

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA EKOLOGIE**

**Vliv délky expozice semen plevelů na jejich predaci**  
**The effect of exposure time on weed seed predation**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: doc. RNDr. Pavel Saska, Ph.D.**

**Konzultant: Ing. Hana Vašková, Ph.D.**

**Diplomant: Bc. Monika Hromasová**

**2023**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Monika Hromasová

Regionální environmentální správa

Název práce

**Vliv délky expozice semen plevelů na jejich predaci**

Název anglicky

**The effect of exposure time on weed seed predation**

---

### Cíle práce

Ochrana proti plevelům představuje ekonomicky nejvýznamnější zátěž pěstování plodin. Proto je žádoucí podporovat přirozené ekosystémové služby, tj. funkce složek ekosystémů, jež člověku přinášejí prospěch. Mezi ekosystémové služby řadíme i predaci semen, kdy prospěšný organismus snižuje konzumaci semen plevelů jejich množstvím na povrchu půdy či v půdní zásobě, a tím reguluje počet vzcházejících plevelných rostlin.

Mezi hlavní skupiny predátorů semen patří obratlovci (ptáci, hlodavci) a bezobratlí (střevlíkovití brouci, žížaly, slimáci, aj.). Nejběžnější metodou používanou pro zjišťování predace semen je metoda tzv. semenných kartiček („seed cards“), které jsou vystaveny na povrchu půdy. Doba vystavení těchto kartiček a počet semen na kartičkách se v literatuře různí (zpravidla 2-14 dní). Cílem práce je otestovat optimální dobu pro vystavení kartiček, tj. ověřit vztah mezi dobou vystavení, abundancí predátorů a mírou predace semen na kartičkách.

### Metodika

Predace semen bude zjišťována pomocí semenných kartiček, zhotovených z brusného papíru, adhezivního lepidla a semen vybraných druhů plevelů s různými vlastnostmi (např. *Chenopodium album*, *Poa annua*, *Echinochloa crus galli*). Počet semen na jednotlivých kartičkách bude 50. Takto vyrobené kartičky budou vystaveny po různou dobu (2,5,7,14,21 dní) v polních podmínkách. Pro stanovení predace bezobratlými budou kartičky umístěny v kleci, která zamezí přístupu obratlovcům. Predace obratlovců bude následně spočítána z volně vystavených kartiček odečtením predace bezobratlými. Souběžně s vystavením kartiček budou instalovány zemní pasti za účelem odchyty střevlíkovitých brouků, hlavních bezobratlých predátorů semen plevelů v našich podmínkách. Experiment bude zopakován třikrát během vegetační sezóny.

Po stanovené době vystavení budou kartičky přeneseny do laboratoře a spočten počet semen, který na kartičkách zbyl. Tím bude stanovena predace semen obratlovců a bezobratlými. Vztah mezi počtem zbývajících semen, délkou expozice a abundancí predátorů bude analyzován pomocí zobecněného smíšeného modelu v programu R.

**Doporučený rozsah práce**  
dle potřeby

**Klíčová slova**

predace semen; Carabidae; plevele; přežívání; regulace plevelů

---

**Doporučené zdroje informací**

- Baraibar, B.; Westerman, P.R.; Recasens, J. Effects of tillage and irrigation in cereal fields on weed seed removal by seed predators. *Journal of Applied Ecology* 2009, 46, 380-387, doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01614.x.
- Carbonne B., Petit S., Neidel N., Foffova H., Daouti E., Frei B., Skuhrovec J., Řezáč M., Saska P., Wallinger C., Traugott M., Bohan D.A. 2020: The resilience of weed seedbank regulation by carabid beetles, at continental scales, to alternative prey. *Scientific Reports* 10: 19315. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76305-w>
- Foffová H., Cavar Zeljković S., Honěk A., Martinková Z., Tarkowski P., Saska P. 2020: Which Seed Properties Determine the Preferences of Carabid Beetle Seed Predators? *Insects* 11: 757. <https://doi:10.3390/insects11110757>
- Petit, S.; Boursault, A.; Bohan, D.A. Weed seed choice by carabid beetles (Coleoptera: Carabidae): Linking field measurements with laboratory diet assessments. *European Journal of Entomology* 2014, 111, 615-620.
- Westerman, P.R.; Hofman, A.; Vet, L.E.M.; van der Werf, W. Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeaic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture Ecosystems & Environment* 2003, 95, 417-425, doi:10.1016/s0167-8809(02)00224-4.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. RNDr. Pavel Saska, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

**Konzultant**

Ing. Hana Foffová

Elektronicky schváleno dne 24. 2. 2022

**prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 2. 2022

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2023

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením pana doc. RNDr. Pavla Sasky, Ph.D. a konzultantky Ing. Hany Vaškové, Ph.D. Uvedla jsem všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

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

V Praze 13.03.2023

.....

