny pomocí roznosu mravenci dosáhnou mraveniště jako „gapu“, kde je vegetace rozvolněná a rostliny by neměly být tolik limitovány světlem. Tato výhoda je však důležitá u mravenišť trvalých, která mají nižší celkové pokryvnosti a tedy i biomasu (Dean et al. 1997), netýká se tedy pravděpodobně sezónních mravenišť na Ohrazení.

Příčin, proč je vegetace mravenišť specifická, může být několik. Je možné, že mravenci volí specifickou vegetaci. Ve vlhkých loukách, jako je Ohrazení, potřebují mravenci mít mraveniště v sušších podmínkách. Proto osidlují trsy trav. V tomto případě preferovali druh *Molinia caerulea*. Další druhy, které se v blízkosti mraveniště mohou vyskytovat, jsou pak druhy, které jsou s bezkolencem schopny koexistovat. Jako příklad uvedu rostliny, které v práci Zelený (1999) rostly v trsech druhu *Molinia caerulea*. Byly to druhy *Angelica sylvestris*, *Lathyrus pratensis*, *Prunella vulgaris* a *Selinum carvifolia*. Z těchto druhů jsem v mojí práci zaznamenala trend vyšší pokryvnosti druhu *Angelica sylvestris* v mraveništích s trsy bezkolence, ačkoli závislost není průkazná.

V kontrolních ploškách měly průkazně větší pokryvnost než v ploškách s mraveništi tyto druhy: *Epilobium ciliatum*, *Lychnis flos-cuculi*, *Nardus stricta* a *Pedicularis sylvatica*. Pouze trend pak vykazovaly druhy *Danthonia decumbens* a *Anthoxanthum odoratum*. Kovář et al. (2000) ve své práci také zaznamenal tento trend pro *Nardus stricta*; *Pedicularis sylvatica* se v práci Elmes & Wardlaw (1982) naopak vyskytoval častěji v mraveništích.

Shodu u druhů, které v této práci vykazovaly pouze trendy k větším pokryvnostem v kontrolních ploškách, měl druh *Anthoxanthum odoratum* v pracích Dauber et al. (2006), Dean (1997) a King (1981). Naopak opačný trend zaznamenal Kovář et al. (2000). Pro druh *Danthonia decumbens* nachází rovněž King (1981) a Dean et al. (1997) stejný trend jako tato práce. Mezi druhy, které se vyskytovaly pouze v kontrolních ploškách oproti ploškám s mraveništi, patřily mimo jiné myrmekochorní druhy *Ajuga reptans* a *Pedicularis sylvatica*, které se vyskytovaly pouze vzácně, oba pouze v ploškách jednoho z 8 čtverců 2 x 2 m. Také druh *Nardus stricta* byl pozorován pouze v kontrolních ploškách, ačkoli tvoří trsy, které by mravencům zajišťovaly suchá místa jako trsy druhu *Molinia caerulea*. To může souviset jednak se stavbou trsu, kdy trs smilky je kompaktnější než trs bezkolence.

Celková pokryvnost byla v ploškách s mraveništi větší než v kontrolních ploškách. Rozdíl tvořil z velké části druh *Molinia caerulea*, který měl v plochách nejvyšší pokryvnosti (Příloha IV). Tento druh, dominující na lokalitě Ohrazení, je známý tvorbou velké biomasy (Janeček & Lepš 2005), čímž lze vysvětlit rozpor s výsledky studie Dean et al. (1997), kde byla zjištěna průkazně menší pokryvnost bylinného patra mravenišť než ploch kontrolních na lokalitě bez přítomnosti výrazné bylinné dominanty.

Byl nalezen pouze mírný trend vyšší pokryvnosti myrmekochorních rostlin v mraveništích, rozdíl však není průkazný. Tento výsledek se shoduje s tím, který popisuje práce Dean et al. (1997).

Existují však jisté preference: *Potentilla erecta* měla větší pokryvnosti v plochách s mraveništem. Výpočet korelačních koeficientů ukázal, že druh *Potentilla erecta* je jediný z druhů u kterého výskyt ve vegetaci koreluje se semenou bankou. Nezdá se tedy, že by šíření mravenci mělo u toho druhu zásadní význam. Je možné, že tento druh nižšího vzrůstu preferuje mikrostanoviště s nezapojenou vegetací, v tomto případě mraveniště. Je také možné, že je tento druh schopný koexistovat s druhem *Molinia caerulea*. Druhy *Luzula multiflora* a *Carex pallescens* pak vykazovaly pouze tendenci k vyšším pokryvnostem v mraveništích. *Pedicularis sylvatica* měl dokonce průkazně vyšší pokryvnosti v kontrolních ploškách (pouze kontrolní plošky) a *Danthonia decumbens* vykazovala pouze tento trend, poslední druh *Ajuga reptans* se vyskytovala pouze v jedné kontrolní ploše.

