

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Měření diverzity koprofágních brouků a jejich půdní aktivity na pastvině

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Martin Šlachta, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Tomáš Anděl

České Budějovice, 2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš ANDĚL**
Osobní číslo: **Z12792**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Název tématu: **Měření diverzity koprofágních brouků a jejich půdní aktivity na pastvině**
Zadávací katedra: **Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Tato práce se zaměří na studium společenstva koprofágních brouků (čeledi Scarabaeidae, Geotrupidae a Hydrophilidae) na vybrané pastvině skotu a na odhad jejich funkčního významu z hlediska dekompozice výkalů a koloběhu živin na pastvině.


Cílem bude (1) vypracovat literární rešerši o významu koprofágních bezobratlých pro ekosystém pastviny (dekompozice, obnova travního porostu, koloběh živin, zlepšení půdních fyzikálních i živinových charakteristik) a o dopadu používání odčervovacích přípravků u skotu na populace koprofágů; (2) zdokumentovat pastevní hospodaření na vybrané lokalitě (zatížení, plemena, sezónní aspekty krmení a odčervování; historie pastevního hospodaření), půdní a porostové charakteristiky lokality a údržbu porostu (seč nedopasků, mulč, použití pesticidů nebo hnojení); (3) pomocí návnadových pastí zjistit složení společenstva koprofágních brouků na pastvině (několikrát ročně v období duben - říjen) a změřit jejich půdní aktivitu (pomocí speciálně upravených zemních pastí). Získaná data budou (4) statisticky vyhodnocena a diskutována a výsledky budou (5) publikovány v odborné literatuře.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40-60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- Bang H.S., Lee J.H., Kwon O.S., Na Y.E., Jang Y.S., Kim W.H. (2005): Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. *Applied Soil Ecology*, 29: 165-171.
Gittings T., Giller P.S., Stakelum G. (1994): Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity. *Pedobiologia*, 38: 455-474.
Hanski I., Cambefort Y. (1991): *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, pp. 481.
Šlachta M., Frelich J., Tonka T. (2009)a: Application of dung-baited pitfall trapping in monitoring study on diversity of coprophagous beetles (Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae) in cattle pastures. *Journal of Agrobiology*, 26 (2): 83-99.
Tesař Z. (1957): Brouci listoroží - Lamellicornia II. - Scarabaeidae laparosticti. *Fauna ČSR* 11. NČSAV, Praha. pp. 336.

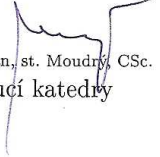
Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Martin Šlachta, Ph.D.**
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání diplomové práce: **15. února 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2014**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05 České Budějovice

L.S.


prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 11. března 2013

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské - diplomové -rigorózní- disertační práce, a to - v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - 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.

V Českých Budějovicích 25.4.2014

.....

Tomáš Anděl

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Mgr. Martinovi Šlachtovi, Ph.D. za ochotu při konzultacích ohledně vypracování této práce.

Abstract

The survey of the diversity of coprophagous beetles (Scarabaeidae, Geotrupidae, and Hydrophilidae families) and their soil activity took place at two sites in a cattle pasture in southern Bohemia (site A: 49°29'31.720"N, 14°23'44.310"E; site B: 49°29'23.257"N, 14°23'35.964"E; 575 m a. s. l.).

Baited pitfall traps with fresh cow dung (1.5 l per trap) were used to capture the beetles. During the survey of the diversity of coprophagous beetle community, a total of 29 species of beetles numbering 1,189 specimens were captured from May to September 2013. Of these, the most numerous were the beetles of the genus *Aphodius*, who made up 79 % of the total number of captured specimens. In terms of biomass, *Geotrupes spiniger* (Marsham, 1802) was significant, in that it made up 24 % of the total biomass of all of the captured beetles. This species contributes most to the decomposition of dung in the pasture. The family with the least number of specimens was Hydrophilidae. Beetles from this family made up 19 % of total number.

Measurement of soil activity took place repeatedly over the course of 3 weeks, always after one-week measurement of diversity. The most numerous species (*A. fimetarius*, *A. rufus* and *A. fossor*) showed a linear dependence of the abundances in soil-activity traps on the abundances in diversity traps from the precedent capture period. *A. sticticus* was one of the most numerous species during surveys of diversity (10 %). This species, belonging to the dwellers group, was not recorded in soil-activity traps, however. Large tunnellers were represented mainly by *G. spiniger* in traps, for which the linear dependence was not possible to confirm.

Keywords

coprophagous beetles, diversity, pasture, cattle, pitfall trap, nutrient cycling, dung decomposition, Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae

Abstrakt

Měření diverzity koprofágních brouků (čeledi Scarabaeidae, Geotrupidae a Hydrophilidae) a jejich půdní aktivity probíhalo na pastvině skotu v jižních Čechách na dvou stanovištích (stanoviště A: 49°29'31.720"N, 14°23'44.310"E; stanoviště B: 49°29'23.257"N, 14°23'35.964"E; 575 m n.m.).

Pro odchyt brouků byly použity pasti s návnadou čerstvého kravského výkalu (1,5 l na každou past). Při měření diverzity koprofágních brouků bylo v období od května do září 2013 odchyceno 29 druhů v počtu 1189 jedinců. Nejpočetněji zastoupeni byli druhy rodu *Aphodius*, kteří tvořili 79 % celkového počtu odchycených jedinců. Z pohledu biomasy byl významným druhem *Geotrupes spiniger*, který se na celkové biomase všech odchycených brouků 24 %. Tento druh přispívá pravděpodobně nejvíce k rozkladu výkalů na pastvině. Nejméně byla zastoupena čeleď Hydrophilidae. Brouci této čeledi tvořili 19 % z celkového počtu.

Měření půdní aktivity probíhalo po dobu 3 týdnů, následně po jednotýdenním měření diverzity. U nejvíce početných druhů (*A. fimetarius*, *A. rufus* a *A. fossor*) se prokázala lineární závislost půdní aktivity těchto brouků na abundanci v pastech při předchozím období měření diverzity. Ačkoliv *A. sticticus* byl při měření abundance jedním z nejčetnějších druhů (tvořil 10 % všech chycených brouků), při měření půdní aktivity v pastech zaznamenán nebyl. Z velkých tunelářů byl v pastech zastoupen druh *G. spiniger*, u kterého se lineární závislost prokázat nepodařilo.

Klíčová slova

koprofágní brouci, diverzita, pastvina, skot, návnadová past, koloběh živin, rozklad výkalů, Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	9
2.1 Fylogenetické vztahy koprofágních brouků.....	9
2.2 Hnízdní strategie koprofágních brouků.....	10
2.3 Význam koprofágních brouků pro ekosystém	13
2.4 Vliv odčervovacích přípravků na výskyt koprofágních brouků.....	15
2.5 Výskyt koprofágních brouků v České republice	15
2.6 Využití koprofágních brouků jako bioindikátorů.....	16
2.7 Sezónní výskyt koprofágních brouků	16
3. Cíl práce	17
4. Materiál a metodika.....	18
4.1 Popis lokality.....	18
4.2 Pastevní hospodaření.....	20
4.3 Metodika měření	21
4.4 Průběh a podmínky měření	22
4.5 Stanovení diverzity koprofágních brouků na pastvině.....	23
4.6 Měření půdní aktivity koprofágních brouků na pastvině	26
5. Výsledky	29
5.1 Výsledky měření diverzity koprofágních brouků	30
5.2 Výsledky měření půdní aktivity koprofágních brouků	44
6. Diskuze	52
7. Závěr.....	55
8. Použitá literatura	56

1. Úvod

Termínem koprofágní brouci je označována skupina brouků, jejichž životní cyklus je spojen s využitím výkalů živočichů, zejména savců, ptáků a plazů (Hanski a Cambefort, 1991). Taxonomicky mezi koprofágní brouky patří zejména zástupci čeledí Scarabaeidae (především podčeledi Scarabaeinae a Aphodiinae) a Geotrupidae, kteří jsou označováni anglickým termínem „dung beetles“. Mezi koprofágní brouky patří také zástupci čeledi Hydrophilidae (především rody *Sphaeridium* a *Cercyon*) a drabčíkovití (Staphylinidae) (Hanski a Cambefort, 1991). Koprofágních brouků je popsáno přibližně 7000 druhů (Monaghan a kol., 2007). Tato pro ekosystém významná skupina obývá všechny kontinenty kromě Antarktidy. Druhově nejrozmanitější je podčeleď Scarabaeinae, jejíž druhy se vyskytují zejména v tropech. V severním temperátu převažují zástupci podčeledi Aphodiinae a čeledi Geotrupidae (Hanski, 1986).

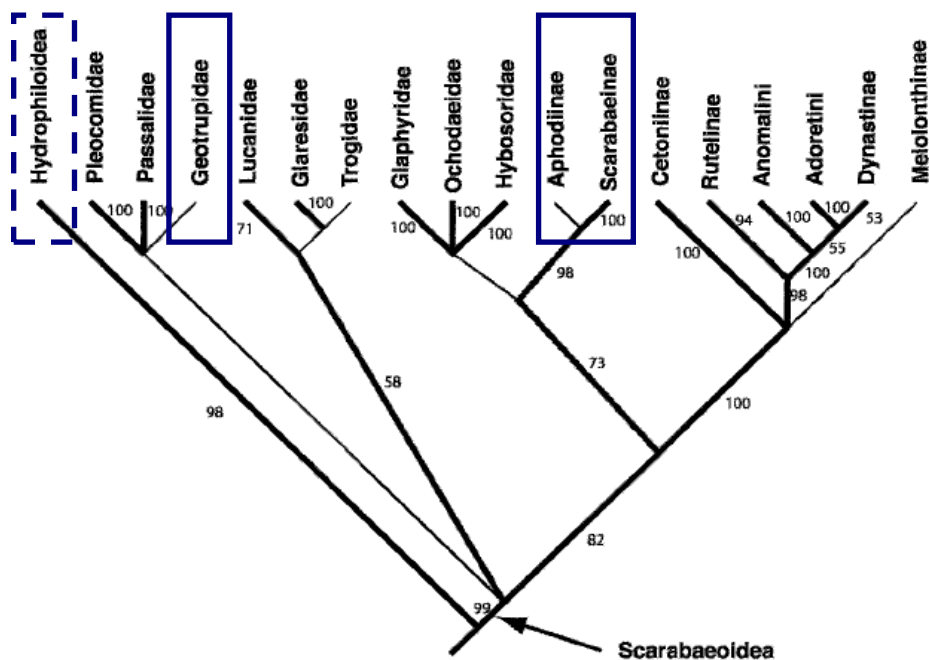
Pro ekosystém pastvin skotu mají koprofágní brouci velký význam. Podílejí se na dekompozici trusu a tím přispívají k lepšímu využití pastviny, jelikož místa se zbytky trusu zůstávají skotem nespásána. Podílejí se také svojí činností na koloběhu živin v půdě a přispívají k vyšší úrodnosti půdy a růstu travin (Bang a kol., 2005).

2. Literární přehled

2.1 Fylogenetické vztahy koprofágních brouků

Přestože byly jednotlivé čeledi koprofágních brouků předmětem nedávných výzkumů (Smith a kol., 2006), nejsou fylogenetické vztahy na bázi Scarabaeiodes ustálené. Jednotlivé entomologické autority mají na řazení čeledí do této nadčeledi odlišné názory a probíhá revize tohoto členění.

Kladogram na obr. 1 zobrazuje podčeledi Scarabaeinae a Aphodiinae jako sesterské taxony patřících do čeledi Scarabaeidae a podčeleď Geotrupinae obsaženou v čeledi Geotrupidae, která je na bázi Scarabaeiodes.



Obr. 1. Fylogenetický strom Scarabaeoidea na základě molekulárních dat (Smith a kol., 2006).

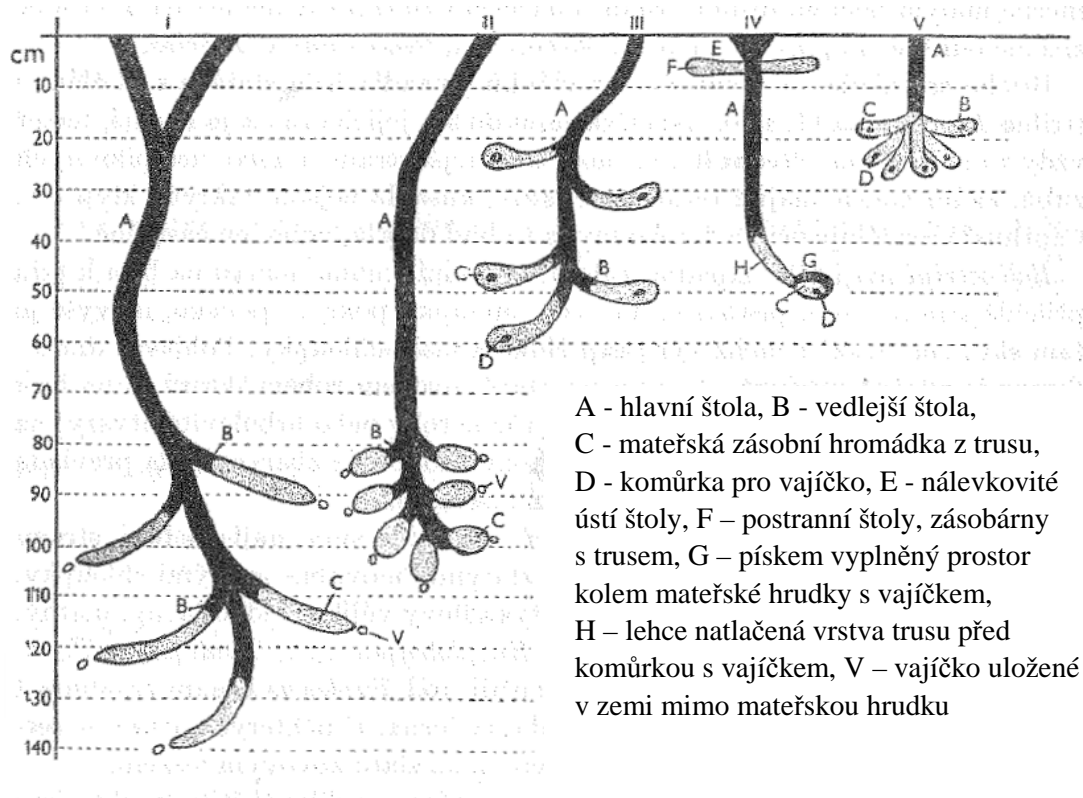
Čeledi a podčeledi koprofágních brouků jsou zvýrazněny plným rámečkem, přerušovaným rámečkem je zvýrazněna nadčeď Hydrophiloidea, jejíž součástí je čeď Hydrophilidae.

2.2 Hnízdní strategie koprofágních brouků

Koprofágní brouci jsou podle strategie rozmnožování tradičně děleni do čtyř skupin (gild), které jsou v literatuře běžně označovány anglickými výrazy: „tunnellers“, „rollers“, „(dung) dwellers“ a „cleptoparasites“. České ekvivalenty pro označení prvních tří skupin nejsou v české odborné literatuře přesně stanoveny.

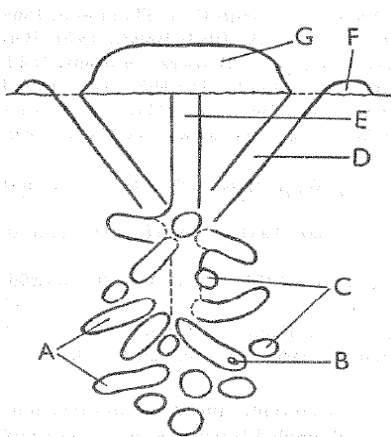
a) **Tunnellers** (paracoprids, tuneláři)

Tuneláři tvoří přímo pod zdrojem potravy chodby, do kterých zanášejí trus pro výstavbu hnízda. V chodbách vytvářejí komůrky se zásobou trusu pro larvy. Tato hnízda nejsou po jejich vybudování propojena s původním zdrojem potravy. Hloubka těchto štol je až 150 cm (obr. 1).



Obr. 2. Schématické znázornění hnízd různých druhů podčeledi Geotrupinae.

I – *Thyphoeus thyphoeus*, II – *Lethrus apterus*, III – *Geotrupes stercorarius*,
 IV – *Geotrupes vernalis*, V – *Geotrupes spiniger*, (Tesař, 1957)



Obr. 3. Schématické znázornění systému mateřských chodeb *Geotrupes spiniger* (Tesař, 1957).

A – mateřské hrudky s vajíčky, B – poloha vajíčka v mateřské hrudce,
 C – hrudky trusu sloužící za potravu, D – postranní východy, E – hlavní
 štola, F – hromádka písku kolem ústí vedlejší chodby, G – hromádka trusu

b) Rollers (telecoprids, valiči)

Brouci této gildy oddělují část trusu, vytvoří z něj většinou kulovitý tvar a tuto část přemísťují po povrchu mimo původní potravní zdroj. Tam tuto část trusu zahrabou a kladou do ní vajíčka. Přemísťování tohoto objektu probíhá u pravých valičů valením části trusu po povrchu, u některých druhů ovšem také postrkováním (Halfiter a Matthews, 1966) nebo přenášením předními nohama (Federico a Philips, 2005).

c) Dwellers (endocoprids)

Do této skupiny řadíme koprofágní brouky dvou linií:

- „dwellers“ tvořící hnízda

Dospělci této skupiny tvoří hnízda, která jsou na rozdíl od tunelářů propojená s původním zdrojem potravy.

- „dwellers“ netvořící hnízda

Samička těchto druhů klade vajíčka přímo do trusu. Larva se během vývoje do potravního zdroje prohrabe a její vývoj probíhá volně ve výkalu. Tento způsob reprodukčního cyklu je typický pro rod *Aphodius* (Gittings a Miller, 1997)

d) Cleptoparasites (cleptocoprids, kleptoparaziti)

Tito brouci využívají trus připravený jinými koprofágními brouky. Kleptoparaziti napadají valiče a využívají jimi valenou kouli nebo se prohrabávají do hnízd tunelářů a využívají potravu připravenou pro larvy.

