

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Ondřej Horňák

**Vliv aplikace exogenní organické hmoty na půdní
faunu**

Bakalářská práce
v oboru
Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. & Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Olomouc 2014

Horňák O.: Vliv aplikace exogenní organické hmoty na půdní faunu. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 37 s., 3 přílohy, česky.

Abstrakt

Aplikace exogenní organické hmoty, jako prostředek pro zvyšování klesajícího obsahu organické hmoty v půdě, je odpovědí na intenzifikaci zemědělství. Ta je spjatá s nástupem konvenčního systému zemědělství, které používá průmyslová hnojiva, pesticidy a těžkou techniku, čímž dochází k degradaci půdy a poklesu organické hmoty v ní obsažené. Opětovné navrácení této hmoty do půdy prostřednictvím organických hnojiv, může mít kromě vlivu na fyzikální a chemické vlastnosti půdy a rostliny také vliv na půdní faunu, jehož posouzení je cílem této práce.

Výzkum probíhal v roce 2013 na dvou polních lokalitách s porostem silážní kukuřice, kde byly aplikovány tři typy organických hnojiv ve třech rozdílných dávkách. Zde byly poté v obdobích jaro/léto a léto/podzim nainstalovány zemní pasti, pomocí nichž byli chyceni a poté počítáni zástupci skupin Coleoptera, Araneae, Collembola, Diptera, Opiliones, Chilopoda, Diplopoda, Isopoda a larvy. Nejpočetnějšími skupinami byly Coleoptera, Araneae a Collembola. Aplikace hnojiv se projevila vyššími abundancemi půdní fauny nebo neměla zásadní vliv. Nejvýraznější vliv měla aplikovaná masokostní moučka a množství její dávky. Rozdíly byly zaznamenány také v rámci lokalit, kdy se celkové množství chycených jedinců lišilo až o polovinu. Na půdní faunu mělo vliv také roční období, kdy bylo na jedné z lokalit v období jaro/léto chyceno třikrát více jedinců než na podzim a na druhé lokalitě až čtyřikrát více jedinců než na podzim.

Klíčová slova: abundance, bezobratlí, hnojivo, masokostní moučka, roční období

Horňák O.: Impact of application of exogenous organic matter to soil fauna. Bachelor's thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc, 37 pp., 3 Appendices, in Czech.

Abstract

Application of exogenous organic matter, as a means of increasing decreasing content of organic matter in the soil, is a response to the intensification of agriculture. It is linked to the accession of conventional agricultural system that uses fertilizers, pesticides and heavy machinery, which leads to soil degradation and decline of organic matter contained in it. Reintroduction of this matter to the soil through organic fertilizers can in addition have impact on the physical and chemical properties of soil. It can also affect plants and the soil fauna. The assessment of this reintroduction is the aim of this work.

The research was conducted in 2013 on two field localities with growth of silage corn, where were applied three types of organic fertilizers in three different dosages. In the spring / summer and summer / autumn seasons there were installed pitfall traps. Representatives of groups Coleoptera, Araneae, Collembola, Diptera, Opiliones, Chilopoda, Diplopoda, Isopoda and larvae were caught and collected through the use of these pitfall traps. Most numerous groups were Coleoptera, Araneae and Collembola. Application of fertilizers resulted in higher abundance of soil fauna or had no significant effect. The most marked effect has proved applied meatbone meal and the amount of its dosages. Differences were also observed within the localities, the total quantity of captured specimens differed by up to half. The soil fauna was also influenced by the seasons. In one of the localities there were caught three times more specimens during the spring / summer season than in the autumn. In the second locality there were caught four times more individuals than in the autumn.

Key words: abundance, invertebrates, fertilizer, meat bone meal, season

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. & Mgr. Ivana Hadriána Tufa, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci, 30. července 2014

.....
podpis

Obsah

Seznam obrázků	vii
Seznam tabulek	viii
Seznam grafů.....	ix
Poděkování.....	x
Úvod.....	1
Organická hmota v půdě.....	1
Pokles půdní organické hmoty	2
Problematika dodatku organické hmoty	3
Charakteristika půdní fauny	4
Vliv hnojení na půdní faunu	5
Drabčící a ostatní brouci	6
Collembola.....	7
Diptera	8
Isopoda.....	8
Chilopoda.....	8
Araneae	9
Diplopoda.....	9
Opiliones.....	10
Cíle práce	11
Materiál a metodika.....	12
Charakteristika lokalit	12
Druhy a aplikace hnojiv	12
Sběr zoologického materiálu	13
Analýza dat.....	14
Výsledky	15
Diskuze.....	28
Závěr	31
Literatura	32
Přílohy	35
Příloha 1	35
Příloha 2	36
Příloha 3	37

Seznam obrázků

Obrázek 1 Geografická poloha studovaných lokalit (zdroj Google Earth)	12
Obrázek 2 Letecký snímek lokality Pusté Jakartice (zdroj Google)	35
Obrázek 3 Letecký snímek lokality Braszowice (zdroj Google)	35
Obrázek 4 Lokalita v Pustých Jakarticích.....	36
Obrázek 5 Lokalita v Braszowicích.....	36

Seznam tabulek

Tabulka 1 Počty jedinců jednotlivých skupin chycených v Pustých Jakarticích za obě období.....	15
Tabulka 2 Počty jedinců jednotlivých skupin chycených v Braszowicích za obě období	16
Tabulka 3 Výsledky nepřímé gradientové analýzy DCA	16
Tabulka 4 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy	17
Tabulka 5 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Pusté Jakartice	19
Tabulka 6 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Pusté Jakartice v období jaro/léto	20
Tabulka 7 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Pusté Jakartice v období léto/podzim	21
Tabulka 8 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Braszowice.....	23
Tabulka 9 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Braszowice v období jaro/léto	24
Tabulka 10 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Braszowice v období léto/podzim	25

Seznam grafů

Graf 1 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných	18
Graf 2 Ordinační diagram interakcí environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Pusté Jakartice	19
Graf 3 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Pusté Jakartice v období jaro/léto	20
Graf 4 Abundance jedinců v interakci s typem hnojiva a kontrolou na lokalitě Pusté Jakartice v období jaro/léto	21
Graf 5 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Pusté Jakartice v období léto/podzim.....	22
Graf 6 Abundance jedinců v interakci s typem hnojiva a kontrolou na lokalitě Pusté Jakartice v období léto/podzim	22
Graf 7 Ordinační diagram interakcí environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Braszowice	23
Graf 8 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Braszowice v období jaro/léto.....	24
Graf 9 Abundance jedinců v interakci s typem hnojiva a kontrolou na lokalitě Braszowice v období jaro/léto.....	25
Graf 10 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Braszowice v období léto/podzim.....	26
Graf 11 Abundance jedinců v interakci s typem hnojiva a kontrolou na lokalitě Braszowice v období léto/podzim.....	26
Graf 12 Abundance jedinců v interakci s množstvím dávky aplikovaného hnojiva MBM NP 7–6 a kontrolou	27

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především svému vedoucímu bakalářské práce RNDr. & Mgr. Ivanu H. Tufovi, Ph.D., za cenné rady, poskytnutí materiálů, čas, trpělivost a veškerou pomoc při tvorbě bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Ladislavu Čápovi a Ing. Vojtěchu Chmelíkovi za pomoc v terénu při získávání dat. Zároveň děkuji své rodině a nejbližším za podporu a trpělivost po celou dobu studia a zpracovávání bakalářské práce.

V Olomouci, 30. července 2014

Úvod

Organická hmota v půdě

Půda je nejsvrchnější vrstvou zemské kůry, která je prostoupená vodou, vzduchem a organismy. Vzniká v procesu pedogeneze pod vlivem vnějších faktorů a času a je produktem přeměn minerálních a organických látek. Vnějšími faktory rozrušující půdotvorný substrát (např. skalní podloží), jsou klimatické a fyzikální vlivy, mezi které patří například změny teploty, gravitační síla nebo promývání. Mezi chemické vlivy můžeme zahrnout rozpouštění, rozleptávání, krystalizaci a mezi biologické vlivy promíchávání a provzdušňování půd organismy, kořenové exudáty a organickou hmotu (Tuf 2013).

Půdní organická hmota je v práci Baldocka a Skjemstadta (1999) výslovně definována jako organická složka půdy s výjimkou nerozložených rostlinných a živočišných zbytků, produktů jejich částečného rozkladu a bez živé půdní biomasy. Podle jiných zdrojů je půdní organická hmota definována jako veškerá organická hmota nacházející se v půdě, bez ohledu na její původ nebo stupeň rozkladu.

Hlavní složkou půdní organické hmoty je uhlík (Šarapatka 2002). Jeho množství je určeno váhou mezi mírou vstupu organického uhlíku do půdy (rostliny, kořeny) a výstupy ve formě oxidu uhličitého, uvolňovaného mikrobiologickou dekompozicí. Mimo této bilance je celkové množství půdního organického uhlíku ovlivňováno také půdním typem, klimatem, hospodařením s půdou, zrnitostí a celkovými interakcemi mezi těmito faktory (Kaczynski et al. 2013).

Dle Kinga et al. (2005) je obsah půdní organické hmoty pravděpodobně nejužitečnější ukazatel udržitelnosti půdních zdrojů. Proto může být potencionálně využíván jako indikátor změn schopnosti půdy udržovat současný výnos plodin a ostatních mimoprodukčních funkcí. To souvisí s celkovou klíčovou funkcí půdy z chemických a fyzikálních hledisek.

Z hlediska produkčního potenciálu je půdní organická hmota hlavním zdrojem výživy rostlin. Z fyzikálního pohledu má pozitivní vliv na strukturu půdy, citlivost vůči erozi a retenční kapacitu půdy. Dále ovlivňuje mnohé chemické procesy jako sorpční kapacitu půdy, filtraci nečistot, stabilizaci pH. Z biologického hlediska podporuje biodiverzitu, posiluje půdu a zdravotní stav rostlin (Kaczynski et al. 2013), ovlivňuje

resilienci ekosystému, má vliv na aktivitu enzymů a je zásobárnou energie a živin (Šarapatka et al. 2002).

Základní myšlenkou v dlouhodobě udržitelných zemědělských systémech by měla být snaha o co možná nejuzavřenější koloběh živin a maximální využívání zdrojů z vlastního zemědělského podniku. V koloběhu živin dochází k neustálému obohacování půdy živinami, ale také k jejím ztrátám. Pravidelné navrácení odebraných živin a dostatečný přísun organických látek do zemědělského systému je velmi důležité pro zachování úrodnosti půdy, zajištění odpovídající produkce i pro minimalizování environmentálních rizik. Mimo vlivu na produkci pěstovaných plodin, má také správné hospodaření se živinami vliv na životní prostředí (Šarapatka et al. 2010).

Pro optimalizaci hospodaření s živinami nám slouží jejich bilance, kterou můžeme obecně označit jako poměr mezi zdroji a spotřebou živin. V případě, že je v půdě dlouhodobě přebytek živin, tedy kladná bilance, může docházet k finančním ztrátám, citelným změnám půdního prostředí a také k negativnímu ovlivnění životního prostředí, např. vodních zdrojů. V případě, že je půda vystavena dlouhodobému nedostatku živin, tedy záporné bilanci, může docházet k jejímu okyselení, destrukci sorpčního komplexu a to může vést k nevratným změnám v úrodnosti (Šarapatka et al. 2010).

Pokles půdní organické hmoty

Pokles organické hmoty v půdě byl definován jako hlavní ohrožení kvality půdy. Bilance půdní organické hmoty je hlavním kritériem udržitelnosti zemědělského systému. Regionální hodnocení ukazuje, že úroveň půdní organické hmoty může být klesající. V posledních letech docházelo k mnohým změnám v zemědělství. Zdůraznila se organizace a intenzita rostlinné a živočišné výroby (Kaczynski et al. 2013), začaly se používat vysoké dávky průmyslových hnojiv, pesticidy, těžká zemědělská technika (Rusek 2005) a docházelo ke specializaci zemědělských podniků (Kaczynski et al. 2013). Zjednodušení střídání plodin a specializace v zemědělství vedla k limitování vstupů organické hmoty do půdy. Intenzivní zemědělský systém kombinovaný se zjednodušením střídání plodin (snížení podílu víceletých pícnin a luštěnin ve prospěch obilovin a kukuřice) může vést ke snížení vstupu rostlinných zbytků a v důsledku toho ke snížení obsahu půdní organické hmoty. Pozorování v posledním roce ukázaly, že dochází ke zvyšování množství zemědělských podniků bez živočišné výroby a tím ke zrušení dodávky hnoje nebo kejdy, které jsou velice důležité z hlediska plodnosti půdy (Kaczynski et al. 2013).