5.2 Porovnání semenné banky plošek s mraveništi a plošek kontrolních

V semenné bance odebrané půdy se nacházela životaschopná semena celkem 47 druhů rostlin, tedy téměř polovina ze všech druhů, co se na Ohrazení vyskytují (celkový počet 101 druhů; Koutecký 2006, nepublikovaná data). Klíčil ale i druh *Typha latifolia*, který se na Ohrazení ve vegetaci nevyskytuje, jehož semena mohla být přinesena větrem z některého z nedalekých rybníků.

Z celkového počtu životaschopných semen obsažených v půdě odebrané z plošek s mraveništem i plošek kontrolních tvořili jedinci rodu *Juncus* převažující část. Podobně tomu bylo i v bakalářské práci Zelený (1999), kde tvořil *Juncus* 78 % všech semen nalezených v semenné bance trsů rodů *Molinia* a *Juncus*. Trsy rodu *Juncus* neměly téměř žádnou semennou banku svých semen, naopak trsy druhu *Molinia caerulea* jí měly značnou, což by mohlo vysvětlovat větší procento druhu *Juncus* v mé práci. V půdě z mravenišť klíčilo více semenáčků (13 957), než v půdě z ploch kontrolních (12 430). Počet životaschopných semen byl mírně, ale neprůkazně vyšší v mraveništích, což je v souladu s výsledky pokusu Gorb et al. (1997). Ti navíc zaznamenali i průkazně vyšší počet mrtvých semen v semenné bance mravenišť.

V druhovém složení semenné banky plošek s mraveništem a kontrolních plošek nebyl prokázán rozdíl. Můžeme ale pozorovat jisté trendy k častějšímu výskytu životaschopných semen některých druhů v půdě odebrané z mravenišť. Jsou jimi např. tyto druhy: *Agrostis canina*, *Agrostis capillaris*, *Danthonia decumbens*, *Festuca rubra*, *Plantago lanceolata* a *Prunella vulgaris*. *Agrostis capillaris* měl shodně s touto prací větší četnost v semenné bance mravenišť v práci Schütz (2008), stejně tomu tak bylo pro druh *Festuca rubra*. Druh *Plantago lanceolata* měl naopak v práci Dauber et al. (2006) hojnější výskyt v semenné bance v okolní vegetaci ve srovnání s mraveništi. Tendenci k vyšší četnosti výskytu v mraveništích byla v tomto pokusu zaznamenána pro druh *Luzula multiflora*, s čímž souhlasí výsledky Schütz et al. (2008) ale naopak Dauber et al. (2006) zaznamenal vyšší četnosti *Luzula campestris* agg. v kontrolách.

Při odděleném testování rozdílů počtu vyklíčených nemyrmekochorních a myrmekochorních druhů v kontrolách a mraveništích nebyl zjištěn průkazný rozdíl pro nemyrmekochorní druhy. V případě myrmekochorních druhů byla průkazně vyšší počet semenáčků v mraveništích. Klíčily tyto myrmekochorní druhy: *Luzula multiflora*, *Carex*

pallescens, *Potentilla erecta* a *Danthonia decumbens*, zbylé myrmekochorní druhy (*Ajuga reptans*, *Carex pilulifera*, *Viola palustris* a *Pedicularis sylvatica*) neklíčily. Buď v semenné bance nebyla přítomna jejich semena, nebo ve skleníkovém pokusu nebyly vhodné podmínky pro jejich vyklíčení. Protože všechny tyto druhy byly ve vegetaci plošek vzácné, navíc některé z nich mají velká těžká semena, která zůstanou a případně i vyklíčí blízko mateřské rostliny, pokud je mravenci či jiná zvířata neroznesou, domnívám se, že jejich absence v semenné bance mých vzorků je dána spíše jejich obecnou nepřítomností či vzácností v semenné bance celé lokality.