Funkční skupiny koprofágních brouků

Pro analýzy vlivu koprofágních brouků na ekosystém se vzhledem k velkým rozdílům v jejich velikosti a způsobu čerpání zdrojů část používá podrobnější členění do pěti skupin (Doube, 1990):

- velcí tuneláři z čeledi Scarabaeidae a Geotrupidae: hmotnost > 50 mg *
- malí tuneláři z čeledi Scarabaeidae: hmotnost < 50 mg
- „dwellers“ z čeledi Scarabaeidae
- velcí „dwellers“ z čeledi Hydrophilidae hmotnost > 5 mg
- malí „dwellers“ z čeledi Hydrophilidae hmotnost < 5 mg

* hmotnost = biomasa vysušeného těla brouka (v literatuře používán angl. termín „dry body weight“)

2.3 Význam koprofágních brouků pro ekosystém

V ekologických systémech hraje hmyz důležitou roli při koloběhu živin, obnovy travního porostu, šíření semen, bioturbace a opylování. Koprofágní brouci patří mezi globálně rozšířený hmyz a hrají v tomto směru důležitou roli.

a) Koloběh živin

Velké množství živin spotřebovaných savci zůstane nevyužito ve výkalech. Přesun těchto výkalů do vrchních vrstev půdy podněcuje chemické a mikroorganické změny v půdě a přispívá k vyšší produktivitě růstu rostlin (Nichols a kol., 2008). Důležitým prvkem pro růst rostlin je dusík. Extenzivní chov hospodářských zvířat způsobuje velkou produkci dusíku, který se formou amoniaku uvolňuje do ovzduší. Nedávná zpráva Organizace pro výživu a zemědělství uvádí, že 12 z 30 milionů tun dusíku vyprodukovaného živočišnou výrobou bylo ztraceno volatilizací amoniaku (Steinfeld a kol., 2006). Zahrabáváním částí trusu pod povrch půdy omezují koprofágní brouci volatilizaci amoniaku a přispívají ke zvýšení úrodnosti půdy.

b) Bioturbace

Biotrubací je obecně myšleno přesouvání a mísení částic odpadu živočichy a rostlinami. Největší podíl na přemísťování a mísení zeminy mají tuneláři během vytváření hnízd. Hloubka chodeb a množství přeneseného materiálu je přímo ovlivněno velikostí brouka. Tvorbou štol a chodeb zvyšují tyto brouci provzdušnění a vodopropustnost půdy. Přestože se obecně předpokládá pozitivní vliv tunelářů na vodopropustnost a provzdušnění půdy, nebyly tyto účinky doposud dostatečně zkoumány a vyhodnoceny. Narušování trusu koprofágními brouky také přispívá ke kolonizaci dalšími rozkladači trusu, jako jsou kroužkovci, houby a bakterie.

c) Obnova travního porostu

Koprofágní brouci hrají zásadní roli v dekompozici trusu a recyklaci organické hmoty a živin pro rostliny. Bez této recyklace živin by na pastvinách převažovaly rostliny s nižší stravitelností a nutriční hodnotou, které nejsou vhodné pro pastvu (Gittings a kol., 1994).

Řada experimentálních studií odkazuje na vliv koprofágních brouků na zvýšení rostlinné biomasy (Galbiati a kol., 1995; Bang a kol., 2005). Při těchto pokusech jsou často vidět rozdíly biomasy rostlin pěstovaných v půdě s ručně vmíšeným trusem,

nebo trusem zaneseným do půdy brouky. Studie uvádějí, že trus zapravený brouky do půdy má za následek rychlejší růst rostlin (Galbiati a kol., 1995) a zvýšení nadzemní biomasy rostlin (Bang a kol., 2005).

d) Sekundární rozptyl semen

Rozšiřování semen obratlovci je velmi rozšířeno v tropickém a mírném pásmu. Pro semena je riziková fáze mezi počátečním umístěním v trusu a vlastním vyklíčením z důvodu např. nevhodné pozice pro klíčení (Chambers a MacMahon, 1994). Proto sekundární šíření semen rostlin hraje důležitou roli ve snížení tohoto rizika. Pro koprofágní brouky jsou semena rostlin v trusu pouhé nečistoty, které nejsou potravou pro larvy. Nicméně koprofágní brouci často nepřímo roznášejí semena společně s trusem při vytváření mateřských hrudek. Studie prokazují velký rozptyl v množství zahrabaných semen a to 6–95 % (Nichols a kol., 2008). Prostřednictvím valičů dochází i k horizontálnímu rozptylu semen, což snižuje pravděpodobnost poškození predátory (hlodavci) a patogeny a také snižuje hustotu budoucích sazenic, čímž zvyšuje šance na jejich přežití (Howe, 1989; Peres a kol., 1997). Zatímco větší hloubka zahrabání semene brouky chrání semena před predátory, tak může naopak bránit úspěšnému klíčení. Proto může mít přesun semen koprofágními brouky jak pozitivní, tak i negativní vliv na jejich klíčení. V sekundárním rozptylu semen rostlin nehrají roli pouze koprofágní brouci, ale i jiní živočichové, např. mravenci v tropických lesních systémech.

e) Potlačení parazitů

Koprofágní brouci a jejich larvy částečně redukují množství hematofágního hmyzu, který se vyvíjí v trusu, a také hlístů a prvoků rozptýlených v trusu savců. Studie prokazují několikanásobné snížení množství endoparazitů na pastvinách skotu s experimentálním navýšením množství koprofágních brouků oproti pastvinám bez výskytu koprofágních brouků (Fincher, 1973; Bryan, 1973). Významný vliv na redukci much je prokázán v experimentálních podmínkách, ale v přírodních podmínkách jsou tyto vztahy složitější a ovlivněné sezónností výskytů koprofágních brouků a jejich denní letové aktivity (Nichols a kol., 2008).

2.4 Vliv odčervovacích přípravků na výskyt koprofágních brouků

Restrukturalizace zemědělství a rozšiřování pastvin a tím i počtu paseného skotu zvyšuje riziko výskytu parazitů kontaktem s jinými volně žijícími přežvýkavci nebo pastvou ovcí. To si vynucuje komplexní protiparazitní ochranu, která je založená jednak na diagnostice a prevenci, a také na využívání antiparazitik.

Ekologické zemědělství má pozitivní vliv na druhovou rozmanitost koprofágních brouků, kdežto intenzivní hospodaření s používáním veterinárních přípravků a případně hnojiv způsobuje snížení diverzity koprofágních brouků (Hutton a Giller, 2003).

Zejména ivermektinové preparáty, používané často při odčervení ve formě postupně působících tablet, jsou vysoce účinné při hubení larev *Aphodius constans* (Duftschmid, 1805) přibližně 143 dnů po aplikaci (Errouissi a kol., 2001).

V další studii Wardhaugh a kol. (2001) porovnávali vliv přípravků eprinomektin a moxidectin (pour-on) na vývoj a přežití druhu *Onthophagus taurus* (Schreber, 1759). Zatímco moxidectin neměl žádné zjizitelné účinky, eprinomektin způsobil vysoký úhyn brouků během prvních 1–2 týdnů po aplikaci přípravku. Prostřednictvím modelování autoři odhadují, že eprinomektin je schopen snížit aktivitu brouků v další generaci o 25–35 % (Hutton a Giller, 2003).

2.5 Výskyt koprofágních brouků v České republice

Většina koprofágních brouků vyskytujících se v České republice patří do skupiny „dwellers“. Menší počet druhů patří do skupiny tunelářů („tunnellers“). Valiči („rollers“) jsou v České republice zastoupeny pouze jedním, nepříliš hojným druhem. Většina půdní aktivity koprofágních brouků vyskytujících se v České republice je tedy omezena na vrchní část půdy a pouze malá část druhů vytváří štoly a proniká do větších hloubek.

S ústupem pastevního hospodaření v rámci Evropy došlo v minulém století k poklesu druhové rozmanitosti koprofágních brouků (Juřena a kol., 2000; Carpaneto a kol., 2007). V České republice bylo pastevní hospodaření zachováno především v horských příhraničních oblastech. V posledních 20 letech došlo i díky státní finanční podpoře extenzivního pastevního hospodaření k rozšíření rozlohy

pastvin (Šlachta a kol., 2009a). Vliv pastevního hospodaření na výskyt a druhovou rozmanitost koprofágních brouků a význam koprofágních brouků pro ekosystém pastvin je předmětem nedávných studií (Bang a kol., 2005; Šlachta a kol., 2008c, Šlachta a kol., 2009b; Brown a kol., 2010).

2.6 Využití koprofágních brouků jako bioindikátorů

Bezobratlí živočichové obecně dominují v ekosystémech svojí druhovou rozmanitostí, množstvím biomasy a ekologickými funkcemi. Koprofágní brouci z podčeledi Scarabaeinae byly navrženy jako bioindikátorový taxon pro tropické oblasti, kde je největší druhová rozmanitost koprofágních brouků (Spector, 2006).

2.7 Sezónní výskyt koprofágních brouků

Při sledování výskytu, biodiverzity a půdní aktivity koprofágních brouků hraje důležitou roli sezónnost jejich aktivity. V oblastech severního temperátu se většina studií zabývá sledováním sezónního výskytu a aktivity koprofágní brouků v období od dubna do října (Šlachta a kol., 2008c). Některé pastviny byly zkoumány v průběhu celého roku (Lumaret a Kirk, 1987; Wassmer, 1994).

Při srovnávání jednotlivých studií hrají roli místní klimatické podmínky, poloha stanoviště (Wassmer, 1995; Roslin 2000; Vessby a Wiktelius, 2003; Hutton a Giller 2004). V podmínkách severního mírného pásma tvoří většinu biodiverzity koprofágních brouků „dwellers“, kdežto tuneláři tvoří menšinu. Distribuce biomasy během sezóny bývá v České republice u tunelářů a „dwellers“ čeledi Scarabaeidae bimodální (dva vrcholy během sezóny) a unimodální u „dwellers“ čeledi Hydrophilidae (Šlachta a kol., 2008c). Zatímco zástupce velkých tunelářů *Geotrupes stercorarius* (Linnaeus, 1758) vytváří hnízda na jaře, tak *Geotrupes spiniger* (Marsham, 1802) vytváří hnízda na podzim a dospělci se objevují na pastvinách nejdříve v polovině července (Kühne 1995).

3. Cíl práce

Cílem práce bylo stanovit na vybrané pastvině skotu druhové složení a diverzitu koprofágních brouků (čeledi Scarabaeidae, Geotrupidae a Hydrophilidae) a změřit jejich půdní aktivitu.

Pro měření výskytu a půdní aktivity koprofágních brouků byly použity návnadové padací pasti, které jsou vhodným prostředkem pro sledování „activity-density“, tedy sledování velikosti a složení populace koprofágních brouků a aktivity jednotlivých druhů. Měření bylo provedeno opakovaně na dvou stanovištích pastviny v období květen – září a výsledky byly statisticky vyhodnoceny.

4. Materiál a metodika

4.1 Popis lokality

Měření výskytu a půdní aktivity koprofágních brouků probíhalo na dvou stanovištích pastviny na území obce Blehov v jižních Čechách.

GPS souřadnice stanovišť s umístěním pastí:

Stanoviště A: 49°29'31.720"N, 14°23'44.310"E

Stanoviště B: 49°29'23.257"N, 14°23'35.964"E

Nadmořská výška: 575 m n. m.

Výměra pastviny: = 4,93 ha



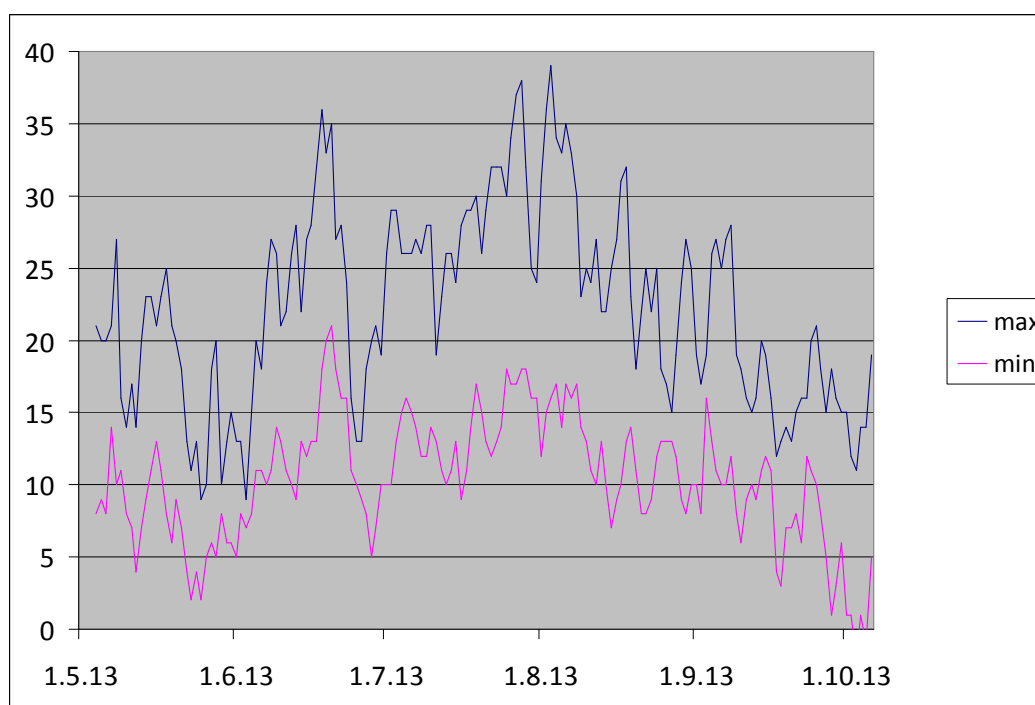
Obr. 4. Pastvina s umístěním odchyťových pastí (snímek z r. 2011).

Legenda obrázku: A, B ... umístění pastí; K ... kravín
červeně ... základní pastvina, modře ... přechodné rozšíření pastviny

Pastvina se nachází v prostoru na jedné straně ohraničeném lesy a na druhé straně se nachází dva rybníky. V blízkosti pastviny je kravín s trvale ustájenými dojnícemi (asi 50 ks dojnic).

Pastvina je zařazena dle vyhlášky č. 327/1998 Sb. BPEJ 73241:

- Kambizemě modální eubazické až mezobazické na hrubých zvětralinách, propustných, minerálně chudých substrátech žulách, syenitech, granodioritech, méně ortorulách, středně těžké lehčí s vyšším obsahem grusu, vláhově příznivější ve vlhčím klimatu.
- Sklon a expozice: 7° – 12° (střední sklon), expozice jihozápad
- Půda: hluboká až středně hluboká 30 až 60 cm, bezskeletovitá, s příměsí a celkovým obsahem skeletu do 10 %.



Obr. 5. Maximální a minimální denní teploty [°C] v období měření. (zdroj klimatických dat www.in-pocasi.cz, meteostanice Milevsko – 4 km od lokality měření).

4.2 Pástevní hospodaření

Historie

Parcela se využívala až do roku 1994 jako orná půda. Pozemek byl rozdělen na několik menších polí, jak je patrné z obr. 6.



Obr. 6. Stav pozemku v roce 1952.

V roce 1994 byla parcela přeměněna na pastvinu a od té doby je využívána pro chov skotu.

Pástevní hospodaření v roce 2013

Pastvina je využívána pro chov jalovic ve věku 10 až 24 měsíců. Ve sledovaném roce se na pastvině páslo smíšené stádo skotu v počtu 35 kusů plemene Český strakatý skot a masný simentál. Zatížení pastviny bylo 4,26 DJ/.ha. Jedná se tedy o intenzivní způsob pastvy. V zimě je skot ustájen v blízkém kravínu, kde probíhá také chov dojnic a býků. Jedenkrát ročně, před zahájením pástevní sezony, se provádí odčervení skotu.

Skot je na pastvině trvale během celého pastevního období. Údržba pastviny se provádí pouze sečením nedopasků. Hnojení pastviny se neprovádí.

Skot byl na pastvině od 5.4.2013 do 18.10.2013. Na začátku července byly posečeny nedopasky a skot se pohyboval během tohoto měsíce volně mezi posečenou pastvinou a malou pastvinou v blízkosti rybníka. Toto dočasné rozšíření pastviny je zobrazeno na obr. 4 a ohraničeno modře.



Obr. 7. Skot pasoucí se na pastvině – stanoviště A.

4.3 Metodika měření

Metodika měření byla založena na použití návnadových pastí s čerstvými kravskými výkaly. Pro odchyt brouků byly použity padací pasti popsané Šlachtou a kol. (2008a, 2008b). Pasti jsou tvořeny plastovými nádobami uloženými v zemi (Obr. 8). Brouci pronikají výkaly a padají do plastové nádoby s konzervačním činidlem (např. formaldehyd).

Vzhledem k tomu, že koprofágní brouci během sezóny vyhledávají výkaly s různou intenzitou, což souvisí s obdobím rozmnožování jednotlivých druhů, tak bylo nutné odchyt brouků provádět v pravidelných intervalech po celou sezónu, v tomto případě od května do začátku října. Na výskyt koprofágních brouků má vliv i aktuální počasí, proto ne vždy se podaří brouky odchytit. Negativní vliv na odchyt brouků mají zejména nízké teploty s malou aktivitou brouků nebo extrémní srážky, kdy může dojít k vyplavení pastí.

Návnadové pasti je vhodné umisťovat do míst se stálým a intenzivním výskytem skotu. Je to např. v blízkosti napájecích zařízení nebo stájí. Koprofágní brouci za potravou létají a v těchto místech se nejvíce soustřeďují. Zároveň se však musí pasti umístit mimo přímý dosah skotu, aby nedocházelo k jejich poškození pasoucími se zvířaty.

Pasti byly umístěny na dvě stanoviště dle obr. 4. Stanoviště A je v blízkosti kravína a 50 m od pasti se nacházelo také napajedlo. Stanoviště B bylo na opačném konci pastviny (obr. 4).



Obr. 8. Pomůcky pro sestavení pastí pro odchyt koprofágních brouků.

