

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



Prodace semen plevelů v zemědělské krajině

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Michal Knapp, Ph.D.

Konzultant: Ing. Miroslav Seidl

Bakalantka: Jana Zemanová

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jana Zemanová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Predace semen plevelů v zemědělské krajině

Název anglicky

Weed seed predation in agroecosystems

Cíle práce

Cílem práce bude sepsat literární rešerši o míře predace semen plevelů v zemědělské krajině. Součástí práce bude i vlastní terénní experiment měřící míru predace v polích s řepkou a v kazech přirozeně vzniklých uvnitř nich.

Metodika

Literární rešerše bude vypracována na základě vědeckých článků dohledaných na Web of Knowledge. Obecná část bude popisovat predaci semen plevelů v zemědělské krajině, se zvláštním zaměřením se na predaci ze strany střívků. Specificky by se měla rešerše detailněji věnovat i vlivu krajinné struktury na míru predovanosti semen. Terénní experiment bude realizován pomocí kartiček s nalepenými semeny pampelišek a ptačince. Celkem v deseti polích bude míra predovanosti semen měřena uvnitř polního kazu, na jeho okraji a pak v jeho sousedství v homogenním porostu plodiny (řepky).

Doporučený rozsah práce
cca 30 stran textu + přílohy dle potřeby

Klíčová slova

predace semen, střeblíci, orná půda, ekosystémové služby, plevele

Doporučené zdroje informací

Bohan DA et al. (2011): National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *J. Appl. Ecol.* 48: 888-898.

Honěk A et al. (2003): Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *Eur. J. Entomol.* 100: 531-544.

Kulkarni SS et al. (2015): The Role of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Weed Seed Consumption: A Review. *Weed Sci.* 63: 355-376.

Menalled FD et al. (2007): Impact of agricultural management on carabid communities and weed seed predation. *Agricul. Ecosys. Environ.* 118: 49-54.

Petit S. et al. (2017): Interactions between conservation agricultural practice and landscape composition promote weed seed predation by invertebrates. *Agricul. Ecosys. Environ.* 240: 45-53.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Michal Knapp, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Miroslav Seidl

Elektronicky schváleno dne 27. 11. 2018

doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 11. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Predace semen plevelů v zemědělské krajině“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Michala Knappa, Ph.D. a za spolupráce s Ing. Miroslavem Seidlem. V přehledu literatury a použitých zdrojů jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

Ve Vysokově dne 30. 3. 2018

Jana Zemanová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu Ing. Michalu Knappovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Miroslavovi Seidlovi za spolupráci při terénních výjezdech, při zpracování vzorků a především za cenné rady, obrovskou ochotu a trpělivost, kterou se mnou měli během psaní této práce.

Velký dík patří samozřejmě i mé rodině a přátelům, kteří mě na této cestě podporovali.

Ve Vysokově dne 30. 3. 2018

Jana Zemanová

Abstrakt

Predace je způsob obživy, kdy predátor opakovaně požírá svou kořist, až nakonec dochází k jejímu úmrtí. Méně známým případem než predace živočichů je situace, kdy dochází ke konzumaci celé rostliny v podobě semena či plodu. Takovou predaci semen rozdělujeme na predisperzní, kdy jsou semena predována už na mateřské rostlině a na postdisperzní, kdy k napadání dochází až po vypadnutí semen na zem. Nejvýznamnějšími predátory těchto semen u nás jsou střevlíkovití brouci (Coleoptera, Carabidae). Ti zajišťují regulační funkci plevelů v agroekosystémech. Jejich rozmístění a početnost závisí na mnoha faktorech. Tímto se zabývá i tato bakalářská práce, která zkoumá míru predace v polích s řepkou olejkou (*Brassica napus* subsp. *napus*).

Zkoumána byla predace jak uvnitř polí, tak v přirozeně vzniklých polních kazech a na jejich přechodu. Experiment proběhl v jarním a letním období, kdy došlo k opakovanému umístění pěti dvojic kartiček se semínky na lokalitu, přičemž v každém z deseti zkoumaných polí byly zkoumány tři lokality (polní kaz, jeho okraj a vnitřek pole se standardním porostem řepky). Míra predace byla zjišťována z počtu predovaných semínek pampelišky (*Taraxacum* sp.) a žabince ptačince (*Stellaria media*) přilepených na kartičkách.

Nejvyšší míra predace *Taraxacum* sp. byla v porostu *Brassica napus* subs. *napus*. Naopak *Stellaria media* byla nejvíce predována uvnitř polních kazů. Bylo zjištěno, že po porovnání predace v jarním a letním období mezi sebou, došlo k vyšší míře predace v letním období. A to jak u *Taraxacum* sp., tak u *Stellaria media*. Což znamená, že P2 v porovnání s P1, vykazuje zvyšující se trend u obou druhů predovaných semen.

Vyšší míra predace u *Taraxacum* sp. uvnitř porostu polí potvrzuje studie, které dokazují vyšší aktivitu brouků uvnitř polí porostlých vegetací, a s tím spojenou vyšší mírou predace. Zatímco u *Stellaria media* tomu bylo naopak a míra predace byla uvnitř pole nejnižší. Letní období vykázalo vyšší míru predace, než která byla v jarním období. To potvrzuje i studie mluvící o vyšší dostupnosti semen v období léta.

Klíčová slova

Carabidae, pole, ekosystémové služby, plevele

Abstract

Predation is the event when, predator eats its prey and kill it. Lesser known case, compared to predation on animals, is predation on plants in stage of seeds or fruits. The seed predation can be divided into 'predisperse' stage, when seeds are predated already on mother plants and 'postdisperse' stage, when seeds are attacked after falling out on the ground. The most important postdisperse predators of seeds are ground beetles (Coleoptera, Carabidae). They provide regulative function of weed control in agroecosystems and their density and activity depend on many environmental factors. This topic is investigated in my bachelor thesis focused on measurement of predation rate within arable fields planted with *Brassica napus* subsp. *napus* (oilseed rape).

Predation was studied in three sites within a given field: the field interior (standardly grown oilseed rape); the field defect and the boundary between standard crop and field defect. Experiment was performed in two sampling periods (spring and summer). In each period five pairs of seed cards were placed within each sampling site within each of ten investigated fields. Predation rate was computed based on amount (proportion) of predated seeds separately for *Taraxacum* sp. and *Stellaria media*.

The highest predation rate for *Taraxacum* sp. was in standardly grown oilseed rape crop (i.e. in field interiors). On the contrary, for *Stellaria media* it was highest within field defects. The higher predation rate for both weed species was higher in summer period compared to the spring.

Increased predation rate for *Taraxacum* sp. within oilseed rape crop approves many studies, which show higher activity densities and higher predation rates within field interiors, whereas for *Stellaria media*, the highest predation rate was observed inside field defects. Our results unequivocally confirmed that predation rate was higher during summer. This conclusion supports even study, which approves higher weed seed availability during summer.

Key words

Carabidae, fields, ecosystem services, weeds

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíle práce.....	9
3	Literární rešerše	9
3.1	Predace semínek plevelů	13
3.2	Semínka versus střevlíci	15
3.3	Agroekosystémy	18
4	Metodika	20
4.1	Charakteristika studijní oblasti a výběr zájmových ploch	20
4.2	Design experimentu	20
4.3	Sběr dat	21
4.4	Zpracovávání vzorků.....	24
4.5	Analýza dat.....	26
5	Výsledky	27
6	Diskuze	29
7	Závěr	31
8	Literatura a použité zdroje	32
9	Přílohy	37

1 Úvod

Lidé jsou už odedávna závislí na ekosystémových službách. Důležitou součástí těchto služeb jsou služby poskytované v rámci zemědělské produkce. A to nejen z důvodu poskytování potravin a energie, ale i proto, že slouží ke zvyšování životní úrovně lidí (Vačkář, 2010). V polích jsou nejen cíleně pěstované druhy rostlin, ale i nežádoucí plevely, které jim konkurují a zároveň odčerpávají živiny (Jonason et al., 2016). Tyto druhy jsou ve velkém likvidovány za pomoci pesticidů. To je sice účinné řešení, ale má nežádoucí vedlejší účinky na životní prostředí (Diekötter et al., 2016). Otázkou je, zda by mohlo být využito čeledi Carabidae jako účinné ekosystémové služby pro regulaci plevelů (Bohan et al., 2011).

Hlavním předmětem této práce je porovnání míry predace semen polních plevelů v polních kazech uvnitř polí s *Brassica napus* subsp. *napus* (L.). Polními kazy jsem nazvala holá místa bez vegetace, která náhodně vznikla v polích, ať už z nedostatku živin, splachem čerstvě vysetých semen přívalovým deštěm nebo nedostatkem půdní vláhy. O této problematice zatím ještě moc studií není, proto by tato práce mohla přinést další poznatky při řešení otázek souvisejících nejen s mírou predace semen v polních kazech a jejich okolí, ale i doporučení pro managementová opatření vedoucí k podpoře ekosystémových služeb uvnitř intenzivně obhospodařovaných polí.

2 Cíle práce

Cílem této práce bylo formou literární rešerše shrnout poznatky o míře predace semen plevelů v zemědělské krajině. Součástí byl i vlastní terénní experiment měřící míru predace, pomocí předem připravených kartiček se semínky *Taraxacum* sp. (Weber et F. H. Wigg.) a *Stellaria media* (L.). Cílem experimentu bylo porovnat míru predace semínek uvnitř polních kazů, na jejich okraji a uvnitř standardního porostu *Brassica napus* subsp. *napus*. Dále jsem porovnávala změnu míry predace semen v čase, mezi *Taraxacum* sp. a *Stellaria media*.

3 Literární rešerše

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou predace semínek plevelů v zemědělské krajině, především brouky z čeledi Carabidae. V praktickém experimentu konkrétně zkoumám míru predace semen plevelů v monokulturách

řepky, které mohou obsahovat přirozeně vzniklé holé plošky bez vegetace (dále nazývané „polní kazy“). Proto je literární rešerše zaměřena na přehled poznatků o predaci semen plevelů a doplněna souvislostmi z praktické části práce. První kapitola je zaměřena na definici významu ekosystémových služeb a souvislostí se zemědělskou krajinou. Druhá kapitola vytváří přehled, kdo všechno konzumuje semínka a řeší otázku predace během životního cyklu semínek. Třetí kapitola volně navazuje na druhou, řeší se zde potravní specializace střevlíků a jejich role při snižování početnosti semen plevelů. Na závěr jsou shrnuty poznatky o vlivu krajinné struktury na společenstva prospěšných členovců a ekosystémové služby, které tyto členovci poskytují.