Problematika dodatku organické hmoty

Bilance živin na poli je ovlivňována zpracováním půdy, sklizní a hnojením. Hlavním zdrojem organické hmoty vstupující do půdy jsou rostliny, a to jednak opad (odumřelé části rostlin) a také kořenové výměšky (Frouz 2010). V zemědělských půdách jsou také významným zdrojem organická hnojiva a v konvenčních systémech hospodaření i hnojiva minerální. Živiny se do půdy dále dostávají prostřednictvím atmosféry, uvolněním ze zvětrávaných minerálů a hornin a také z posklizňových zbytků. Z půdy jsou živiny odčerpávány především sklizní a významnou položkou je také vyplavování, eroze a denitrifikace (Urban et al. 2003).

V případě, že je bilance živin kladná a byly vyzkoušeny možnosti zvýšení výnosů pomocí jiných, na živiny náročnějších, odrůd a odlišných agrotechnických postupů, je nutné omezit vstupy. Ostatní agroekologické podmínky, jakými jsou klima, vodní režim, půdní druh, totiž nedovolují, aby byly živiny odčerpávány zvýšenými výnosy. V situaci, kdy je bilance živin záporná, můžeme zvýšit dodávku živin nebo přejít na výnosově nižší hladiny a snížit odčerpávání živin z pole (Šarapatka et al. 2010). Aktivitu zaměřenou na ochranu půdní organické hmoty a půdního organického uhlíku a nové možnosti zavedení exogenní organické hmoty se stalo velmi důležitým úkolem. Klíčovým požadavkem je posouzení průběžného stavu a změny obsahu půdního organického uhlíku jako odpověď na zemědělské a klimatické podmínky. Tyto informace jsou potřebné pro návrhy a realizaci zemědělských a právních opatření na ochranu půdního organického uhlíku (Kaczynski et al. 2013).

Jak uvádí Moeskops et al. (2012), vzhledem k významu půdní organické hmoty pro kvalitu půdy, je organické hnojení nezbytné v udržitelné rostlinné produkci. Je používáno mnoho různých organických materiálů, např. rostlinné zbytky, hnojiva, rašelina a kompost, ale každý z nich má specifické účinky na zásobu půdní organické hmoty, fungování půdy a půdní mikrobiální komunity. Nicméně, existuje jen málo poznatků o těchto specifických účincích.

Při zvyšování obsahu živin hnojením, by se mělo dbát na to, aby množství živin nepřevyšovalo potřebu rostlin. Hnojení by mělo udržovat a zlepšovat úrodnost půdy, poskytovat organickou výživu půdní fauně, vracet živiny do koloběhu a doplňkově zajišťovat úhradu živin exportovaných z pozemků a z hospodářství v zemědělských produktech. V případech, kdy je v půdě nedostatek určité živiny, je potřeba jej dosytit. Proto je v takovéto situaci opodstatněné dočasně zvýšit bilanční dávky živin. Organickým

hnojením podporujeme biologickou aktivitu půdy, která je základem její úrodnosti. Biologická aktivita udržuje živiny v přístupných formách a pomáhá rostlinám přijímat živiny i z méně přístupných sloučenin a minerálů. Na biologicky aktivní půdě jsou poté rostliny všestranně odolnější a dokážou lépe vzdorovat invazím chorob a škůdců (Urban et al. 2003).

Charakteristika půdní fauny

Volně žijící organismy v půdě nazýváme souhrnným názvem edafon (Šarapatka et al. 2010). Tohle označení použil poprvé v roce 1910 Francé, který tak půdní organismy pojmenoval. Jsou to všechny organismy, od nejmenších bakterií a prvoků, po největší bezobratlé a obratlovce (Rusek 2010). Hrají klíčovou roli v pedogenetických procesech, koloběžích prvků a růstu rostlin, ovlivňují stabilitu ekosystému atd. Mezi jednotlivými skupinami organismů také existuje velké množství složitých interakcí, odehrávajících se v půdním prostředí. Jejich pochopení je velmi důležité pro pochopení stability ekosystému a koncepce udržitelného zemědělství (Šarapatka et al. 2002).

Půdní organismy rozdělujeme do dvou skupin, fytoedafon a zooedafon. K fytoedafonu řadíme bakterie, příslušníky říše Archea, houby a rostliny. K zooedafonu poté zástupce prvoků a živočichů (Tuf 2013). Disponují také nepřebernou paletou tvarů, velikostí a životních strategií (Frouz 2010). Existuje řada klasifikací, podle kterých můžeme edafon rozdělovat. Příkladem může být klasifikace podle místa výskytu organismů v půdním profilu. Dělíme ji na epigeon, což je označení pro druhy obývající povrch půdy a vrstvy opadu. Zástupci této kategorie jsou například střevlíci, štírci, slídáci a stínky. Dále hemiedafon, který se vyskytuje ve svrchních vrstvách půdy a řadíme mezi něj některé menší druhy stonožek a mnohonožek, řadu druhů chvostoskoků, stonožeky atd. Poslední kategorií této klasifikace je euedafon, který nalézáme hlouběji v půdě. Typickými zástupci jsou například tzv. hlubinné žížaly, ponravy chroustů, krtci a většina zemívek.

Nejvýznamnějším dělením půdních organismů je však dělení podle jejich velikosti. První kategorií je mikroedafon, který dosahuje velikostí menších než 0,2 mm a dále se dělí na mikroflóru, mezi kterou řadíme bakterie, houby, aktinomycety, řasy, sinice a mikrofaunu, do které patří prvoci, vířníci, želvušky a hlístice. Druhou kategorií je mezoedafon, mezi který patří druhy velké 0,2 až 2 mm (roztoči, chvostoskoci, převážná část roupic). Další kategorií je makroedafon, který je zastoupen živočichy velikostí od 2

do 20 mm a patří sem většina stonožek a mnohonožek, suchozemští stejnonožci a různonožci, žížaly, brouci a plži. Čtvrtá kategorie je označována jako megaedafon a jsou to živočichové větší než 2 cm (větší žížaly a obratlovci) (Tuf 2013).

Na praktičnost této klasifikace při studiu živočichů, poukazuje Šarapatka et al. (2010). Jelikož velikost těla souvisí s jejich početností vzhledem k ploše (čím menší živočichové, tím větší abundance na m²). Proto budou například půdní vzorky pro studium chvostoskoků menší než vzorky odebrané pro studium mnohonožek.

Jednotlivé velikosti skupiny se také liší ekologicky, například svou rolí v dekompozici opadu. Mikroedafon se podílí na rozkladu mrtvé organické hmoty především biochemicky a chemicky, přičemž mezo- a makroedafon především mechanicky (Tuf 2013).

Půdní fauna také vykazuje stejné potravní strategie, jako živočichové žijící mimo půdu. Nalezneme zde jak herbivory, tak predátory, kteří se často živí mršinami a detritofágy, živící se mrtvou organickou hmotou, nejběžněji rostlinného původu (Šarapatka et al. 2010).

Vliv hnojení na půdní faunu

Na život v půdě a rozvoj edafonu má vliv řada faktorů. Mezi nejvýraznější vlivy patří hnojení. Při srovnávání hnojených a nehnojených ploch byly ve výzkumech obecně zaznamenány vyšší počty organismů na plochách hnojených hnojem a většinou i průmyslovými hnojivy ve srovnání s nehnojenými plochami. Rozvoj edafonu je však limitován dávkami hnojiv. Při racionálním hnojení se může zvýšit produkce rostlin a biomasa kořenů. Může také narůstat počet primárních konzumentů, může docházet ke stimulaci mikrobiální aktivity a bakteriálních populací v rhizosféře a následně se mohou rozvíjet i populace jejich konzumentů (Šarapatka et al. 2002).

Změníme-li způsob užívání půdy, může se tím významně změnit obsah organické hmoty (Frouz 2010). Tady narážíme na rozdíl mezi jednotlivými systémy hnojení ekologického a konvenčního zemědělství. V ekologickém zemědělství je uplatňován koncept půdy jako živého systému a systém hnojení je navržen tak, aby respektoval přirozené koloběhy živin (Šarapatka et al. 2002). Využívá živočišný odpad a zelené hnojení k nahrazení dusíku a dalších prvků k tvorbě půdní organické hmoty (Hole et al. 2005). Zjednodušeně, ekologické přístupy vedou k vyšším obsahům organické hmoty v půdě (Šarapatka et al. 2002) a obecně podporují větší množství bezobratlých, kteří se

spoléhají na nedegradovanou rostlinnou hmotu jako zdroj potravy (Hole et al. 2005). Naproti tomu konvenční zemědělství v intenzivní formě směřuje ke snižování obsahu této hmoty. Průmyslová minerální hnojiva, využívaná konvenčním zemědělstvím, vyvolávají změny chemismu půd z důvodu většího množství dodávaných prvků N, P a K. Tyto prvky mají vliv na půdní flóru a faunu a jejím prostřednictvím i na půdní úrodnost a koloběh prvků. Dále průmyslová hnojiva vyčlují pH půdy více než organická hnojiva, což je způsobeno buď přímo (např. kyselými hnojivy) nebo změnami obsahu organické hmoty v půdě (Šarapatka et al. 2002).

Dalším aspektem konvenčního zemědělství, ovlivňujícím půdní faunu, je používání pesticidů (Šarapatka et al. 2002). Spolu s minerálními hnojivy mimo jiné negativně ovlivňuje půdní členovce přímo, přes toxicitu (Purtauf et al. 2005) a nepřímo tím, že například po aplikaci herbicidů dochází k likvidaci plevelných druhů rostlin a následnému sníženému vstupu organické hmoty do půdy. Tím klesá dostupný zdroj potřebný pro život edafonu, (Šarapatka et al. 2002) s čímž souvisí i pokles dostupnosti potravy a kvality stanoviště (Purtauf et al. 2005).

Drabčící a ostatní brouci

Vlivem organického hnojiva na drabčíky se zabýval Boháč (1999). Hojnost drabčích byla stimulována hnojem. Tento účinek byl pozorován také u skupiny střevlíků a stonožek a byl způsoben zvýšením množství kořisti. Hnůj také zvýšil obsah půdní vlhkosti, což podpořilo nárůst počtu vlhkomilných druhů. Srovnán byl také pozitivní vliv organického hnoje oproti minerálnímu NPK hnojivu. Nejnížší počet druhů drabčích byl zaznamenán na ploše s nejvyšší dávkou NPK. Některé druhy byly také indikátory typu a množství dávky hnojiva. Například druhy rodu *Tachyporus* měly nejvyšší hustotu na ploše bez hnojiva, ale také se jejich hustota zvyšovala od pozemků s nižší dávkou NPK po pozemky ošetřené organickým hnojem. Na druhou stranu druh *Lathrobium longulum* byl nalezen pouze na nehnojených pozemcích (Boháč 1999). S významně vyšší abundancí drabčích na ekologicky obhospodařovaných polích, tedy polích ošetřovaných organickým hnojem, jsou v souladu mnohé další výzkumy, jak ve své práci uvádí Hole et al. (2005). Dále však také uvádí jiné výzkumy, které naopak poukazují na nižší hustotu a druhovou bohatost drabčích na ekologicky obhospodařovaných polích.

Hole et al. (2005) ve své práci shrnul výsledky mnoha prací, které uvádí obecně vyšší množství a větší druhovou bohatost střevlíků na ekologicky obhospodařovaných

polích, poukazuje ale také na výzkumy, které uvádí opak. Mimo to zmiňuje také studii zaměřenou na chrobákovité, která uvádí signifikantně vyšší biomasu, rozmanitost a druhovou bohatost na ekologicky obhospodařovaných polích (v průměru o 38% více druhů, než na konvenčně obhospodařovaných polích).

V další práci byla studována druhová bohatost a hustota střevlíků na ekologických a konvenčních polích. Výsledky ukázaly, že oba typy polí měly stejnou druhovou bohatost. Vliv rozdílného typu obhospodařování na druhovou bohatost a hustotu aktivity tedy nebyl významný. Druhová bohatost souvisela pozitivně se zvyšujícím se procentem travního krytu v porostu okolní krajiny, nezávisle na typu obhospodařování. Hustota aktivity sledovala stejný trend. Výsledky byly v kontrastu s některými jinými studiemi, které vykazovaly vyšší druhovou bohatost a hustotu aktivity u ekologicky obhospodařovaných polí. To mohlo být částečně způsobeno tím, že v tomto případě na konvenčních polích nebyly před prvními odběry vzorků použity pesticidy. Dospělo se tedy k závěru, že okolní louky a pastviny působí jako hlavní zdroj rozmanitosti střevlíků na zemědělské půdě a jsou důležitější než ekologické obhospodařování (Purtauf et al. 2005).