4.4 Průběh a podmínky měření

Termíny uložení pastí pro odchyt brouků byly rozloženy s měsíčními intervaly od května do prvního týdne v říjnu (tab. 1).

Na začátku každého měřicího cyklu byly na 7 dnů uloženy pasti na sledování výskytu koprofágních brouků (vždy 3 pasti na každém stanovišti ve vzdálenosti 2 m od sebe) a následně po dobu 3 týdnů pasti pro sledování půdní aktivity (1 past na každém stanovišti).

Tab. 1. Termíny uložení pastí a jejich roztrídění podle kalendářních měsíců.

Termíny 2013	Datum uložení pastí	
	diverzita	půdní aktivita
květen	4.5.–11.5.	
		–
červen	16.6.–22.6.	
		24.6.–14.7.
červenec	14.7.–21.7.	
		21.7.–11.8.
srpen	11.8.–18.8.	
		18.8.–8.9.
září	8.9.–15.9.	
		15.9.–6.10.

4.5 Stanovení diverzity koprofágních brouků na pastvině

Pro stanovení diverzity byly použity 3 pasti na každém ze dvou stanovišť v rámci sledované pastviny. Konstrukce pasti je zobrazena na obr. 9 a 10. Past tvořila plastová nádoba o průměru 20 cm v horní části. Nádoba byla vložena do jámy v půdě a na horní část se umístil rošt. Nosný rošt byl zhotoven z pletiva o velikost ok 3 cm. Hloubka zanoření roštu pod horní okraj nádoby je 6 cm. Do nádoby se nalila konzervační kapalina (5 % formalín). Na takto připravenou past se na rošt umístil jako návnada čerstvý výkal v množství 1,5 l tak, aby pokrýval celý povrch roštu. Princip padací pasti je takový, že brouci pronikající skrz výkal padají na dno nádoby do konzervačního roztoku. Po 7 dnech expozice byli brouci odebráni z pasti a postup se v pravidelných měsíčních intervalech opakoval po celou sezónu v období od 4.5. do 15.9.2013 (tab. 1). Brouci zachycení v pasti byli po propláchnutí v sítku pomocí pinzety vloženi do malých nádobek s konzervačním roztokem.

Pasti byly značeny následujícím způsobem: A1, A2, A3, B1, B2, B3

A nebo B..... označení stanoviště s umístěním pasti

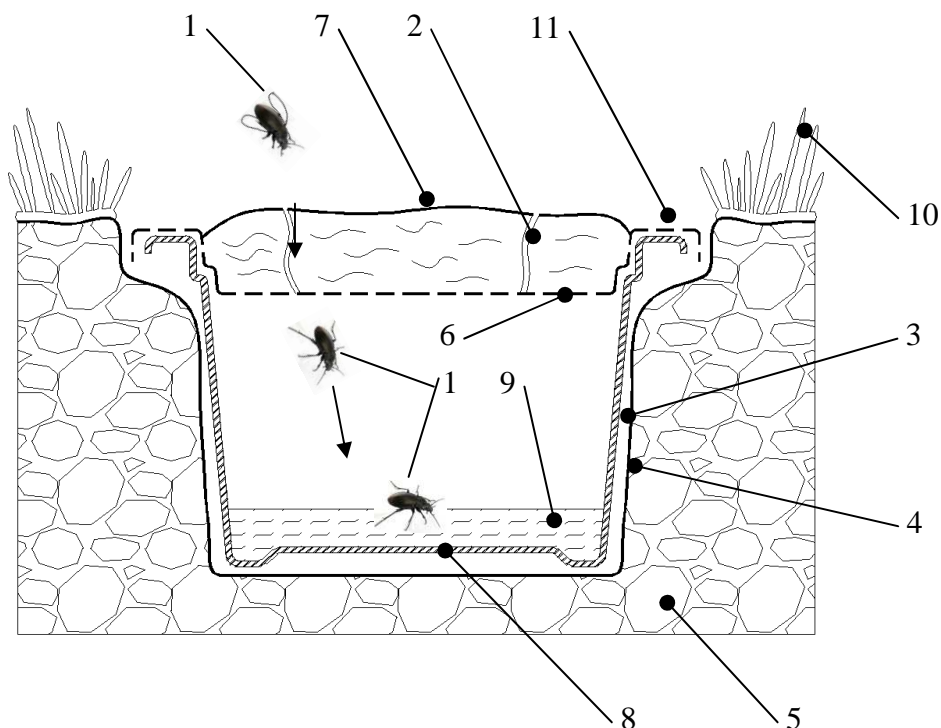
1, 2 nebo 3 pořadové číslo pasti

(na každém stanovišti byly položeny vždy 3 pasti)



Obr. 9. Uložení pasti pro měření výskytu koprofágních brouků.

Determinace druhů byla provedena dle Tesař (1957), vyšší klasifikace byla převzata z Löbl a Smetana (2004), Boukal a kol. (2007) a Juřena a Týr (2008). Determinace byla následně ověřena vedoucím diplomové práce.



- | | |
|--------------------|-----------------------------------|
| 1 koprofágní brouk | 7 výkal |
| 2 chodba | 8 dno nádoby |
| 3 nádoba | 9 konzervační kapalina |
| 4 jáma | 10 tráva |
| 5 zem | 11 přesahující část nosného roštu |
| 6 nosný rošt | |

Obr. 10. Schéma návnadové pasti.

Statistické vyhodnocení výsledků

Pro účely statistického vyhodnocení výsledků byl seznam odchycených druhů uveden v tabulce, kde jsou jednotlivé druhy rozříděny do funkčních skupin (Doube, 1990; Šlachta a kol., 2008c): Hydrophilidae – „dwellers“ („H – dwellers“), Scarabaeidae – „dwellers“ („S – dwellers“) a tuneláři („tunnellers“).

Pro výpočet biomasy jsou v tabulce uvedeny průměrné hmotnosti brouků, které jsou převzaty z Šlachta a kol. (2008c). Jedná se o hmotnost těla brouků po vysušení (vysoušení při 60 °C po dobu 72 hod). Dva druhy nepublikované v Šlachta a kol. (2008c) byly převzaty z Koskela a Hanski (1977) Lumaret a Kirk (1987).

Statisticky byla hodnocena významnost efektu sezóny (období odchyty) a stanoviště (A, B) na abundanci (počet jedinců v pasti) a diverzitu (Shannonův index diverzity H').

Protože naměřené hodnoty neodpovídaly normálnímu rozložení dat, a také z důvodu malého počtu měření, byla pro vyhodnocení použita neparametrická analýza:

- pro více nezávislých vzorků (období odchyty) Kruskal-Wallisův test
- pro dva nezávislé soubory (stanoviště A a B) Mann-Whitneyův U test

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \dots \dots \dots \text{Shannonův index diverzity}$$

n_i počet jedinců i-tého druhu

N celkový počet jedinců

s počet druhů

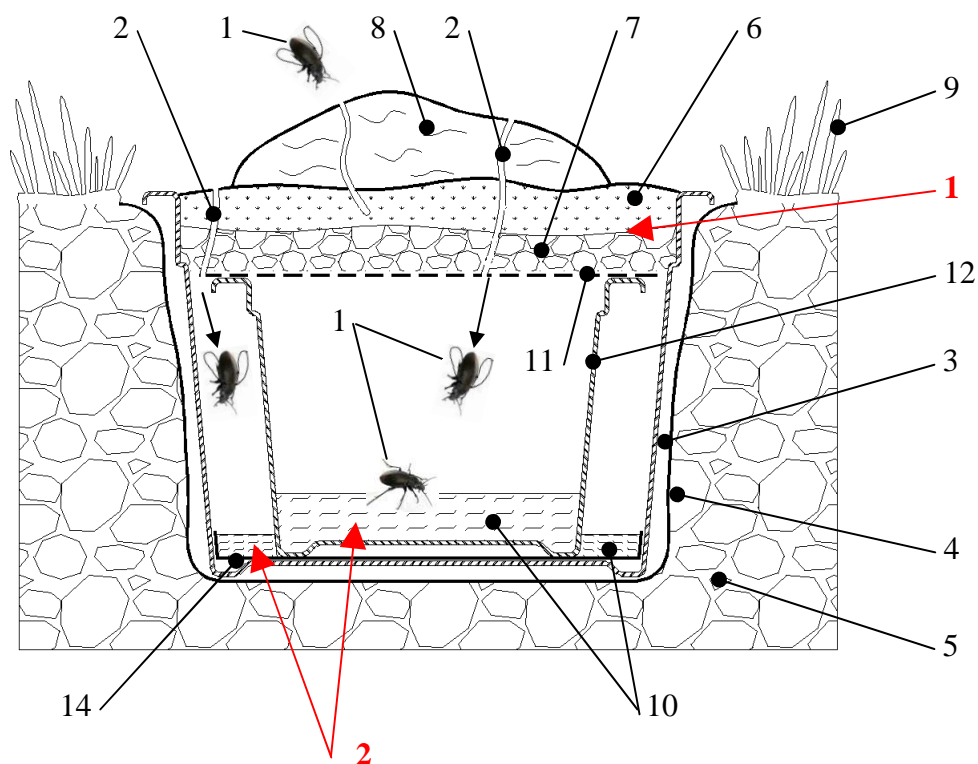
Pro statistické vyhodnocení byl použit program STATISTICA (StatSoft, Inc., 2013).

4.6 Měření půdní aktivity koprofágních brouků na pastvině

Půdní aktivita koprofágních brouků byla měřena pastí podle obr. 11. Past tvořila plastová nádoba o průměru 30 cm v horní části. Na její dno byla položena mělká miska, ve které byla konzervační kapalina. Do vnější nádoby byla vložena menší nádoba o průměru 25 cm, která sloužila jako opora přepážky. Přepážka byla zhotovena z pletiva s oky 3 cm. Na dna obou nádob byl nalit konzervační roztok (formaldehyd 5 %). Na přepážku z pletiva byl uložen drn s částí půdního profilu o síle zeminy cca 5 cm. Drn zakrýval celý vnitřní průměr vnější nádoby, chycení brouci tedy museli proniknout skrz něj. Na povrch drnu se položilo 1,5 l čerstvého kravského výkalu, který sloužil jako návnada.

Měření probíhalo s použitím jedné pasti na každém stanovišti vždy po dobu 3 týdnů.

Po této době byli brouci z pasti vybráni. Toto měření probíhalo v období od 11.5. do 6.10.2013 v pravidelných intervalech (tab. 1).



- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1 koprofágní brouk | 8 výkal |
| 2 chodba | 9 tráva |
| 3 vnější nádoba | 10 konzervační kapalina |
| 4 jáma | 11 nosný rošt |
| 5 zem | 12 vnitřní nádoba |
| 6 drn | 13 miska |
| 7 půdní podklad | |

Červeně označena místa odběru vzorků:

- 1 drn
 2 nádoba (miska a vnitřní nádoba)

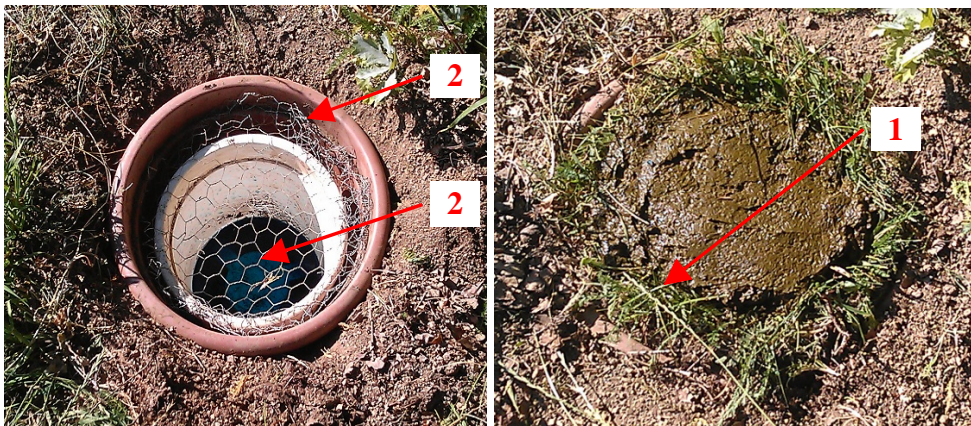
Obr. 11. Schéma návnadové padací pasti na měření půdní aktivity.

Označování pastí a místa odběru vzorků: A1, A2, B1, B2

A nebo B..... číslo stanoviště s umístěním pasti

1 drn s půdním podkladem (drn)

2 vnější a vnitřní nádoba (nádoba)



Obr. 12. Past pro měření půdní aktivity koprofágních brouků.

Statistické vyhodnocení dat

Při hodnocení půdní aktivity koprofágních brouků byla ověřována závislost jejich půdní aktivity (3 týdenní období) na abundanci zjištěnou během předchozího měření diverzity (1 týdenní období). Pro více zastoupené druhy byla v grafech použita lineární regrese v rámci programu STATISTICA (StatSoft, Inc., 2013).

5. Výsledky

Při měření diverzity koprofágních brouků bylo v období od května do září 2013 odchyceno 29 druhů v počtu 1189 jedinců. Seznam odchycených druhů je uveden v tab. 2. Největší počet druhů spadá do funkční skupiny „dwellers“ z čeledi Scarabaeidae. Celkem bylo odchyceno 15 druhů této skupiny. Následují „dwellers“ čeledi Hydrophilidae, kterých bylo zjištěno na obou stanovištích celkem 8 druhů. Nejméně zastoupenou skupinou jsou tuneláři: 3 druhy velkých tunelářů z čeledi Geotrupidae a 3 druhy z čeledi Scarabaeidae.

Tab. 2. Seznam odchycených druhů koprofágních brouků. Rozdělení dle čeledí, životní strategie a biomasy dle Šlachta a kol. (2008c).

Druh	Čeď	Skupina	Biomasa [mg]
<i>Anoplotrupes stercorosus</i> (Hartmann in L.G.Scriba, 1791)	G	T	100,0
<i>Geotrupes spiniger</i> (Marsham, 1802)	G	T	129,9
<i>Geotrupes stercorarius</i> (Linnaeus, 1758)	G	T	129,9
<i>Cercyon haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1775)	H	D	0,8
<i>Cercyon impressus</i> (Sturm, 1807)	H	D	1,3
<i>Cercyon lateralis</i> (Marsham, 1802)	H	D	0,8
<i>Cercyon castaneipennis</i> , Gyllenhal, 1808	H	D	1,3
<i>Sphaeridium bipustulatum</i> (Fabricius, 1781)	H	D	4,5
<i>Sphaeridium lunatum</i> (Fabricius, 1792)	H	D	12,6
<i>Sphaeridium marginatum</i> (Fabricius, 1787)	H	D	4,5
<i>Sphaeridium scarabaeoides</i> (Linnaeus, 1758)	H	D	12,6
<i>Aphodius ater</i> (De Geer, 1774)	S	D	4,7
<i>Aphodius depressus</i> (Kugelann, 1792)	S	D	15,9
<i>Aphodius erraticus</i> (Linnaeus, 1758)	S	D	13,1
<i>Aphodius fimetarius</i> (Linnaeus, 1758)	S	D	15,4
<i>Aphodius foetens</i> (Fabricius, 1787)	S	D	11,0
<i>Aphodius fossor</i> (Linnaeus, 1758)	S	D	58,3
<i>Aphodius granarius</i> (Linnaeus, 1767)	S	D	3,0
<i>Aphodius haemorrhoidalis</i> (Linnaeus, 1758)	S	D	6,8
<i>Aphodius luridus</i> (Fabricius, 1775)	S	D	9,5
<i>Aphodius prodromus</i> (Brahm, 1790)	S	D	5,1
<i>Aphodius rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	S	D	30,7
<i>Aphodius rufus</i> (Moll, 1782)	S	D	7,8

Tab. 2. – pokračování

Druh	Čeď	Skupina	Biomasa [mg]
<i>Aphodius scrutator</i> (Herbst, 1789)	S	D	40,8
<i>Aphodius sticticus</i> (Panzer, 1798)	S	D	3,3
<i>Aphodius pusillus</i> (Herbst, 1789)	S	D	1,2
<i>Onthophagus fracticornis</i> (Preyssl, 1790)	S	T	24,2
<i>Onthophagus joannae</i> (Goljan, 1953)	S	T	10,0
<i>Onthophagus similis</i> (Scriba, 1790)	S	T	10,0
<i>Oxyomus sylvestris</i> (Scopoli, 1763)	S	D	1,2

Zkratky čeledí: G – Geotrupidae, H – Hydrophilidae, S – Scarabaeidae

Zkratky rodů (v dalším textu): *An.* – *Anoplotrupes* (Jekel, 1865), *A.* – *Aphodius* (Illiger, 1798); *C.* – *Cercyon* (Leach, 1817); *G.* – *Geotrupes* (Latreille, 1796); *O.* – *Onthophagus* (Latreille, 1802); *Ox.* – *Oxyomus* (Dejean, 1833); *Sph.* – *Sphaeridium* (Fabricius, 1775)