Ekosystémové služby neboli užítky poskytované přírodou společnosti, jsou základem mezioborového pojetí environmentální udržitelnosti. Lidé jsou proto plně závislí na zdravě fungujícím životním prostředí, které vede ke zvýšení životní úrovně lidí. Lidé se už v minulosti několikrát dopustili vyčerpání ekosystémů až na samou hranici únosnosti, což vedlo ke snížení jejich schopnosti poskytovat lidem především kulturní a estetické služby (Vačkář, 2010). Zvyšující se poptávka po produktech ze zemědělské půdy ale upřednostňuje především kvantitu produktů, než přistoupení k šetrnějším možnostem řízení ekologického zemědělství (Matson et al., 1997). Vyvážený a udržitelný management je potřeba zajistit kombinací ekosystémových služeb s maximalizací výnosů (Tschumi et al., 2018).

Klíčovými prioritami Mezivládního panelu pro biologickou rozmanitost a služby, jsou hodnocení účinků antropogenního narušení biologické rozmanitosti a ekosystémových služeb (Birkhofer et al., 2018). Na mezinárodní úrovni se hodnotí tři nejčastější způsoby klasifikace ekosystémových služeb (Frélichová et al., 2016). První je metodika pocházející z Mileniového hodnocení ekosystému (MA). Ta uvedla jednotící metodický postup pro hodnocení stavu ekosystémů a souvisejících služeb. Bylo vyhlášeno generálním tajemníkem OSN v roce 2000, a stalo se nejrozsáhlejším hodnocením ekosystémů dnešní doby (Vačkář et al., 2014). Na to navazuje druhá metodika, Ekonomika ekosystémů a biodiverzity (TEEB). Liší se od první metody použitím biotopových služeb (habitat services). Za třetí se považuje vícestupňová klasifikace CICES. Ta zajišťuje velmi obecnou typologii služeb na základní úrovni, kterou rozebírá do podrobnějších úrovní. Ekosystémové služby se dělí do třech základních kategorií. Jsou to služby regulační (např. regulace škůdců, plevelů, hluku, teploty, mikroklimatu, kvality ovzduší, odtoku povrchových vod, zmírňování přírodních katastrof a jejich dopadů), zásobovací (např. potraviny, pitná a užitková voda a materiály) a kulturní (např. rekreace

a vzdělání). Někdy je uváděna i čtvrtá podpůrná služba. Ta je ale podmíněna dostupností předchozích tří služeb a proto je její vazba na lidský blahobytn nepřímá a do hodnocení se nezahrnuje (Frélichová et al., 2016).

Za tradiční předpoklady výrobní činnosti se považovaly hlavně lidská práce a půda. Dále to byly formy lidského či ekonomického kapitálu. Každý výrobek či služba je funkcí environmentálních vstupů (např. vody, kyslíku, oxidu uhličitého nebo živin), lidské práce a kapitálu. V tradičním účetním systému se opomíjely předpoklady udržitelného stavu obnovitelného přírodního kapitálu, neboli právě ekosystémových služeb. V oblasti indikátorů udržitelnosti je nazývána také jako život podporující funkce. U lidské práce je to v tomto případě např. sběr semen nebo vytažení sítí. U výrobního kapitálu využití sklizňových strojů či lodí. A do environmentálních vstupů spadají srážky, živiny, oxid uhličitý nebo kyslík rozpuštěný ve vodě. Dostatek a rozmanitost populací, či dostatečná velikost biotopů. Konkrétní ekosystémové procesy ovlivňují jako služby ekosystémů, ekonomický výstup produkce, přestože se v tradičním účetnictví dosti opomíjely. Ekosystémové služby neodrážejí hranice vymezené lidmi. Například správní hranice nebo hranice soukromých pozemků. Kombinací ekonomie ekosystémových služeb s produkčními vztahy v ekosystémech, se objevila snaha vymezit základní jednotky, které by tyto služby poskytovaly – tzv. služby poskytujících jednotek (SPU). Ty mohou zahrnovat různá ekologická uskupení a interakce. Tím je myšlen konkrétní klíčový druh, funkční či potravní skupina, celé společenstvo organizmů nebo specifický biotop (Vačkář, 2010).

Koncepce ekosystémových služeb by měla převážně osvětlit význam přírody, pro soukromý a veřejný sektor napříč různými politickými úrovněmi. Dále by měly přispět ke zlepšení ekonomiky začleněním přírodního kapitálu a ekosystémových služeb do politiky a rozhodovacích procesů (Maes et al., 2012). To, že budoucí dopady na životní prostředí musí být stanoveny na základě sociálně-ekonomických trendů a environmentálních podmínek, s cílem informovat o udržitelnosti environmentálního řízení, zdůrazňuje i Lorencová et al. (2013). Co ale není jasné, je to, zda by si na sebe služby přírody, jakožto veřejné statky, mohly opravdu vydělat. Díky této otázce se zavedly schémata podporující zajištění ekosystémových služeb, tzv. plateb za ekosystémové služby. Ty jsou zaměřené nejen na ekonomický zisk, ale i na dlouhodobou ekologickou udržitelnost a zajištění konkrétních ekosystémových služeb. Například mezi fungující ekosystémovou službu v tržním rámci patří zemědělská produkce. To vedlo k další otázce, zda by mohly být i jiné ekosystémové služby předmětem tržní směny. Zatímco některé ekosystémové

služby jsou pro kvalitu lidského života nezbytné, některé ji pouze jen vylepšují. Z důvodu vysokých plateb do ekosystémových služeb, investují jen mezinárodní instituce, instituce veřejné správy nebo služby soukromého sektoru. (Váček, 2010). V roce 2011 zemědělství přispívalo jen asi 2 % HDP. Mezitím využívání zemědělské půdy dosahovalo více než 50 % z celkové plochy ČR (Lorencová et al., 2013). Průměrná hodnota ekosystémových služeb v ČR činí 1,5 současného národního HDP (Frélichová et al., 2014). Některé služby jsou nezbytné pro kvalitu života, jiné ji jen zlepšují, a to ať už esteticky nebo zvýšeným cestovním ruchem. Ekosystémy jsou nezávislé na lidských preferencích a hodnotách, avšak tyto preference mohou spoluurčovat jakou míru stresu je ekosystém schopen vydržet. Například globální kolaps rybářství je signalizován sníženým počtem úlovků a populačních početností na vyšších potravních stupních. Díky vysokým dotacím na rybářství se loví ryby bez ohledu na udržitelný výtěžek. Koncepce ekosystémových služeb bere ohled nejen na zisk ze služby přírody, ale i na dlouhodobější aspekty regulace a rezistence ekosystémů. Vyjádření ekosystémových služeb v penězích není doposud zcela vyčíslitelné. Všechny ekosystémové služby se dají ale vyjádřit pomocí biofyzikálních indikátorů, které by měly být základem každého hodnocení. Přesto se k těmto indikátorům v současnosti doplňují i platby související s ekosystémovými službami, které napomáhají k jejich ochraně a obchodování (Vaček, 2010).

Největší hrozbou pocházející z antropogenních aktivit je nejen změna klimatu, ale i změna ve využívání půdy (Lorencová et al., 2013). Kvůli vznikajícím změnám ve využívání půdy se globální odhad ekosystémových služeb, od roku 1997 do roku 2011, vyšplhal na 4,3-20,2 bilionů USD za rok. Tyto odhady jsou významné pro zdůraznění objemu ekosystémových služeb, přesto nemají žádnou specifickou souvislost při rozhodování (Costanza et al., 2014). Mezi změnu využívání půd patří třeba regulace vodních toků, výroba potravin nebo eroze orné půdy (Lorencová et al., 2013). Vzhledem k této změně se ale diskutuje, nakolik budou budoucí narušené ekosystémy schopny tolerovat nastávající zátěž, kdy dojde ke značnému narušení kapacity ekosystémů a následnému neuspokojení životních potřeb člověka. Změny služeb poskytujících jednotek, mohou mít dopady na zásobovací i kulturní ekosystémové služby, jako je cestovní ruch. Ekosystémové služby jsou předně o poskytování informací veřejnosti a udržitelných řešeních, kdy by si měl člověk a příroda jít ruku v ruce (Costanza et al., 2014).

Čím vyšší biologická rozmanitost, tím více ekosystémových služeb budou zemědělské krajiny poskytovat (Birkhofer et al., 2018). Rozmanitost druhů v ekosystémech je klíčovým parametrem, který ovlivňuje fungování ekosystémů.

Mezi nejvýznamnější poskytovatele ekosystémových služeb v temperátních agroekosystémech patří bezobratlí, například brouci z čeledi Carabidae. Tito brouci jsou plně závislí na fungování a změnách ekosystému (Pizzolotto et al., 2018). K tomu aby byli Carabidae používáni jako poskytovatelé ekosystémových služeb, je ale nutno dokázat, že jsou brouci schopni dlouhodobě regulovat množství semen plevelů (Bohan et al., 2011).

3.1 Predace semínek plevelů

Predace se podle funkční klasifikace dělí na pravé predátory, parazity, parazitoidy a spásače. Praví predátoři zabijí svou kořist téměř ihned poté, kdy na ní zaútočí (Begon et al., 1997). V tomto případě je to způsob obživy, kdy predátor opakovaně a dlouhodobě napadá a zabíjí kořist (Honěk et al., 2003). Je důležité nezaměňovat pravé predátory se spásáči. Spásáči totiž během života také konzumují kořist opakovaně a ve velkém množství, ale většinou odstraňují z každého jedince jen jeho část. Přestože vždy napáchá škody, zřídka způsobí bezprostřední smrt a určitě nebude letální ani v budoucnu. Kdyby v budoucnu z důvodu napadení ke smrti došlo, jednalo by se znovu o pravé predátory (Begon et al., 1997).

Mezi predátory řadíme například slunéčko sedmitečné, které se živí mšicemi nebo krajníka pižmového, který napadá housenky motýlů. Pravý predátor ve velkém spotřebovává celé rostliny nebo jejich části, jako jsou semena a plody. U semen a plodů jsou totiž zajištěny oba předpoklady predace, kdy sežráním semene je usmrcena rostlina a ke konzumaci semen dochází predátorem opakovaně (Honěk et al., 2003). Predátory semen jsou obratlovci, suchozemští stejnonožci nebo zástupci bezobratlých (Saska, 2014). V našich podmínkách jsou nejvýznamnějšími pravými predátory přirozeně se vyskytujícími semen plevelů z povrchu půdy Carabidae (Honěk et al., 2003). Zároveň mezi hlavními důvody úmrtnosti čeledi Carabidae, patří predace přirozenými nepřáteli (ptáci, obojživelníci, hlodavci, některé druhy brouků) a změny abiotických faktorů (teplota, relativní vlhkost, rychlost větru) (Kulkarni et al., 2015).