Většina studií, bez ohledu na jejich obecná zjištění, tedy hlásí rozpory v typu obhospodařování půdy. U některých skupin nebo jednotlivých druhů jednoznačně zvýhodňují ekologická pole, u jiných zase konvenčně obhospodařovaná pole (Hole et al. 2005). Jindy se vliv rozdílného systému hospodaření ukazuje jako nepodstatný (Purtauf et al. 2005). Tyto nesrovnalosti pravděpodobně odráží všeobecnou shodu, že komplexní vliv stanoviště na brouky, může narušit očekávané modely druhové početnosti nebo rozmanitosti (Hole et al. 2005).

Collembola

V případě společenstev chvostoskoků, dochází se zvyšováním organické hmoty a pH ke zvyšování jejich abundance (Debeljak et al. 2007).

Na pozitivní vliv statkovo-minerálních hnojiv poukazuje ve své práci Artemjeva a Gatilova (1973). Ukázalo se, že po jednom roce hnojení statkovo-minerálními hnojivy došlo ke zvýšení početnosti populací chvostoskoků. Tento příznivý vliv byl způsoben zejména přítomností hnoje v těchto směsích. Z agrochemických výzkumů také vyplynulo, že směsi statkovo-minerálních hnojiv zvýšily obsah humusu více než hnojiva minerální.

To poukazuje také na nepřímý pozitivní vliv na půdní organismy prostřednictvím zvýšení mikrobioty a produktivity rostlin.

K dispozici jsou i další publikované práce, kde byly zaznamenány nejvyšší počty chvostoskoků u variant hnojených hnojem, následovaly varianty hnojené průmyslovými hnojivy a nejnižší počty chvostoskoků byly zaznamenány u nehnojených variant (Šarapatka et al. 2002).

Diptera

Pozitivní vliv na dvoukřídlé ve své práci zmiňuje Frouz (1999). Aplikací organické hmoty ve formě hnoje nebo kejdy se zvyšuje množství půdních obydlí pro dvoukřídlé. Při aplikaci kejdy se výrazně zvyšuje abundance larválních stádií čeledí pakomárovitých (Chironomidae), smutnicovitých (Sciaridae), pamuchnicovitých (Scatopsidae) a koutulovitých (Psychodidae). Aplikace hnoje nebo kejdy zlepšuje také krmné podmínky larev a může působit i jako důležitý atraktant pro kladení vajíček dvoukřídlých (Frouz 1999).

Isopoda

Jak uvádí Paoletti a Hassall (1999) stejnonožci jsou hojnou součástí půdní makrofauny. Jejich abundance klesá od polopřirozených travních porostů, přes lesní biotopy až k obdělávaným stanovištím. Rozmanitost stejnonožců rychle klesá v intenzivně obhospodařované zemědělské krajině v důsledku přímých a nepřímých účinků hospodaření. Přímé dopady na mortalitu souvisejí s používáním pesticidů, insekticidů a také herbicidů. Herbicidy mají také nepřímý vliv ve zpomalení růstu a plodnosti rostlin a tím snižují dostupnost kvalitní potravy z rostlinného opadu, zejména plevelů. Přímé účinky na mortalitu také souvisejí se zjednodušením struktury biotopů a snížením dostupnosti úkrytů. Naopak snížení intenzity obdělávání půdy na minimum nebo zcela, omezuje dopad na půdní strukturu a zbytky rostlinné biomasy na povrchu půdy a vede ke zvyšování abundance stejnonožců.

Chilopoda

Další studie byla zaměřená na porovnání druhové bohatosti, množství a diverzity stonožek na konvenčně a ekologicky obhospodařovaných polích. Co se týče kvalitativních rozdílů, nebyly pozorovány žádné rozdíly mezi jednotlivými systémy

hospodaření. Stejně skupiny druhů se vyskytovaly jak na ekologicky obhospodařovaných, tak i na konvenčních polích a i celková druhová bohatost byla téměř totožná. Také ani u druhové diverzity nebyl zaznamenán významný rozdíl. V rámci kvantitativního rozdílu však z výzkumu vyplynula rozdílná hustota stonožek na okrajích polí, kdy na ekologických polích byla vyšší než na konvenčně obhospodařovaných. Nejpravděpodobnějším vysvětlením je, že stonožky jsou nepříznivě ovlivněny pesticidy a to jak přímo, prostřednictvím pesticidů vyvolané morbidity a mortality, tak nepřímo, prostřednictvím snížení ostatních bezobratlých, kteří jsou jejich kořistí (Blackburn a Wallace 2001). Jak Blackburn a Wallace (2001) uvádí, tento závěr je podpořen dalšími výzkumy, které ukazují, že používání pesticidů vede k redukci dalších dravých členovců, jako jsou Coleoptera či Araneae.

Araneae

Feber et al. (1998) ve svém výzkumu srovnával vzorky pavouků v ekologicky a konvenčně obhospodařované ozimé pšenici. Bylo zjištěno, že početnost a druhová bohatost společenstev pavouků v ekologicky obhospodařovaném poli byla vyšší než v konvenčním. Výsledky také ukázaly, že početnost a druhová bohatost pavouků byla větší s rostoucí hojností podrostní vegetace v rámci této plodiny a to jak celkově, tak v rámci každého zemědělského systému. To je dle Holea et al. (2005) podpořeno jinou studií, která vykazala vyšší rozmanitost a široce se lišící struktury společenství pavouků v rámci ekologického hospodaření, ale malý rozdíl v hojnosti. Uvádí také další studie, které oznámily vyšší množství pavouků na ekologicky obhospodařovaných polích, i když rozdíly nebyly vždy statisticky významné. Zmiňuje však také práci, která uvádí malý rozdíl v početnosti pavouků, bez ohledu na systém řízení.

Diplopoda

Jak uvádí de Godoy a Fontanetti (2010), mnohonožky jsou důležitou skupinou půdní fauny, patřící do trofického stupně rozkladačů. Živí se detritem, organickou hmotou, ovocem, mechy a množstvím minerálních látek. Nejdůležitějšími faktory pro vyšší množství mnohonožek se považuje dle Klingera (1992) střídání plodin, které poskytují dobré zdroje potravin a hospodaření bez používání pesticidů. Ashwini a Sridhar (2002) dále uvádějí, že hojnost mnohonožek zvyšuje ekologické zemědělství bez zpracování půdy a dostatečná půdní vlhkost. To doplňují dlouhodobým výzkumem, kdy aplikace

výhradně organického statkového hnojiva měla za následek zvýšení půdní fauny, zejména mnohonožek.

Opiliones

V případě skupiny sekáčů uvádí Stašiov et al. (2011), že má významnou roli typ obhospodařování agroekosystému. Výsledky výzkumu naznačují, že management bez použití orby a podobných agrotechnických opatření je důležitý pro zvýšení nebo zachování biodiverzity sekáčů. V těchto případech poté vykazují ekologicky obhospodařovaná pole vyšší rozmanitost a vyrovnanost společenstev sekáčů, než konvenčně obhospodařovaná pole. Významné je také rozložení neoraných pozemků mezi oranými, které sekáčům zajišťují útočiště.

Cíle práce

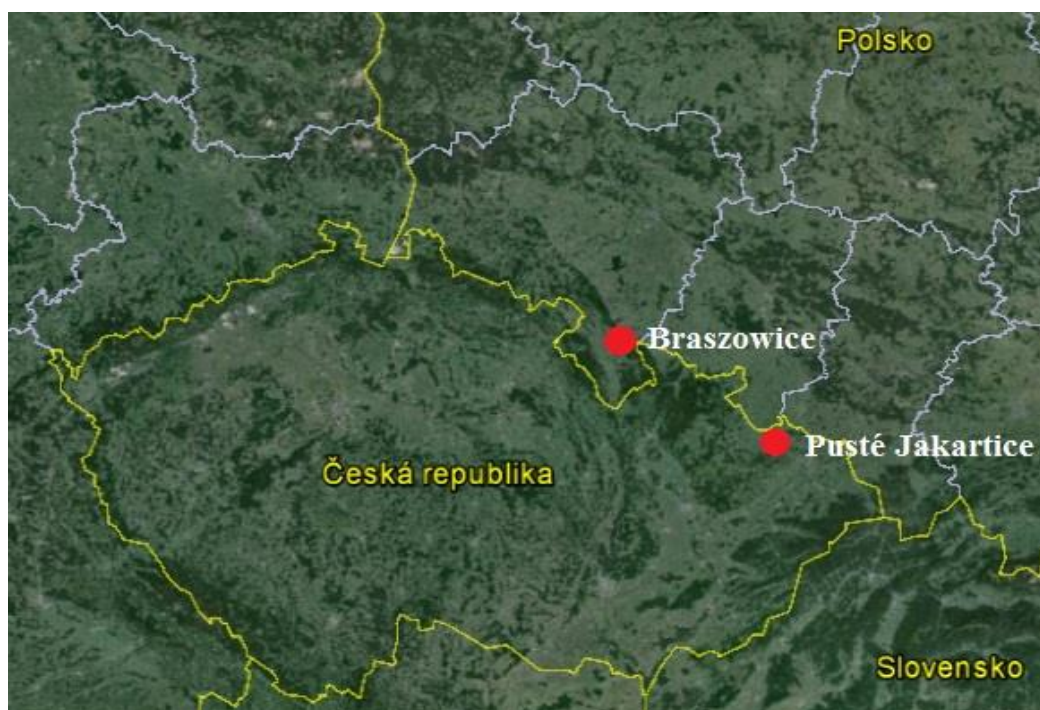
Tato bakalářská práce se zaměřuje na zjištění vlivu aplikace exogenní organické hmoty ve formě organických hnojiv na vybrané skupiny půdní fauny. Výzkum probíhal na dvou polních lokalitách v česko-polském pohraničí v roce 2013. Ze získaných dat budeme zjišťovat změny v početnosti vybraných skupin živočichů po aplikaci vybraných druhů hnojiv a také rozdílů v množství dávky aplikovaného hnojiva.

Tato práce je dílčí ekologickou částí česko-polského projektu Rizika a přínosy aplikace exogenní organické hmoty na půdu. Cílem tohoto projektu je provést hodnocení stavu půdní organické hmoty v česko-polském pohraničí a připravit metodický postup pro aplikaci exogenní organické hmoty na půdu s ohledem na půdní ekosystémové služby. Dále definovat půdní vlastnosti, které ovlivňují transformaci exogenní organické hmoty a v neposlední řadě vytvořit a popsat postup, jakým způsobem aplikovat metody pro detekci krátkodobých a dlouhodobých vlivů exogenní organické hmoty na půdní chemii a biologii s ohledem na vlastnosti stanoviště.

Materiál a metodika

Charakteristika lokalit

Výzkum byl prováděn na dvou polních lokalitách v česko-polském pohraničí. První experimentální plocha se nacházela v Pustých Jakarticích (Česká republika) a druhá v Braszowicích (Polsko) (Obrázek 1). Plodinou na obou plochách byla silážní kukuřice (*Zea mays*) kultivar N K Terada FAO 260. Plocha v Pustých Jakarticích (GPS: 49°58'23.60"N 17°57'17.82"E) měřila 800 m², ležela v nadmořské výšce 292 m a půdní typ byl hnědozem. Plocha v Braszowicích (GPS: 50°33'36.75"N 16°47'55.38"E) měřila 800 m², ležela v nadmořské výšce 290 m a půdním typem byla kambizem.



Obrázek 1 Geografická poloha studovaných lokalit

(zdroj Google Earth)

Druhy a aplikace hnojiv

Na pokusných plochách bylo zařazeno 10 kombinací hnojení a každá byla čtyřikrát opakována. Vzniklo tedy 40 dílčích ploch o rozměrech 20 m². Do devíti kombinací byly zařazeny hnojiva Agrohum (pro Pusté Jakartice), Rabio, živočišná moučka, digestát (pro Braszowice) a poslední kombinace byla kontrolní bez použití hnojiva. Hnojiva byla aplikována v základních dávkách 50 %, 75 %, 100 % a každá kombinace, včetně kontrolní, byla doplněna minerálním dusíkem do 100 %. Jejich aplikování proběhlo v Pustých Jakarticích 30. dubna s výjimkou masokostní moučky, která byla aplikována

21. května. V Braszowicích byla hnojiva aplikována 14. května a masokostní moučka 17.–18. května.

Agrohum je organické hnojivo vyráběné ze statkových hnojiv (drůbeží podestýlka a kejda) termofilní aerobní fermentací. Dodává do půdy základní živiny ve vhodném poměru, podporuje činnost půdních bakterií a zlepšuje strukturu půdy.

Rabio, průmyslový kompost, je organické hnojivo vyráběné homogenizací a kompostováním látek obsahujících rozložitelné organické látky, včetně kalů ČOV. Dodává se jím do půdy aktivní humus, mikroorganismy k oživení biologické činnosti půdy a základní živiny. Hodnota pH kompostu přispívá k úpravě nežádoucí kyselé reakce půd. Kompost upravuje strukturu lehkých, zvláště písčitých půd, zlepšuje jejich schopnost držet vláhu a omezuje z nich vyplavování živin.