Zkratky funkčních skupin: T – tuneláři, D – „dung dwellers“

5.1 Výsledky měření diverzity koprofágních brouků

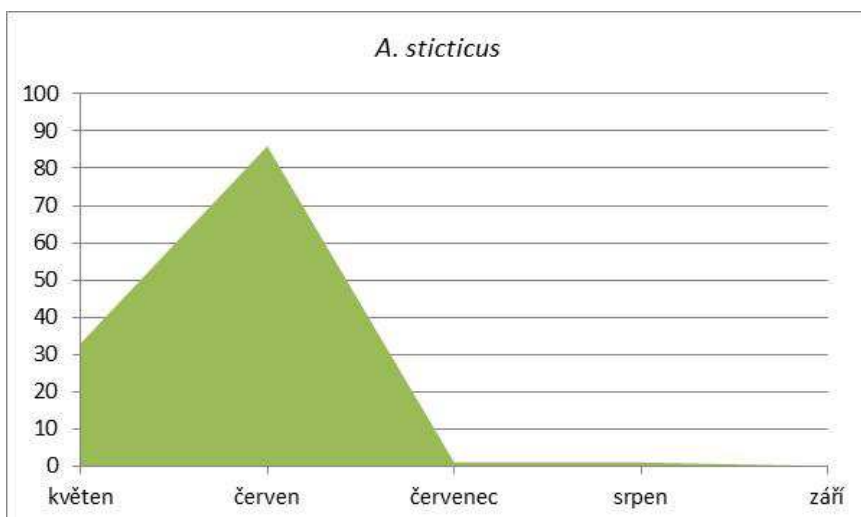
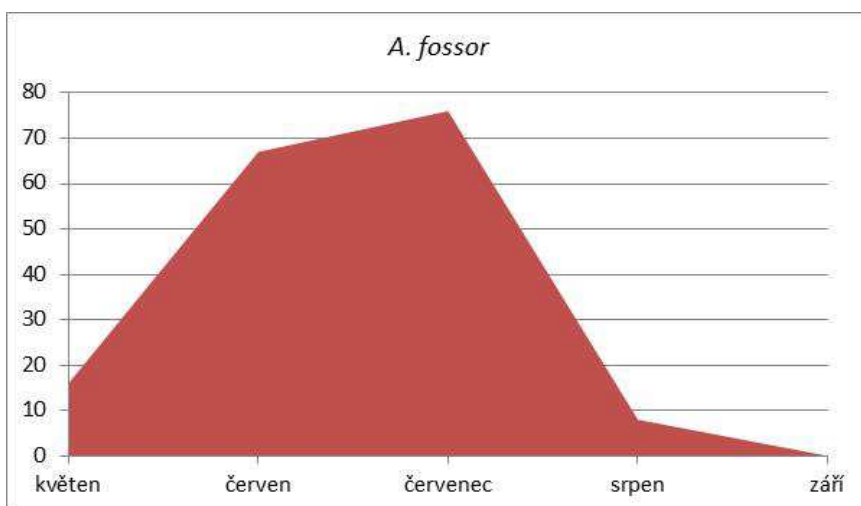
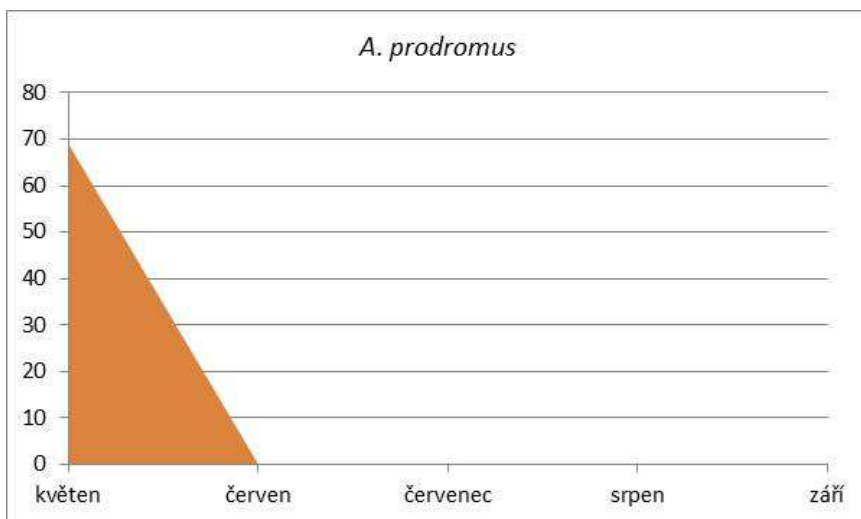
Počty odchycených brouků a jejich dominance v celkovém počtu je uvedena v tab. 3. Druhově nejpočetněji byli zástupci rodu *Aphodius*. Procentuální podíl na celkovém počtu odchycených brouků byl u *A. fimetarius* 31 %, *A. fossor* 14 % a u druhu *A. sticticus* 10 %.

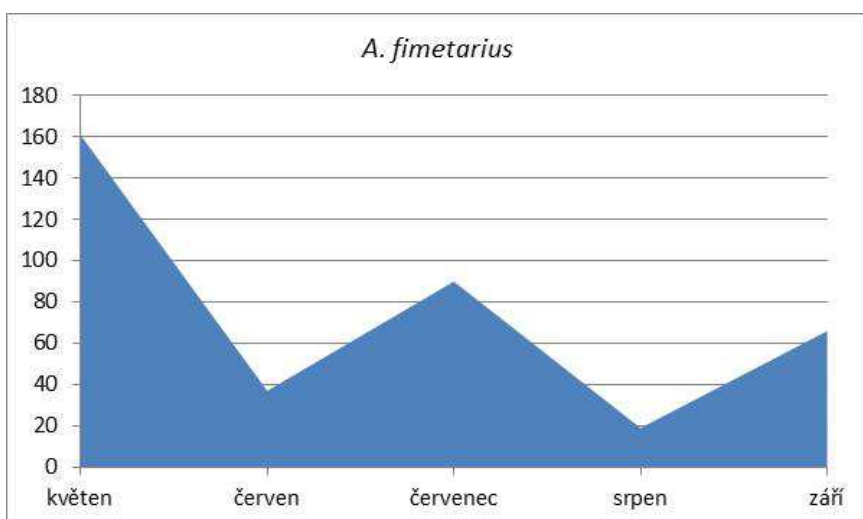
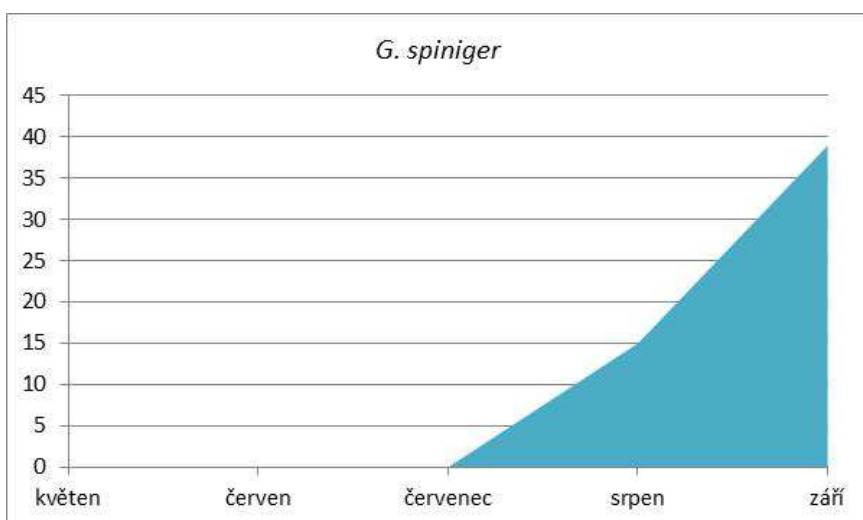
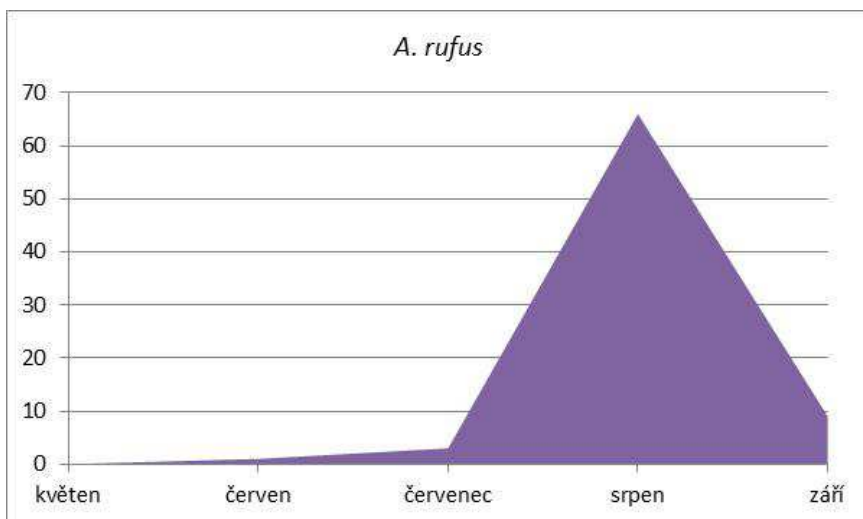
Sezónnost výskytu jednotlivých druhů koprofágních brouků uvedených v tab. 3 je graficky zobrazena na obr. 13. Nejpočetněji zastoupený druh *A. fimetarius* z čeledi Scarabaeidae vykazoval výskyt během celého období od května do září s mírným vrcholem v květnu. V období května byl zaznamenán vrchol výskytu *A. prodromus* a *Onthophagus fracticornis* z čeledi Scarabaeidae. V jarním období dále dominoval druh *A. sticticus*. V letním období červenec – srpen byl zaznamenán největší výskyt druhů *Sph. lunatum* z čeledi Hydrophilidae a *A. fossor* a *A. rufus* z čeledi Scarabaeidae. Z velkých tunelářů byl nejvíce zastoupen druh *G. spiniger* (Marsham, 1802) z čeledi Geotrupidae, u kterého byl zjištěn největší výskyt v září, což souvisí s hnízdní k aktivitou tohoto druhu (Tesař, 1957). Podíl dalších druhů velkých tunelářů *G. stercorarius* a *Anoplotrupes stercorosus* nebyl na celkovém počtu odchycených brouků významný.

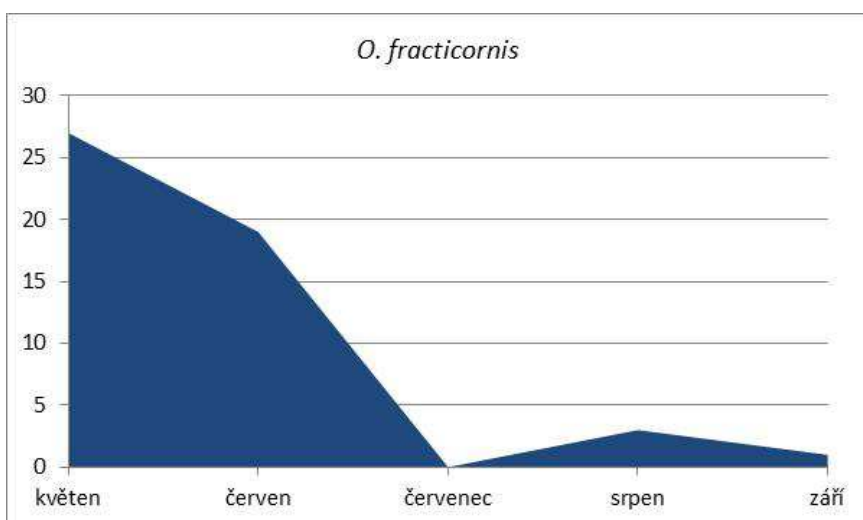
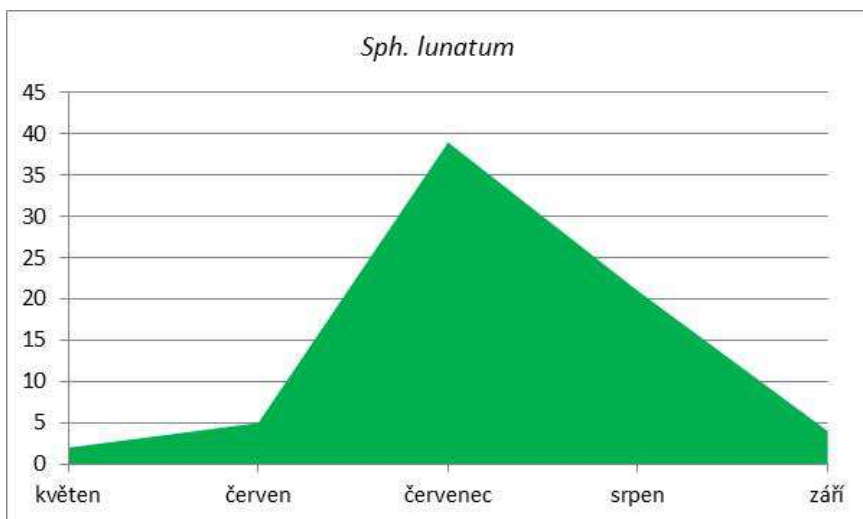
Tab. 3. Počty odchytených jedinců (N) během pěti období na stanovištích A a B. Druhy jsou seřazeny podle jejich celkové abundance v nasbíraném materiálu.

Druh	N											
	květen		červen		červenec		srpen		září		Celkem	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	N	%
<i>A. fimetarius</i>	74	87	27	10	45	45	4	15	33	33	373	31
<i>A. fossor</i>	8	8	20	47	39	37	6	2	0	0	167	14
<i>A. sticticus</i>	12	21	78	8	1	0	1	0	0	0	121	10
<i>A. rufus</i>	0	0	1	0	2	1	50	16	6	3	79	7
<i>Sph. lunatum</i>	0	2	1	4	28	11	19	2	0	4	71	6
<i>A. prodromus</i>	7	62	0	0	0	0	0	0	0	0	69	6
<i>G. spiniger</i>	0	0	0	0	0	0	6	9	23	16	54	5
<i>O. fracticornis</i>	5	22	3	16	0	0	3	0	0	1	50	4
<i>A. erraticus</i>	0	0	0	6	20	13	0	0	0	0	39	3
<i>A. rufipes</i>	0	0	1	0	3	6	7	4	2	10	33	3
<i>O. joannae</i>	2	5	1	6	3	3	4	3	0	0	27	2
<i>A. depressus</i>	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	20	2
<i>A. haemorrhoidalis</i>	0	0	4	7	0	1	0	0	0	0	12	1
<i>Sph. scarabaeoides</i>	0	0	2	3	1	5	1	0	0	0	12	1
<i>A. granarius</i>	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	11	1
<i>A. ater</i>	1	0	5	3	0	0	0	0	0	0	9	1
<i>A. luridus</i>	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	7	1
<i>A. scrutator</i>	0	0	0	0	2	0	2	2	0	1	7	1
<i>A. pusillus</i>	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	6	1
<i>C. lateralis</i>	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	5	<1
<i>A. foetens</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	<1
<i>Sph. bipustulatum</i>	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	<1
<i>An. stercorosus</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	<1
<i>C. impressus</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	<1
<i>G. stercorarius</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	<1
<i>Ox. sylvestris</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	<1
<i>C. haemorrhoidalis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	<1
<i>O. similis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<1
<i>Sph. marginatum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	<1
Celkem	115	230	162	116	147	124	105	57	65	68	1189	100
Počet druhů	9	12	17	15	12	11	13	11	5	7	29	

Obr. 13. Sezónní výskyt nejhojnějších druhů. Počty brouků jsou uvedeny jako součet odchycených brouků na stanovištích A + B.







Statistické vyhodnocení

V tab. 4 jsou uvedeny průměrné počty brouků odchycených na stanovištích A a B v jednotlivých obdobích a průměrné hodnoty Shannonova indexu diverzity.

Tab. 4. Průměrné hodnoty počtu odchycených brouků N a Shannonova indexu diverzity H' pro pět period odchyty a dvě stanoviště A a B.

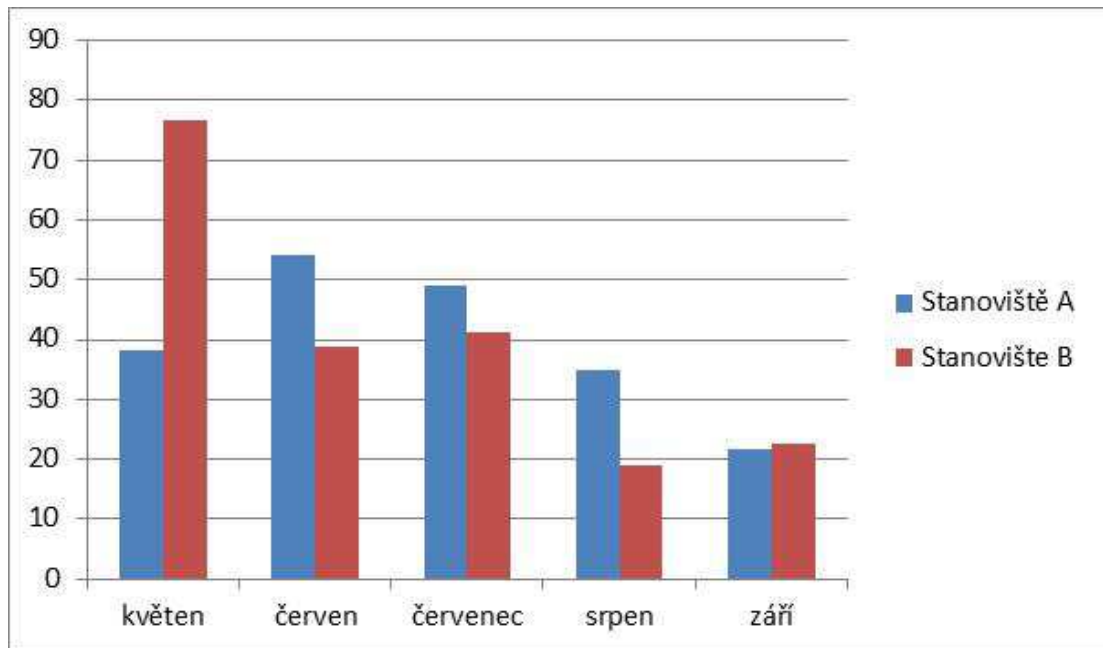
Parametr	Stanoviště	Období odchyty				
		květen	červen	červenec	srpen	září
N	A	38	54	49	35	22
	B	77	39	41	9	23
H'	A	1,22	1,54	1,57	1,52	1,03
	B	1,69	1,79	1,55	1,54	1,32

Abundance

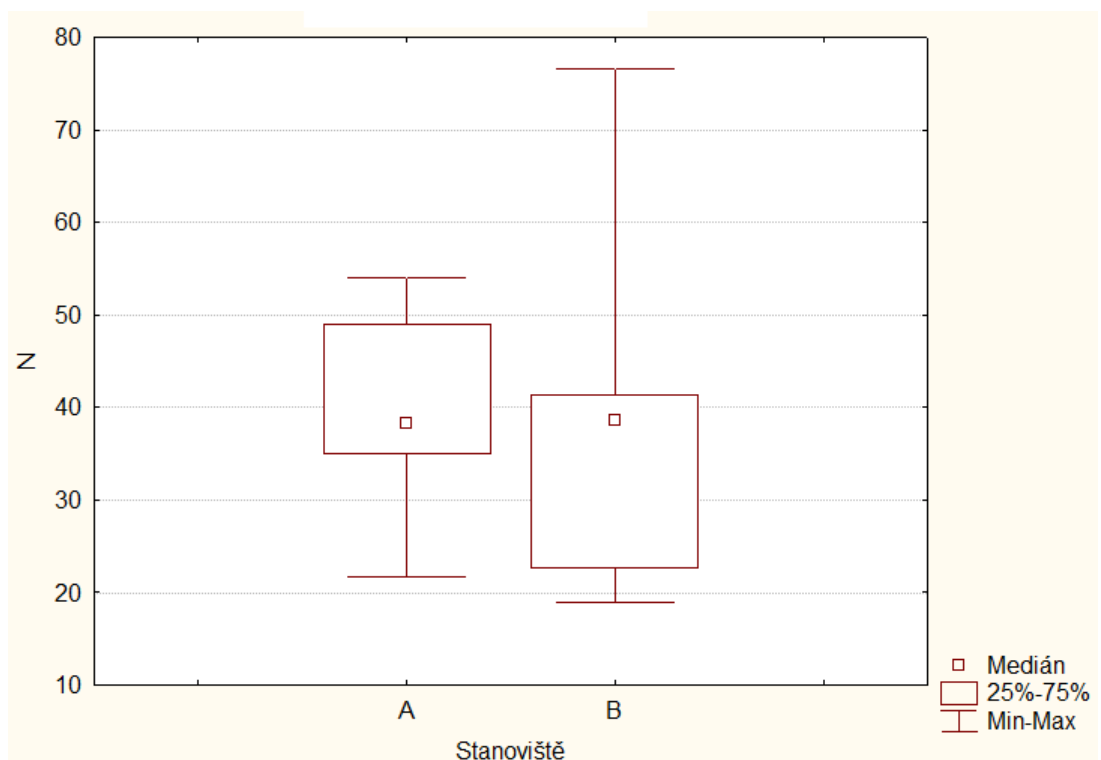
Ze statistických výsledků testu vyplývá, že stanoviště nemá významný vliv na množství odchycených brouků ($P = 0,917$, obr. 15). Větší rozptyl hodnot na stanovišti B byl způsoben zejména větším výskytem *A. prodromus* v květnu – 62 brouků v pastech B1-3.