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat panu doc. RNDr. Pavlu Saskovi, Ph.D., za odborný dohled nad mou diplomovou prací. Dále bych ráda poděkovala Ing. Haně Vaškové, Ph.D. za cenné rady a konzultace. Velmi děkuji rodině a příteli Pavlovi za podporu během psaní této práce a celého studia.

V Praze 13.03.2023

.....

## **Abstrakt**

Výskyt plevelů v polích ovlivňuje kvalitu a výnosy zemědělských plodin. K potlačení plevelů se používá chemických přípravků, které mají negativní dopad na životní prostředí a zdraví lidí. Možnou alternativou je využití ekosystémové služby predace semen jejich přirozenými predátory.

Ke zkoumání predace semen byla použita metoda semenných kartiček. Byly použity klece, které z predace vylučují obratlovce a umožňují predaci pouze bezobratlým predátorům a kontrolní klece, které zjišťovaly ztrátu semen vlivem klimatických podmínek. Výzkum byl realizován v polních podmínkách. Zhotovené semenné kartičky se třemi druhy semen plevelů byly vystaveny po dobu 2, 5, 7, 14 a 21 dnů. Zkoumala se optimální doba expozice semenných kartiček, změny predace v průběhu roku, a zda existuje rozdíl v predaci semen obratlovci a bezobratlými predátory.

Optimální dobu expozice lze stanovit na čtrnáct dní, později může docházet ke ztrátám semen ze semenných kartiček v důsledku klimatických faktorů. V průběhu jara a léta došlo k pozvolnému zvýšení míry predace semen. V případě třetího pokusu byl pozorován významný rozdíl v predaci semen ježatky kuří nohy bez opatření ochrannou klecí oproti predaci semen téhož druhu opatřených ochrannou klecí.

Během prvního pokusu činila průměrná dosažená predace 29,2 % semen ježatky kuří nohy, 29,55 % merlíku bílého a 61,3 % lipnice roční. Druhý pokus vykazoval průměrné hodnoty predace 52,3 % semen ježatky kuří nohy, 59,8 % semen merlíku bílého a 59,9 % semen lipnice roční. Během třetího pokusu byla sledována průměrná predace 51,7 % semen ježatky kuří nohy, 25,2 % merlíku bílého a 37 % lipnice roční.

Tato práce může přispět svými výsledky ke zkoumání problematiky plevelů v polích a optimalizaci metody predace semen za pomoci semenných kartiček.

**Klíčová slova:** predace semen, Carabidae, plevele, přežívání, regulace plevelů

## Abstract

The occurrence of weeds in arable fields affects the quality and yield of agricultural crops. Herbicides are used to suppress weeds, which have a negative impact on the environment and human health. A possible alternative might be the promotion of biological regulation by seed predation.

Seed cards were used to investigate seed predation. Cages were used to exclude vertebrates from predation and allow predation only by invertebrate predators and control cages that detect seed loss due to weather conditions were used. The research was carried out in the field conditions. The prepared seed cards with three species of weed seeds were exposed for 2, 5, 7, 14 and 21 days. The optimal time of exposure of seed cards, changes in predation during the year and whether there is a difference in seed predation by vertebrate and invertebrate predators were investigated.

The optimal exposure time can be set at fourteen days, later losses of seeds from seed cards may occur due to climatic factors. There was a gradual increase in the rate of seed predation during the spring and summer. In the case of the third experiment was a significant difference observed in the predation of the seeds of the *Echinochloa crus-galli* (L.) without the provision of an enclosure cage compared to the predation of seeds of the same species provided with an enclosure cage.

During the first trial, the average predation was 29.2% of the seeds of the *Echinochloa crus-galli* (L.), 29.55% of the *Chenopodium album* L. and 61.3% of the *Poa annua* L.. The second experiment showed average predation values of 52.3% of the seeds of the *Echinochloa crus-galli* (L.), 59.8% of the seeds of the *Chenopodium album* L. and 59.9% of the seeds of the *Poa annua* L. During the third trial, an average predation of 51.7% of the seeds of the *Echinochloa crus-galli* (L.), 25.2% of the *Chenopodium album* L. and 37% of the *Poa annua* L. was observed.