Živočišná moučka NP 7–6 (zkratka MBM NP 7–6) je organické hnojivo, využívající se k zásobování půdy dusíkem a fosforem, které jsou v organické vazbě, což umožňuje jejich dlouhodobé uvolňování. Kromě vápníku obsahuje také důležité stopové prvky. Používá se jako hnojivo zásobní, k základnímu hnojení i pro přihnojování během vegetace (se zapravením do půdy). Hnojivo se dodává ve formě hnědé moučky.

Digestát je fermentační zbytek po anaerobní digestaci (biozplyňování) objemných krmiv, statkových hnojiv, kejdy skotu a prasat, rostlinného materiálu, zejména kukuřičné siláže, travní senáže a trávy. Má pach dobře zkvašené kejdy se slabým amoniakálním zápachem.

Tato část metodiky byla sestavena na základě metodiky Smatanové [date unknown].

Sběr zoologického materiálu

Pro odchyt edafonu jsme použili metodu padacích zemních pastí. Jednotlivé pasti se skládaly ze zakopané zavařovací sklenice o objemu 0,7 l (Omnia) a průměru hrdla 75 mm, do které byl vložen plastový kelímek o objemu 0,3 l, sloužící pro usnadnění výběru živočichů z pasti. Kelímek byl naplněn do 1/3 fixačním tekutinou, kterou byl 4% roztok formaldehydu. Celá past byla zakryta plechovou stříškou, sloužící k zamezení znečištění pasti listím a vyplavení deštěm (Hora 2010). Na každé experimentální ploše bylo nainstalováno 120 zemních pastí v 6 řadách. Každá řada obsahovala 20 pastí. Design rozmístění pastí poté odpovídal kombinacím hnojení, kdy každé dílčí plošce o výměře 20 m² a s určitou kombinací hnojiva, odpovídaly 3 pasti.

Zemní pasti byly zakládány a vybírány ve dvou obdobích, jaro/léto a léto/podzim v intervalu tří týdnů a proběhly celkově čtyři odběry. V Pustých Jakartících proběhla instalace pastí v prvním období 31. května 2013 a jejich výběr byl 21. června. Ve druhém období byly pasti založeny 4. září a vybírány byly 24. září. V Braszowicích proběhla instalace pastí v prvním období 22. června 2013 a jejich výběr byl proveden 12. července. Ve druhém období byly pasti založeny 5. září a vybírány byly 25. září.

Zoologický materiál ze zemních pastí byl poté, pro každou past zvlášť, roztřizen do skupin Coleoptera (brouci), Araneae (pavouci), Diptera (dvoukřídli), Collembola (chvostoscoci), Opiliones (sekáči), Chilopoda (stonožky), Diplopoda (mnohonožky), Isopoda (stejnonožci) a larvy brouků a byly zaznamenány počty jedinců ve skupinách. Materiál, kromě skupin Collembola a larev brouků, byl poté zafixován 30% roztokem etanolu a odevzdán k následné determinaci, kterou se však tato práce již nezabývá.

Analýza dat

Analyzován byl veškerý úlovek z obou lokalit i období dohromady, potom zvlášť jednotlivé lokality a také zvlášť výsledky z jarního a podzimního vzorkování na jednotlivých lokalitách ve snaze zhodnotit dlouhodobější efekt aplikace hnojiva na půdní faunu. Získaná data byla zpracována v programu Canoco for Windows 4.5 a v programu Microsoft Office Excel. Jako environmentální data (nezávisle proměnnou) byla použita lokalita, typ hnojiva (včetně kontroly bez hnojiva), dávka hnojiva, interakce dávky a typu hnojiva a roční období. Jako druhová data (závisle proměnnou) byla použita velikost úlovku jednotlivých skupin živočichů. Poté jsme pomocí metody DCA pro nepřímou gradientovou analýzu zjišťovali délky gradientu (*lengths of gradient*). Pomocí toho jsme rozhodovali o ordinačním modelu, který nám ukázal vhodnost použití unimodální nebo lineární metody. V případě, že největší hodnota gradientu je větší než 4,0, což znamená, že jsou data příliš heterogenní, měli bychom použít unimodální metodu. Pokud je nejdelší gradient menší než 3,0, je vhodné použít lineární metodu. Žádná z délek gradientů (*lengths of gradient*) nebyla větší než 3 a proto jsme zvolili lineární metodu přímé gradientové analýzy RDA (*redundancy analysis*). Samotné testování statistické významnosti vytvořených modelů a jejich prvních os jsme provedli pomocí Monte-Carlo permutačních testů (Lepš a Šmilauer 2000). Modely jsme vizualizovali v programu CanoDraw for Windows.

Výsledky

Na obou lokalitách bylo v celkových 4 odběrech vzorků v období jaro/léto a léto/podzim 2013 chyceno do zemních pastí dohromady 44 059 jedinců.

Z výsledků je vidět rozdíl v lokalitách, kdy na první lokalitě (v Pustých Jakarticích) bylo zaznamenáno o více než polovinu méně jedinců než na druhé (v Braszowicích). Nejdominantnějšími skupinami v Pustých Jakarticích byly Collembola (37,6 %), Coleoptera (34,2 %) a Araneae (22,3 %), (Tabulka 1). Nejdominantnějšími skupinami v Braszowicích byly Coleoptera (37,4 %), Araneae (35,2 %) a Collembola (20,4 %), (Tabulka 2).

Jako rozdílný se ukázal také vliv období, kdy se na obou lokalitách chytilo více živočichů v období jaro/léto. V Pustých Jakarticích to bylo 10 230, z celkového počtu 13 606 jedinců a v Braszowicích 24 811, z celkového počtu 30 453 jedinců. Nejvýraznější rozdíly v období byly v Pustých Jakarticích zaznamenány u skupiny Collembola, která čítala v období jaro/léto 4 861 jedinců a v období léto/podzim pouhých 250 jedinců (Tabulka 1). V Braszowicích byly nejvýraznější rozdíly v období u skupiny Coleoptera, kdy bylo v období jaro/léto chyceno 10 440 jedinců a v období léto/podzim pouze 954 jedinců (Tabulka 2).

Tabulka 1 Počty jedinců jednotlivých skupin chycených v Pustých Jakarticích za obě období

	Jaro/léto	Léto/podzim	Celkem
Coleoptera	3307	1350	4657
Araneae	1515	1514	3029
Collembola	4861	250	5111
Diptera	504	161	665
Opiliones	1	7	8
Chilopoda	6	39	45
Diplopoda	1	1	2
Isopoda	1	4	5
Larvy	35	50	85
Celkem	10230	3376	13606

Tabulka 2 Počty jedinců jednotlivých skupin chycených v Braszowicích za obě období

	Jaro/léto	Léto/podzim	Celkem
Coleoptera	10440	954	11394
Araneae	8248	2464	10712
Collembola	4723	1502	6225
Diptera	1104	153	1257
Opiliones	181	138	319
Chilopoda	25	35	60
Diplopoda	40	22	62
Isopoda	0	0	0
Larvy	50	374	424
Celkem	24811	5642	30453

Výsledky nepřímé gradientové analýzy DCA pro určení ordinačního modelu ukázaly, že délky gradientů ani v jedné ose nepřesáhly hodnotu 3,0. Délka nejdelšího gradientu v analýze je 1,9 (Tabulka 3), takže pro pozdější analýzu dat byla zvolena lineární metoda RDA.

Tabulka 3 Výsledky nepřímé gradientové analýzy DCA

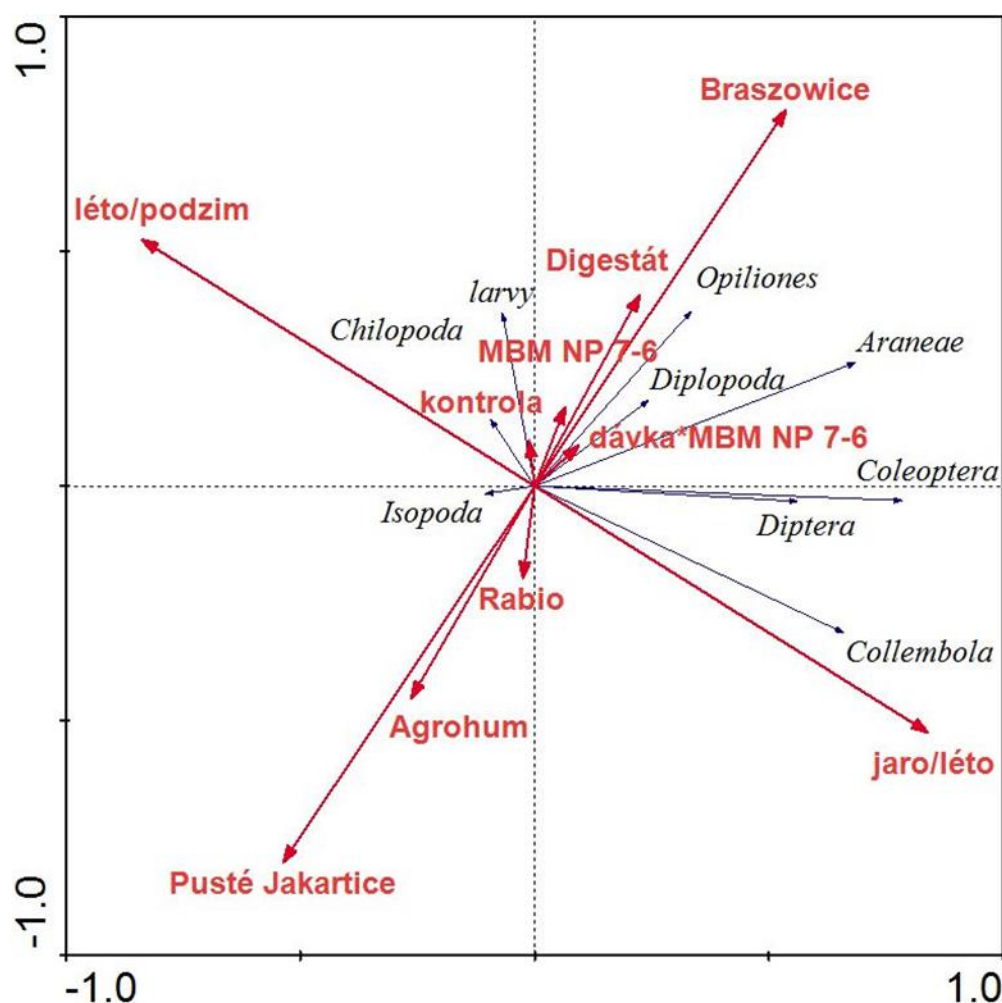
Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues:	0,16	0,102	0,041	0,029	0,477
Lengths of gradient:	1,944	1,81	1,143	1,513	
Species-environment correlations:	0,688	0,433	0,315	0,319	
Cumulative percentage variance					
of species data:	33,5	54,9	63,5	69,6	
of species-environment relation:	68,5	81,4	0	0	
Sum of all eigenvalues					0,477
Sum of all canonical eigenvalues					0,124

Jako první byla testována interakce všech environmentálních dat s druhovými daty. Výsledky testování významnosti modelu RDA ukazují, že první kanonická osa vysvětluje 52,8 % variability a je signifikantní ($p=0,002$; $f=525,446$), celý model je poté také signifikantní ($p=0,002$; $f=62,806$) a vysvětluje 57,2 % variability (Tabulka 4).

Jako signifikantní se v této analýze ukázal vliv lokality ($p=0,002$; $f=194,03$), ročního období ($p=0,002$; $f=296,08$), typu hnojiva MBM NP 7–6 ($p=0,006$; $f=5,4$) a velikosti dávky tohoto hnojiva ($p=0,002$; $f=7,15$). Ostatní proměnné byly nesignifikantní. Vliv lokality se projevil vyššími abundancemi jedinců všech skupin, kromě skupiny Isopoda, v Braszowicích. Vliv ročního období se projevil tím, že většina skupin měla vyšší abundance jedinců v období jaro/léto (Graf 1). Největší abundance jedinců byla při hnojení masokostní moučkou (MBM NP 7–6) v množství 75 % hnojiva s 25 % přidaného minerálního dusíku, případně 100 % dávce hnojiva bez přidaného minerálního dusíku (Graf 12).