Důvodů, proč nevyšel průkazný vliv mravenců na druhové složení semenné banky, může být několik. Půdní odběr z kontrolní plošky mohl zasáhnout jinou část mraveniště, která je nám skrytá a o které jsme nevěděli, např. podzemní chodbičku s uskladněnými semeny či odkladiště. Anatomii lučních mravenišť sezónního typu nebylo dosud věnováno příliš pozornosti (Pavel Pech, úst. sděl.). Ve spojení s vegetací byla studována především trvalá mraveniště lesních i lučních druhů. Já jsem se této problematice věnovala v pokusu s UV lampou, který ukázal, že odkladiště semen nejsou umístěna přímo v mraveništi, ale v jeho „blízkém“ okolí.

Toto je naopak nevýhodné i pro zaznamenání semenné banky ovlivněné činností mravenců. Jelikož odkladiště jsou od mravenišť vzdálená přibližně 5 – 30 cm, pouhým odebíráním půdy přímo z mraveniště a jeho nejbližší okolí je zachycena pouze část semen, a to těch, která jsou právě ve fázi odnosu, kdy jsou uskladněna při povrchu mraveniště, jak odhalil pokus s UV lampou. Jde tedy zřejmě o odkladiště poblíž mraveniště s odkladištěm umístěným přímo v něm.

Mraveniště druhu *Myrmica scabrinodis* můžeme též rozdělit na trvalá, která jsou obývána po několik let, a ta, která jsou sezónního rázu, ve kterých jsou mravenci přítomni pouze část roku. Tyto dvě kategorie jsem ve svých pokusech nijak nezohlednila (zatím neznám spolehlivou metodu, která by mi umožnila tyto dva typy odlišit). Navíc byly odebírány vzorky o objemu pouze 0,157 dm³, což vzhledem k horní hranici velikosti plochy kolmého průmětu mraveniště druhu *Myrmica scabrinodis*, která má podle práce Elmes & Wardlaw (1982) činit 25 dm², byla pouze malá část mraveniště. Tak velká mraveniště se ale zřejmě na Ohrazení nevyskytují, mraveniště, se kterými jsem pracovala, byla mnohem menší. Odebrané vzorky pokrývají pouze plochu 1,74 dm², nebudou tedy zřejmě obsahovat všechna semena. Proto je tedy při studiu myrmekochorie a jejím vlivu na vegetaci a semennou banku nutné věnovat více pozornosti struktuře lučního mraveniště.

5.3 Porovnání druhového složení semenné banky a vegetace studovaných plošek

Všechny druhy zjištěné v semenné bance se nacházejí i ve vegetaci Ohrazení s výjimkou druhů *Carex brizoides*, *Taraxacum* sect. *Ruderalia* a *Typha latifolia*. *Taraxacum* sect. *Ruderalia*, a *Typha latifolia* pocházejí z „deště semen“. Semena *Carex brizoides* by mohla pocházet z lesa, který Ohrazení ze tří stran obklopuje.

Druhy *Carex pulicaris*, *Epilobium palustre* a *Mentha arvensis* jsou na lokalitě vzácné, jejich absence ve snímcích je tedy dána jejich vzácností. Hojný výskyt druhu *Ranunculus flammula* v semenné bance oproti výskytu ve vegetaci na Ohrazení ukazuje, že druh pro úspěšné uchycení potřebuje narušená místa v zapojené vegetaci, např. typicky zaplavené „tůňky“ mezi trsy trav. Takových vhodných míst není na lokalitě dostatek a většina semen přetrvává v semenné bance – když se ale takové místo vyskytne, najdeme v něm skoro s určitostí i druh *Ranunculus flammula*. Podobným případem je druh *Poa trivialis*, který se vyskytuje též především na narušených místech.

Myrmekochorní *Pedicularis sylvatica* a *Ajuga reptans* jsou ve vegetaci vzácnější, což v kombinaci s jejich relativně velkými semeny, která spadnou přímo pod rostlinu a zde případně vyklíčí, vysvětluje jejich malé zastoupení v semenné bance. Druhy *Angelica sylvestris* a *Betonica officinalis* v pokusu Kotorová & Lepš (1999) klíčily dobře, jejich absence v semenné bance může být tedy vysvětlena dispersal limitation.

Podobně byly ve fytoecologických snímcích plošek zaznamenány druhy, které v semenné bance chyběly, přestože většina těchto druhů semennou banku vytváří (Klotz et al. 2002). Kotorová & Lepš (1999) ve své studii uvádějí dobrou klíčivost semen druhů *Angelica sylvestris* a *Betonica officinalis*, jejich absenci v semenné bance proto můžeme pokládat za důkaz omezení šířitelnosti semen. Takto pravděpodobně můžeme vysvětlit absenci i dalších druhů.