This work can contribute with its results to the investigation of the issue of weeds in fields and the optimization of the method of seed predation with the help of seed cards.

**Key words:** seed predation, Carabidae, weeds, survival, weed control

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce .....	10
3. Literární rešerše .....	11
3.1 Predace semen .....	11
3.2 Jak systémy hospodaření ovlivňují predaci semen.....	12
3.3 Predátoři semen .....	14
3.4 Faktory ovlivňující predaci semen .....	16
3.5 Metoda semenných kartiček .....	20
3.6 Jiné metody pro sledování predace semen v polních podmínkách .....	24
3.6.1 Využití Petriho misek.....	24
3.6.2 Využití otevřených plastových kelímků.....	26
3.7 Zemní pasti .....	26
3.8 Popis plevelů použitých v experimentu.....	28
3.8.1 Merlík bílý – <i>Chenopodium album</i> L.....	28
3.8.2 Lipnice roční – <i>Poa annua</i> L. ....	29
3.8.3 Ježatka kuří noha – <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.).....	29
4. Metodika .....	31
4.1 Realizace výzkumu.....	31
4.2 Popis výzkumu .....	31
4.3 Výroba semenných kartiček .....	31
4.4 Umístění semenných kartiček, kontrolních a ochranných klecí.....	31
4.5 Zemní pasti .....	33
4.6 Umístění materiálu v poli .....	35
4.7 Analýza dat.....	36
5. Výsledky .....	37
5.1 Predace semen ze semenných kartiček.....	37
5.2 Kontrolní klece .....	40
5.3 Zemní pasti .....	43
6. Diskuse.....	46
7. Závěr .....	51
Přehled literatury a použitých zdrojů .....	52
Internetové zdroje.....	59
Seznam obrázků .....	60



## 1. Úvod

Plevelé v polích představují velmi závažný problém, jelikož mohou značně snižovat výnosy a kvalitu polních plodin. Predace semen přirozenými predátory může spolu s dalšími opatřeními pomoci regulovat výskyt plevelů v polích.

Z ekologického hlediska lze predaci semen považovat za velmi významnou interakci probíhající mezi rostlinami a živočichy. Jedná se o jednu z nejdůležitějších ekosystémových služeb, která svým působením může přispět k regulaci počtu plevelů.

Hlavní skupiny predátorů semen lze rozdělit na obratlovce, nejčastěji sem lze zařadit ptáky a savce, a dále na bezobratlé zahrnující žížaly, slimáky, suchozemské stejnonožce, plže a hlavně střevlíkovité brouky.

Predace semen může být ovlivněna mnoha faktory, například obsahem nutričních a chemických látek v semenech, velikostí a tvarem semen, tvrdostí osemení, velikostí predátora, hloubkou uložení semen v půdě, výskytem alternativní kořisti, průběhem počasí nebo ročním obdobím.

Nejběžnější metodou pro zjišťování predace semen je použití semenných kartiček exponovaných určitou dobu v terénu. Na kartičky je umístěno přesné množství semen, z nichž se po dané době přepočítá počet zbylých semen. Tento početní rozdíl slouží k vyhodnocení míry predace semen.

Využití predátorů semen k regulaci množství plevelů v polích může pomoci ke snížení potřeby aplikace herbicidů a tím přispět ke zvýšení kvality životního prostředí i produkce plodin. Regulace jednotlivých druhů plevelů je však vlivem predátorů semen velmi různorodá, jelikož preference semen jednotlivými predátory se značně liší. Významný vliv na míru predace semen z kartiček může mít také doba expozice semen v polích. Značné rozdíly mohou existovat také v predaci semen bezobratlými predátory a obratlovci.

## 2. Cíle práce

Hlavním cílem práce bylo zjistit optimální dobu expozice semenných kartiček, jak se predace semen mění v průběhu roku a určit, zda existuje rozdíl v predaci semen obratlovci a bezobratlými predátory. Podstatou práce bylo provedení polního experimentu, který přispěl k vyhodnocení vlivu délky expozice semen na jejich predaci. Rozestupy mezi jednotlivými sběry semenných kartiček pomohly k určení, jaká je neoptimálnější doba vystavení semen. Rozdíl predace obratlovci a bezobratlými byl sledován využitím metody ochranných klecí.