Tabulka 4 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,528	0,042	0,002	0	1
Species-environment correlations:	0,832	0,537	0,241	0,075	
Cumulative percentage variance					
of species data:	52,8	57	57,2	57,2	
of species-environment relation:	92,3	99,6	99,9	100	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,572



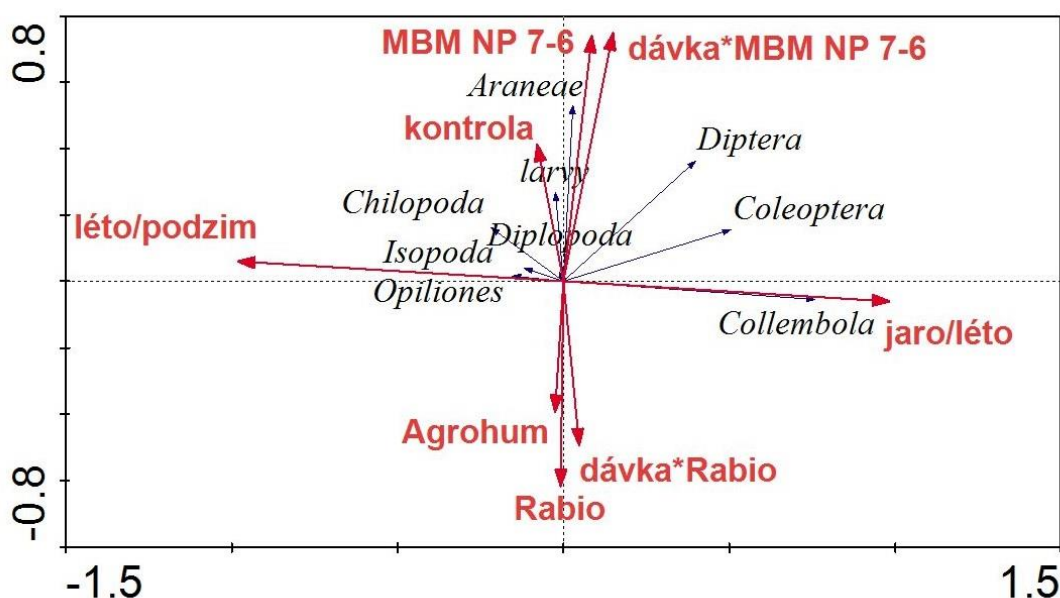
Graf 1 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných

V další analýze byla samostatně testována lokalita Pusté Jakartice a interakce jejich environmentálních a druhových proměnných. Testování významnosti modelu RDA ukázalo, že první kanonická osa vysvětluje 40,4 % variability a je signifikantní ($p=0,002$; $f=157,141$), Celý model je poté také signifikantní ($p=0,002$; $f=27,749$) a vysvětluje 45,6 % variability (Tabulka 5).

V této analýze se jako signifikantní ukázalo roční období ($p=0,002$; $f=152,02$), hnojivo MBM NP 7–6 ($p=0,034$; $f=3,06$) včetně velikosti jeho dávky ($p=0,002$; $f=15,49$) a kontrola bez použití hnojiva ($p=0,002$; $f=7,11$). Významný vliv období jaro/léto se poté projevil na skupinách Collembola, Coleoptera a Diptera, kdy byla v tomto období jejich početnost výrazně vyšší. Významný vliv hnojiva MBM NP 7–6, jeho dávky a kontroly se projevil, oproti zbylým hnojivům, vyššími abundancemi jedinců (Graf 2).

Tabulka 5 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Pusté Jakartice

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,404	0,051	0,001	0	1
Species-environment correlations:	0,769	0,55	0,114	0,054	
Cumulative percentage variance					
of species data:	40,4	45,4	45,5	45,6	
of species-environment relation:	88,6	99,7	100	100	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,456

**Graf 2** Ordinační diagram interakcí environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Pusté Jakartice

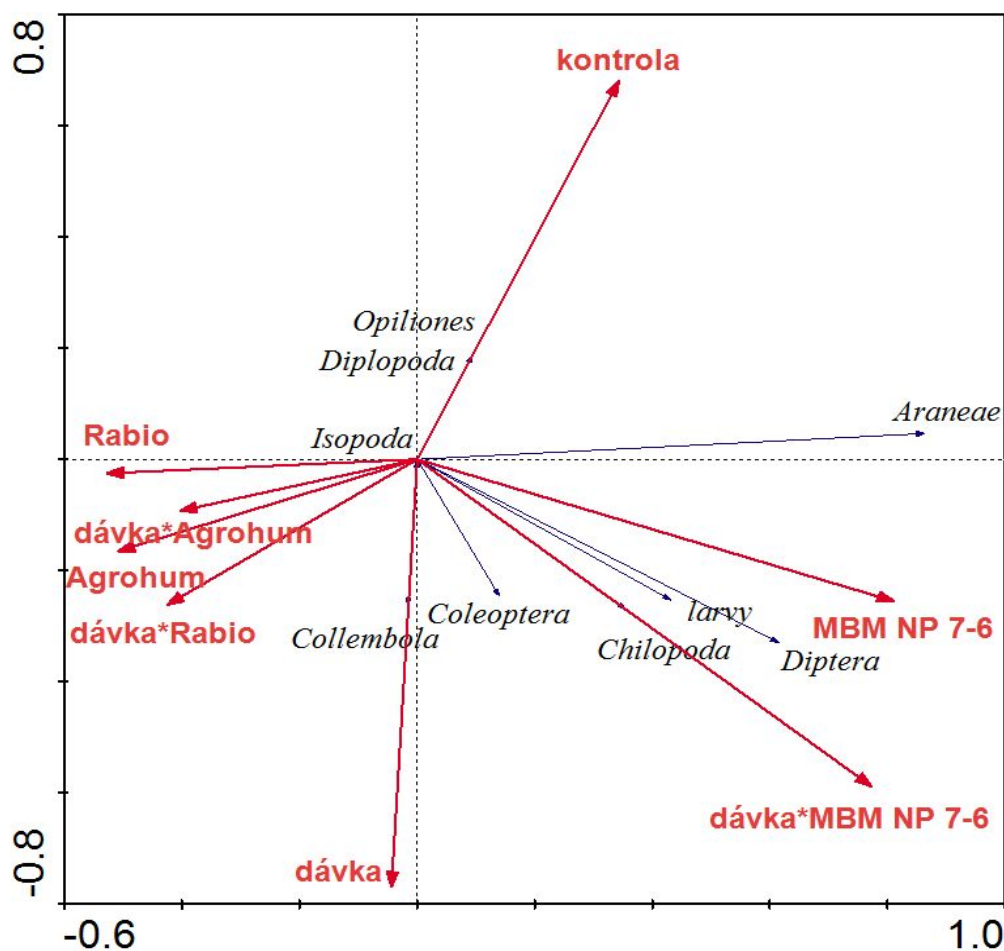
Dále byla lokalita Pusté Jakartice analyzována pro každé období zvlášť. V období jaro/léto výsledky testování významnosti modelu RDA ukazují, že první kanonická osa vysvětluje 18,7 % variability a je signifikantní ($p=0,002$; $f=25,909$), celý model je poté také signifikantní ($p=0,002$; $f=6,287$) a vysvětluje 25 % variability (Tabulka 6).

Signifikantní v tomto případě bylo hnojivo MBM NP 7–6 ($p=0,04$; $f=6,12$), množství jeho dávky ($p=0,002$; $f=17,64$) a kontrola bez použití hnojiva ($p=0,002$; $f=8,96$). Vliv tohoto hnojiva a jeho dávky se oproti ostatním hnojivům projevil ve větší abundanci jedinců zejména u skupin Diptera, larvy, Chilopoda, Araneae a Coleoptera a kontrola byla

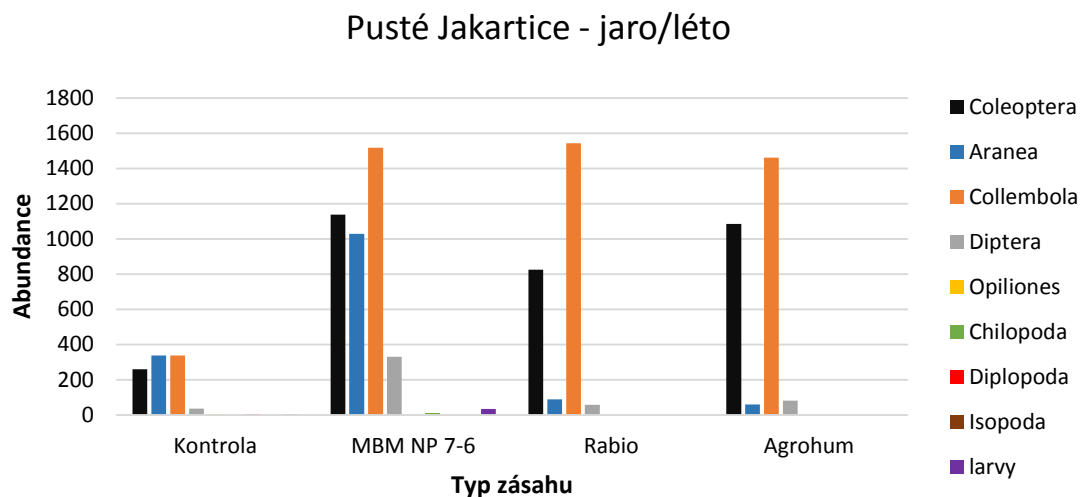
významná z pohledu jediného výskytu v rámci skupiny Opiliones a Diplopoda (Graf 3). Graf 4 nám znázorňuje výrazný pokles v početnosti skupiny Araneae v interakci s hnojivem Rabio a Agrohum.

Tabulka 6 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Pusté Jakartice v období jaro/léto

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,187	0,053	0,01	0	1
Species-environment correlations:	0,875	0,312	0,238	0,099	
Cumulative percentage variance					
of species data:	18,7	24	25	25	
of species-environment relation:	74,5	95,9	99,9	100	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,25



Graf 3 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Pusté Jakartice v období jaro/léto



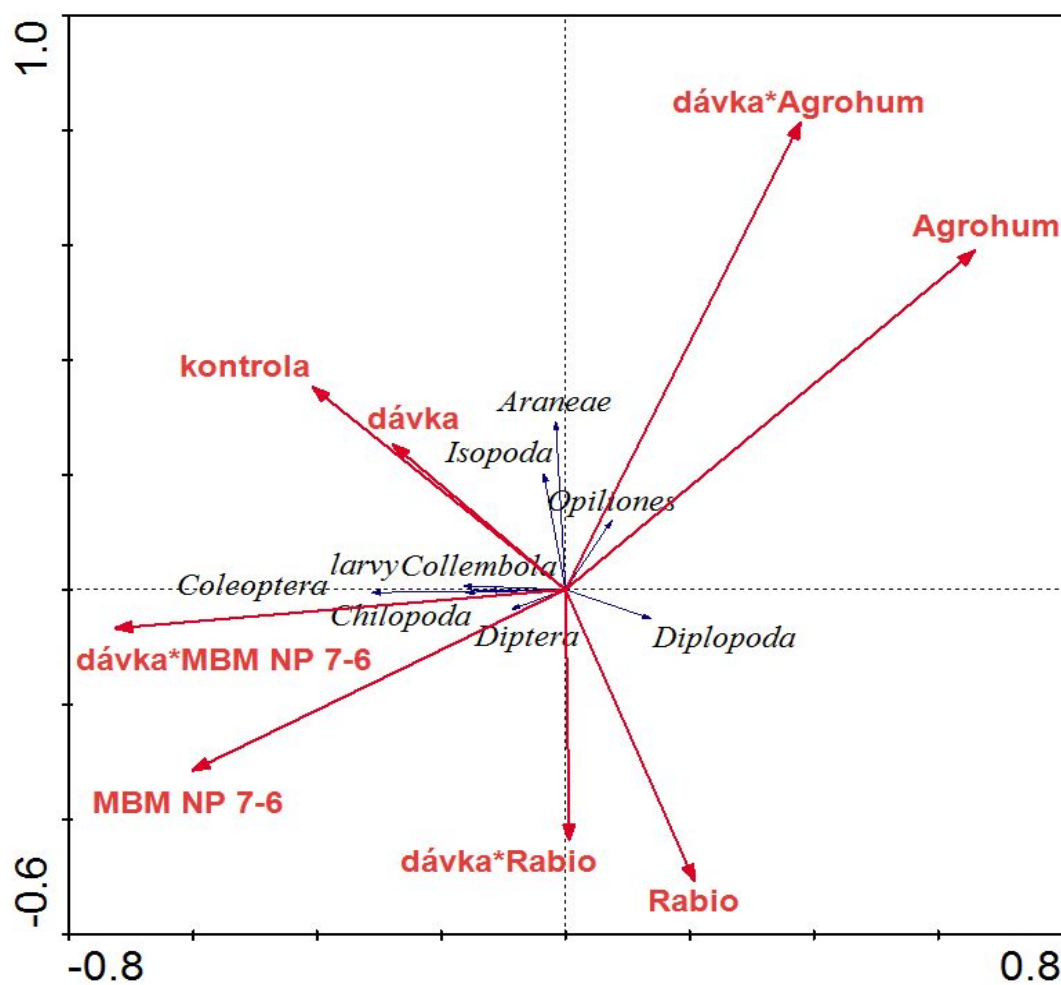
Graf 4 Abundance jedinců v interakci s typem hnojiva a kontrolou na lokalitě Pusté Jakartice v období jaro/léto

V období léto/podzim výsledky testování významnosti modelu RDA ukazují, že první kanonická osa vysvětluje pouze 7,1 % variability a není signifikantní ($p=0,1$; $f=8,693$), celý model však signifikantní je ($p=0,038$; $f=1,929$) ale vysvětluje pouze 9,3 % variability (Tabulka 7).