Vliv období odchyty na počet odchycených brouků je větší, ale rozdíly nejsou statisticky významné ($P = 0,162$). V jednotlivých obdobích roku převažovali různé druhy koprofágních brouků, což je patrné z grafů na obr. 13, ale celkové počty se neměnily statisticky významným způsobem. Největší počty brouků byly odchyceny v květnu až červenci. V srpnu a září počty odchycených brouků postupně klesaly.

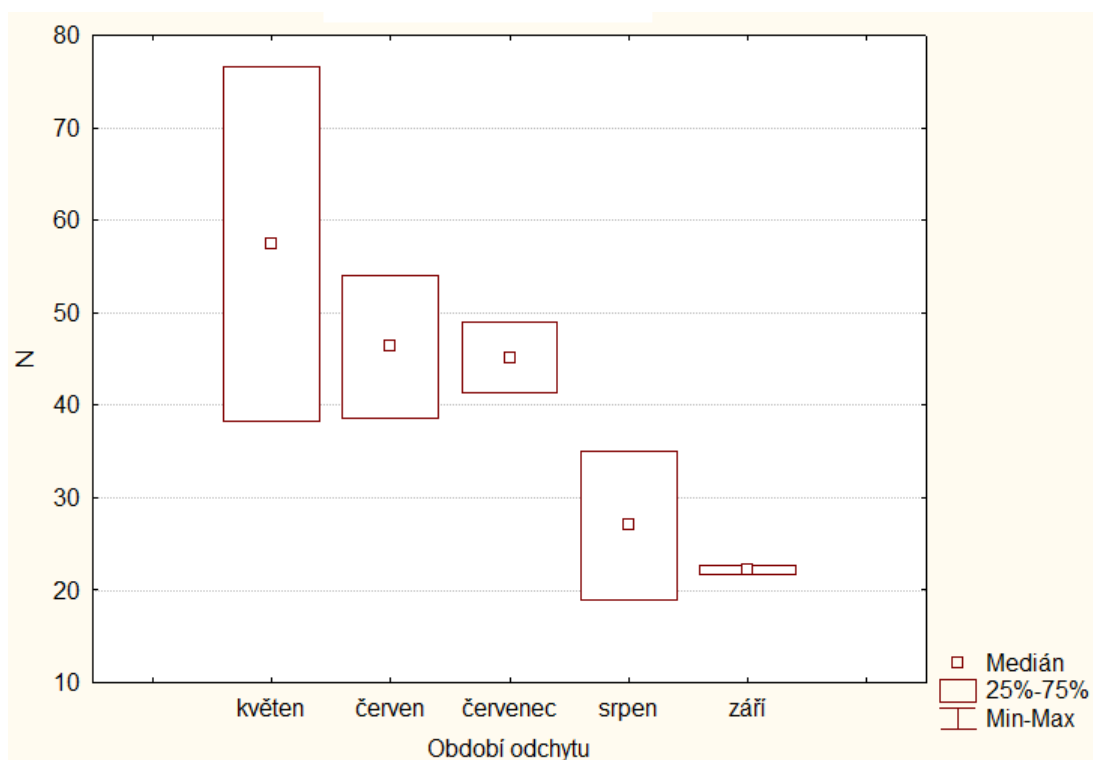
Obr. 14. Průměrné počty odchycených jedinců pro jednotlivá období odchytu a dvě stanoviště A a B. Hodnoty v grafu odpovídají údajům z tab. 4.



Obr. 15. Krabicový graf počtu brouků N na jednotlivých stanovištích. Mann-Whitneyův U test: $P = 0,917$.



Obr. 16. Krabicový graf počtu brouků N pro jednotlivá období.
Kruskal-Wallisův test: $P = 0,162$.



Shannonův index diverzity

Průměrné hodnoty Shannonova indexu diverzity H' jsou zobrazeny pro jednotlivá období odchyty a stanoviště A a B na obr. 17.

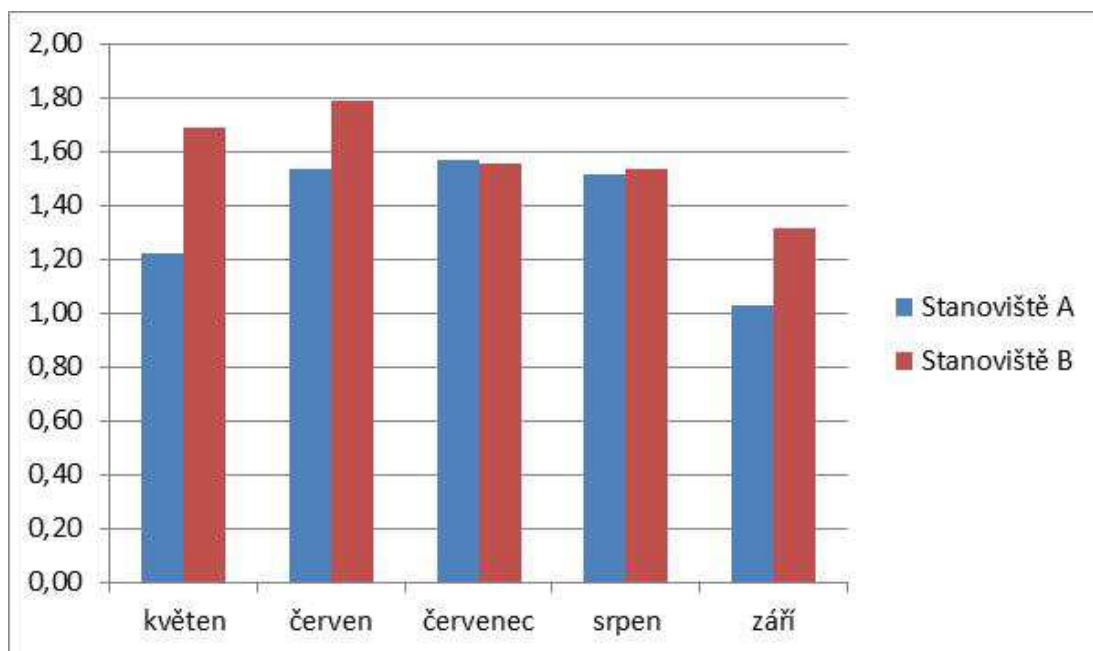
Z grafu obr. 18, ve kterém je použit Mann-Whitneyův U test, vyplývá, že diverzita se nelišila mezi stanovišti odchyty ($P=0,117$).

Shannonův index diverzity H' se nelišil statisticky významně mezi obdobími odchyty ($P=0,406$; obr. 19).

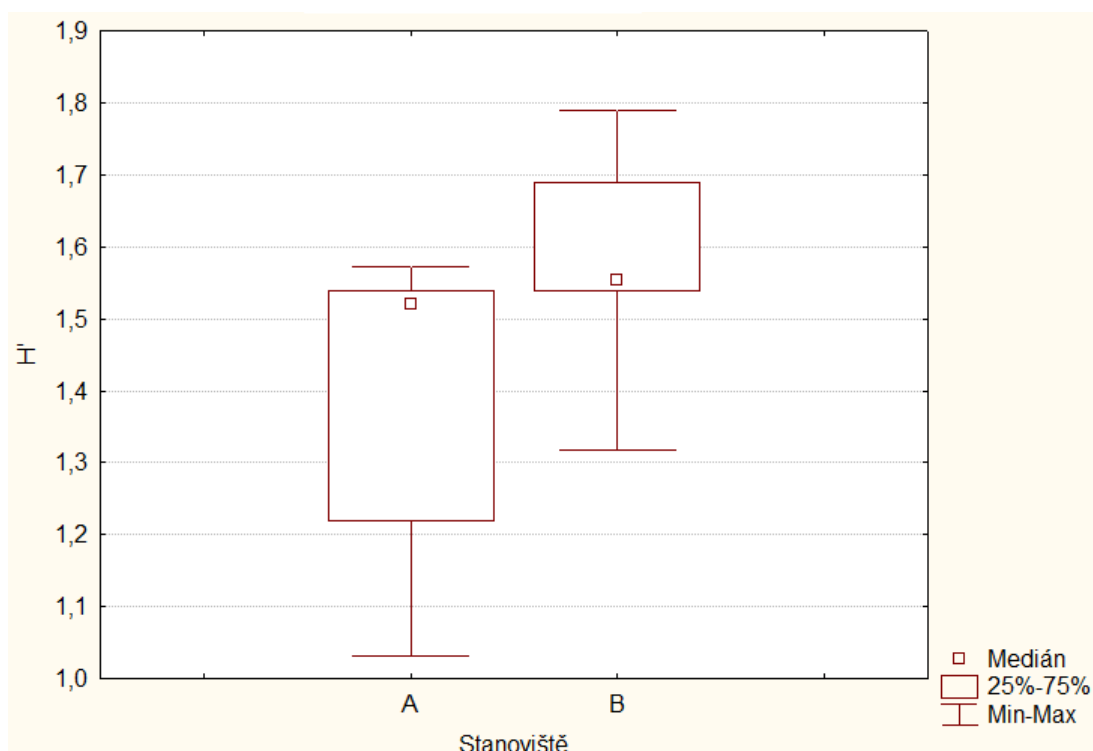
Na začátku období (květen) byla diverzita druhů malá pravděpodobně z důvodu nepříznivého počasí a z toho plynoucí malé aktivity brouků. Největší hodnoty Shannonova indexu diverzity byly zaznamenány v letním období (červen – srpen).

Naopak v září byla diverzita druhů nejmenší z celého období měření.

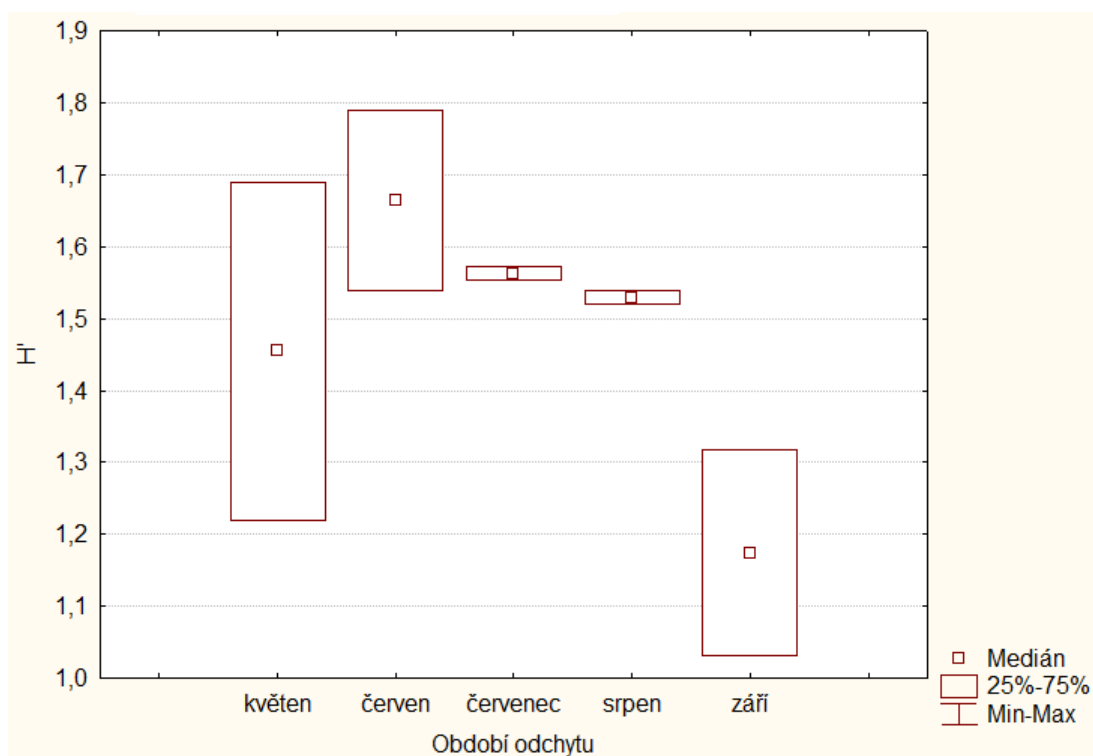
Obr. 17. Průměrné hodnoty Shannonova indexu diverzity H' (spočtené samostatně pro každé období odchyty a dvě stanoviště A a B). Hodnoty v grafu odpovídají údajům v tab.4.



Obr. 18. Krabicový graf Shannonova indexu diverzity H' na dvou stanovištích odchyty. Mann-Whitneyův U test: $P=0,117$.



Obr. 19. Krabicový graf Shannonova indexu diverzity H' pro jednotlivá období odchyty. Kruskal-Wallisův test: $P = 0,406$.



Celkové množství biomasy koprofágních brouků

Důležitou roli ve funkci koprofágních brouků na dekompozici trusu má nejen abundance jednotlivých druhů, ale také množství biomasy. Dá se předpokládat, že větší brouci budou mít i větší vliv na rozklad trusu, než menší. V tab. 5 jsou seřazeny druhy odchycených koprofágních brouků podle množství jejich biomasy. Největší podíl má *A. fossor* (33 %; 58,3 mg/ks) ze skupiny „dwellers“, čeleď Scarabaeidae, přestože početně se podílel na celkovém počtu odchycených brouků pouze 14 %. Relativně málo početně zastoupený druh *G. spiniger* (5 %) ze skupiny velkých tunelářů se významně podílí na celkové biomase, a to 24 % (129,9 mg/ks). Podíl biomasy nejhojněji zastoupeného druhu *A. fimetarius* činí 20 % (15,4 mg/ks). Nejméně zastoupeni byli brouci z čeledi Hydrophilidae, z nichž největší podíl měl druh *Sph. lunatum* (3 %).

Tab. 5. Celkové množství biomasy koprofágních brouků pro stanoviště A a B v pěti odchytných obdobích. Druhy jsou seřazeny podle jejich celkového množství biomasy v nasbíraném materiálu.

Druh	Biomasa [mg]											
	květen		červen		červenec		srpen		září		Celkem	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	mg	%
<i>A. fossor</i>	466	466	1166	2740	2274	2157	350	117	0	0	9736	33
<i>G. spiniger</i>	0	0	0	0	0	0	779	1169	2988	2078	7015	24
<i>A. fimetarius</i>	1140	1340	416	154	693	693	62	231	508	508	5744	20
<i>O. fracticornis</i>	121	532	73	387	0	0	73	0	0	24	1210	4
<i>A. rufipes</i>	0	0	31	0	92	184	215	123	61	307	1013	3
<i>Sph. lunatum</i>	0	25	13	50	353	139	239	25	0	50	895	3
<i>A. rufus</i>	0	0	8	0	16	8	390	125	47	23	616	2
<i>A. erraticus</i>	0	0	0	79	262	170	0	0	0	0	511	2
<i>A. sticticus</i>	40	69	257	26	3	0	3	0	0	0	399	1
<i>A. prodromus</i>	36	316	0	0	0	0	0	0	0	0	352	1
<i>A. depressus</i>	80	239	0	0	0	0	0	0	0	0	318	1
<i>A. scrutator</i>	0	0	0	0	82	0	82	82	0	41	286	1
<i>O. joannae</i>	20	50	10	60	30	30	40	30	0	0	270	1
<i>G. stercorarius</i>	0	0	0	0	0	0	130	130	0	0	260	1
<i>An. stercorosus</i>	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0	200	1
<i>Sph. scarabaeoides</i>	0	0	25	38	13	63	13	0	0	0	151	1
<i>A. haemorrhoidalis</i>	0	0	27	48	0	7	0	0	0	0	82	<1
<i>A. luridus</i>	0	48	19	0	0	0	0	0	0	0	67	<1
<i>A. ater</i>	5	0	24	14	0	0	0	0	0	0	42	<1
<i>A. granarius</i>	0	0	30	3	0	0	0	0	0	0	33	<1
<i>A. foetens</i>	0	0	0	0	0	0	0	22	11	0	33	<1
<i>Sph. bipustulatum</i>	0	0	0	5	9	0	0	0	0	0	14	<1
<i>O. similis</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	<1
<i>A. pusillus</i>	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	7	<1
<i>Sph. marginatum</i>	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	<1
<i>C. lateralis</i>	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	4	<1
<i>C. impressus</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	<1
<i>Ox. sylvestris</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	<1
<i>C. haemorrhoidalis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	<1

Funkční skupiny koprofágních brouků a sezónní rozdělení biomasy

V následujících tabulkách a grafech je zobrazeno sezónní rozdělení biomasy jednotlivých funkčních skupin brouků. Rozložení biomasy na stanovišti A je zobrazeno v grafu na obr. 20 a pro stanoviště B je rozložení biomasy na obr. 21.