Pro shodu semenné banky a vegetace jednotlivých plošek byly vypočítány korelační koeficienty – pro podzimní vzorky mají kladné hodnoty, pro červencové naopak záporné. Druhy vyskytující se ve snímcích plošek lépe korelují s druhy v semenné bance odebrané na podzim než v létě. To může být způsobeno tím, že říjnové vzorky byly odebírány po odplození většiny druhů rostlin. V červencových vzorcích je nejen méně semen, ale zřejmě v nich chybí i semena pozdnějších druhů. Pouze druh *Potentilla erecta* má těsnou korelaci mezi pokryvnostmi a počty vyklíčených semen v letních i podzimních vzorcích.

5.4 Interakce mravenců se semeny – „odnosy“

Z kartiček bylo odneseno více semen s elaiosomy než bez nich, což poukazuje na jejich vyšší atraktivitu. Podobný trend byl zjištěn v pracích Randle (2009) pro rod *Myrmica*, Dostál (2004) pro druh *Lasius flavus* a Servigne & Detrain (2008) pro druh *Myrmica rubra*. Nicméně není jisté, zda byla všechna semena odnesena opravdu jen mravenci. Kromě nich byli pozorováni na kartičkách i jiní bezobratlí, např. na jedné z nich se vyskytl střevlík. V nočním pokusu pro lokalizaci smet'áčku (odkladiště) jsem na kartičkách zaznamenala i plže. Na odnos semen i jinými bezobratlými než mravenci by napovídal i odnos semen zbavených elaiosomů, která by pro mravence nesemenožravé měla být neatraktivní. Odnosy semen nebyly ovlivněny sníženou aktivitou mravenců, přestože mravenčí aktivita při teplotách pod 20°C klesá (Hölldobler & Wilson 1995). Ačkoliv pokus probíhal v září v pozdním odpoledni, mravenčí aktivita byla poměrně vysoká a zaznamenala jsem velké množství odnesených semen ještě po 19. hodině.

6. Závěr

Byl nalezen průkazný rozdíl ve vegetaci plošek s mraveništi a ploškami kontrolními. V mraveništech se častěji vyskytovala *Molinia caerulea*. Přítomnost vytrvalé trávy bezkolence v sezónních mraveništech dominantního druhu *Myrmica scabrinodis* nám dovoluje se značnou jistotou říci, že rozdíly ve složení vegetace jsou způsobeny především preferencí mravenců pro specifickou vegetaci.

Nebyl prokázán rozdíl v semenné bance mravenišť a kontrolních plošek. Semenná banka mravenišť obsahuje více životaschopných semen.

Četnější odnosy semen s elaiosomy než bez nich potvrdily, že právě tato část semene je u druhu *Pedicularis sylvatica* pro mravence atraktivní.

Bylo nalezeno odkladiště vzdálené několik cm od vlastního mraveniště, což může částečně vysvětlovat, že rozdíly v semenné bance mravenišť a kontrolních plošek nejsou průkazné.

7. Literatura

- Andersen A. N. (1988): Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. – *Oecologia* 75: 507–511.
- Auld T. D. (2009): Petals may act as a reward: myrmecochory in shrubby *Darwinia* species of south-eastern Australia.– *Australian Ecology* 34: 351–356.
- Barton C. D., Kirschbaum C. D. & Bach C. E. (2009): The Impacts of Ant Mounds on Sedge Meadow and Shrub Carr Vegetation in a Prairie Fen. – *Natural Areas Journal* 29: 293–300.
- Berg R. Y. (1975): Myrmecochorous plants in Australia and their dispersal by ants. – *Australian Journal of Ecology* 23: 475–508.
- Bonda W. & Slingsby P. (1984): Proteas, ants and invaders – disruption of a delicate dependence. – *South African Journal of Science* 80: 201–201.
- Ciccarelli D. (2005): Structure and development of the elaiosome in *Myrtus communis* L. (Myrtaceae) seeds. – *Flora* 200: 326–331.
- Culver D. C. & Beattie A. J. (1978): Myrmecochory in *Viola*: dynamics of seed-ant interactions in some West Virginia species. – *Journal of Ecology* 66: 53–72.
- Dauber J., Rommeler A. a Wolters V. (2006): The ant *Lasius flavus* alters the viable seedbank in pastures. – *European Journal of Soil Biology* 42: 157–163.
- Davidson D. W. & Morton S. R. (1981): Competition for dispersal in ant-dispersed plants. – *Science* 213: 1259–1261.
- Dean W. R. J., Milton S. J. & Klotz S. (1997): The role of ant nest-mounds in maintaining small-scale patchiness in dry grasslands in Central Germany.–*Biodiversity and Conservation* 6: 1293–1307.
- Dostál P. (2004): Effect of free mound-building ant species on the formation of soil seed bank in mountain grassland. – *Flora* 200: 148-158.