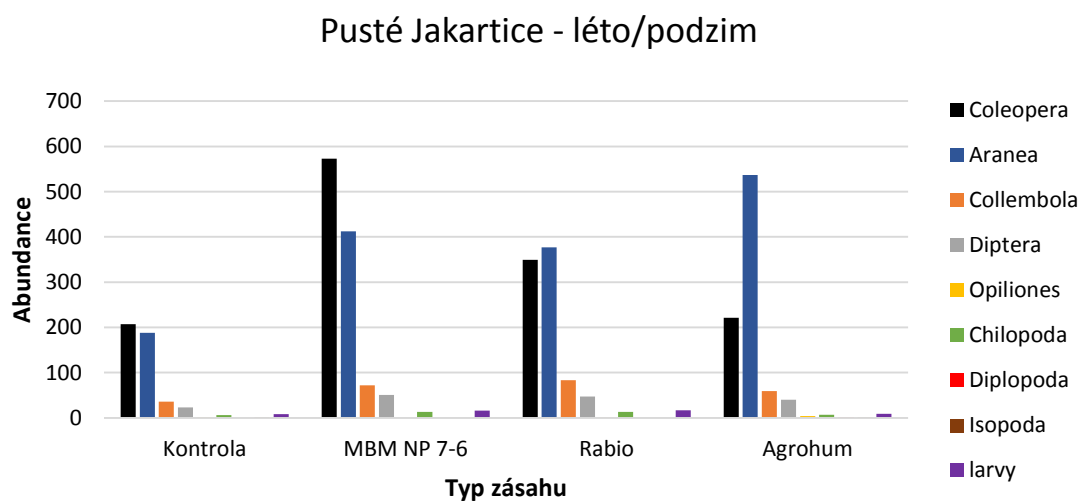
V tomto období byl signifikantní vliv pouze hnojiva Agrohum ($p=0,024$; $f=4,7$), které mělo zejména vůči hnojivu MBM NP 7–6 nižší abundance jedinců s výjimkou skupiny Araneae. Skupiny Isopoda, Opiliones a Diplopoda byly poté zanedbatelné (Graf 5). Výrazný pokles početnosti skupiny Coleoptera v interakci s hnojivem Rabio a Agrohum nám zobrazuje graf 6.

Tabulka 7 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Pusté Jakartice v období léto/podzim

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,071	0,021	0,001	0	1
Species-environment correlations:	0,31	0,299	0,228	0,12	
Cumulative percentage variance					
of species data:	7,1	9,2	9,3	9,3	
of species-environment relation:	76,9	99,2	99,9	100	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,093



Graf 5 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Pusté Jakartice v období léto/podzim



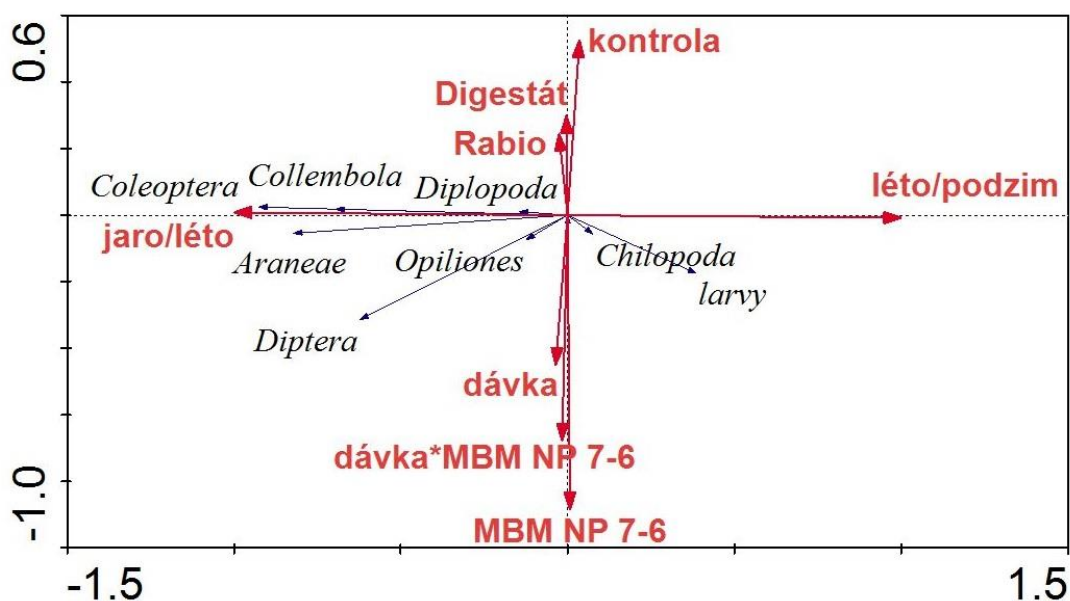
Graf 6 Abundance jedinců v interakci s typem hnojiva a kontrolou na lokalitě Pusté Jakartice v období léto/podzim

Další analýzou bylo samostatné testování interakcí environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Braszowice. Testování významnosti modelu RDA ukázalo, že první kanonická osa vysvětluje 75,3 % variability a je signifikantní ($p=0,002$; $f=705,714$), Celý model je poté také signifikantní ($p=0,002$; $f=103,880$) a vysvětluje 75,8 % variability (Tabulka 8).

Signifikantní se poté ukázal pouze vliv období jaro/léto ($p=0,002$; $f=715,73$), které se projevilo vyššími abundancemi jedinců ve všech skupinách bezobratlých kromě skupiny Chilopoda a larvy (Graf 7).

Tabulka 8 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Braszowice

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,753	0,003	0,002	0,001	1
Species-environment correlations:	0,931	0,256	0,228	0,114	
Cumulative percentage variance					
of species data:	75,3	75,5	75,8	75,8	
of species-environment relation:	99,3	99,6	99,9	100	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,758

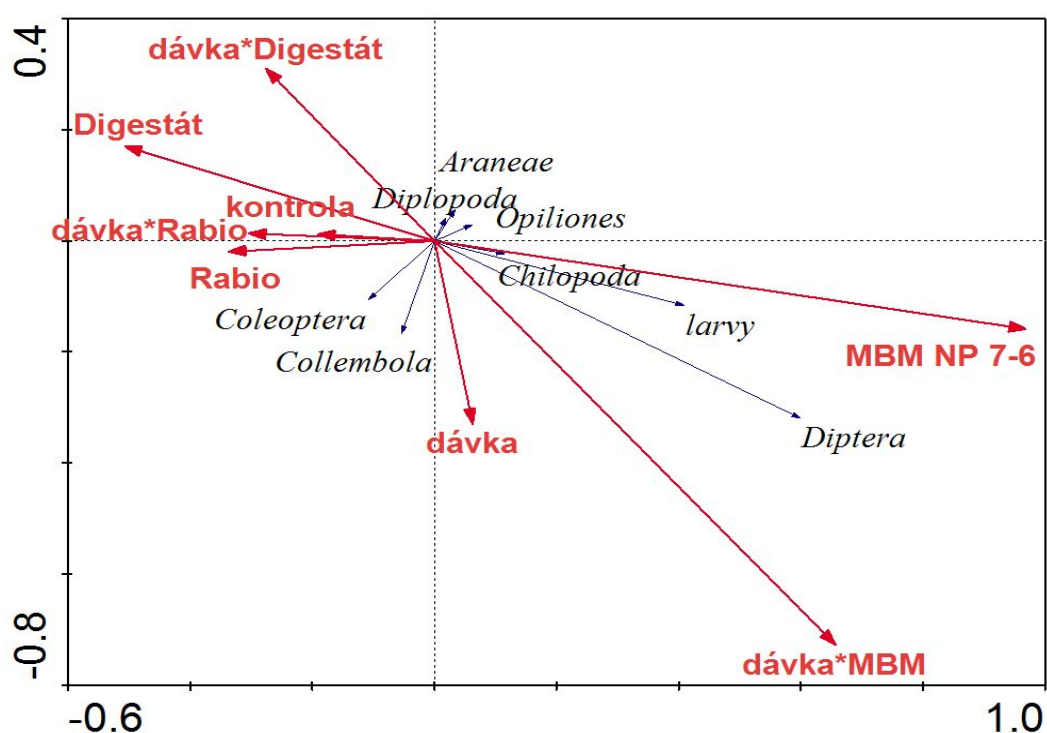


Graf 7 Ordinační diagram interakcí environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Braszowice

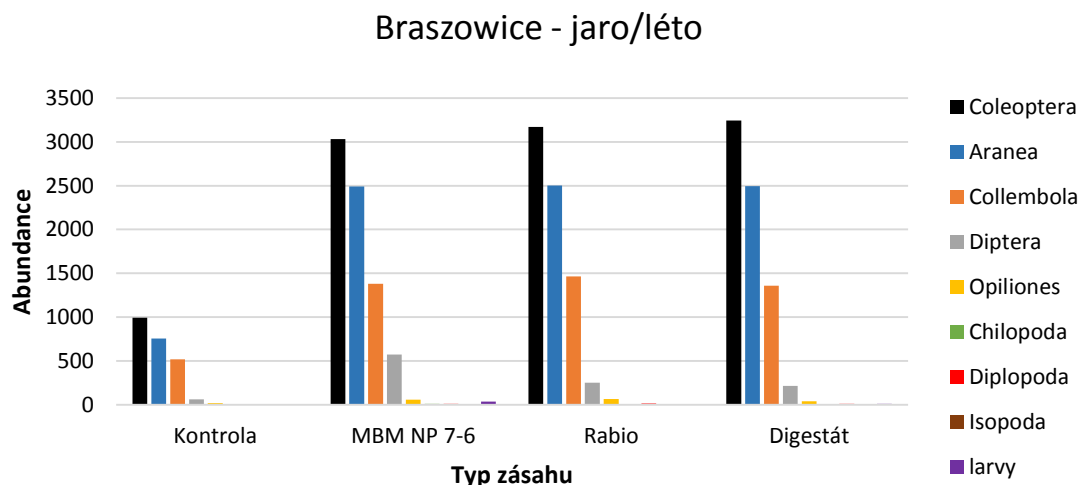
Stejně jako lokalita Pusté Jakartice, i Braszowice byly analyzovány pro každé období zvlášť. V období jaro/léto výsledky testování významnosti modelu RDA ukazují, že první kanonická osa není signifikantní ($p=0,8480$; $f=2,242$) a vysvětluje pouze 1,9 % variability. Celý model je také nevýznamný ($p=0,5320$; $f=0,906$), vysvětluje pouze 4,6 % variability (Tabulka 9) a žádná z proměnných není signifikantní, nicméně je vidět jistý vliv hnojiva MBM NP 7–6 u skupiny Diptera a larev (Graf 8). Graf 9 nám poté potvrzuje, že na nejpočetnější skupiny bezobratlých neměl typ hnojiva žádný vliv.