Použitá semena pocházela z rostlin, jejichž výskyt je v hospodářských polích nežádoucí. Jednalo se o merlík bílý patřící do čeledi merlíkovitých, lipnici roční z čeledi lipnicovitých a ježatku kuří nohu náležící do čeledi lipnicovitých. Předpokládali jsme, že s délkou expozice semen bude narůstat míra konzumace semen jejich predátory. Dále jsme předpokládali, že semena větších rozměrů budou preferovaná obratlovci, oproti tomu semena malých rozměrů budou vyhledávána bezobratlými predátory.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Predace semen

Granivorie neboli semenožravost je zvláštní případ herbivorie, který znamená odstraňování a konzumaci semen rostlin zvířaty (Gibson, 2015). Tyto zvířecí predátory následně nazýváme predátory semen (Hulme a Benkman, 2002). Predátory semen plevelů rozlišujeme na obratlovce, například ptáky a savce a bezobratlé, například střevlíky, slimáky a mravence (Sarabi, 2019).

Predace semen snižující hustotu populací plevelů v polích může být považována za cennou službu zemědělství (Meiss a kol. 2010). Ekosystémové služby jsou podmínky a procesy, jejichž prostřednictvím přírodní ekosystémy a druhy, které je tvoří, obohacují lidský život (Daily, 1997). Zemědělské ekosystémy poskytují lidem potravu, pícniny, bioenergie a léčiva a jsou nezbytné pro lidské blaho. Tyto systémy spoléhají na ekosystémové služby poskytované přírodními ekosystémy, včetně opylování, biologické regulace škůdců, koloběhu živin a hydrologických služeb. V závislosti na zvolených postupech může být zemědělství také zdrojem mnoha negativních služeb, včetně ztráty přirozeného prostředí, odtoku živin, sedimentace vodních toků, emisí skleníkových plynů a otravy necílových druhů pesticidy (Power, 2010). Jak upozorňuje Witmer (2022), například hlodavci mohou v polích poskytovat jak ekosystémové prospěšné, tak negativní služby. Hlodavci mohou přispívat nejen k úbytku semen polních plevelů, ale také k úbytku semen pěstovaných obilnin.

Půdní zásoba (anglicky seed bank) označuje soubor živých semen nacházejících se v půdě (Kůrová, 2014) a je hlavním zdrojem plevelů na zemědělských polích (Van der Laat a kol. 2015). Plevelé pěstovaným plodinám snižují přísun živin, vody, světla a prostoru k růstu a tím přispívají ke snižování výnosu plodin (Winkler, 2013). Vlastnosti semen, jako například velikost, tvar a struktura povrchu, ovlivňují pronikání semen do půdy. Větší šanci dostat se do malých prostor v půdě mají semena malých rozměrů s hladkým povrchem. Drobnější semena mohou být snáze přehlédnuta predátory semen, což usnadňuje jejich zanesení do půdní zásoby, kde jsou před predátory lépe chráněna (Kůrová, 2014). Jak zmiňuje Baraibar a kol. (2009), predátoři semen se obvykle vyhýbají vyhledávání semen uložených v půdě z důvodu úspory času a energie. Vyšší šance na predaci jsou u

semen na povrchu půdy. Jednotlivé druhy semen se odlišují různou dobou klíčivosti, od několika týdnů po několik let. Například klíčivost semen hluchavky bílé (*Lamium album* L.) je možná i po 600 letech (Kůrová, 2014). Predace semen plevelných rostlin tak může významně omezit vstupy do půdní zásoby, a tím může snížit negativní dopad plevelů, který je pro zemědělce nežádoucí (Birthisel a kol. 2015).

Predace semen je sezónní záležitostí a její úroveň v čase je velmi proměnlivá (Mauchline a kol. 2005). V zimním období a na jaře je predace semen nízká, zvyšuje se od poloviny léta a klesá na podzim (Birthisel a kol. 2015). Stejnou dynamiku predace semen během svého pokusu sledovala i Westerman a kol. (2003). Tato dynamika pravděpodobně odráží jak dostupnost semen, tak vliv klimatických podmínek na predátory semen (Birthisel a kol. 2015). Zatímco bezobratlí jsou v období mimo vegetační sezonu neaktivní nebo spící, všežraví hlodavci, jako například křeček dlouhoocasý (*Peromyscus manicuatus* (Wagner, 1845)) jsou aktivní po celý rok (Abercrombie a kol. 2017). Kolb a kol. (2007) zmiňuje, že v rámci daného systému se predace semen může podstatně lišit také rok od roku a místo od místa. Kolísání predace semen může vyplývat ze změn v množství semen nebo predátorů mezi jednotlivými roky. Predace semen se může lišit také v daném roce, například u časně nebo pozdně kvetoucích rostlin.