- Elmes G. W. & Wardlaw J. C. (1982): A population study of the ants *Myrmica sabuleti* and *Myrmica scabrinodis* living at two sites in the south of England. II. Effect of above-nest vegetation. – *Journal of Animal Ecology* 51: 665–680.
- Fischer R. C., Richter A., Hadacek F. & Mayer V. (2008): Chemical differences between seeds and elaiosomes indicate an adaptation to nutritional needs of ants. – *Oecologia* 155: 539–547.
- Fitter A. H. & Peat H. J. (1994): The Ecological Flora Database. *Journal of Ecology* 82: 415–425. URL: [www.ecoflora.co.uk] ke dni 30. 10. 2011.
- Fokuhl G., Heinze J. & Poschlod P. (2007): Colony growth in *Myrmica rubra* with supplementation of myrmecochorous seeds. – *Ecological research* 22: 845–847.
- Gammans N. & Bullock J. M. (2005): Ant benefits in a seed dispersal mutualism. – *Oecologia* 146: 43–49.
- Garrido J. L., Rey P. J., Cerdá X. & Herrera C. M. (2002): Geographical variation in diaspore traits of an ant-dispersed plant (*Helleborus foetidus*): are ant community composition and diaspore traits correlated? – *Journal of Ecology* 90: 446–455.
- Gómez C. & Espadaler X. (1998): Myrmecochorous dispersal distances: a world survey. *Journal of Biogeography*. – 25: 573–580.
- Gorb E. & Gorb S. (1999): Dropping rates of elaiosome-bearing seeds during transport by ants (*Formica polyctena* Foerst.): Implications for distance dispersal. – *Acta Oecologica* 20: 509–518.
- Gorb E. & Gorb S. (2003): Seed dispersal by ants in a deciduous forest ecosystem. – Kluwer, Dordrecht.
- Gorb S., Gorb E. & Sindarovskaya Y. (1997): Interaction between the non-myrmecochorous herb *Galium aparine* and the ant *Formica polyctena*. *Plant Ecology* 131: 215–221.
- Grime J. P., Hodgson, J. G. & Hunt. R. (2007): Comparative plant ecology – a functional approach to common British species. Castepoint Press, Colvend.

- Gutián J. & Garrido J. L. (2006): Is early flowering in myrmecochorous plants an adaptation for ant dispersal? – *Plant Species Biology* 21: 165–171.
- Gunther R.W. & Lanza J. (1989): Variation in attractiveness of *Trillium* diaspores to a seed dispersing ant.– *American Midland Naturalist* 67: 334–344.
- Handel S. N. (1978): The competitive relationship of three woodland sedges and its bearing on the the evolution of ant-dispersal of *Carex pedunculata*.– *Evolution* 32: 151–163.
- Hanzawa F. M., Beattie A. & Holmes A. (1985): Dual function of the elaiosome of *Corydalis aurea* (Fumariaceae) attraction of dispersal agents and repulsion of *Peromyscus maniculatus*, a seed predator. – *American Journal of Botany* 72: 170–171.
- Hölldobler B. & Wilson E. (1995): *Journey to the ants: a story of scientific exploration*, Harvard University Press. – Cambridge, Massachusetts.
- Horvitz C. C. & Schemske D. W. (1986): Ant-nest soil and seedling growth in neotropical ant-dispersed herb. – *Oecologia*. 70: 318–320.
- Janeček Š. & Lepš J. (2005): Effect of litter, leaf cover and cover of basal internodes of the dominant species *Molinia caerulea* on seedling recruitment and established vegetation. – *Acta Oecologica* 28: 141–147.
- King T. J. (1981): Ant-hill vegetation in acidic grasslands in the Gower peninsula, South Wales. – *New Phytologist* 88: 559–571.
- Kjellsson G. (1985): Seed fate in a population of *Carex pilulifera* L. – *Oecologia* 67: 416–423.
- Klotz S., Kühn I. & Durka W. [Hrsg.] (2002): *BIOLFLOR—Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland*. Schriftenreihe für Vegetationskunde Bundesamt für Naturschutz, Bonn. [www.ufz.de/biolflor/index.jsp] ke dni 30. 3. 2012.
- Knevel I. C., Bekker R. M., Bakker J. P. & Kleyer M. (2003): Life-history traits of the Northwest European flora: The LEDA database. *Journal of Vegetation Science* 14: 611 – 614, URL: [www.leda-traitbase.org] ke dni 30. 3. 2012.