Predace semen způsobená Carabidae, má potenciál omezit nebo potlačit růst populace plevelů v zemědělských oblastech, a tím snížit i jejich lokální početnost (Baraibar et al., 2011). Obecně k nejvyšší míře predace dochází v období července a srpna, kdy brouci nejvíce predují semena (Law et al., 2018). Predace se dělí do dvou kategorií podle toho, v jakém stadiu vývoje semínka jsou. První se nazývá

predisperzní predace. K té dochází v období zrání semen na mateřské rostlině. Mezi predisperzní predátory patří především třída hmyzu se zástupci housenek motýlů, larev brouků nebo much. Doba potřebná k jejich vývinu se většinou shoduje s dobou potřebnou k dozrání semen. Množství zkonsumovaných semen se značně liší. To je dáno početností predátorů i adaptací rostliny na dané podmínky s různým množstvím nabídky semen (Saska, 2014). Vliv predace na populační dynamiku plevelů se bude lišit nejen mezi jednotlivými roky, ale i mezi jednotlivými poli (Panwitt et al., 2017). Počet sežraných semen se odvíjí i od množství semen vyprodukovaných rostlinou. Pokud je v nabídce velké množství semen, je většinou konzumován jen jejich určitý podíl. Při dostupnosti malého množství semen, se může stát, že bude zkonsumována celá jejich část (Saska, 2014).

Do druhé kategorie řadíme postdisperzní predaci, kdy semena na mateřské rostlině po dozrání vypadnou na povrch půdy. Tyto semena požírají především členovci, plži nebo obratlovci (Saska, 2014). Dochází tak k biologické regulaci semen plevelů, odstraněním nově produkovaných semen dříve, než mohou vstoupit do semenné banky (Panwitt et al., 2017). Zvláštní případ je právě konzumace semen z půdní banky. Minimální zpracování půdy, by nemělo mít vliv na početnost bezobratlých druhů, ale zároveň by mohlo zahrabat semena predátorům, kteří by je už efektivně nemohli využít (Law et Gallagher, 2018). Například některé druhy střevlíků požírají semena, která přejdou zpracováním půdy ze semenné zásoby zpět na půdní povrch (Saska P., 2014). Spotřeba semen je ovlivněna hned několika faktory. Závisí především na druhu plevele, početnosti daného druhu predátora a fyziologickém stavu semene (Kulkarni et al., 2016). Větší část predátorů ale konzumuje semena přímo z povrchu půdy (Saska, 2014).

Zavedení predace jako ekosystémové služby, by pravděpodobně mělo za následek vysoké náklady na provozování těchto služeb. Doposud není zcela jasné, zda by tyto služby mohly být opravdu účinným řešením pro zemědělskou produkci. Dosavadní výsledky vzbuzují obavy, že náklady spojené s ekosystémovou službou využívající predaci, by mohly být stejné nebo dokonce vyšší, než dosavadní náklady na zemědělské služby. Navíc se využití těchto služeb nemusí nutně promítnout do čistých výnosů zemědělské produkce. Aby bylo možné prediční služby zahrnout do zemědělských postupů, bude třeba mnohem více důkazů o míře predace v polních podmínkách (Tschumi et al., 2018). Jedním z cílů by bylo ohodnotit rozsah, kterého lze v regulaci polních plevelů dosáhnout. K tomu je zapotřebí dlouhodobého monitoringu celkového systému řízení na prospěšné komunity brouků a následnou regulaci plevelů. Dalším cílem by bylo popsat

interakce vzniklé v ekosystémech založených na biologické rozmanitosti. Jednou z klíčových otázek je, zda by antagonismus, který by zvýšil počet škodlivých i prospěšných organismů, měl celkově pozitivní výsledky po jeho zavedení (Petit et al., 2018). Další důkazy o vlivu míry predace na zemědělskou půdu, tedy mohou mít dopad nejen na zemědělská rozhodnutí, ale mohou napomoci i budoucí tvorbě agroenvironmentálních programů. Programy budou muset zemědělcům kompenzovat i náklady na škody vzniklé v důsledku provozování těchto neozkoušených postupů na produkci plodin (Tschumi et al., 2018).

3.2 Semínka versus střevlíci

Čeď Carabidae je početnou skupinou členovců žijících uvnitř polí a zajišťují zde biologickou regulaci semen plevelů (Kulkarni et al., 2015). Tato čeď u nás zahrnuje více než 600, převážně masožravých polních druhů (Saska, 2014). V porovnání predace semen obratlovci, bezobratlí v průběhu času neprokazují předem předvídatelné vzorce chování. Narozdíl od bezobratlých, obratlovci spotřebují větší množství semen plevelů. Každopádně, i přestože bezobratlí nezkonzumují takové množství jako obratlovci, jejich variabilita v množství sežraných semen je mnohem pestřejší. Důležité ale je, že nejvyšší aktivita obratlovců na semena kumuluje na začátku června, zatímco u bezobratlých je tomu až v plném letním období. To znamená, že bezobratlí mají významnější vliv na životní cyklus semen, a tím z větší míry mohou přispívat k regulaci plevelů (Westerman et al., 2003). Regulace plevelů, kterou poskytují, závisí na jejich hojnosti a aktivitě v různých plodinách. Nacházejí se ve většině suchozemských stanovišť a mnoho druhů brouků využívá polopřirozených biotopů, jako jsou meze nebo remízky, které slouží jako úkryt nebo místa k rozmnožování (Labruyere et al., 2018). Mimoprodukční plochy využívají brouci jako zimoviště (Saska, 2014).

Carabidae se živí buď hmyzem nebo semenným materiálem. Slouží proto k ochraně proti plevelům nebo škůdcům v orné půdě. Bylo dokázáno, že při vyšší dostupnosti rostlinných zdrojů, stoupá i počet všežravých Carabidae, než na lokalitách s dostupností živočišných zdrojů (Mader, 2018). Carabidae svou potravní spotřebou snižují počet semen plevelů o 60 až 90% (Kulkarni et al., 2015). Rychlost predace osiva se zvyšuje i se zvyšující se početností Carabidae a nedostatkem přirozeně se vyskytujících semen plevelů, které by mohly brouky nasytit (Honěk et al., 2003). Rychlost odstranění semen plevelů je do značné míry poháněno i tím, jaké množství brouků na místě preduje (Petit et al., 2017). Nicméně rozsah v jakém predace omezuje růst populace plevelů, závisí na schopnosti

je predátorem rozpoznat (Westerman et al., 2006). Dle fyziologického stavu semen jsou predátoři schopni nalézt a rozpoznat jednotlivé druhy plevelů (Kulkarni et al., 2017). Dokonce každý druh brouka se liší ve svých fyziologických schopnostech rozpoznat semena. To by nemělo mít souvislost s tím, že nedokáže rozpoznat semena pod povrchem půdy. Každopádně co na detekci semen vliv má je prostředí, ve kterém se nachází (Law et al., 2015). Některá semena pro ně mohou být dokonce lákavější než čerstvá. Tento jev byl zjištěn třeba pro *Tripleurospermum inodorum* (L.)(heřmánkovec nevonný)(Saska, 2014). *Tripleurospermum inodorum* po uložení jeho semen v půdě ztrácí svůj přirozený zápach. Po ztrátě právě některých látek, se semeno pro některé druhy stává atraktivnějším (Honěk et al., 2007). Rychlost spotřeby osiva se odvíjí od typu plodiny, hustoty setí, sezónosti nebo rozsahu narušení (Kulkarni et al., 2015). Průměrná spotřeba semen v laboratoři, na 23 druzích z čeledi Carabidae, byla 0,33 mg semen na mg tělesné hmotnosti na den a po dobu 9 dnů, postupně klesala. V polních podmínkách, v období června až srpna, dosahovala průměrná spotřeba semen 2,5 mg semen na mg tělesné hmotnosti na den. Predace semen na zemi v orné půdě ale může dosáhnout až 1000 semen na m² na den (Honěk et al., 2003). Spotřeba semen závisí na druhu brouka a velikosti semene. Velikost brouka až na výjimky, určuje i velikost vyhledávaných semen (Kulkarni et al., 2015). Dále spotřeba semen plevelů závisí i na stavbě jeho čelisti, a s tím související velikostí semen, kterou vyhledává ke konzumaci. Důležitý je i tvar a tvrdost semen. (Honěk et al., 2007).

Složení a uspořádání krajiny může ovlivnit prostorovou distribuci Carabidae v zemědělské krajině, jejich populační dynamiku a genetickou strukturu. Velikost a množství mimoprodukčních biotopů, jejich izolace, prostorové uspořádání, složení krajinné mozaiky a výskyt trvalých krajinných prvků (např. živých plotů, polních okrajů) ovlivňují jejich výskyt (Kotze et al., 2011). S rostoucí složitostí krajiny, klesá početnost brouků. Ale co se týká druhové bohatosti a vyrovnanosti společenstev brouků, ta zůstává stejná (Rusch et al., 2016). Na uspořádání brouků v prostoru má vliv především dostupnost zdrojů, výskyt potencionálních konkurentů a dravců (Labruyere et al., 2018). Na výskyt většiny druhů bezobratlých a na jejich hojnosti v zemědělských oblastech má vliv i sezóna (Tschumi et al., 2018). Výskyt mnoha druhů a jedinců střevlíků je dále ovlivněn druhem plodiny, celkovým složením rostlinného společenstva, zastíněním, teplotou a vlhkostí půdy nebo vzdáleností od okraje pole (Saska, 2014). Na zemědělských plochách s polní vegetací byla dokonce o 73% vyšší míra predace brouků, než v místech bez vegetace. To potvrzuje, že plodiny podporují zvýšenou aktivitu brouků, a ti za pomoci predace

přispívají k biologické kontrole plevelů. Zároveň se ale ve vegetaci nachází i mnohem více přirozených nepřátel brouků, díky příznivému mikroklima. To by ale pravděpodobně nemělo mít žádný rušící vliv na míru predace semen čeledi Carabidae (Blubaugh et al., 2016). Studie testovaná na čtyřech druzích z čeledi Carabidae, ve dvanácti různých lokalitách prokázala, že vyšší početnost Carabidae byla na testovaných polích produkujících obilniny než na kvetoucích polích. (Mader, 2018). Dokonce byla prokázána vyšší hustota v poli s *Brassica napus* subsp. *napus*. než v poli s obilninami nebo rozkvetlými poli (Labruyere et al., 2018).

Mezi faktory negativně ovlivňující hustotu druhů patří střídání a sklizeň plodin na polích, používání insekticidů nebo změna půdních vlastností (Kulkarni et al., 2015). Například počet jedinců a aktivita druhu *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758)(střevlíček měděný) klesly po sklizni, kvůli poklesu potravních zdrojů a ukončením životního cyklu. Další studie ukazuje, že uprostřed polí a na jejich okrajích je jejich početnost nejvyšší, zatímco nejnižší je na jejich hranicích (Labruyere et al., 2018).