Využívání pesticidů jako způsobu ochrany před rozšiřováním plevelů v polích je potenciální příčinou ztráty biodiverzity (Brittain a kol. 2010). Jejich aplikace v agroekosystémech může mít škodlivé účinky na organismy a lidské zdraví, a to jak přímým, tak nepřímým působením (Marin-Morales a kol. 2013). Využití predace semen spolu s dalšími nechemickými opatřeními může pomoci snížit používání herbicidů a snížit tak finanční náklady a zatížení životního prostředí (Baraibar a kol. 2009). Naopak Petit a kol. (2014) zmiňuje, že navzdory doposud získaným výsledkům v oblasti predace semen je těžké posoudit, zda se lze na predaci semen spolehnout jako na částečnou nebo úplnou náhradu za odstraňování plevelů pomocí herbicidů.

### **3.2 Jak systémy hospodaření ovlivňují predaci semen**

Plevele v polích významně snižují výnos a kvalitu polních plodin, narušují sklizeň nebo se mohou projevit jako parazité rostlin. Plevel je nejzávažnějším

škodlivým organismem, ztráty výnosů převyšují ztráty způsobené hlodavci, hmyzem či chorobami (Abouzienna a Haggag, 2016). Rao (2000) ve své knize uvádí, že na celkové roční ztrátě zemědělské produkce připadá na plevel 45 %, hmyz 30 %, choroby 20 % a ostatní škůdce 5 %. Roční celosvětové ztráty způsobené pouze plevely se odhadují na přibližně 10-15 % dosažitelné produkce mezi hlavními zdroji potravin (Abouzienna a Haggag, 2016).

Predace semen je důležitou ekosystémovou službou (Davis a Raghu, 2010) a lze ji považovat za jeden z nejdůležitějších způsobů přirozeného potlačování semen plevelů v agroekosystémech (Sarabi, 2019). Jedná se o formu biologické regulace, která může přispět ke snížení potřeby chemické a mechanické regulace plevelů v porostech plodin (White a kol. 2007). Právě zajištění budoucích výnosů plodin a zároveň minimalizace dopadů zemědělství na životní prostředí vyžaduje, abychom přijali management, který nahradí pesticidy podporou semenožravých predátorů (Petit a kol. 2017).

Na intenzifikaci zemědělství, která zahrnuje využívání pesticidů, je nahlíženo jako na příčinu poklesu biologické rozmanitosti (Brittain a kol. 2010). Semena plevelů tvoří důležitou součást potravy živočichů včetně bezobratlých, drobných savců a ptáků. Snížená dostupnost tohoto potravinového zdroje je pravděpodobně hlavní příčinou ztráty biologické rozmanitosti těchto živočichů pozorované v zemědělsky využívané krajině v posledních desetiletích (Meiss a kol. 2010). Negativní vliv může mít využití pesticidů například na opylovače, kteří prostřednictvím opylení květin a plodin poskytují klíčovou ekosystémovou službu (Brittain a kol. 2010).

Jak zmiňuje Lami a kol. (2020), používání herbicidů může postupem času přispět k rezistenci plevelů vůči této formě hubení. Takto rezistentní plevele jsou schopné odolat takovému množství herbicidů, které by za normálních podmínek potlačilo danou populaci. Jedná se o proces, kdy se populace plevelů přizpůsobují podmínkám prostředí, v tomto případě působení herbicidu. Rezistence je dědičná schopnost, která může být přenášena na další populace (Jursík a kol. 2011).