- Kotorová I. & Lepš J. (1999): Comparative ecology of seedling recruitment in an oligotrophic wet meadow. – *Journal of Vegetation Science* 10: 175–186.
- Kovář P., Kovářová M., Dostál P. & Herben T. (2000): Vegetation of ant-hills in a mountain grassland: effects of mound history and of dominant ant species. – *Plant Ecology* 00: 1–13.
- Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Koplán Z., Kirschner J. & Štěpánek J. [eds.]. (2002): *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha.
- Lengyel S., Gove A. D., Latimer, A. M., Majer J. D. & Dunn R. R. (2009): Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: A global survey Lenoir L. Effects of ants on plant diversity in semi-natural grasslands. – *Arthropod–Plant Interactions* 3:163–172.
- Lenoir L. (2009): Effects of ants on plant diversity in semi-natural grasslands. – *Arthropod – Plant Interactions* 3:163–172.
- Lesica P. & Kammowski (1998): Ant create hummocks and alter structure and vegetation of a Montana Fen. – *American Midland Naturalist* 139: 58–68.
- Mark S. & Olesen J. M. (1995): Importance of elaiosome size to removal of ant-dispersed seeds. – *Oecologia* 107: 95–101.
- Milewsky A. W. & Bond W. J. (1982): Convergence of myrmecochory in mediterranean Australia and South Africa. – *Ant-plant interactions in Australia* 8: Junk Press, The Hague.
- Randle Z. (2009): *Maculinea arion* an indicator of rare niches in seminatural acid grasslands in South West England and the role of *Myrmica* species of ant.– University of Southampton, Phd. Thesis.
- Renard D., Schatz B. & McKey D. B. (2010): Ant nest architecture and seed burial depth: Implications for seed fate and germination success in a myrmecochorous savanna shrub. – *Écoscience* 17: 194–202.
- Seifert B. (2007): *Die Ameisen Mittel– und Nordeuropas*. – Lutra Verlags– und Vertriebsgesellschaft, Tauer.

Sernander R. (1906): Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmekochoren. Kungliga Svenska Vetenskapsakad., – Handlingar 41: 1–410.

Servigne P. & Detrain C. (2008): Ant-seed interactions: combined effects of ant and plant species on seed removal patterns. – *Insectes Sociaux* 55: 220–230.

Servigne P. & Detrain C. (2009): Seed desiccation limits removal by ants. – *Arthropod-Plant Interactions* 3: 225–232.

Schütz M., Kretz C., Dekoninck L. & Irvani M. (2008): Impact of *Formica exsecta* Nyl. on seed bank and vegetation patterns in a subalpine grassland ecosystem. – *Journal of applied Entomology* 132: 295–305.

StatSoft. (1999): STATISTICA (data analysis software system), version 5.5. – StatSoft Inc., URL: [www.statsoft.com].

StatSoft. (2011): STATISTICA (data analysis software system), version 10. – StatSoft Inc., URL: [www.statsoft.com].

ter Braak C. J. F. & Šmilauer P. (2002): CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). – Microcomputer Power, Ithaca, NY.

Ulbrich (1939): Deutsche Myrmekochoren. Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg. – 40: 214–241.

Zelený D. (1999): Vliv bioticky generované heterogenity na klíčení semenáčků v lučném porostu. – Přírodovědecká fakulta, Jihočeská Univerzita, České Budějovice, Bc. Thesis.

8. Přílohy

- I. Druhy mravenců, které se vyskytovaly v plochách.
- II. Seznam zkratk všech druhů cévnatých rostlin zaznamenaných ve vegetaci kruhových plošek a jim příslušných vzorcích semenné banky.
- III. Seznam druhů zjištěných v semenné bance s celkovým počtem výskytů.
- IV. Pokryvností jednotlivých druhů zaznamenaných ve všech kontrolních ploškách a ploškách s mraveništi.