Výživná hodnota semen může ovlivnit růst larev a jejich následnou plodnost a velikost ve stádiu dospělého. Semena sbírají buď na povrchu půdy, nebo pod povrchem, čehož většina ostatních konzumentů není schopna. Tato konzumace snižuje i čistý obsah semen v půdě, což ovlivňuje i vývoj populací plevelů. Čistě fytofágní jedince rozděluje na druhy požírající zelené části rostlin a plodů. Druhá skupina se živí výhradně semeny. Každý druh preferuje určitá semena plevelů (Kulkarni et al., 2015). Předpokládá se, že větší brouci konzumují větší množství semen (Diekötter et al., 2016). Některé druhy vyhledávají semena měkká, jiné s tvrdým osemením. Ti mají speciálně vyvinuté mandibuly k požití tvrdých semen (Kulkarni et al., 2015). Mezi druhy Carabidae požírající semena patří například *Harpalus affinis* (Schrank, 1781)(kvapník modrý), *Amara similata* (Gyllenhal, 1810) (kvapník široký), *Amara ovata* (Fabricius, 1792) (kvapník vějířitý), *Amara aenea* (De Geer, 1774) (kvapník kovový) nebo *Pseudoophonus rufipes* (De Geer, 1774) (kvapník plstnatý) (Labruyere et al., 2016). *Poecilus cupreus* je všežravý druh ale živí se převážně semeny v polích *Brassica napus* subsp. *napus*. než v polích s obilninami (Labruyere et al., 2018). Dospělci i larvy kvapníků požírají především semena plevelů z povrchu půdy. U těch nejprve rozdrtí osemení mohutnými kusadly a poté konzumují obsah semene (Saska, 2014). To je totiž výživný zdroj potravy s vysokým obsahem dusíku a bílkovin (Diekötter et al., 2016). Po konzumaci semen dochází k jejich úplné likvidaci na rozdíl od predace některými druhy ptáků, kdy jsou semena ještě schopna klíčit (Saska, 2014).

3.3 Agroekosystémy

Zemědělství je hlavní formou správy půdy. Poskytuje lidem svými službami potravu, energii, léčiva a další věci sloužící k lidské spokojenosti (Power, 2010). Zemědělské oblasti tvoří zhruba jednu třetinu celosvětové rozlohy půdy (Birkhofer et al., 2018). Za poslední dvě století se přešlo z tradičních ekologických zemědělských systémů, na využívání průmyslových, kapitálově náročných forem zemědělství. Ty jsou založeny na fosilních zdrojích a novějších technologiích (Fraňková et. Cattaneo, 2018). Expanze a intenzifikace pěstování patří mezi hlavní změny 21. století. Intenzifikované zemědělství poslední půl století využívá vysoce výnosných plodin, hnojení, zavlažování a pesticidů pro zvýšení produkce potravin. To ale mění i reakce přirozených jevů v ekosystému, které mají často vážné lokální, regionální i globální důsledky pro životní prostředí. Využití ekologicky šetrných strategií, by mohlo zvýšit udržitelnost zemědělské produkce a zároveň snížit následky na životní prostředí (Matson et al., 1997). Agroekosystémy jsou nejen poskytovatelé, ale i spotřebitelé ekosystémových služeb. Mezi tyto služby patří tvorba a struktura půdy, úrodnost půdy, zásobování vodou nebo výměna alel mezi ekosystémy. V rámci celého světa, vykazují ekosystémy drobné rozdíly ve struktuře a funkci. Rozdíly mezi ekosystémy jsou dány tím, že vznikaly mezi různými lidskými kulturami, za různých klimatických a socioekonomických podmínek (Power, 2010).

Produkce ekosystému je v přímé návaznosti i na okolní ekosystémy. S těmi jsou propojeny oboustranně (tok energie, živin, organismů, ovlivnění mikroklimatu). Stabilní ekosystém, může zajišťovat genetickou rozmanitost pro budoucí druhy, zachování půdy, úrodnost půdy, cyklus živin a vody, opylování nebo regulaci škůdců (Power, 2010). Ale kvůli postupně se zvyšujícím nárokům na zemědělství a intenzifikací hospodaření se ekosystémové procesy mění, a to ústí v pokles druhové diverzity (Cardinale et al., 2012). Ta je snížena převážně z důvodu fragmentace krajiny v důsledku rozšířeného zemědělství. To bývá hlavní příčinou vyhynutí malých, izolovaných populací (Tschardt et al., 2005). Dále je to neuvážené nakládání s vodou, odčerpání živin, agrochemická kontaminace, otravy pesticidy, emisemi skleníkových plynů a jiných znečišťujících látek. Tímto se ekosystémy stávají ekologicky nestabilní a závislé na dodávání vnější energie (Power, 2010).

Ekologické zemědělství zvyšuje rozmanitost mnoha taxonů, včetně bohatého zastoupení cévnatých rostlin. Plevelé často konkurují plodinám pěstovaným na polích tím, že jim odčerpávají zdroje. Tím snižují jejich kvalitu a vzniká tak ztráta na výnosech plodin (Jonason et al., 2013). Proto se na ně nejčastěji používají

herbicidy pro kontrolu polních plevelů, což není zrovna šetrné řešení a má samozřejmě negativní vliv na životní prostředí (Diekötter et al., 2016). Odstoupení od dosavadního používání herbicidů bude možné pouze tehdy, pokud je nahradí ekosystémové služby, které budou fungovat natolik dobře, aby nahradily toto chemické ošetřování a to v minimálním nebo žádném riziku (Bohan et al., 2011). Při zvýšení podílu mimoprodukčních biotopů, by časem mělo docházet i ke zvýšení druhové bohatosti Carabidae. Zvýšení počtu brouků, by mělo maximalizovat přirozenou ekosystémovou službu, kterou poskytují jako je predace plevelů, s cílem podpořit plodiny (Rusch et al., 2016). Při nízkých hustotách semen plevelů, by predace semen brouky mohla být účinnou složkou regulace plevelů na polích (Honěk et al., 2003).

S rostoucí mírou intenzivních zemědělských postupů je ohrožena i agroekosystémová biodiverzita (Poggio et al., 2013). Evropská biodiverzita se za poslední dobu výrazně snížila (Ernault et al., 2013). Odlišnost vedle sebe ležících agroekosystémů je z velké části tvořena především rušivými režimy, poskytující různé typy stanovišť v poli. Naopak nadbytečná heterogenita v prostoru může omezit šíření rostlin v krajinné mozaice. Šíření napomáhají travnaté pásy a živé ploty, které slouží jako biologické koridory pro mnohé druhy. Výsledky ukázaly, že travnaté pásy obsahují podobnou živočišnou rozmanitost jako například v živých plotech nebo na obdělávaných polích (Ernault et al., 2013).

Složení krajiny ovlivňuje i místní management (Petit et al., 2017). Zemědělské postupy využívající minimální hloubky (2-5 cm) orby nemají významný vliv na predaci Carabidae. Naopak u hluboké orby mohou být semena natolik pohřbena, že se stávají pro brouky nedostupná. Při využití strojů jako byl kultivátor, vertikální radlice a rotační brána zůstalo po zpracování půdy na povrchu 57,5% rozsetých semen. Malá semena byla do 10 cm v půdě rozprostřena rovnoměrně, a to z 56,4%. Naopak velká semena byla do 10 cm půdy zapracována jen z 30,8%. (Law et al., 2018). Na zvýšení množství brouků mají vliv nejen lokální části polí, ale i krajinné propojení (Petit et al., 2017). Centrální část polí je narušována především sklizní. Okrajové části navazují většinou na živé ploty nebo okrajové linie, a jsou tak méně často intenzivně narušované (Poggio et al., 2013). Okrajové části představují především stabilnější prostředí organismy a nazývají se ekotony nebo nárazníkové zóny (Kovář, 1992). Zato travinné okraje polí nevykazují znatelně rozdílnou výživovou dynamiku, než uvnitř polí (Labruyere et al., 2018). To ovlivňuje bohatost společenstev polních rostlin i výskyt životních forem rostlin závislých na určitém druhu narušení. Podle toho kolik semen má půda uloženo v bance je určen i druh

plodiny a zemědělský management. Druhovou bohatost polního plevelu ovlivňují biotické filtry určené druhem plodin (Holt, 1995). Složení a rozmanitost druhů plevelů ovlivňuje režim obrábění půdy, hnojení a aplikace herbicidů (Pyšek et Lepš, 1991). Pokud má být snižování plevelů co neefektivnější, je potřeba se zaměřit na konkrétní druhy brouků a jejich potřeby. Trvalé systémy pěstování se od ročních systémů, kde dochází k ročnímu střídání plodin liší převážně snadnějším narušením trvalých ekosystémů nepřáteli, a to z důvodu intenzivnějšího využívání agrochemikálií. V trvalých systémech vzniká stabilnější prostředí, ať už z důvodu dostupnosti potravních zdrojů pro predátory nebo dostatku míst k přezimování (Rusch et al., 2016).

4 Metodika

4.1 Charakteristika studijní oblasti a výběr zájmových ploch

Deset polí obsahujících různě velké polní kazy bylo vybráno při průzkumu terénu v okolí Liběšic na Litoměřicku, Slaného a Loun v oblastech Českého Středohoří (Příloha č. 1).

První podmínkou při výběru vhodné lokality byla přítomnost stejné plodiny, konkrétně *Brassica napus* subsp. *napus*. Druhou podmínkou bylo umístění kazu v rámci pole. Byly vybrány kazy, nacházející se hlouběji v porostu (nikoli na okraji), aby přítomnost potencionálních konzumentů semen nebyla ovlivněna ekotonálním efektem. Třetí podmínkou byla absence řepky uvnitř kazů. Na počátku experimentu, začátkem května 2017, byly všechny kazy téměř bez vegetace. U druhého pozorování se v kazech místy objevovaly plevely jako *Capsella bursa-pastoris* (L.) (kokoška pastuší tobolka), *Poa annua* (L.) (lipnice roční) nebo *Chenopodium album* (L.) (merlík bílý).

Průměrná vzdálenost od středu na okraj kazu byla 16 metrů, přičemž největší kaz měl v poloměru 30 metrů a nejmenší 5 metrů.

4.2 Design experimentu

Experiment probíhal na základě předem vytvořených kartiček s nalepenými semínky *Taraxacum* sp. a *Stellaria media*.