Tabulka 9 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Braszowice v období jaro/léto

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,019	0,016	0,008	0,002	1
Species-environment correlations:	0,368	0,248	0,165	0,08	
Cumulative percentage variance					
of species data:	1,9	3,6	4,4	4,6	
of species-environment relation:	42,4	77,5	95,7	99,7	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,046



Graf 8 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Braszowice v období jaro/léto

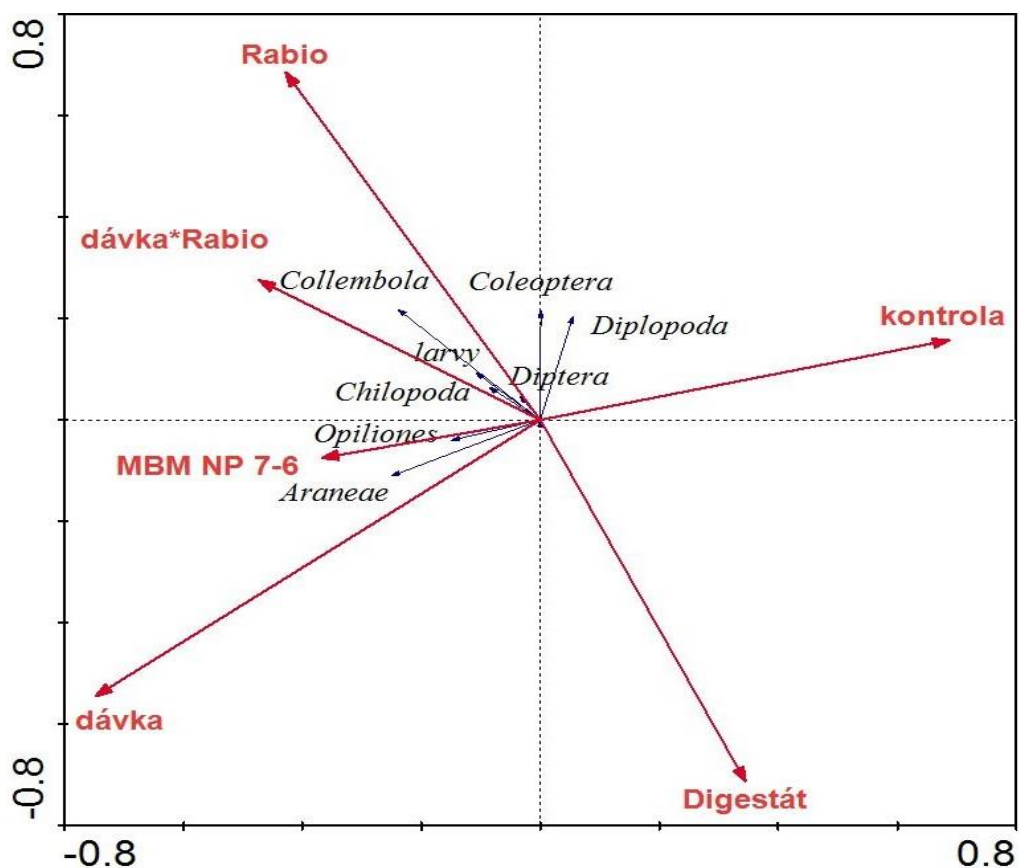


Graf 9 Abundance jedinců v interakci s typem hnojiva a kontrolou na lokalitě Braszowice v období jaro/léto

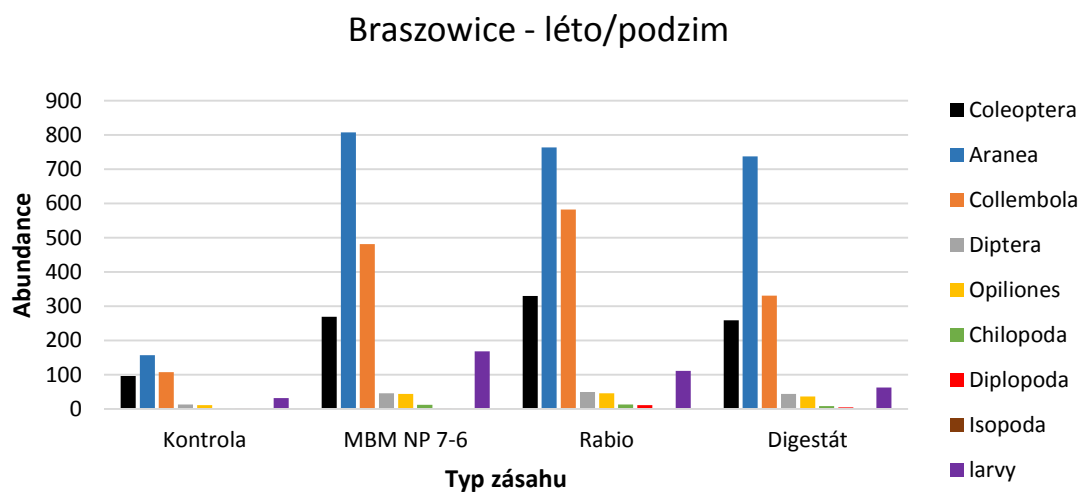
V období léto/podzim ukazují výsledky testování významnosti modelu RDA, že první kanonická osa není signifikantní ($p=0,1480$; $f=6,207$) a vysvětluje pouze 5,2 % variability. Celý model je také nevýznamný ($p=0,0860$; $f=1,648$) a vysvětluje pouze 8 % variability (Tabulka 10). Signifikantní je zde množství dávky hnojiva ($p=0,006$; $f=4,47$) a hnojivo Rabio ($p=0,058$; $f=2,6$), které je mírně nad hladinou významnosti, ale při tak malé odchylce jej u našich dat můžeme považovat za významné (Graf 10). Nejvyšší abundance pavouků a larev byly zaznamenány u hnojiva MBM NP 7–6, kdežto brouci a chvostokoci byli nejpočetnější u hnojiva Rabio.

Tabulka 10 Výsledky testování signifikantnosti RDA analýzy pro Braszowice v období léto/podzim

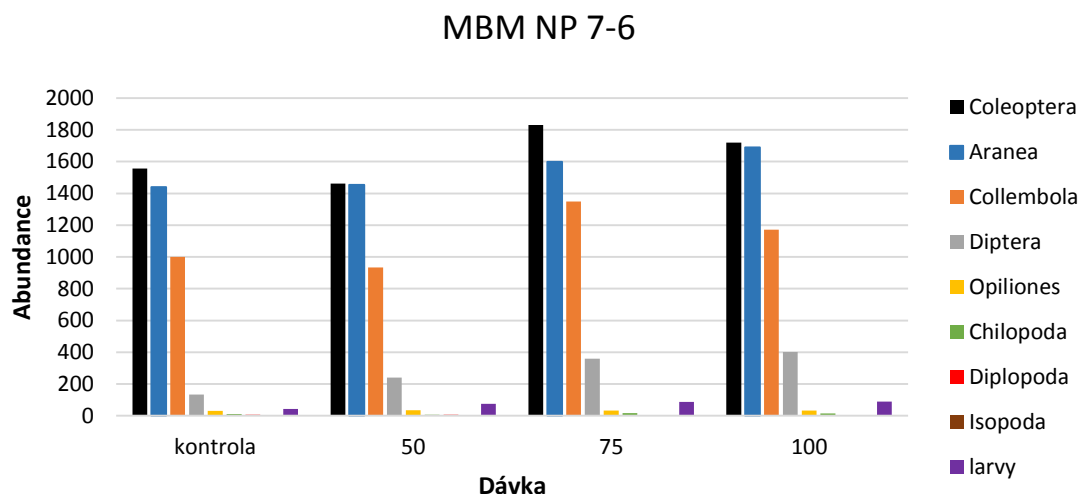
Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,052	0,024	0,004	0	1
Species-environment correlations:	0,305	0,297	0,244	0,073	
Cumulative percentage variance					
of species data:	5,2	7,6	8	8	
of species-environment relation:	64,7	95	99,5	100	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,08



Graf 10 Ordinační diagram interakce environmentálních a druhových proměnných na lokalitě Braszowice v období léto/podzim



Graf 11 Abundance jedinců v interakci s typem hnojiva a kontrolou na lokalitě Braszowice v období léto/podzim



Graf 12 Abundance jedinců v interakci s množstvím dávky aplikovaného hnojiva MBM NP 7–6 a kontrolou

Nízké abundance skupin bezobratlých ve sloupcových grafech u kontrol jsou způsobeny nižším počtem těchto bezzásahových plošek ve srovnání s hnojenými. Při následném spočítání průměrného počtu jedinců pro jednotlivé zásahy, vykazují kontrolní plochy zhruba stejné početnosti jedinců jako plochy ošetřené hnojivem.

Diskuze

V této práci jsme se zabývali aplikací exogenní organické hmoty za účelem zvýšení klesajícího obsahu půdní organické hmoty a jejím vlivem na půdní faunu. Výzkum byl prováděn v roce 2013 na dvou polních lokalitách, na kterých byly aplikovány čtyři typy organických hnojiv. Na každé lokalitě byly v období jaro/léto, léto/podzim instalovány zemní pasti. Získaná data byla analyzována jako celek, dále každá lokalita jednotlivě a v rámci lokality ještě zvlášť každé období. Zjišťován byl vliv lokality, ročního období, typu aplikovaného hnojiva a množství jeho dávky, včetně kontrolní varianty bez aplikovaného hnojiva.

Při celkové analýze dat se jako signifikantní ukázal vliv lokality a ročního období. Vliv hnojiva při celkové analýze dat byl signifikantní v případě živočišné moučky (MBM NP 7–6) a množství její aplikované dávky. Stejná situace byla i v případě testování pouze lokality Pusté Jakartice, kdy se v jejím celkovém hodnocení jako signifikantní ukázala i kontrola. Stejný výsledek byl v Pustých Jakarticích i v období jaro/léto, kdežto období léto/podzim vykazovalo jako signifikantní vliv pouze hnojiva Agrohum. Při analýze lokality Braszowice jako celku se ukázalo významné pouze roční období. Při dílčí analýze této lokality z pohledu ročních období, se však ukázal model analýzy jako nesignifikantní. Nicméně v období jaro/léto se jako významná neprokázala žádná proměnná a v období léto/podzim byla signifikantní velikost dávky hnojiv a hnojivo Rabio. Jelikož však celkový model vysvětloval nízké procento variability a byl nesignifikantní, nemůžeme zřejmě těmto výsledkům přikládat velký význam.

Významný vliv lokality na půdní faunu byl prokázán výrazným rozdílem v počtu jedinců, kdy bylo v Braszowicích chyceno celkově o více než polovinu více jedinců než v Pustých Jakarticích. To mohlo být způsobeno jejich rozdílnými specifickými podmínkami, např. rozdílným půdním typem, mikroklimatickými podmínkami území, ale zejména pestřejší okolní krajinou. Jak uvádí Duflet et al. (2014), časoprostorová krajinná heterogenita silně ovlivňuje druhovou bohatost a složení společenstev. Na experimentální plochu v Braszowicích (Obrázek 2), v porovnání s plochou v Pustých Jakarticích (Obrázek 3), navazuje více menších polí s rozdílnými typy plodin, což způsobuje vyšší heterogenitu a rozmanitost krajiny, v rámci které se mohou živočišné přemísťovat například v případě rozdílných dob sklizní. Vyšší abundance bezobratlých v závislosti na heterogenitě krajiny uvádí ve své práci také Batáry et al. (2007).

Velice významný vliv mělo také období, ve kterém byly zemní pasti zakládány. Jak se ukázalo, v období jaro/léto byly na obou lokalitách zaznamenány vyšší počty bezobratlých než v období léto/podzim. Počet chycených živočichů v Pustých Jakartících v období jaro/léto třikrát převyšoval podzimní úlovek. V Braszowicích bylo ve stejném období zaznamenáno dokonce čtyřikrát více jedinců než na podzim. Tyto výsledky jsou v souladu s výzkumem Ivaska et al. (2008), který ve své práci poukazuje na výrazně vyšší počty půdní fauny chycené v červenci, ve srovnání se zářím. To by mohlo být způsobeno vrcholem aktivity zástupců těchto skupin půdních živočichů v tomto období. Tuto domněnku podporují i práce (Juen et al. 2003; Cherry 2006), které uvádějí nejvyšší aktivitu predátorů v hlavním vegetačním období. Durbesic et al. (2006) uvádí nejvyšší abundanci střevlíkovitých na lučním stanovišti mezi kukuřičnými poli v průběhu července a začátku srpna. To by v našem případě, kdy bylo chyceno nejvíce brouků právě v tomto období, odpovídalo předpokladu, že mohlo docházet k migraci jedinců z okolního prostředí na pokusné plošky.

Můžeme však také předpokládat, že byli chyceni i jedinci, kteří na těchto lokalitách nebyli původní a byli zde zavlečeni prostřednictvím hnojiv. Tohle je pravděpodobné zejména v případě aplikace hnoje či kompostu. Nahromaděný mrtvý rostlinný materiál a hnůj se liší ve složení, velikosti a šíření, což ovlivňuje organismy, které v něm žijí. Dominují zde skupiny členovců jako Coleoptera, Collembola a Acari (roztoci). Obecně poté platí, že broučí fauna kompostů se skládá z rozkladačů, fungivorů a predátorů, kteří se vyskytují prakticky ve všech typech kompostů (Frodge a Tommeras 2000). Leroy et al. (2007) ve svém výzkumu, který poukázal na zvýšení početnosti chvostoskoků na hnojených plochách, uvádí, že aplikace kompostu zvyšuje biologickou aktivitu půdy (vyšší mikrobiální aktivita a vyšší počty prvoků a bakteriofágních hlístic), což má za následek zvýšení obratu organických látek a uvolnění dostupných rostlinných živin. Předpokládá tedy, že mikrobiální růst odvozený od organických látek přidaných do půdy, zvýšil dostupnost potravy pro chvostoskoky a umožnil tak jejich růst, ke kterému na hnojených plochách došlo. K podobné situaci mohlo dojít i v naší studii, kdy bylo největší množství chvostoskoků zaznamenáno u kompostu Rabio.