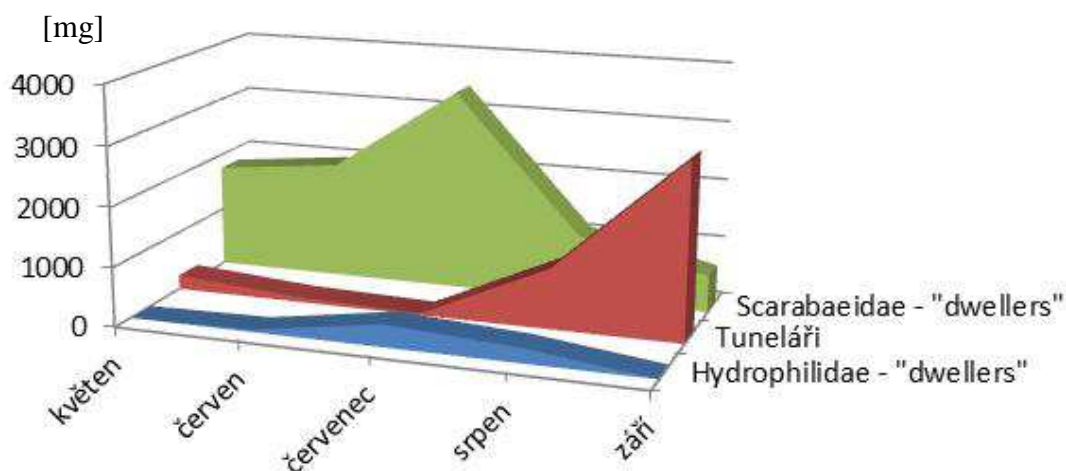
Obě stanoviště vykazují obdobný průběh sezónního rozložení biomasy, což lze očekávat i ze statistiky na obr. 15 na str. 36, kde je znázorněn vliv stanoviště na počet odchycených brouků. „Dwellers“ z čeledi Scarabaeidae se podílí významným způsobem na rozložení biomasy od května do srpna s vrcholem v červenci. V pozdním létě a na podzim převažují tuneláři. Brouci z čeledi Hydrophilidae se na celkové biomase podílí nejméně.

Tab. 6 obsahuje sezónní rozdělení biomasy na stanovišti A podle životní strategie koprofágních brouků. Zástupci skupiny Scarabaeidae „dwellers“ se vyskytují v průběhu celé sezóny, kdežto tuneláři z důvodů hnízdní aktivity mají vrchol výskytu v jejím závěru.

Tab. 6. Stanoviště A – množství biomasy podle do funkčních skupin (Scarabaeidae –“dwellers“, Hydrophilidae –“dwellers“, Tuneláři). Hodnoty z tabulky jsou graficky zobrazeny na obr. 20.

Skupina	Biomasa (mg / 4,5 l výkalů)				
	květen	červen	červenec	srpen	září
Scarabaeidae „dwellers“	1766	1983	3421	1101	627
Hydrophilidae „dwellers“	0	40	375	257	0
Tuneláři	241	83	30	1022	2988

Obr. 20. Stanoviště A – sezónní rozdělení biomasy v pěti odchyťových obdobích. Hodnoty podle funkčních skupin (Scarabaeidae – “dwellers“, Hydrophilidae – “dwellers“, Tuneláři).

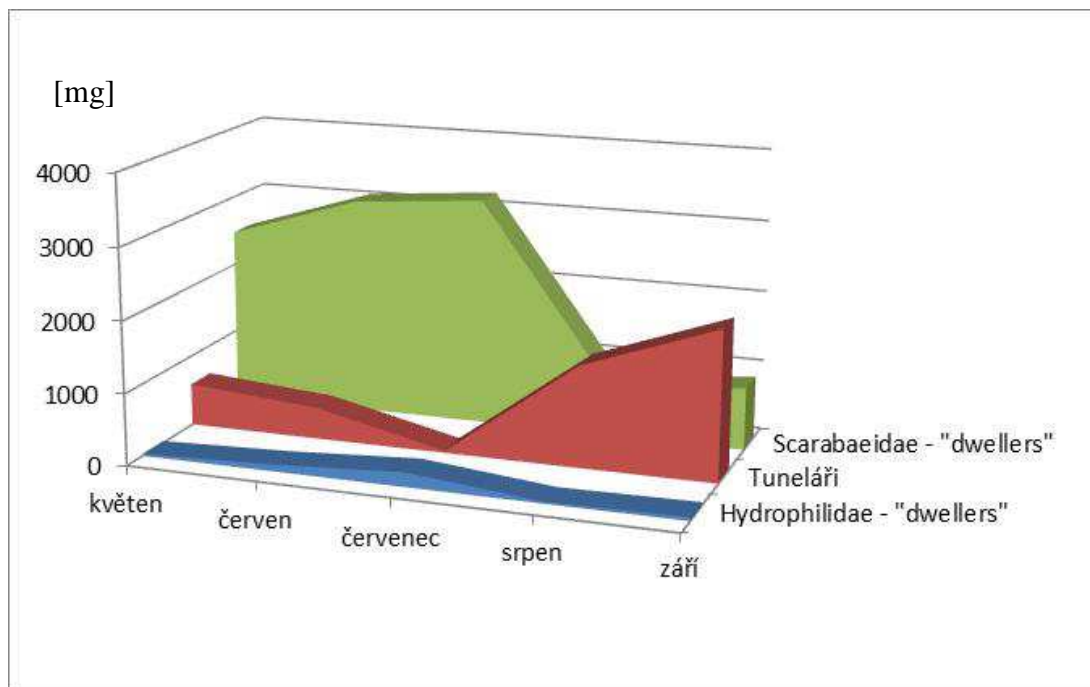


Tab. 6 obsahuje sezónní rozdělení biomasy na stanovišti B podle životní strategie koprofágních brouků. Zástupci skupiny Scarabaeidae „dwellers“ se vyskytují v průběhu celé sezóny, kdežto tuneláři z důvodů hnízdní aktivity mají vrchol výskytu v jejím závěru. Zástupci čeledi Hydrophilidae (skupina „dwellers“) je v průběhu celé sezóny zastoupena neméně.

Tab. 7. Stanoviště B – množství biomasy podle do funkčních skupin (Scarabaeidae – “dwellers“, Hydrophilidae – “dwellers“, Tuneláři). Hodnoty z tabulky jsou graficky zobrazeny na obr. 21.

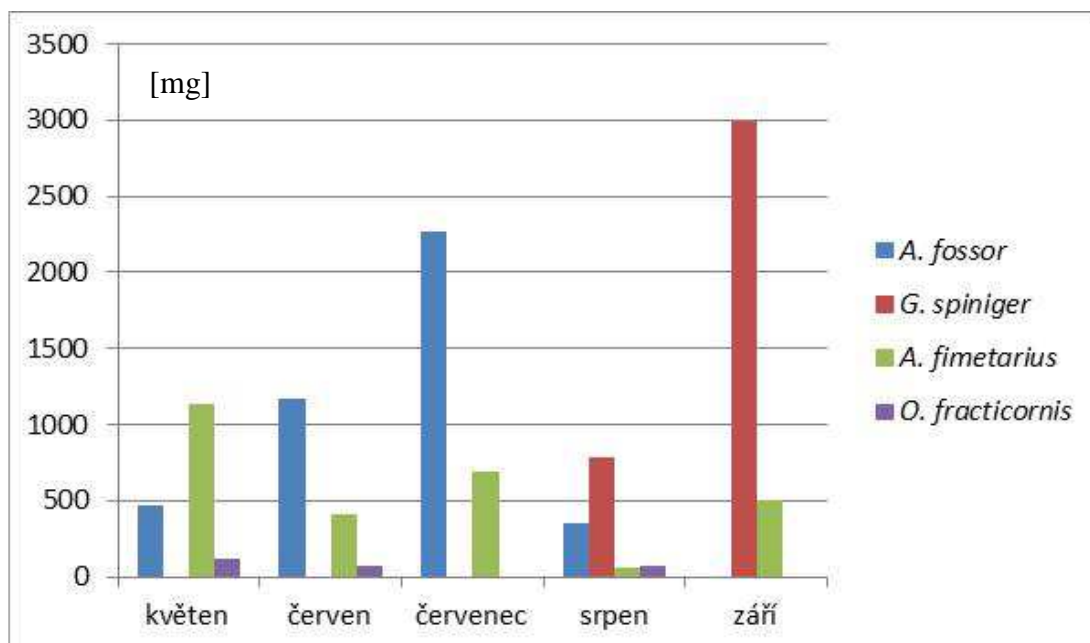
Skupina	Biomasa (mg / 4,5 l výkalů)				
	květen	červen	červenec	srpen	září
Scarabaeidae „dwellers“	2478	3067	3219	699	879
Hydrophilidae „dwellers“	27	94	203	25	50
Tuneláři	592	447	30	1429	2103

Obr. 21. Stanoviště B – sezónní rozdělení biomasy DW v pěti odchyťových obdobích. Hodnoty podle funkčních skupin (Scarabaeidae –“dwellers“, Hydrophilidae –“dwellers“, Tuneláři).

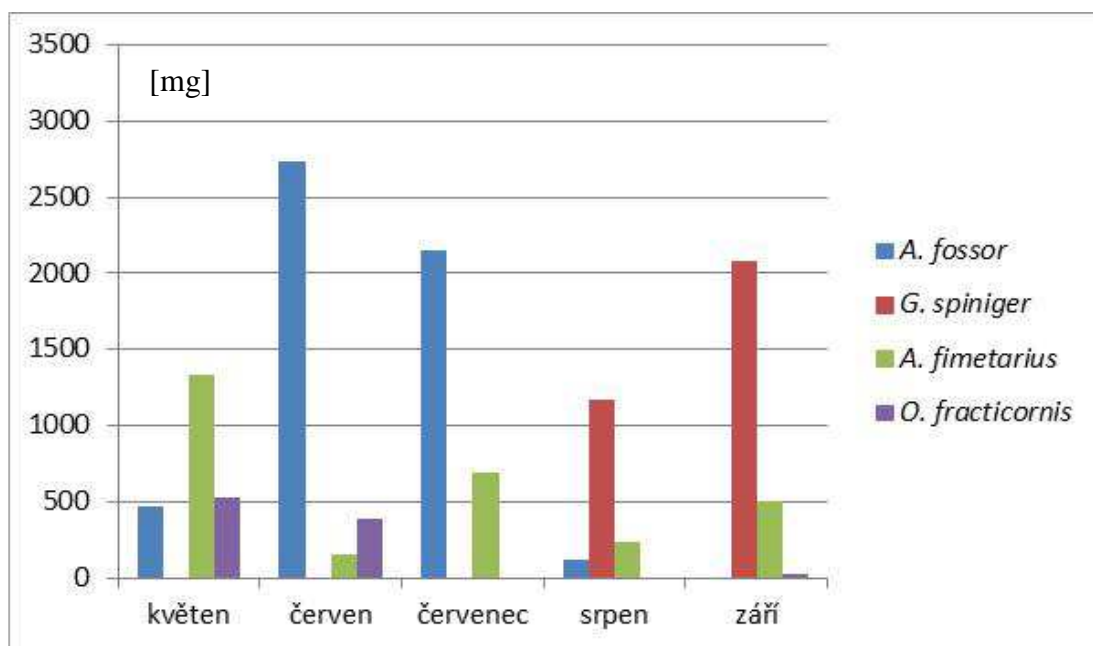


Více detailní rozdělení biomasy podle nejvíce zastoupených druhů je na obr. 22 a obr. 23. Z grafů na těchto obrázcích je patrný zejména významný podíl druhů *A. fossor* v letním období a *G. spiniger* v září.

Obr. 22. Biomasa nejvíce zastoupených druhů při měření výskytu brouků na stanovišti A pro jednotlivá odchyťová období.



Obr. 23. Biomasa nejvíce zastoupených druhů při měření výskytu brouků na stanovišti B pro jednotlivá odchyťová období.



5.2 Výsledky měření půdní aktivity koprofágních brouků

Odchyt koprofágních brouků pro měření jejich půdní aktivity probíhal ve stejných stanovištích, jako odchyt pro měření abundance (značení A a B).

Odchyt probíhal v období od června do září vždy po uskutečnění odchytů do pastí na měření výskytu brouků. Doba odchytu do pastí na měření půdní aktivity byla vždy 3 týdny. Na každém stanovišti byla umístěna jedna past.

Množství a druhy brouků zjištěných ve vzorku **půdního profilu** umístěného na pasti jsou uvedeny samostatně v tab. 8.

Tab. 8. Počty brouků odchycených na stanovištích A a B a odebraných z drnu.

Druh	N									
	červen		červenec		srpen		září		Celkem	
	A	B	A	B	A	B	A	B	N	%
<i>A. fimetarius</i>	8	16	–	8	–	–	–	–	32	
<i>A. fossor</i>	8	2	1	5	1	–	–	–	16	
<i>A. rufus</i>	1	1	2	–	2	–	–	–	4	
<i>A. erraticus</i>	–	2	–	–	–	–	–	–	2	
<i>A. rufipes</i>	–	–	2	–	2	–	–	–	2	
<i>C. castaneipennis</i>	2	–	–	–	–	–	–	–	2	
Celkem										

Tab. 9 obsahuje počty brouků odebraných **z nádoby** na stanovištích A a B, tzn. pouze těch, kteří pronikli drnem. Tenkou vrstvou drnu (cca 5 cm půdního profilu) se dařilo pronikat druhům *A. fimetarius*, *A. rufus*, *A. fossor* a *A. rufipes* ze skupiny „dwellers“ čeledi Scarabaeidae.

Z velkých tunelářů byl pastech zastoupen druh *G. spiniger* a z malých tunelářů *O. joannae*.

Tab. 9. Počty odchycených jedinců (N) během čtyř období na stanovištích A, B – nádoba. Druhy jsou seřazeny podle jejich celkové abundance v nasbíraném materiálu.

Druh	N									
	červen		červenec		srpen		září		Celkem	
	A	B	A	B	A	B	A	B	N	%
<i>A. fimetarius</i>	10	3	2	18	1	1	12	4	51	24
<i>A. rufus</i>	0	2	10	0	5	21	0	1	39	18
<i>A. fossor</i>	7	7	5	9	3	0	0	0	31	15
<i>A. rufipes</i>	1	2	6	1	14	1	1	1	27	13
<i>G. spiniger</i>	0	0	8	4	4	7	4	0	27	13
<i>O. joannae</i>	6	5	0	0	1	0	0	0	12	6
<i>Sph. lunatum</i>	4	4	0	0	0	0	0	0	8	4
<i>A. erraticus</i>	2	2	1	0	1	1	0	0	7	3
<i>A. foetens</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	4	2
<i>Sph. scarabaeoides</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1

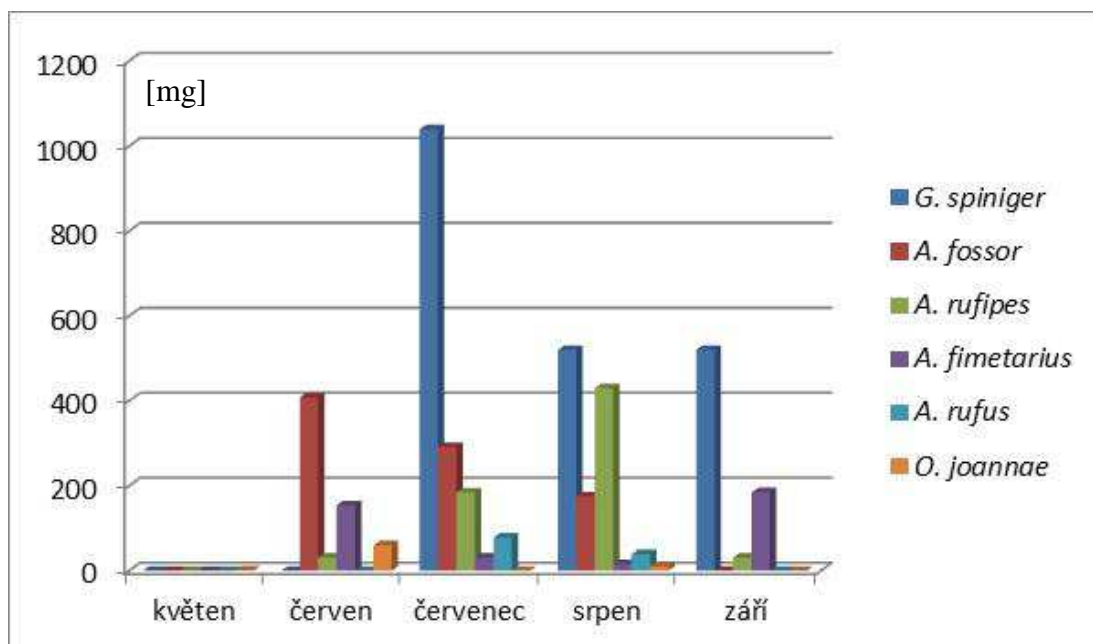
Druh	N									
	červen		červenec		srpen		září		Celkem	
	A	B	A	B	A	B	A	B	N	%
<i>A. granarius</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	<1
<i>A. haemorrhoidalis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	<1
<i>An. stercorosus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	<1
<i>O. fracticornis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	<1
Celkový počet	32	26	32	32	34	32	18	6	212	100

Z hlediska biomasy má největší význam v půdní aktivitě druh *G. spiniger*, který tvořil 45 % celkové biomasy odebrané z pastí pro měření půdní aktivity. Z grafů na obr. 24 a 25 je vidět mimořádný výskyt tohoto druhu v pastech na konci července a v srpnu (past uložena ve dnech 21.7. – 11.8.2013).