Pro výrobu kartiček byl použit brusný papír Bosch, zrnitost 60. Narozdíl od obyčejného, hladkého papíru, členitý povrch brusného papíru sloužil jako opora

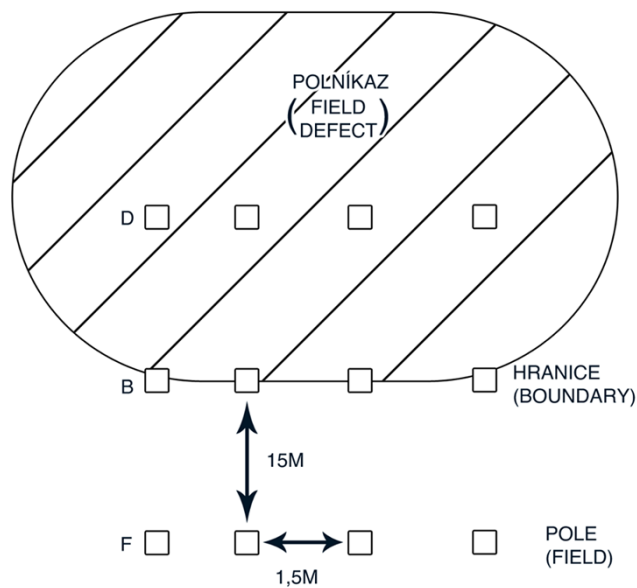
pro přilepená semínka. Na kartičky bylo nastříkáno univerzální lepidlo ve spreji (3M Spray Mount), které umožňovalo dočasné přemísťování lepených předmětů (semínek) a zároveň si po zaschnutí udržovalo dostatečnou míru flexibility, díky čemuž nedocházelo k samovolnému odpadávání přilepených předmětů, např. během transportu. Toto lepidlo bylo již dříve testováno a několikrát úspěšně použito pro výrobu kartiček se semínky. Z něj byly nastříhány obdélníky o rozměrech 40 x 75 mm. Byla aplikována taková vrstva lepidla, aby semínka pevně přilnula k povrchu a zároveň nebyla do lepidla zcela ponořená. Na každou kartu bylo rovnoměrně nasypáno padesát semínek.

Semínka byla před aplikací na kartičky přečištěna od nečistot a použita byla pouze ta, která se zdála být plná a nijak nepoškozená. Připravena byla po padesáti kusech do zkumavky typu Eppendorf 1,5 ml. Vždy samostatně semínka *Taraxacum* sp. a semínka *Stellaria media*. Ve výsledku tedy bylo připraveno 150 zkumavek se semeny *Taraxacum* sp. a stejný počet zkumavek se semeny *Stellaria media* pro první pozorování. Stejný počet zkumavek byl použit i pro přípravu kartiček ke druhému pozorování. Poté byly karty se semínky posypány jemnozrnným pískem, který ulpěl na lepidle a zabránil následnému slepení kartiček během transportu, či přilepení bezobratlých. Přebytečný písek byl oklepán a zároveň bylo zkontrolováno, zda semínka neodpadla. Nakonec se kartičky nechaly zaschnout.

Celkem bylo pro účel experimentu použito 600 kartiček (300 kusů se semeny *Stellaria media* a 300 kusů *Taraxacum* sp.), čili 30 000 semínek.

4.3 Sběr dat

Sběr dat probíhal ve dvou časových periodách. První perioda proběhla v jarním období a druhá perioda v letním období. Kartičky byly po pěti dvojicích (*Taraxacum* sp. a *Stellaria media*) umístěny do třech částí pole: přímo doprostřed polního kazu (D - defect), na jeho okraj, kde začínal porost řepky (B – boundary) a pro kontrolu do standardního porostu řepky (F – field), alespoň 15 metrů od okraje kazu.



Obrázek 1: Schéma rozmístění kartiček v poli

Pokud se na povrchu půdy místy objevoval drobný plevel, byl pro snadnější aplikaci kartiček povrch očištěn pomocí motyčky. Každá kartička byla připevněna k zemi za pomoci dvou hřebíků s plochou hlavou (tzv. papíráky či lepenáče, 2,5 x 25 mm) připíchnutím okrajů brusného papíru k zemi (Obrázek 2).

Pro zamezení přístupu drobným savcům byly dvojice kartiček kryty klíčkou ze svařovaného, poplastovaného pletiva s rozměry ok 12 x 12 mm, jejichž velikost zároveň nebránila v přístupu střevlíkovitým broukům a dalším členovcům. Rozměry klíček byly 100 x 100 x 50 mm a k zemi byly připevněny, hřebíky 5,6 x 160 mm za pomoci kladívka. Hřebíky použité k upevnění k zemi byly zároveň nápomocné při nepříznivém počasí nebo proti odnosu klíček polní faunou (Obrázek 2).



Obrázek 2: Dvojice kartiček krytá ochranou klíčkou

Klícky byly od sebe ve vzdálenosti 1,5 m (Obrázek 3). Každá klíčka obsahovala jednu kartičku s padesáti semínky *Taraxacum* sp. a druhou kartičku se stejným počtem semínek *Stellaria media*.

Doba expozice se u obou pozorování lišila. První pozorování bylo vystaveno predaci 11 dní (jarní období) a druhé už jen 8 dní (letní období). Po expozici kartiček v poli byly lokality opět navštíveny a klícky opatrně odstraněny. Odlišná doba expozice byla dále přepočítána na počet predovaných semen za den.



Obrázek 3: Rozmístění klíček na hranici polního kazu (vyfoceno při druhé periodě)

Při sběru vzorků byly postupně odstraněny hřebíky, klíčky a nakonec byly kartičky opatrně vyjmuty ze země. Vzorky pro každý druh plevelu zvlášť byly samostatně (po jedné kartičce) vloženy do papírových obálek a byly popsány příslušným číslem pole a označením umístění v rámci poli (D, B nebo F). Vzorky z každé části lokality byly vloženy do samostatného igelitového sáčku a byly uloženy do papírové krabice, aby nedošlo k jejich záměně či poškození při neopatrné manipulaci.

4.4 Zpracovávání vzorků

Po nasbírání veškerých vzorků, uložených v papírových obálkách, proběhlo dále jejich zpracování. Kartičky byly v ekofyziologické laboratoři D414 opatrně vyjmuty z obálek. Některé ale obsahovaly nános hlíny a musely být proto očištěny od těchto nečistot, aby mohlo dojít k jejich přesnému spočítání. Do plastové čtvercové mísy o rozměrech 30 cm x 30 cm byla nalita voda a kartičky byly ponořeny tak, aby se hlína z kartiček navlhčila a krouživými pohyby jemným štětcem ve vodě uvolnila. Poté byly vyjmuty z nádoby a položeny na stůl trochu

oschnout. Za pomoci binokuláru, lupy a pinzety byla následně spočítána zbývající plná semena (Obrázek 4). Jakkoli poškozená semena (např. vyžraná; Obrázek 5) nebyla počítána mezi „zbývající“ semena.



Obrázek 4: Vyhodnocení nepoškozených semen pomocí binokuláru a zápis do záznamového archu



Obrázek 5: Ukázka vyprázdněných semen (*Taraxacum* sp.)

Počet nepoškozených semen byl zaznamenán do zápisového archu. Každý vzorek obsahoval své jedinečné označení, označení jedné z deseti zkoumaných lokalit, umístění v poli, číslo pozorování a především počet semen obou druhů, která zůstala na vzorcích zcela neporušena. Tato data byla přepsána do tabulkového softwaru Excel.

4.5 Analýza dat

Jako základ pro analýzu dat byl použit údaj o počtu zbylých (nepredovaných) semínek. Z tohoto počtu byl následně odvozen počet predovaných semen (50 – „nepredovaná“). Počty predovaných semen byly poté převedeny na průměrnou spotřebu semen za den. Na základě odlišné doby expozice, P1 (8 dní) a P2 (11 dní), byl tento přepočítaný počet predovaných semen za den nutný. Protože data neměla normální rozdělení, bylo nutno upravit data o denní predaci pomocí odmocninné transformace.

Pro vyhodnocení významnosti jednotlivých nezávislých proměnných byl využit smíšený lineární model LME (Linear Mixed Effects Model). Jako nezávislé proměnné byly analyzovány lokace v rámci pole (D, B nebo F), načasování sběru (P1 či P2) a jejich vzájemná interakce. Jako proměnné s náhodným efektem

byly použity identita pole (10 polí) a kombinace lokace/pole (aby bylo zohledněno, že pět opakování v rámci lokace patří k sobě). Pro každý druh plevelu (*Taraxacum* a *Stellaria*) byl použit samostatný model. Statistická analýza byla provedena v programu R za pomoci balíčku lme4 (R Development Core Team, 2019).

5 Výsledky

Model použitý k vyhodnocení dat pro semínka *Taraxacum* sp.:

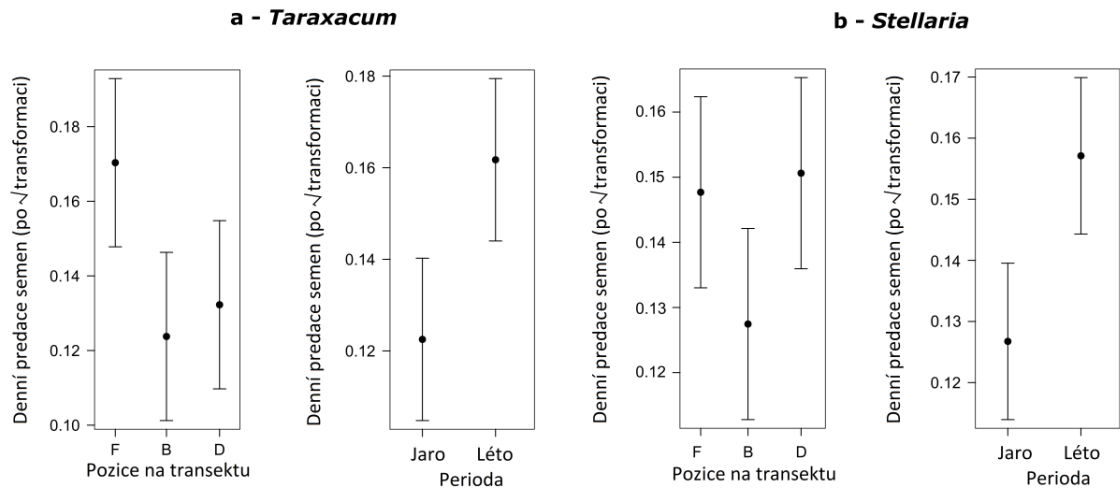
```
> m1 = lme(Taradr ~ Habitat+Period, random = ~ 1 | Site/SiteHab, data = DataR, method = "ML")
```

Míra predace semen *Taraxacum* sp. se průkazně lišila mezi lokacemi uvnitř pole ($P = 0,008$). Predovanost semen byla průkazně nižší uvnitř polního kazu a na jeho okraji v porovnání s predovaností semen v porostu řepky (Obrázek 6). Vliv načasování sběru byl ještě více průkazný než vliv lokace uvnitř pole ($P < 0,001$). Průkazně vyšší míra predace byla zaznamenána během letního období (P2), ve srovnání s jarním obdobím (P1). Interakce mezi lokací uvnitř pole a načasováním sběru dat nebyla průkazná, byť jen těsně ($P = 0,06$).