Odpovědí na hlavní cíl této práce, tedy zjištění vlivu exogenní organické hmoty na půdní faunu nám bylo hnojivo MBM NP 7–6, tedy masokostní moučka. Vliv tohoto hnojiva se ukázal při analyzování dat jako celku, lokality Pusté Jakartice samostatně a při testování této lokality pro obě období zvlášť. V období léto/podzim byl signifikantní vliv pouze hnojiva Agrohum, ale negativním způsobem (nižší abundancí zejména skupiny

Coleoptera) v porovnání s hnojivem MBM NP 7–6. Vliv masokostní moučky se projevil vyššími abundancemi jedinců zejména ve skupinách Diptera, larvy, Coleoptera, Chilopoda, Araneae a Collembola. Co se týče vlivu masokostní moučky na bezobratlé, je k dispozici velice málo publikací nebo výzkumů, o které bychom se mohli opřít. Z práce Eo et al. (2012) však vyplývá, že aplikace masokostní moučky na půdu zvyšovala abundance mikroflóry a půdní fauny. Docházelo ke zvýšení bakteriofágních hlístic, chvostoskoků a pancířníků, ale v případě dravých hlístic a čmelíkovců nedošlo ke změnám. Abundance sekundární konzumentů tedy nebyla korelována s predátory. Z toho vyplývá, že masokostní moučka mění obsah sekundárních konzumentů, ale jeho účinek se nemusí vztahovat na predátory. V našem výzkumu se však můžeme domnívat, že se masokostní moučka po aplikaci na půdu jevila jako atraktant pro mikroorganismy, chvostoskoky, saprofágní druhy larev a dvoukřídлых. Zvláště atraktivní mohla být masokostní moučka pro mrchožravé druhy (masačky, hrobařici a další). Zvýšením hojnosti těchto organismů mohlo dojít i ke zvýšení počtu dravých skupin, jako jsou pavouci, stonožky a některé druhy brouků, na které měla masokostní moučka nepřímý vliv zvýšením zdrojů jejich potravy. Nižší pH masokostní moučky mohlo mít také přímý vliv na střevlíkovité, kteří upřednostňují kyselější půdu, což uvádí Sadej et al. (2012).

Spolu s vlivem masokostní moučky bylo signifikantní i množství její aplikované dávky. Abundance bezobratlých nebyly pro jednotlivé dávky hnojiva výrazně rozdílné, přesto se dávka v množství 75 % hnojiva s 25 % přidaného minerálního dusíku, případně 100 % dávka hnojiva bez přidaného minerálního dusíku jevila jako neoptimálnější. Tyto výsledky jsou v souladu se studií Porhajašové et al. (2008), která uvádí silný nárůst jedinců po aplikaci nejvyšší z testovaných dávek hnojiva. Nižší dávky neměly žádný vliv nebo naopak opačný.

Všechny tyto závěry se vztahují k jednoletému výzkumu a můžeme tedy předpokládat, že bychom v dlouhodobější studii mohli dojít k jiným výsledkům. Lze tak usuzovat z šestiletého výzkumu Porhajašové et al. (2008), kdy na hnojených plochách vzrostla biomasa střevlíků během prvních tří let a poté se snížila přibližně na výchozí hodnoty.

Závěr

Požadavky na vyšší výnosy plodin vedly k intenzifikaci zemědělství, která byla zavedena v posledních desítkách let a přispěla k mnohým změnám v rostlinné a živočišné výrobě. Především používání umělých průmyslových hnojiv, těžké techniky, pesticidů a zjednodušení osevních systémů, vedly ke snižování půdní organické hmoty a s ní souvisejících živin. To má negativní vliv i na půdní organismy, které mají nezastupitelnou roli při rozkladu mrtvé organické hmoty, čímž přispívají k opětovnému zavedení důležitých prvků do koloběhu, růstu rostlin a stabilitě celého ekosystému. Důležitým úkolem se tedy stalo opětovné zvýšení půdní organické hmoty prostřednictvím organických hnojiv. Aplikace těchto hnojiv však může ovlivňovat půdní faunu i negativním způsobem.

Kromě prokázaného vlivu lokality a ročního období, byla zodpovězena také hlavní otázka této bakalářské práce, tedy zjištění vlivu aplikace exogenní organické hmoty na půdní faunu, včetně jejího aplikovaného množství. Nejvýraznější jak přímý, tak nepřímý pozitivní vliv na obsah půdní fauny měla masokostní moučka. Můžeme tedy usuzovat, že je tohle hnojivo, co se týče vlivu na půdní faunu nejvhodnější. Nicméně ostatní použítá hnojiva měla na půdní faunu neutrální nebo také pozitivní vliv, tudíž mohou být jako prostředek pro zvyšování půdní organické hmoty použita. Optimální hnojivo z pohledu nejefektivnějšího zvyšování půdní organické hmoty může být předmětem dalších studií.

Můžeme se domnívat, že případná pozdější aplikace hnojiv na větší plochu a v dlouhodobějším měřítku již může mít na půdní faunu odlišný vliv. V dalším postupu výzkumu by tedy bylo vhodné, zvolit větší experimentální plochu a provést výzkum v delším časovém úseku.

Literatura

- Artemjeva T. I, Gatilova F. G. 1973. Soil microfauna changes under the influence of various fertilizers. In: Vaněk J. (ed.). Progress in Soil Zoology. Proceedings of the 5th International Colloquium on Soil Zoology; 1973 September 17–22; Praha. Academia. 1975. p. 463–468.
- Ashwini M. K, Sridhar M. K. 2002. Towards organic farming with milipede *Arthrosphaera magna*. Current Science. 82 (1): 20–22.
- Baldock J. A, Skjemstad J. O. 1999. Soil organic carbon/ soil organic matter. In Soil Analysis: an Interpretation Manual. (Eds K. I. Peverill, L. A. Sparrow, and D. J. Reuter.) CSIRO Publishing, Collingwood, pp. 159–170.
- Batáry P, Báldi A, Szél G, Podlussány A, Rozner I, Erdos S. 2007. Responses of grassland specialist and generalist beetles to management and landscape complexity. Diversity and Distributions. 13: 196–202.
- Blackburn J, Wallace A. 2001. Comparative abundance of centipedes on organic and conventional farms, and its possible relation to declines in farmland bird populations. Basic and Applied Ecology. 2: 373–381.
- De Godoy P. A. J, Fontanetti S. C. 2010. Diplopods as Bioindicators of Soils: Analysis of Midgut of Individuals Maintained in Substrat Containing Sewage Sludge. Water, Air & Soil Pollution. 210: 389–398.
- Debeljak M, Cortet J, Demšar D, Krogh P. H, Džeroski S. 2007. Hierarchical classification of environmental factors and agricultural practices affecting soil fauna under cropping systems using Bt maize. Pedobiologia. 51: 229–238.
- Dufлот R, Georges R, Ernoult A, Aviron S, Burel F. 2014. Landscape heterogeneity as an ecological filter of species traits. Acta Oecologica. 56: 19–26.
- Durbesic P, Vujcic-Karlo S, Jelaska L. S, Pintaric K. 2006. Abundance and seasonal dynamics of arthropods in the meadow community Arrhenatheretum elatioris near Varazdin, Croatia. Periodicum Biologorum. 108: 3–10.
- Eo J, Park K, Park B. 2012. Short-term effects of organic waste amendments on soil biota: responses of soil food web under eggplant cultivation. Soil Research. 50 (5): 436–441.
- Feber R. E, Bell J, Johnson P. J, Firbank L. G, MacDonald D. W. 1998. The effects of organic farming on surface-active spider (Araneae) assemblages in wheat in southern England, UK. Journal of Arachnology. 26: 190–202.
- Frodge O, Tommeras A. B. 2000. Compost heaps – refuges and stepping-stones for alien arthropod species in northern Europe. Diversity and Distributions. 6: 45–59.
- Frouz J. 1999. Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. Agriculture, Ecosystems and Environment. 74: 167–186.

Frouz J. 2010. Půda – živý systém (Interakce půdní fauny a mikroflóry a jejich význam pro přeměny organické hmoty v půdě). *Vesmír*. 89 (7): 490–492.

Hole D. G, Perkins A. J, Wilson J. D, Alexander I. H, Grice P. V, Evans A.D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity?. *Biological Conservation*. 122: 113–130.

Hora J. 2010. Metodologické aspekty používání zemních pastí pro studium epigeonu na příkladu střevlíkovitých [diplomová práce]. [Olomouc (CZ)]: Univerzita Palackého. 60 pp.

Cherry R. 2006. Abundance and seasonal activity of arthropod predators in St. Augustinegrass lawns in Florida. *Journal of Entomological Science*. 41: 165–169.

Ivask M, Kuu A, Meriste M, Truu J, Truu M, Vaater V. 2008. Invertebrate communities (Annelida and epigeic fauna) in three types of Estonian cultivated soils. *European Journal of Soil Biology*. 44: 532–540.

Juen A, Steinberger K. H, Traugott M. 2003. Seasonal change in species composition and size distribution of epigeic predators in a small field. *Entomologia Generalis*. 26: 259–275.

Kaczynski R, Siebielec G, Galazka R, Niedzwiecki J, Polakova S. 2013. Assessment of soil organic carbon status and changes in soils of Polish-Czech borderland. Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (ÚKZÚZ), Institute for Soil Science and Plant Cultivation (IUNG). Brno. 28 pp.

King J. A, Bradley R. I, Harrison R. 2005. Current trends of soil organic carbon in English arable soils. *Soil Use and Management*, 21: p. 189–195.

Klinger K. 1992. Diplopods and Chilopods of conventional and alternative (biodynamic) fields in Hesse (FRG). *Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck*. Supplement 10: 243–250.

Lepš J, Šmilauer P. 2000. Mnohorozměrná analýza ekologických dat. České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích. 102 pp.

Leroy L. M. M. B, Bommele L, Reheul D, Moens M, De Neve S. 2007. The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: Effects on soil fauna and yield. *European Journal of Soil Biology*. 43 (2): 91–100.

Moeskops B, Buchan D, Van Beneden S, Fievez V, Sleutel S, Gasper M. S, D'Hose T, De Neve S. 2012. The impact of exogenous organic matter on SOM contents and microbial soil quality. *Pedobiologia*. 55: 175–184.

Paoletti M. G, Hassall M. 1999. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74: 157–165.

Pohrajašová J, Petřivalský V, Šustek Z, Urminská J, Ondříšek P, Noskovič J. 2008. Long-term changes in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in a field treated by organic fertilizers. *Biologia*. 63 (6): 1184–1195.

Purtauf T, Roschewitz I, Dauber J, Thies C, Tscharnkte T, Wolters V. 2005. Landscape context of organic and conventional farms: Influences on carabid beetle diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 108: 165–174.

Rusek J. 2000. Živá půda – Bohatost a rozmanitost života v půdě. *Živa*. 48 (1): 25–27.

Rusek J. 2005. Indikátory změn půdní biodiverzity. In: Vačkář D. (ed.). *Ukazatele změn biodiverzity*. 1. vyd. Praha: Academia. p. 249–261.

Sadej W, Kosewska A, Sadej W, Nietupski M. 2012. Effects of fertilizer and land-use type on soil properties and ground beetle communities. *Bulletin of Insectology*. 65 (2): 239–246.

Smatanová M. [date unknown]. Metodika polního pokusu prováděného v ÚKZÚZ Brno v rámci Česko-Polského projektu “Rizika a přínosy aplikace exogenní organické hmoty na půdu.” Brno: ÚKZÚZ. 5 pp.

Stašiov S, Uhorskaiová L, Svitok M, Hazuchová L, Vician V, Kočík K. 2011. Influence of agricultural management form on the species structure of harvestman (Opiliones) communities. *Biologia*. 66 (1): 149–155.

Šarapatka B, Dlapa P, Bedrna Z. 2002. Kvalita a degradace půdy. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 246 pp.

Šarapatka B, a kolektiv 2010. Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Olomouc: Bioinstitut. 440 pp.

Tuf I. H. 2013. Praktika z půdní zoologie. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 91 pp.

Urban J, Šarapatka B, a kolektiv 2003. Ekologické zemědělství: učebnice pro školy a praxi, I. díl (Základy ekologického zemědělství, agroenvironmentální aspekty a pěstování rostlin). 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR. 264 pp.

Přílohy

Příloha 1

Letecké snímky



Obrázek 2 Letecký snímek lokality Pusté Jakartice

(zdroj Google)



Obrázek 3 Letecký snímek lokality Braszowice

(zdroj Google)

Příloha 2

Fotografie lokalit



Obrázek 4 Lokalita v Pustých Jakarticích



Obrázek 5 Lokalita v Braszowicích

Příloha 3

Data

Veškerá sesbíraná data ze zemních pastí jsou zaznamenána v tabulkách, umístěných spolu s elektronickou formou bakalářské práce na přiloženém CD.