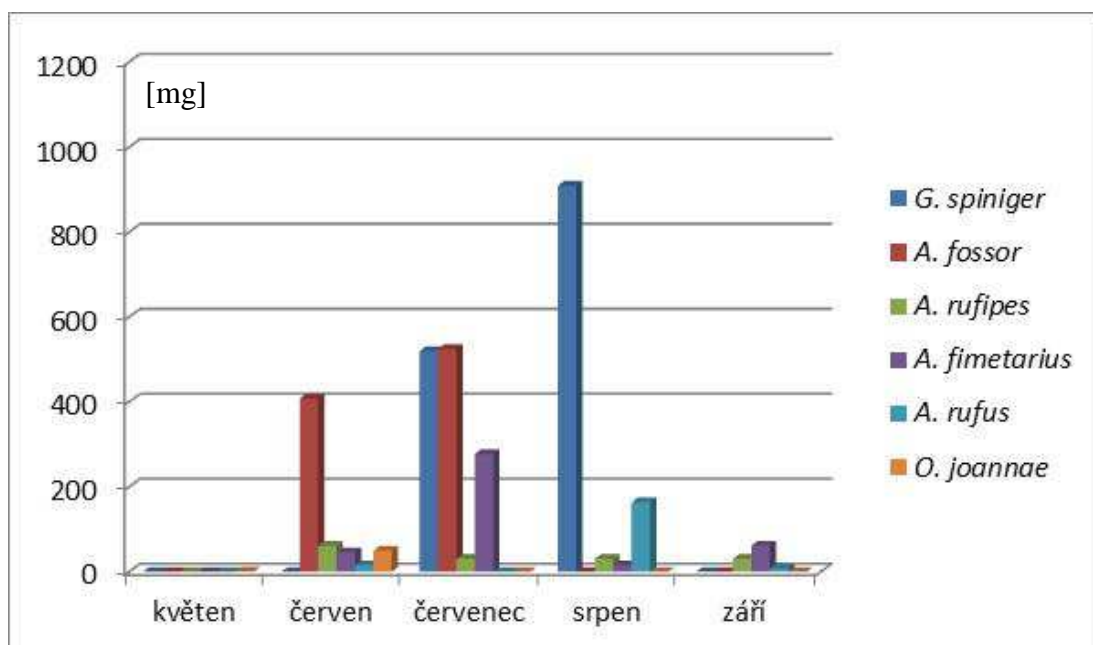
Tab. 10. Celkové množství biomasy koprofágních brouků pro stanoviště A, B – nádoba v jednotlivých odchytových obdobích. Druhy jsou seřazeny podle jejich celkového množství biomasy v nasbíraném materiálu.

Druh	Biomasa [mg]									
	červen		červenec		srpen		září		Celkem	
	A	B	A	B	A	B	A	B	mg	%
<i>G. spiniger</i>	0	0	1039	520	520	909	520	0	3507	45
<i>A. fossor</i>	408	408	292	525	175	0	0	0	1807	23
<i>A. rufipes</i>	31	61	184	31	430	31	31	31	829	11
<i>A. fimetarius</i>	154	46	31	277	15	15	185	62	785	10
<i>A. rufus</i>	0	16	78	0	39	164	0	8	304	4
<i>O. joannae</i>	60	50	0	0	10	0	0	0	120	2
<i>Sph. lunatum</i>	50	50	0	0	0	0	0	0	101	1
<i>An. stercorosus</i>	0	0	0	0	0	0	100	0	100	1
<i>A. erraticus</i>	26	26	13	0	13	13	0	0	92	1
<i>A. foetens</i>	0	0	0	0	44	0	0	0	44	1
<i>Sph. scarabaeoides</i>	13	0	0	0	0	13	0	0	25	<1
<i>O. fracticornis</i>	0	0	0	0	24	0	0	0	24	<1
<i>A. haemorrhoidalis</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	7	<1
<i>A. granarius</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	3	<1
Celkem	745	664	1637	1353	1270	1145	836	101	7749	100

Obr. 24. Biomasa nejvíce zastoupených druhů při měření půdní aktivity na stanovišti A pro jednotlivá odchyťová období (vybrané druhy tvoří 94 % celkové biomasy ze stanoviště A).



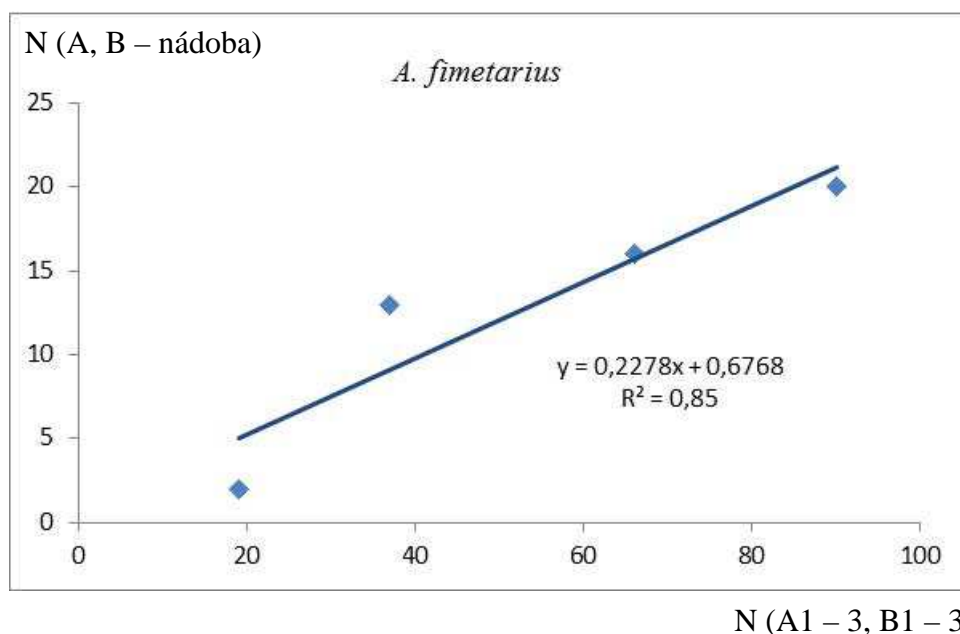
Obr. 25. Biomasa nejvíce zastoupených druhů při měření půdní aktivity na stanovišti B pro jednotlivá odchyťová období (vybrané druhy tvoří 97 % celkové biomasy ze stanoviště B).



Závislost půdní aktivity brouků na jejich výskytu

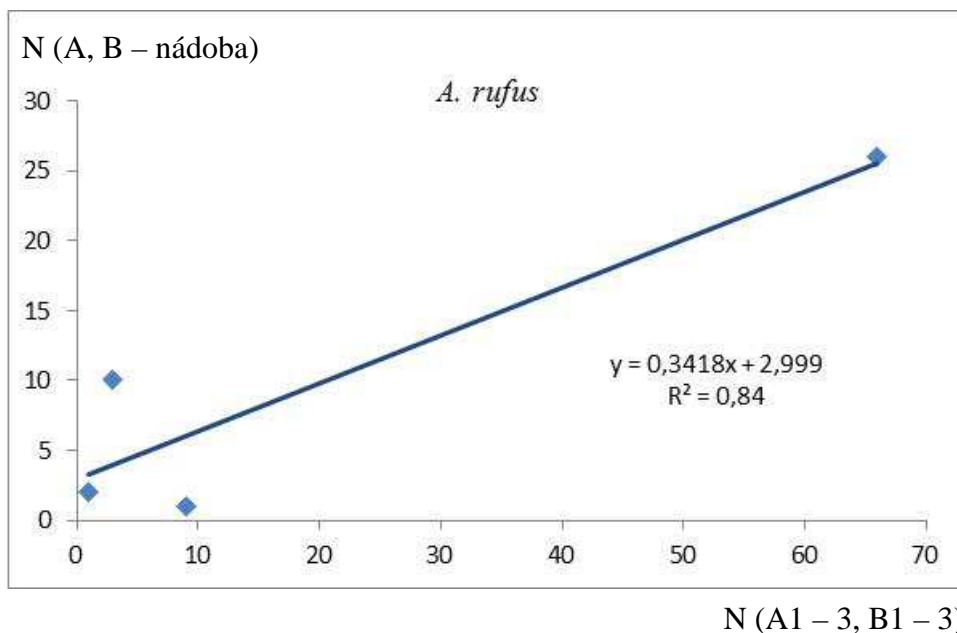
V následujících tabulkách a grafech je porovnávána závislost půdní aktivity koprofágních brouků, tj. abundance zjišťované během 3 týdenního měření, na abundanci měřené v předchozím období. V grafech je použita lineární regrese pro vyhodnocení půdní aktivity brouků. Výsledky jsou vyhodnoceny pro nejvíce početně zastoupené druhy dle tab. 9.

Obr. 26. Závislost počtu jedinců, kteří pronikli drnem do nádoby v jednotlivých obdobích na počtu odchycených brouků při měření diverzity.
Hodnoty pro druh *A. fimetarius*.
Počty celkové pro stanoviště A, B – nádoba.



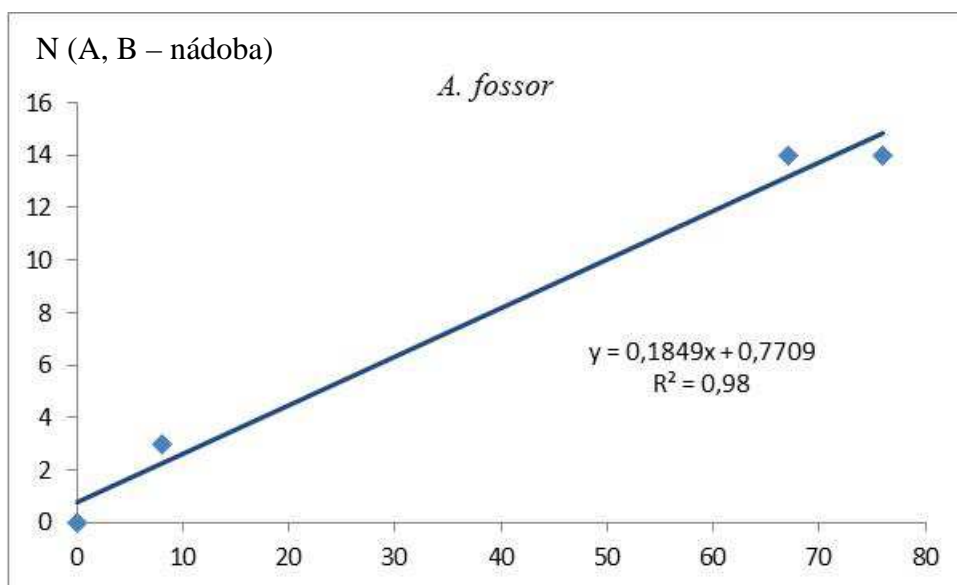
U druhu *A.fimetarius* z čeledi Scarabaeidae, který patří do skupiny „dwellers“ se projevuje spolehlivá lineární závislost ($R^2=0,85$) mezi výskytem jedinců v jednotlivých obdobích odchyty a počty brouků, kteří pronikají drnem do nádoby. Jedná se o druh koprofágního brouka s největší abundancí. Jeho podíl na celkové počtu odchycených brouků byl 31 %.

Obr. 27. Závislost počtu jedinců, kteří pronikli drnem do nádoby v jednotlivých obdobích na počtu odchycených brouků při měření diverzity.
 Hodnoty pro druh *A. rufus*.
 Počty celkové pro stanoviště A, B – nádoba.



Výskyt a půdní aktivita druhu *A. rufus* byla omezena na jedno období – srpen, což je rovněž patrné z grafu na obr. 13. V ostatních obdobích odchyty byly počty jedinců nevýznamné. Tento druh z čeledi Scarabaeidae rovněž patří do skupiny „dwellers“ a patří mezi poměrně početně zastoupené druhy. Na celkové abundanci se podílí 7 %, přestože jeho aktivita je omezena na krátké sezónní období. Závislost půdní aktivity na abundanci je lineární s korelačním koeficientem $R^2=0,84$.

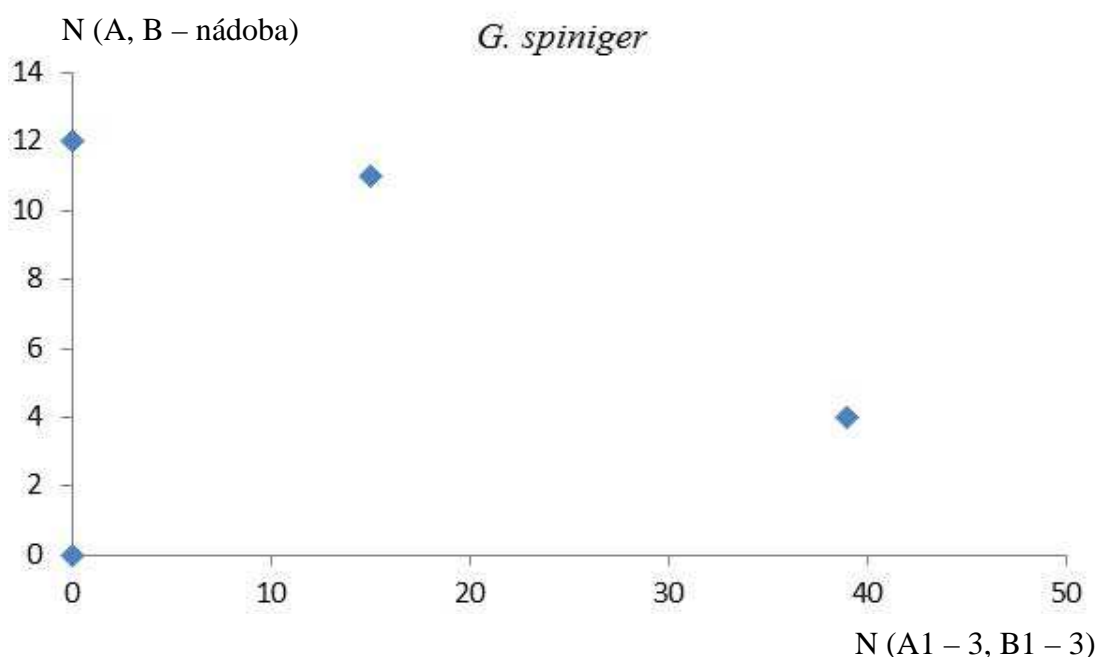
Obr. 28. Závislost počtu jedinců, kteří pronikli drnem do nádoby v jednotlivých obdobích na počtu odchytených brouků při měření diverzity.
 Hodnoty pro druh *A. fossor*.
 Počty celkové pro stanoviště A, B – nádoba.



N (A1 – 3, B1 – 3)

U druhu *A. fossor* byla zjištěna téměř ideální lineární závislost půdní aktivity na abundanci. Koeficient regresní přímky pro tento druh je $R^2=0,98$. Počty odchytených brouků byly největší v období od června do července. Na konci sledovaného období (září) byl již počet odchytených jedinců nulový. *A. fossor* z čeledi Scarabaeidae patří do skupiny „dwellers“ byl druhým nejvíce se vyskytujícím druhem s podílem na celkové abundanci 14 %.

Obr. 29. Závislost počtu jedinců, kteří pronikli drnem do nádoby v jednotlivých obdobích na počtu odchycených brouků při měření diverzity.
Hodnoty pro druh *G. spiniger*.
Počty celkové pro stanoviště A, B – nádoba.



Tab. 11. Počty jedinců *G. spiniger* v pastech při měření diverzity a následném měření půdní aktivity (hodnoty z grafu na obr. 29).

<i>G. spiniger</i>	červen	červenec	srpen	září	Celkem
Diverzita	0	0	15	39	54
Půdní aktivita	0	12	11	4	27

U druhu *G. spiniger* docházelo k velkým krátkodobým výkyvům v počtu odchycených brouků. Při měření abundance ve dnech 14. – 21.7 nebyly odchyceny žádné jedinci tohoto druhu, ale již následně při měření půdní aktivity 21. – 11.8 bylo odchyceno 12 brouků. V srpnu byl počet brouků v obou druzích pastí více vyrovnaný (15 : 11). Největší počet brouků druhu *G. spiniger* byl odchycen v období 8. – 15.9.2013, ale při následném měření půdní aktivity 15.9. – 6.10.2013 již došlo k rychlému poklesu počtu odchycených brouků (4 ks).

Poměr celkového počtu jedinců, kteří pronikli drnem vůči počtu odchycených při měření abundance, byl u *G. spiniger* nejvyšší ze všech sledovaných druhů. Kromě mimořádného odchytu v září 2013 (39 kusů), se počty brouků v pastech na měření půdní aktivity přibližovaly počtům v pastech pro měření jejich výskytu (11 až 12 –

půdní aktivita, 15 – abundance). Také množství biomasy při měření půdní aktivity tohoto druhu je největší (tab. 10).

Tab. 12. Počty jedinců *A. sticticus* v pastech při měření diverzity a následném měření půdní aktivity.

<i>A. sticticus</i>	červen	červenec	srpen	září	Celkem
Abundance	86	1	1	0	88
Půdní aktivita	0	0	0	0	0

Druh *A. sticticus* z čeledi Scarabaeidae, patřící do skupin „dwellers“, byl třetí nehojnější při měření abundance. V pastech pro měření půdní aktivity nebyl během celé sezóny zaznamenán.

6. Diskuze

Měření složení společenstva koprofágních brouků pomocí návnadových pastí probíhalo v pěti obdobích od května do září podle metodiky Šlachty a kol. (2008a) v lokalitě Blehov v jižních Čechách. Ve studii Šlachty a kol. (2009b), která se zabývala složení společenstva koprofágních brouků na pastvině masného skotu v západních Čechách, byla použita shodná metodika a výsledky lze vzájemně porovnávat.