Model použitý k vyhodnocení dat pro semínka *Stellaria media*:

```
> m2 = lme(Steldr ~ Habitat+Period, random = ~ 1 | Site/SiteHab, data = DataR, method = "ML")
```

Míra predace semen *Stellaria media* se průkazně lišila mezi lokacemi uvnitř pole ($P = 0,03$). Efekt lokace uvnitř pole tak byl slabší než pro semínka *Taraxacum* sp. Predovanost semen byla průkazně nižší na okraji kazu než uvnitř kazu či v porostu řepky (Obrázek 6). Vliv načasování sběru byl opět velmi průkazný ($P < 0,001$). Průkazně vyšší míra predace byla zaznamenána během letního období (P2), ve srovnání s jarním obdobím (P1). Interakce mezi lokací uvnitř pole a načasováním sběru dat nebyla vůbec průkazná ($P = 0,50$).



Obrázek 6: Denní predace semen v jednotlivých pozicích na transektu s porovnáním denní predace v časovém období

Z transformovaných dat byl vytvořen graf pro denní míru predace na transektu pro *Taraxacum* sp. a *Stellaria media*. U semenek *Taraxacum* sp. došlo k největší míře predace v samotné části pole s vegetací a k nejnižší míře predace na hranici kazu s polem. U *Stellaria media* došlo k nejvyšší míře predace v kazech a k nejnižší opět na hranici kazu s polem. V porovnání jarní a letní periody došlo k výrazně vyšší predaci v létě a to jak u *Taraxacum* sp., tak *Stellaria media*.

6 Diskuze

Predace se podle funkčnosti dělí na pravé predátory, spásače, parazity a parazitoidy (Begon et al., 1997). Při pravé predaci rostlin dochází ke spotřebování buď celé části rostliny nebo jen její části, jako jsou například semena (Honěk et al., 2003). U pravé predace semen dochází k jejich úplné likvidaci, a tím ke snížení počtu vzrostlých jedinců, kteří okolním rostlinám tvoří konkurenci (Saska, 2014). Ty jim totiž ubírají vláhu, prostor na život, tvoří jim zástin nebo odčerpávají množství živin v půdě (Jonason et al., 2016). Významnými predátory těchto semen jsou právě brouci z čeledi Carabidae, kteří se často právě těmito semeny živí. Slouží tak jako prostředníci ekosystémové biokontrolní služby ekosystému, kdy dochází k přirozenému snížení počtu plevelů v polích (Kulkarni et al., 2015).

Výzkum provedený v této práci zkoumal predaci nežádoucích semen plevelů nejen v místech s vegetačním krytem, ale i v místech kde byl tento kryt narušen. To už z důvodu sníženého množství živin v půdě, menší dostupnosti půdní vláhy nebo spláchnutím čerstvě vysetého osiva přivalovým deštěm. Bylo prokázáno, že místa zarostlá vegetačním krytem s *Brassica napus* subsp. *napus* jsou mnohem atraktivnější, než narušená místa bez krytu (Blubaugh et al., 2016). To potvrzuje i tento experiment, kdy nejvyšší míra predace byla u *Taraxacum* sp. prokázána v transektu přímo uvnitř pole. Zatímco pro *Stellaria media* to byl transekt polního kazu, který se od transektu místa v poli s vegetací statisticky významně nelišil. Podle mého názoru, tento rozdíl může být dán buď nepřesným vyhodnocením z kartiček nebo brouci tento druh menších semen raději predovali na volnějších prostranstvích, protože na holém půdním krytu ani jiná nabídka semen nebyla a tak predovali ty nalepená. Naopak méně predovali kartičky pod rostlinným krytem, z důvodu vyšší přirozené dostupnosti popadaných semen. Aktivita brouků stejně spolu s predací v těchto částech byla mnohem nižší. To může být dáno i přirozenou vyšší dostupností semen, a s tím související potřebou více konzumovat. Na tento problém mě napadá vytvořit experiment, kdy by se porovnala míra predace na vyjmutých půdních vzorcích s přirozeným obsahem semen plevelů a na půdních vzorcích s uměle aplikovanými semeny. Každý druh preferuje jinou velikost semen (Kulkarni et al., 2015). Proto by v tomto experimentu mohlo být využito výrazného rozdílu ve velikosti semen. Dalším zajímavým experimentem by mohlo být využití nízkých mističek, vnořených po okraj půdního krytu, do kterých by byly aplikovány semena různých druhů najednou, a zkoumalo by se, jaká semena jsou nejatraktivnější. Co se atraktivnosti semen týče, dalo by se vytvořit i experiment, kde by se použila namočená a suchá semena různých druhů a zkoumalo by se,

jaká budou predována více. V namočených semenech by se mohly uvolňovat látky, pro brouky více přitažlivější.

V experimentální části bylo dále prokázáno, že i období ve kterém byla predace zkoumána, měla vliv na míru predace. Aktivitu druhů totiž ovlivňuje i sezónost během vegetačního období (Tschumi et al., 2018). Míra predace ve vegetačním období jak u *Taraxacum* sp., tak pro *Stellaria media* vykazuje stejný trend. Ten ukázal, že nejvyšší predaci brouci vykazovali v letním období, než v experimentu probíhajícím na jaře (Law et al., 2018). To může být dáno tím, že čím brouci měli více potravních zdrojů, tím také více zdrojů využívali. Dále by bylo zajímavé porovnat jarní a letní období s podzimním a vyhodnotit, zda se mezi sebou budou též statisticky významně lišit. Jiné studie totiž prokázali, že střídání a sklizeň má negativní vliv na hustotu druhu (Kulkarni et al., 2015). Po sklizni totiž klesají potravní zdroje a dochází k ukončení životního cyklu semen (Labruyere et al., 2018). Dalším zajímavým experimentem by mohlo být i porovnání predací výhradně v kazech uvnitř polí, oproti kazům vzniklých na krajích nebo predace uvnitř kazů s porovnáním krajních neosídlených okrajích pole. Vzhledem k tomu, že uprostřed polí bývá větší dostupnost zdrojů i aktivita brouků, by predace semen kazů vzniklých uprostřed mohla dosahovat i větší míry predace než u kazů na okrajích pole.

Otázkou stále zůstává, zda by Carabidae mohli být natolik nápomocní, aby se dali považovat za účinnou biokontrolní službu v oblasti snižování semen plevelů v polích. Tato služba by mohla pomoci snížit množství používaných herbicidů na polní plevele, a tím přispět ke zdravějšímu životnímu prostředí nejen pro lidi, ale i pro zdravější a udržitelnější ekosystém (Honěk et al., 2003). Vzhledem k malému množství informací o této problematice si myslím, že bude potřeba mnoho dalších studií a vyhodnocení pozitiv i negativ pro získání použitelných materiálů, aby mohli být účinnými poskytovateli ekosystémových služeb. V dnešní době co se pohodlnosti týče, raději ve velkém využívají pesticidy na plevele a intenzivní zemědělské postupy. Přesto si myslím, že tato ekosystémová služba se zdá být slibná a šetrná k životnímu prostředí a určitě si zaslouží detailnějšího zkoumání v dalších experimentech. Prostředí, ve kterém všichni společně žijeme, je jen jedno a je načase, abychom se společně snažili o jeho záchranu a zachování udržitelného stavu pro další generace.

7 Závěr

Tato práce byla zaměřena na míru post-disperzní predace semen plevelů, brouky z čeledi Carabidae. Experiment proběhl v polních kazech *Brassica napus* subsp. *napus*. v závislosti na umístění v poli, kazech a na jejich hranici. Otázkou bylo, zda by Carabidae mohli významně snížit množství semen plevelů z půdního krytu a popřípadě v jakých místech k tomu nejvíce dochází. Využita byla semena *Taraxacum* sp. a *Stellaria media*. Dalším zajímavým faktorem bylo i vyhodnocení v jakém časovém období byla aktivita brouků vyšší. Transekt byl veden ze středu kazu do pole skrz hranici obou biotopů

Vliv umístění v poli měl na predaci prokazatelný vliv jak u semínek *Taraxacum* sp., tak u *Stellaria media*. Nejvyšší aktivitu brouci prokázali svou predací v transektech pole. Tam bylo nejvíce predovaných semínek na kartičkách. Predace se směrem od pole ke kazům postupně snižovala. Dále experiment prokázal, že vegetační období mělo také vliv na míru predace. Vyšší míra predace byla prokázána v letním období, než v tom jarním.

Tato práce se od ostatních studií liší tím, že byla přesně situována do třech částí s různým stupněm polního pokryvu v polích s *Brassica napus* subsp. *napus*. Tento experiment může být dále přínosný pro porovnání s jinými plodinami na polích. Proto je pravděpodobné, že na jiných polních plodinách by aktivita brouků a jejich predace byla vyhodnocena jinak.

Na tuto práci by bylo zajímavé navázat i pokračující diplomovou prací, jelikož je v tomto směru zatím málo informací o dané problematice, predace v polních kazech. V budoucnu by tento, popřípadě navazující výzkum mohl přinést další osvětu v problematice se snižováním počtu polních plevelů pomocí přirozené predace Carabidae. Vzhledem k neustále se zhoršující situaci v oblasti životního prostředí, bude i tato ekosystémová služba, kterou brouci poskytují určitě přínosem, jak v zemědělských oblastech určit míru predace a tím snížit podíl polních plevelů.

8 Literatura a použité zdroje

Baraibar B., Daedlow D., de Mol F., Gerowitt B., 2011: Density dependence of weed seed predation by invertebrates and vertebrates in winter wheat. *Weed Research*. 52: 79-87.

Begon M., Harper J. L., Townsend C. R., 1997: *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Vydavatelství University Palackého. Olomouc. 949.

Birkhofer K., Andersson S. K. G., Bengtsson J., Bommarco R., Dänhardt J., Ekblom B., Ekroose J., Hahn T., Hedlund K., Jönsson M. A., Lindborg R., Olsson O., Rader R., Rusch A., Stjernman M., Williams A., Smith G. H., 2018: Relationships between multiple biodiversity components and ecosystem services along a landscape complexity gradient. *Biological Conservation*. 218: 247-253.

Blubaugh K. C., Hagler R. J., Machtley A. S., Kaplan I., 2016: Cover crops increase foraging activity of omnivorous predators in seed patches and facilitate weed biological control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 231: 264-270.

Bohan A. D., Boursaltová A., Brooks R. D., Petit S., 2011: National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*. 48: 888–898.

Cardinale J. B., Duffy E. J., Gonzalez A., Hooper U. D., Perrings Ch., Venail P., Narwani A., Mace M. G., Tilman D., Wardle A. D., Kinzig P. A., Daily C. G., Loreau M., Grace B. J., Larigauderie A., Srivastava S. D., Naem S., 2012: Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486: 59-67.

Costanza R., Groot R., Sutton P., der Ploeg Sv., Anderson S., Kubiszewski I., Farber S., Turner R. K., 2014: Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*. 26: 152-158.