I. Druhy mravenců, které se vyskytovaly v plochách. Vysvětlivky: *LasiPlat* - *Lasius platythorax*, *MyrmScab* - *Myrmica scabrinodis*, *MyrmVand* - *Myrmica vandeli*.

<i>Plocha</i>	<i>Mraveniště</i>	<i>Druh mravence</i>
I	1	<i>MyrmScab</i>
I	2	<i>MyrmScab</i>
I	3	<i>MyrmScab</i>
I	4	<i>MyrmScab</i>
I	5	<i>MyrmScab</i>
I	6	<i>MyrmScab</i>
II	1	<i>MyrmScab</i>
II	2	<i>MyrmScab</i>
II	3	<i>MyrmScab</i>
II	4	<i>MyrmScab</i>
II	5	<i>MyrmVand</i>
II	6	<i>MyrmScab</i>
III	1	<i>MyrmScab</i>
III	2	<i>MyrmScab</i>
III	3	<i>MyrmScab</i>
III	4	<i>MyrmScab</i>
III	5	<i>MyrmScab</i>
III	6	<i>MyrmScab</i>
IV	1	<i>MyrmScab</i>
IV	2	<i>MyrmScab</i>
IV	3	<i>MyrmScab</i>
IV	4	<i>MyrmVand</i>
IV	5	<i>MyrmVand</i>
IV	6	<i>MyrmScab</i>

<i>Plocha</i>	<i>Mraveniště</i>	<i>Druh mravence</i>
V	1	<i>MyrmScab</i>
V	2	<i>MyrmScab</i>
V	3	<i>MyrmScab</i>
V	4	<i>MyrmVand</i>
V	5	<i>MyrmScab</i>
V	6	<i>MyrmScab</i>
VI	1	<i>LasiPlat</i>
VI	2	<i>MyrmVand</i>
VI	3	<i>MyrmVand</i>
VI	4	<i>MyrmScab</i>
VI	5	<i>MyrmScab</i>
VI	6	<i>MyrmScab</i>
VII	1	<i>MyrmScab</i>
VII	2	<i>MyrmScab</i>
VII	3	<i>MyrmScab</i>
VII	4	<i>MyrmScab</i>
VII	5	<i>MyrmScab</i>
VII	6	<i>MyrmScab</i>
VIII	1	<i>MyrmScab</i>
VIII	2	<i>MyrmScab</i>
VIII	3	<i>MyrmScab</i>
VIII	4	<i>MyrmScab</i>
VIII	5	<i>MyrmScab</i>
VIII	6	<i>MyrmScab</i>

II. Seznam zkratk všech druhů cévnatých rostlin zaznamenaných ve vegetaci kruhových plošek a jim příslušných vzorcích semenné banky pro grafy vytvořené v programu CanoDraw a pro Tabulku 8

1	<i>Agrostis canina</i>	AgroCani
2	<i>Agrostis capillaris</i>	AgroCapi
3	<i>Achillea ptarmica</i>	AchiPtar
4	<i>Ajuga reptans</i>	AjugRept
5	<i>Alchemilla sp.</i>	Alch sp.
6	<i>Angelica sylvestris</i>	AngeSylv
7	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	AnthOdor
8	<i>Betonica officinalis</i>	BetoOffi
9	<i>Betula pendula</i>	BetuPend
10	<i>Briza media</i>	BrizMedi
11	<i>Carex brizoides</i>	CareBriz
12	<i>Carex hartmanii</i>	CareHart
13	<i>Carex nigra</i>	CareNigr
14	<i>Carex ovalis</i>	CareOval
15	<i>Carex pallescens</i>	CarePall
16	<i>Carex panicea</i>	CarePani
17	<i>Carex pilulifera</i>	CarePilu
18	<i>Carex pulicaris</i>	CarePuli
19	<i>Carex umbrosa</i>	CareUmbro
20	<i>Cerastium holosteoides</i>	CeraHolo
21	<i>Cirsium palustre</i>	CirsPalu
22	<i>Danthonia decumbens</i>	DantDecu
23	<i>Deschampsia cespitosa</i>	DescCesp
24	<i>Epilobium ciliatum</i>	EpilCili
25	<i>Epilobium palustre</i>	EpilPalu
26	<i>Equisetum arvense</i>	EquiArve
27	<i>Festuca ovina</i>	FestOvin
28	<i>Festuca pratensis</i>	FestPrat
29	<i>Festuca rubra</i>	FestRubr
30	<i>Galium boreale</i>	GaliBore
31	<i>Galium palustre</i>	GaliPalu
32	<i>Galium uliginosum</i>	GaliUlig
33	<i>Holcus lanatus</i>	HolcLana