V lokalitě Blehov bylo odchyceno celkem 1189 brouků, zástupců čeledí Scarabaeidae, Geotrupidae a Hydrophilidae. Nejvíce byla zastoupena čeleď Scarabaeidae (18 druhů) a to zejména rod *Aphodius*. Brouci rodu *Aphodius* tvořili celkem 79 % všech odchycených jedinců. To je větší podíl, než bylo zjištěno v Šlachta a kol. (2009b), kde byl podíl tohoto rodu 63 %.

Nejvíce početným druhem během celého období měření byl *A. fimetarius* z čeledi Scarabaeidae. Jeho početní zastoupení tvořilo 31 % všech odchycených brouků (tab. 3). Tento druh je ve studii Šlachta a kol. (2009b) zastoupen pouze 1,4 %. Zde naopak byl dominantním zástupcem rodu *Aphodius* druh *Aphodius sphacelatus* (39,2 %), který v lokalitě Blehov nebyl odchycen.

Výskyt *A. fimetarius* měl několik vrcholů v průběhu sezóny. Nejvyšší výskyt byl zaznamenán v květnu. Tento průběh sezónní aktivity odpovídá studii Wassmera (1994). Jedná se o „dwellers“ z čeledi Scarabaeidae. Samičky kladou

vajíčka přímo do trusu, kde se vyvíjejí larvy. Larvy se při dospívání zahrabávají do půdy. Přínos tohoto druhu pro odstraňování trusu na pastvině skotu je zejména ve využívání trusu jako potravy a také v perforaci trusu, čímž přispívá ke kolonizaci dalšími rozkladači trusu jako jsou kroužkovci, houby a bakterie. Dalšími nejpočetnějšími druhy z rodu *Aphodius* byly *A. fossor* (14 %), který byl hojně zastoupen v období květen až červen, a *A. sticticus* (10 %) s největším výskytem v květnu až červenci.

Významný rozdíl mezi měřením v lokalitě Blehov (2013) a v západních Čechách (Šlachta a kol., 2009b) je v podílu čeledi Hydrophilidae. Zástupci této čeledi patří do skupiny „dwellers“. V lokalitě Blehov bylo odchyceno 8 druhů této čeledi, ve studii Šlachty a kol. (2009b) v západních Čechách byla druhová rozmanitost čeledi Hydrophilidae vyšší (14 druhů). Zatímco v lokalitě Blehov byl podíl čeledi Hydrophilidae velmi malý a činil pouze 9 % z celkového množství odchycených brouků, tak v západních Čechách byl podíl této čeledi na celkovém množství odchycených brouků 25 %.

Z čeledi Hydrophilidae bylo zaznamenáno nejvíce brouků u druhu *Sph. lunatum* (6 %) s maximálním výskytem v červenci. Dominance tohoto druhu byla zjištěna rovněž ve studii Šlachty a kol. (2009b). Zde byl podíl tohoto druhu na celkovém počtu odchycených brouků vyšší (14 %). Dospělci *Sph. lunatum* se živí trusem. Jejich larvy se sice vyvíjejí ve výkalu, jsou ale dravé (Hanski a Cambefort, 1991). Jejich podíl na dekompozici trusu na pastvinách může být v pronikání do svrchní krusty výkalu, čímž urychlují jeho rozklad povětrnostními vlivy a umožňují lepší přístup dalším dekompozitorům.

Z hlediska funkčního významu koprofágních brouků na ekosystém pastvin jsou významnou skupinou tuneláři. Z hlediska biomasy byl významným druhem zástupce velkých tunelářů *G. spiniger* (Marsham, 1802) z čeledi Geotrupidae, u kterého byl zjištěn největší výskyt v srpnu a září, což odpovídá výsledkům studie Šlachty a kol. (2009b) a také jiných studií (Lumaret a Kirk, 1987; Wassmer, 1994). Ačkoliv početní zastoupení tohoto druhu činilo pouze 5 % (tab. 3), tak jeho biomasa činila 24 % na z celkové biomasy odchycených brouků (tab. 5). Tyto výsledky odpovídají hodnotám zjištěným ve Šlachta a kol. (2009b). Zde byl početní podíl tunelářů na celkovém počtu odchycených brouků 4 %, ale podíl biomasy v některých sběrech dosahoval až 27 %.

Další představitel skupiny velkých tunelářů *G. stercorarius* byl v lokalitě Blehov odchycen ojedinele (celkem 2 ks v srpnu). Tito koprofágní brouci vzhledem ke své velikosti a hloubení štol během hnízdění nejvíce přispívají k odstraňování trusu na pastvině. *G. spiniger* hloubí štoly hluboké až 30cm a *G. stercorarius* do hloubky až 60 cm (Tesař, 1957). Teichert (1955) ve své studii předpokládá, že během svého života samice druhu *G. stercorarius* dopraví do půdy během hnízdění 0,2 až 0,5 kg trusu, a samice *G. spiniger* dokonce 2,3 – 2,8 kg (Teichert, 1957).

Pro měření půdní aktivity koprofágních brouků byla použita metodika a past podle Šlachty a kol. (2008b). Jedná se o první zveřejnění výsledků měření půdní aktivity koprofágních brouků touto metodou *in situ*. Počty brouků při tomto měření byly menší, než při měření diverzity, nicméně u druhů s početnějším výskytem bylo možné vysledovat lineární závislost mezi oběma typy měření. Jednalo se o druhy *A. fimetarius*, *A. rufus* a *A. fossor*. Přestože se jedná o „dwellers“, tak se těmito hojným druhům podařilo pronikat do 5 cm tenké vrstvy drnu. Naopak, další hojný druh, *A. sticticus*, nepronikal do půdy vůbec.

Dominantní zástupce tunelářů, *G. spiniger*, se vyskytoval v obou typech pastí v období od konce července do začátku září ve srovnatelných počtech (11 až 15 ks), pouze při měření diverzity ve dnech 8.9. – 15.9.2013 došlo k mimořádnému výskytu tohoto druhu (39 ks). Při následném měření půdní aktivity ve dnech 15.9. – 6.10.13 již došlo k velkému poklesu odchycených jedinců (4 ks). Jelikož početní zastoupení tohoto druhu nebylo velké, na rozdíl od biomasy, nebylo možné určit jednoznačně lineární závislost v počtu brouků při obou typech měření. V pastech na měření půdní aktivity bylo zaznamenáno několik jedinců *Onthophagus joannae* v drnu. Tento druh patří k malým tunelářům čeledi Scarabaeidae.

7. Závěr

Během měření složení společenstva bylo v dané lokalitě Blehov v jižních Čechách odchyceno 1189 koprofágních brouků 29 druhů. Jednalo se o zástupce 3 čeledí Scarabaeidae, Geotrupidae a Hydrophilidae.

Nejhojněji zastoupena byla čeleď Scarabaeidae, a to především rod *Aphodius*. Zástupci tohoto rodu představovali 79 % z celkového množství odchycených brouků. Nejpočetnějším druhem byl *A. fimetarius* s početním podílem 31 %.

Nejméně byla zastoupena čeleď Hydrophilidae. Brouci této čeledi tvořili 9 % z celkového množství odchycených jedinců. Nejpočetnějším druhem byl *Sph. lunatum* (podíl na celkovém počtu jedinců 6 %).

Z pohledu biomasy a vlivu na ekosystém pastviny mají velký význam tuneláři. Nejpočetnějším druhem byl *Geotrupes spiniger*, který se početně podílel na celkovém počtu pouze 5 %, ale množstvím biomasy 24 %.

Dalším z velkých tunelářů je *G. stercorarius*, který ovšem byl ovšem zjištěn velmi ojediněle (2 ks během celé sezony). Z malých tunelářů byly v pastech odchyceny druhy *Onthophagus fracticornis*, *O. joannae* a *O. similis*, kteří celkem představovali 6 % z celkového počtu brouků, a z pohledu biomasy byl jejich podíl 5 %.

Půdní aktivita koprofágních brouků byla u nejhojnějších druhů (*A. fimetarius*, *A. rufus* a *A. fossor*) lineárně závislá na jejich „activity-density“ v období před sledováním půdní aktivity. U velkých tunelářů s největším významem pro dekompozici trusu (*G. spiniger* a *G. stercorarius*) se závislost půdní aktivity na „activity-density“ nepodařila ověřit.

8. Použitá literatura

- Bang H. S., Leeb J.-H., Kwon O. S., Na Y. E., Jang Y. S., Kim W. H. (2005) Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. *Applied Soil Ecology* 29, 165–171
- Barbero E., Palestrini C., Rolando A. (1999) Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Journal of Insect Conservation* 3, 75–84
- Boukal D. S., Boukal M., Fikáček M., Hájek J., Klečka J., Skalický S., Šťastný J., Trávníček 94 D (2007) Katalog vodních brouků České republiky. Catalogue of water beetles of the Czech Republic. (Coleoptera: Sphaeriusidae, Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae, Paelobiidae, Dytiscidae, Hydrochidae, Helophoridae, Spercheidae, Hydrophilidae, Georissidae, Hydraenidae, Scirtidae, Psephenidae, Elmidae, Dryopidae, Limnichidae, Heteroceridae). *Klapalekiana*, Suppl., 43: in press.
- Brown J., Scholtz C. H., Janeau J.-L., Grellier S., Podwojewski P. (2010) Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) can improve soil hydrological properties. *Applied Soil Ecology* 46, 9–16
- Bryan R. P. (1973) The effects of dung beetles activity on the numbers of parasitic gastrointestinal helminthic larvae recovered from pasture samples. *Australian Journal of Agricultural Research* 24, 161–168
- Carpaneto G. M., Mazziotta A., Valerio L. (2007) Inferring species decline from collection records: roller dung beetles in Italy (Coleoptera, Scarabaeidae). *Diversity and Distributions* 13: 903–919.
- Doube B. M. (1990) A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. *Ecol. Entomol.*, 15, 371–383.
- Doube B. M. (1991) Dung beetles of Southern Africa. In: *Dung beetle ecology*, pp. 133–155. Princeton university press, Princeton, New Jersey
- Errouissi F., Alvinerie, M., Galtier, P., Kerboeuf, D., Lumaret, J.P. (2001) The negative effects of the residues of ivermectin in cattle dung using a sustained-release bolus on *Aphodius constans* (Duft.) (Coleoptera: Aphodiidae). *Veterinary Research*, 32, 421–427.
- Federico C., Philips T. K. (2005) Food relocation and nesting behavior of the Argentinian dung beetle genus *Eucranium* and comparison with the southwest African *Scarabaeus* (*Pachysoma*) (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.*, 53–59
- Fincher G. T. (1973) Dung beetles as biological control agents for gastrointestinal parasites of livestock. *Journal of Parasitology* 59, 396–399
- Finn J. A., Giller P. S. (2000) Patch size and colonisation patterns: an experimental analysis using north temperate coprophagous dung beetles. *Ecography* 23: 315–327

- Finn J. A., Giller P. S. (2002) Experimental investigations of colonisation by north temperate dung beetles of different types of domestic herbivore dung. *Applied Soil Ecology* 20, 1–13
- Galbiati C., Bensi C., Conccicao C. H. C., Florcovski J. L., Calafiori M.H., Tobias A. C. T., (1995) Estudo comparativo entre besouros do esterco *Dichotomius analypticus* (Mann, 1829). *Ecosistema* 20, 109–118.
- Gittings, T., Giller, P.S., Stakelum, G. (1994) Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity. *Pedobiologia*, 38, 455–474.
- Gittings T., Giller P. S. (1997) Life history traits and resource utilisation in an assemblage of north temperate *Aphodius* dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Ecography* 20: 55–66
- Gittings T., Giller P. S. (1998) Resource quality and the colonisation and succession of coprophagous dung beetles. *Ecography* 21: 581–592
- Halffter G., Matthews E. G. (1966) The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. *Folia entomologica mexicana*
- Hanski I., Cambefort Y (1991) *Dung Beetle Ecology*. – Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 520 pp.
- Hanski I., Koskela H. (1977) Niche relations among dung-inhabiting beetles. *Oecologia*, 28, 203–231
- Hanski I. (1986) Individual behaviour, population dynamics and community structure of *Aphodius* (Scarabaeidae) in Europe. *Acta Oecologica-Oecologia Generalis* 7: 171–187.
- Holter P., Sommer C., Gronvold J., Madsen M. (1993) Effects of ivermectin treatment on the attraction of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae and Hydrophilidae) to cow pats. *Bulletin of Entomological Research* 83: 53–58
- Howe H. F. (1989) Scatter-dispersal and clump-dispersal and seedling demography – hypothesis and implications. *Oecologia* 79, 417–426
- Hutton S. A., Giller P. S. (2003) The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology* 40, 994–1007
- Chambers J. C., Mac Mahon J. A. (1994) A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 25, 263–293
- Juřena D., Bezděk A., Týr V. (2000) Interesting faunistic records of Scarabaeoidea (Coleoptera) from Bohemia, Moravia and Slovakia. *Klapalekiana* 36: 233–257 (in Czech, English summary).
- Juřena D. a Týr V. (2008) Seznam listorohých brouků (Coleoptera: Scarabaeoidea) České republiky a Slovenska (Checklist of Scarabaeoidea (Coleoptera) of the Czech Republic and Slovakia). – *Klapalekiana*, 44 (Suppl.): 3–15
- Koskela H., Hanski I. (1977) Structure and succession in a beetle community inhabiting cow dung. *Annales Zoologici Fennici* 14, 204–223

- Kühne R. (1995) Data to the biology of selected *Geotrupes* species: *G. spiniger* Marsham, *G. vernalis* Linné und *G. stercorosus* Scriba (Coleoptera, Scarabaeidae, Geotrupini). *Deutsch Entomol Z* 42: 343–367 (in German)
- Lumaret J. P., Kirk A. A. (1987) Ecology of dung beetles in the French Mediterranean region (Coleoptera: Scarabaeidae). *Acta Zool. Mex.* 24, 1–55
- Nichols E., Spector S., Louzada J., Larsen T., Amezcuita S., Favila M. E. (2008) Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological conservation* 141, 1461–1474
- Monaghan M. T., Inward D. J., Hunt T., Vogler A.P. (2007) A molecular phylogenetic analysis of the Scarabaeinae (dung beetles). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 45: 674–692.
- Peres C. A., Schiesari L. C., Dias-Leme C. L. (1997) Vertebrate predation of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology* 13, 69–79
- Roslin T. (2000) Dung beetle movements at two spatial scales. *Oikos* 91: 323–335
- Smith, Andrew B. T., Hawks, David C. and Heraty, John M. (2006) An Overview of the Classification and Evolution of the Major Scarab Beetle Clades (Coleoptera: Scarabaeoidea) Based on Preliminary Molecular Analyses, *Papers in Entomology*. Paper 121
- Spector S. (2006) Scarabaeine Dung Beetles (coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An Invertebrate Focal Taxon for biodiversity Research and conservation. *The Coleopterists Bulletin*, 60(sp5): 71–83
- StatSoft, Inc. (2013). *STATISTICA* (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C., (2006) *Livestock's long shadow: environmental issues and options*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 414
- Šlachta M., Frelich J., Váchal J. (2008a) Měření diverzity koprofágních brouků. Uplatněná certifikovaná metodika. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, ISBN 978-80-7394-117-8
- Šlachta M., Frelich J., Váchal J. (2008b) Měření půdní aktivity koprofágních brouků. Uplatněná certifikovaná metodika. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, pp. 18. ISBN 978-80-7394-119-2
- Šlachta M., Frelich J., Svoboda L. (2008c) Seasonal biomass distribution of dung beetles (Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae) in mountain pastures of south-west Bohemia. *Journal of Agrobiology* 25, 163–176
- Šlachta M., Frelich J., Tonka T. (2009a) Application of dung-baited pitfall trapping in monitoring study on diversity of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae) in cattle pastures. *Journal of Agrobiology* 26 (2), 83–99
- Šlachta M., Frelich J., Tonka T. (2009b) Composition of community of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae) in beef cattle pasture in Western Bohemia – an application of dung-baited pitfall trapping in monitoring study on coprophagous fauna. *Erica* 16: 97–112

- Šlachta M., Frelich J., Tonka T. (2010) Function of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae) in cattle pastures inferred from pitfall trapping data. *Journal of Agrobiology* 27 (2): 85–91
- Teichert M. (1955) Biology and reproductive behaviour of *Geotrupes mutator* Marsh. Und *Geotrupes stercorarius* L. (Col. Scarab.). *Wiss Z Univ Halle Math-Nat* 5: 187–218 (in German).
- Teichert M. (1957): Reproductive behaviour of domestic Geotrupini. *Ber 8 Wandervers Deutsch Entomol 1957 München* 11: 163–169 (in German).
- Tesař Z. (1957) Fauna ČSR. Brouci listoroží. Scarabidae. Nakladatelství ČAV, Praha
- Vessby K., Wiktelius S. (2003) The influence of slope aspect and soil type on immigration and emergence of some northern temperate dung beetles. *Pedobiologia* 47, 39–51
- Wardhaugh K. G., Longstaff B.C., Morton R. (2001) A comparison of the development and survival of the dung beetle, *Onthophagus taurus* (Schreb.) when fed on the faeces of cattle treated with pour-on formulations of eprinomectin or moxidectin. *Veterinary Parasitology*, 99, 155–168
- Wassmer T. (1994) Seasonality of coprophagous beetles in the Kaiserstuhl area near Freiburg (SW-Germany) including the winter months. *Acta Ecologica* 15 (5), 607–631
- Wassmer T. (1995) Selection of the spatial habitat of Coprophagous beetles in the Kaiserstuhl area near Freiburg (SW-Germany). *Acta Ecologica* 16 (4), 461–478
- Yamada D., Imura O., Kun Shi and Takeshi Shibuya (2007) Effect of tunneller dung beetles on cattle dung decomposition, soil nutrients and herbage growth. *Japanese Society of Grassland Science* ISSN1744-6961