Diekötter T., Wamserová S., Dörnerová T., Wolters V., Birkhofer K., 2016: Organic farming affects the potential of a granivorous carabid beetle to control arable weeds at local and landscape scales. *Agricultural and forest entomology*. 18: 167-173.

Ernault A., Vialatte A., Butet A., Michel N., Rantier Y., Jambon O., Burel F., 2013: Grassy strips in their landscape context, their role as new habitat for biodiversity. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 166: 15-27.

Fraňková E., Cattaneo C., 2018: Organic farming in the past and today: sociometabolic perspective on a Central European case study. *Regional Environmental Change*. 18: 951-963.

Frélichová J., Harmáčková V. Z., Pártl A., Vačkář D., 2016: Metodika hodnocení ekosystémových služeb v sídlech v České republice. Ústav výzkumu globální změny Akademie věd ČR, v.v.i. Praha: 33.

Frélichová J., Vačkář D., Pártl A., Loučková B., Harmáčková V. Z., Lorencová E., 2014: Integrated assessment of ecosystem services in the Czech Republic. *Ecosystem services*. 8: 110-117.

Holt J. S., 1995: Plant responses to light: A potential tool for weed management. *Weed Science*. 43: 474-482.

Honěk A., Martinková Z., Jarošík V., 2003: Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*. 100: 531-544.

Honěk A., Martinková Z., Saska P., Pekar S., 2007: Size and taxonomic constraints determine the seed preferences of Carabidae (Coleoptera). *Základní a aplikovaná ekologie*. 8: 343-353

Jonason D., Smith H. G., Bengtsson J., Birkhofer K., 2013: Landscape simplification promotes weed seed predation by carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *Landscape ecology*. 28: 487–494.

Kotze D. J., Brandmayr P., Casale A., Dauffy-Richard E., Dekoninck W., Koivula M. J., Lovei G. L., Mossakowski D., Noordijk J., Paarmann W., Pizzolotto R., Saska P., Schwerk A., Serrano J., Szyszko J., Taboada A., Turín H., Venn S., Vermeulen R., Zetto T., 2011: Forty years of carabid beetle research in Europe - from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *ZooKeys*. 100: 55-148.

Kovář P., 1992: Ecotones in agricultural landscape. *Ecology (CSFR)*. 11: 251-258.

Kulkarni S. S., Dossall L. M., Spence J. R., Willenborg C. J., 2017: Seed Detection and Discrimination by Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) Are Associated with Olfactory Cues. *PLoS ONE*. 12: e0170593.

Kulkarni S. S., Dosdall L. M., Spence J. R., Willenborg C. J., 2016: Brassicaceous Weed Seed Predation by Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Weed Science*. 64: 294-302.

Kulkarni S. S., Dosdall L. M., Willenborg C. J., 2015: The Role of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Weed Seed Consumption: A Review. *Weed Science Society of America*. 63: 355–376.

Labruyere S., Bohan A. D., Duval-Biju L., Ricci B., Petit S., 2016: Local, neighbor and landscape effects on the abundance of weed seed-eating carabids in arable fields: A nation wide analysis. *Basic and Applied Ecology*. 17: 230-239.

Labruyere S., Petit S., Ricci B., 2018: Annual variation of oilseed rape habitat quality and role of grassy field margins for seed eating carabids in arable mosaics. *Agricultural and forest entomology*. 20: 234-245.

Law J. J., Gallagher S. R., 2018: Seed Distribution and Invertebrate Seed Predation in No-Till and Minimum-Till Maize Systems. *Agronomy Journal - Organic Agriculture and Agroecology*. 110: 2488-2495.

Law J. J., Gallegher R. S., 2015: The role of imbibition on seed selection by *Harpalus pensylvanicus*. *Applied Soil Ecology*. 87: 118–124.

Lorencová E., Frélichová J., Nelson E., Vačkář D. 2013: Past and future impacts of land use and climate change on agricultural ecosystem services in the Czech Republic. *Land Use Policy*. 33: 183-194.

Mader V., Diehl E., Wolters V., Birkhofer K., 2018: Agri-environmental schemes affect the trophic niche size and diet of common carabid species in agricultural landscapes. *Ecological Entomology*. 43: 823-835.

Maes J., Egoh B., Willemen L., Liqueste C., Vihervaara P., Schägner J. P., Grizzetti B., Drakou E., Notte A. L., Zulian G., Bouraoui F., Paracchini M. L., Braat L., Bidoglio G., 2012: Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*. 1: 31-39.

Matson P. A., Parton W. J., Power A. G., Swift M. J., 1997: Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*. 277: 504-9.

Pannwitt H., Westerman P. R., de Mol F., Selig Ch., Gerowitt B., 2017: Biological control of weed patches by seed predators; responses to seed density and exposure time. *Biological Control*. 108: 1-8.

Petit S., Cordeau S., Chauvel B., Bohan D., Guillemin P. J., Steinberg Ch., 2018: Biodiversity-based options for arable weed management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 38: 48.

Petit S., Trichard A., Biju-Duval L., McLaughlin B. Ó., Bohan A. D., 2017: Interactions between conservation agricultural practice and landscape composition promote weed seed predation by invertebrates. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 240: 45-53.

Pizzolotto R., Mazzei A., Bonacci T., Scalercio S., Lannotta N., Brandmayr P., 2018: Ground beetles in Mediterranean olive agroecosystems: Their significance and functional role as bioindicators (Coleoptera, Carabidae). *Plos One*. 13: e0194551.

Poggio L. S., Chaneton J. E., Ghera M. C., 2013: The arable plant diversity of intensively managed farmland: Effects of field position and crop type at local and landscape scales, *Agriculture. Ecosystems & Environment*. 166: 55-64.

Power A. G., 2010: Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the royal society b-biological sciences*. 365: 2959-2971.

Pyšek P., Lepš J., 1991: Response of a weed community to nitrogen fertilization: a multivariate analysis. *Journal of Vegetation Science*. 2: 237-244.

R Development Core Team 2019: A language and environment for statistical computing. Dostupné na <http://www.R-project.org>

Rusch A., Binet D., Delbac L., Thiéry D., 2016: Local and landscape effects of agricultural intensification on Carabid community structure and weed seed predation in a perennial cropping system. *Landscape Ecology*. 31: 2163–2174.

Saska P., Honěk A., Martínková A., 2014: Predace semen střevlíky v agrocenózách. *Živa. Nakladatelství Academia*. 5: 213-214.

Tscharntke T., Klein A. M., Krues A., Steffan-Dewenter I., Thies C., 2005: Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology letters*. 8: 857-874.

Tschumi M., Ekroos J., Hjort C., Smith H. G., Birkhofer K., 2018: Predation-mediated ecosystem services and disservices in agricultural landscapes. *Ecological Applications*. 28: 2109-2118.

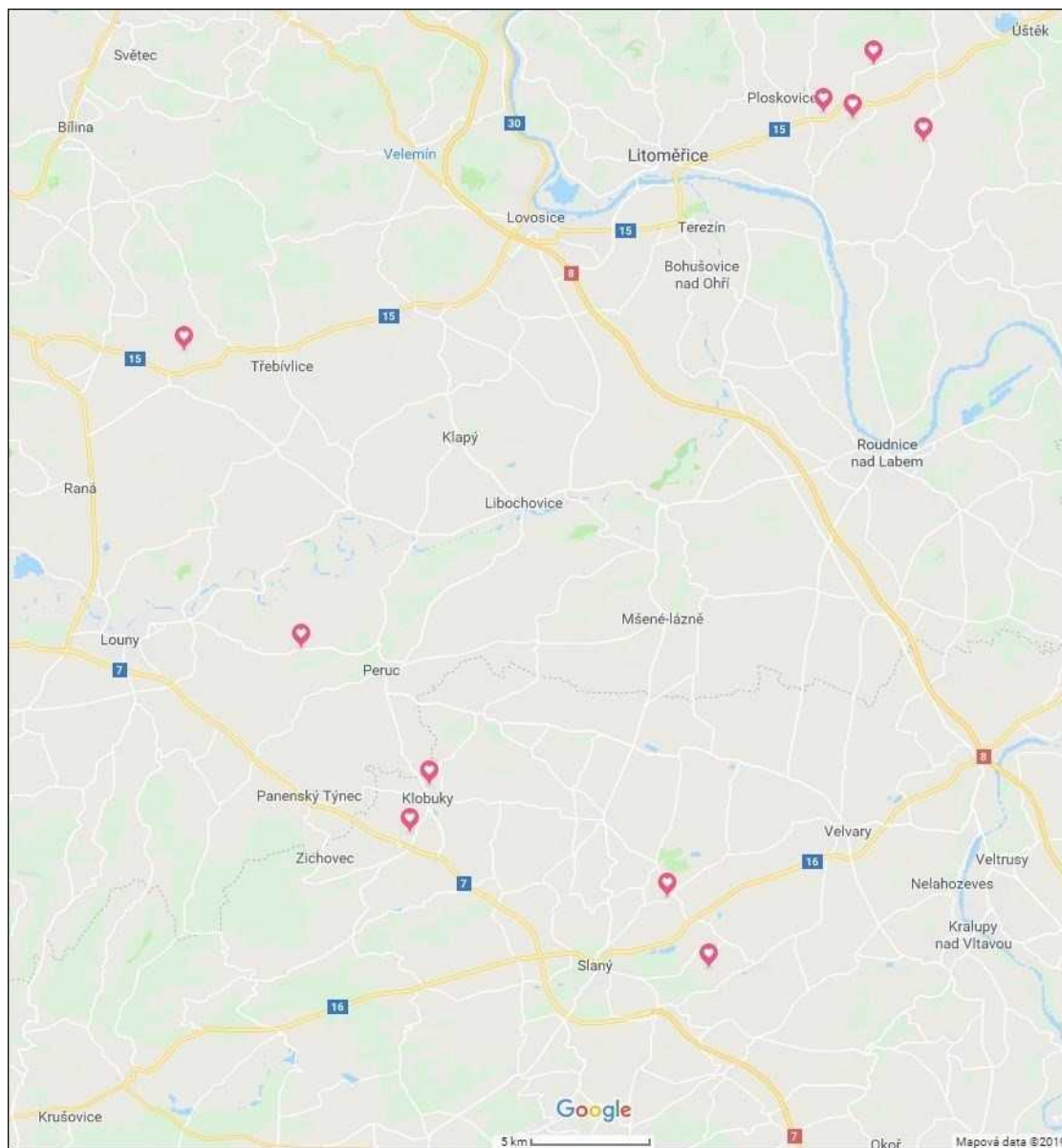
Vačkář D., 2010: Ecosystem Services: Global Perspectives, Indicators and Examples. *Život. Prostr.* 44: 65 – 69.

Vačkář D., Frélichová J., Lorencová E., Pártl A., Harmáčková Z., Loučková B., 2014: Metodologický rámec integrovaného hodnocení ekosystémových služeb v České republice. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd ČR, v.v.i., Praha. 1-6.