34	<i>Juncus effusus</i>	JuncEffu
35	<i>Lathyrus pratensis</i>	LathPrat
36	<i>Lotus corniculatus</i>	LotuCorn
37	<i>Luzula multiflora</i>	LuzuMult
38	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	LychFlos
39	<i>Lysimachia nummularia</i>	LysiNumm
40	<i>Lysimachia vulgaris</i>	LysiVulg
41	<i>Mentha arvensis</i>	MentArve
42	<i>Molinia caerulea</i>	MoliCaer
43	<i>Myosotis nemorosa</i>	MyosNemo
44	<i>Nardus stricta</i>	NardStric
45	<i>Pedicularis sylvatica</i>	PediSylv
46	<i>Plantago lanceolata</i>	PlantLanc
47	<i>Poa angustifolia</i>	PoaAngu
48	<i>Poa pratensis</i>	PoaPrate
49	<i>Poa trivialis</i>	PoaTrivi
50	<i>Potentilla erecta</i>	PoteErec
51	<i>Prunella vulgaris</i>	PrunVulg
52	<i>Ranunculus acris</i>	RanuAcri
53	<i>Ranunculus auricomus agg.</i>	RanuAuri
54	<i>Ranunculus flammula</i>	RanuFlam
55	<i>Rumex acetosa</i>	RumeAcet
56	<i>Salix aurita</i>	SaliAuri
57	<i>Scirpus sylvaticus</i>	ScirSylv
58	<i>Scorzonera humilis</i>	ScorHumi
59	<i>Selinum carvifolia</i>	SeliCarvi
60	<i>Succisa pratensis</i>	SuccPrat
61	<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	TrifDubi
62	<i>Trifolium dubium</i>	TaraRude
63	<i>Valeriana dioica</i>	ValeDioi
64	<i>Veronica chamaedrys</i>	VeroCham
65	<i>Veronica officinalis</i>	VeroOffi

III. Seznam druhů zjištěných v semenné bance s celkovým počtem výskytů.

1	<i>Juncus sp.</i>	24451
2	<i>Holcus lanatus</i>	371
3	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	287
4	<i>Luzula multiflora</i>	170
5	<i>Carex nigra</i>	134
6	<i>Carex umbrosa</i>	127
7	<i>Carex pallescens</i>	98
8	<i>Potentilla erecta</i>	94
9	<i>Ranunculus flammula</i>	81
10	<i>Carex panicea</i>	63
11	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	63
12	<i>Galium uliginosum</i>	59
13	<i>Myosotis nemorosa</i>	47
14	<i>Molinia caerulea</i>	39
15	<i>Cerastium holosteoides</i>	37
16	<i>Danthonia decumbens</i>	26
17	<i>Carex ovalis</i>	23
18	<i>Poa pratensis</i>	21
19	<i>Epilobium ciliatum</i>	18
20	<i>Salix aurita</i>	17
21	<i>Betula pendula</i>	16
22	<i>Ranunculus sp.</i>	16
23	<i>Carex brizoides</i>	12
24	<i>Poa trivialis</i>	12

25	<i>Briza media</i>	11
26	<i>Agrostis capillaris</i>	10
27	<i>Carex pulicaris</i>	10
28	<i>Equisetum sylvaticum</i>	10
29	<i>Plantago lanceolata</i>	9
30	<i>Epilobium palustre</i>	8
31	<i>Rumex acetosa</i>	8
32	<i>Carex hartmanii</i>	6
33	<i>Festuca pratensis</i>	6
34	<i>Agrostis canina</i>	3
35	<i>Deschampsia cespitosa</i>	3
36	<i>Prunella vulgaris</i>	3
37	<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	3
38	<i>Festuca rubra</i>	2
39	<i>Galium palustre</i>	2
40	<i>Poa angustifolia</i>	2
41	<i>Selinum carvifolia</i>	2
42	<i>Veronica officinalis</i>	2
43	<i>Cirsium palustre</i>	1
44	<i>Mentha arvensis</i>	1
45	<i>Nardus stricta</i>	1
46	<i>Trifolium dubium</i>	1
47	<i>Veronica chamaedrys</i>	1
25	<i>Briza media</i>	11

Příloha III. Pokryvností jednotlivých druhů zaznamenaných ve všech kontrolních ploškách a ploškách s mraveništěm [%].