Westerman P. R., Liebman M., Heggenstaller A. H., Forcella F., 2006: Integrating measurements of seed availability and removal to estimate weed seed losses due to predation. *Weed Science*. 54: 566–574.

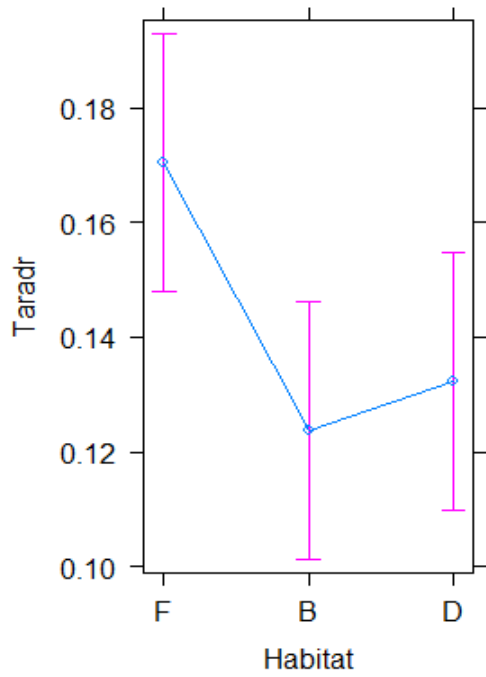
Westerman R. P., Hofman A., Vet M. E. L., van der Werf W., 2003: Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 95: 417-425.

9 Přílohy

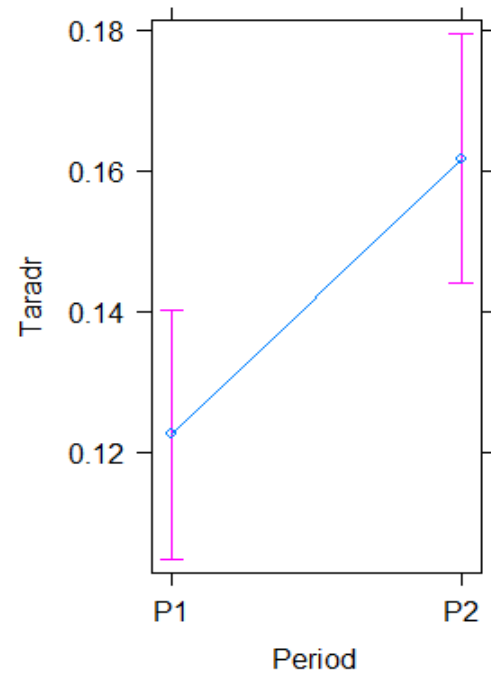


Příloha 1: Mapa vybraných lokalit *Brassica napus* subsp. *napus* v Českém Středoohoří

Habitat effect plot

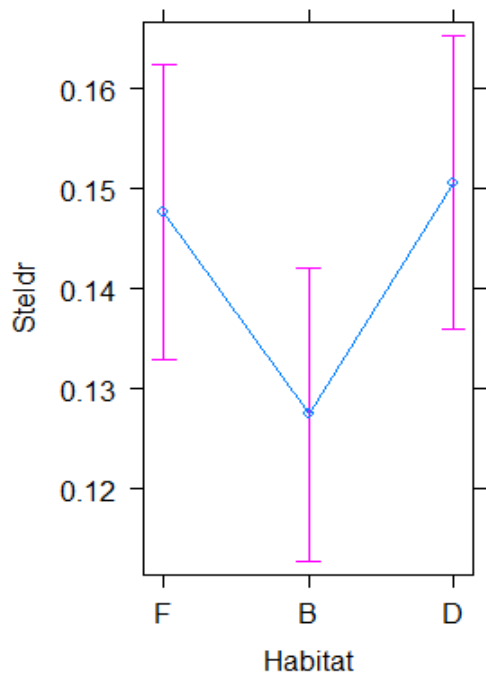


Period effect plot

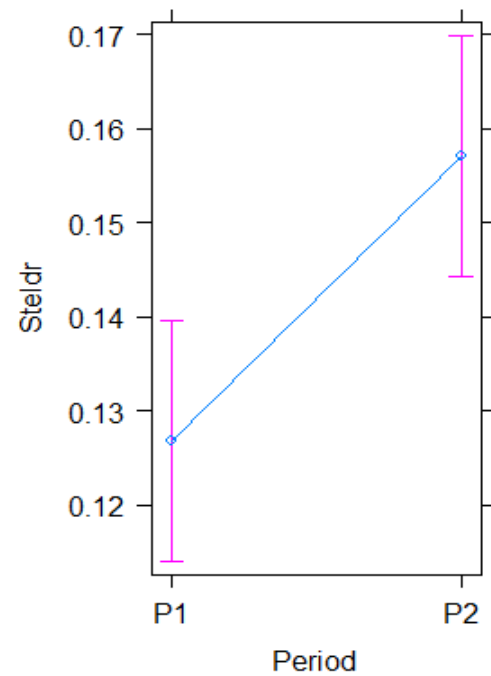


Příloha 2: Graf zobrazující míru predace pro *Taraxacum* sp. (vlevo porovnání transektů, vpravo porovnání prvního a druhého pozorování)

Habitat effect plot



Period effect plot



Příloha 3: Graf zobrazující míru predace pro *Stellaria media* (vlevo porovnání transektů, vpravo porovnání prvního a druhého pozorování)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	ID	Site	Habitat	SiteHab	Period	Taraxacum	Stellaria	Total	Tarax	Stell	Tara	Stel	Tarad	Steld	Taradr	Steldr
2	L11_B_06_1	L11	B	L11B	P1	48	29	50	2	21	0,04	0,42	0,003333	0,035	0,057735	0,187083
3	L11_B_07_1	L11	B	L11B	P1	50	43	50	0	7	0	0,14	0	0,011667	0	0,108012
4	L11_B_08_1	L11	B	L11B	P1	14	36	50	36	14	0,72	0,28	0,06	0,023333	0,244949	0,152753
5	L11_B_09_1	L11	B	L11B	P1	50	44	50	0	6	0	0,12	0	0,01	0	0,1
6	L11_B_10_1	L11	B	L11B	P1	50	43	50	0	7	0	0,14	0	0,011667	0	0,108012
7	L13_B_06_1	L13	B	L13B	P1	48	46	50	2	4	0,04	0,08	0,003333	0,006667	0,057735	0,08165
8	L13_B_07_1	L13	B	L13B	P1	49	47	50	1	3	0,02	0,06	0,001667	0,005	0,040825	0,070711
9	L13_B_08_1	L13	B	L13B	P1	47	38	50	3	12	0,06	0,24	0,005	0,02	0,070711	0,141421
10	L13_B_09_1	L13	B	L13B	P1	50	39	50	0	11	0	0,22	0	0,018333	0	0,135401
11	L13_B_10_1	L13	B	L13B	P1	46	45	50	4	5	0,08	0,1	0,006667	0,008333	0,08165	0,091287
12	L14_B_06_1	L14	B	L14B	P1	47	41	50	3	9	0,06	0,18	0,005	0,015	0,070711	0,122474
13	L14_B_07_1	L14	B	L14B	P1	42	40	50	8	10	0,16	0,2	0,013333	0,016667	0,11547	0,129099
14	L14_B_08_1	L14	B	L14B	P1	5	42	50	45	8	0,9	0,16	0,075	0,013333	0,273861	0,11547
15	L14_B_09_1	L14	B	L14B	P1	50	46	50	0	4	0	0,08	0	0,006667	0	0,08165
16	L14_B_10_1	L14	B	L14B	P1	48	40	50	2	10	0,04	0,2	0,003333	0,016667	0,057735	0,129099
17	L15_B_06_1	L15	B	L15B	P1	49	46	50	1	4	0,02	0,08	0,001667	0,006667	0,040825	0,08165
18	L15_B_07_1	L15	B	L15B	P1	46	47	50	4	3	0,08	0,06	0,006667	0,005	0,08165	0,070711
19	L15_B_08_1	L15	B	L15B	P1	47	50	50	3	0	0,06	0	0,005	0	0,070711	0
20	L15_B_09_1	L15	B	L15B	P1	47	49	50	3	1	0,06	0,02	0,005	0,001667	0,070711	0,040825
21	L15_B_10_1	L15	B	L15B	P1	24	43	50	26	7	0,52	0,14	0,043333	0,011667	0,208167	0,108012
22	L17_B_06_1	L17	B	L17B	P1	46	46	50	4	4	0,08	0,08	0,006667	0,006667	0,08165	0,08165
23	L17_B_07_1	L17	B	L17B	P1	43	43	50	7	7	0,14	0,14	0,011667	0,011667	0,108012	0,108012
24	L17_B_08_1	L17	B	L17B	P1	43	17	50	7	33	0,14	0,66	0,011667	0,055	0,108012	0,234521
25	L17_B_09_1	L17	B	L17B	P1	37	48	50	13	2	0,26	0,04	0,021667	0,003333	0,147196	0,057735
26	L17_B_10_1	L17	B	L17B	P1	37	9	50	13	41	0,26	0,82	0,021667	0,068333	0,147196	0,261406
27	L18_B_06_1	L18	B	L18B	P1	48	41	50	2	9	0,04	0,18	0,003333	0,015	0,057735	0,122474
28	L18_B_07_1	L18	B	L18B	P1	48	46	50	2	4	0,04	0,08	0,003333	0,006667	0,057735	0,08165
29	L18_B_08_1	L18	B	L18B	P1	35	50	50	15	0	0,3	0	0,025	0	0,158114	0

Příloha 4: Ukázka vyhodnocování dat zapsaných do softwaru Excelu



Příloha 5: Očišťování půdního krytu

Seznam příloh:

Příloha 1: Mapa vybraných lokalit *Brassica napus* subsp. *napus* v Českém Středohoří

Příloha 2: Graf zobrazující míru predace pro *Taraxacum* sp. (vlevo porovnání transektů, vpravo porovnání prvního a druhého pozorování)

Příloha 3: Graf zobrazující míru predace pro *Stellaria media* (vlevo porovnání transektů, vpravo porovnání prvního a druhého pozorování)

Příloha 4: Ukázka vyhodnocování dat zapsaných do softwaru Excelu

Příloha 5: Očišťování půdního krytu

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Schéma rozmístění kartiček v poli

Obrázek 2: Dvojice kartiček krytá ochranou klíčkou

Obrázek 3: Rozmístění klíček na hranici polního kazu (vyfoceno při druhé periodě)

Obrázek 4: Vyhodnocení nepoškozených semen pomocí binokuláru a zápis do záznamového archu

Obrázek 5: Ukázka vyprázdněných semen (*Taraxacum* sp.)

Obrázek 6: Denní predace semen v jednotlivých pozicích na transektu s porovnáním denní predace v časovém období