Jedním ze způsobů, jak obnovit biologickou rozmanitost a zvýšit predaci semen, by mohlo být zavedení ekologického zemědělství. Ekologicky obhospodařované farmy mají obecně vyšší biologickou rozmanitost, která zahrnuje

predátory semen, jako jsou ptáci, hlodavci a střevlíkovití brouci. Přechod na ekologické zemědělství zpočátku může vést k vyšší produkci semen plevelů, avšak taktéž zvýšená míra přirozených ztrát semen predátory může udržet populace plevelů na přijatelné úrovni. Přilehlá neproduktivní stanoviště mohou také zlepšit biologickou kontrolu plevelů. Trvalé kultury na hranici pole, jako jsou živé ploty a pásy s travinnou a bylinnou vegetací, mohou být vhodným úkrytem pro užitečné predátory semen (Navntoft a kol. 2009).

### **3.3 Predátoři semen**

Predátoři, kteří využívají semena plevelů jako důležitý zdroj potravy, mohou vést k potlačení výskytu plevelných rostlin v polních podmínkách (Sarabi, 2019). Predátory semen rozlišujeme dle fáze predace semen na pre-disperzní a post-disperzní (White a kol. 2007).

Pre-disperzní predace semen probíhá, když jsou semena stále na mateřské rostlině (Kolb a kol. 2007). Pre-disperzní predace snižuje produkci semen a generační schopnosti rostlin (Lundgren, 2009). Predátoři v této fázi konzumují semena přímo z mateřské rostliny ještě před jejich uvolněním na půdní povrch. V této fázi je možný zánik až 95 % semen (Fenner, 1985), jedná se tedy o nejcitlivější fázi životního cyklu rostlin (Sarabi, 2019), která ovlivňuje počet semen uložených v půdní zásobě (Lundgren, 2009). Většina pre-disperzních predátorů je hmyz specializovaný na jeden rostlinný druh, rod nebo čeleď. Je známo, že jsou predátoři přitahováni chemickými látkami v semenech či velikostí květenství (Sarabi, 2019). Pre-disperzní predaci lze hodnotit odhadem ztráty semen z reprodukčních struktur (Gibson, 2015).

Post-disperzní predace semen je důležitou součástí životního cyklu rostliny (Gibson, 2015), která nastává po rozptýlu semen z mateřské rostliny na půdní povrch. Predátoři této fáze zahrnují širokou škálu obratlovců a bezobratlých. V zemědělských systémech jsou nejběžnějšími zástupci hlodavci, mravenci a střevlíkovití. Jednotlivé organismy mají rozdílnou mobilitu, preferenci potravy a stanovišť, proto mohou v polních podmínkách reagovat značně odlišně (Sarabi, 2019). Post-disperzní predaci lze hodnotit pozorováním ztráty semen umístěných na konkrétních a označených stanovištích (Gibson, 2015).

Mnoho predátorů semen se živí jak pre-disperzní, tak post-disperzní predací (Hulme a Benkman, 2002), ovšem veškerí predátoři nemusí být pouze specializovaní predátoři semen (Mauchline a kol. 2005). Omnivorní neboli všežravý způsob obživy spočívá v kombinování stravy, kdy se nutriční kvalita jednoho druhu potravy (rostlinná část) zvyšuje požitím jiného druhu potravy (kořist). Tento způsob obživy je běžný pro mnoho druhů savců, ptáků, hmyzu i ryb (Barbosa a Castellanos, 2005). Například jak uvádí Mauchline a kol. (2005) ve výsledcích experimentu, brouk čeledi střevlíkovitých, *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798), který byl během pokusu nejběžnějším střevlíkem konzumující semena, je především dravý druh a semena konzumuje pouze jako součást své potravy. Foffová a kol. (2020) během provedeného pokusu zjistili, že preference semen se může u různých semenožravých druhů v rámci jedné čeledi lišit. Konkrétně u tribů Harpalini a Zabrinini z čeledi střevlíkovitých byla pozorována odlišná preference semen. Petit a kol. (2014) došli k závěru, že konkrétně střevlíkovitými predátory mohou být regulovány pouze omezené druhy plevelů dle preferencí predátora.

Harwood a Obrycki (2005) upozorňují, že přestože predátoři semen mohou konzumovat cílová semena, jejich polyfágní stravovací návyky mohou vést ke konzumaci dalších alternativních zdrojů potravy kromě semen. Dostupnost alternativní kořisti může ovlivňovat intenzitu predace v průběhu sezóny (Rush a kol. 2022). Jak ve výsledcích výzkumu uvádí Carbonne a kol. (2020), výskyt alternativní kořisti může mít negativní vliv na predaci semen plevelů v polních podmínkách.

Výsledky studie Baraibar a kol. (2012) naznačují, že jednotliví predátoři semen reagují rozdílně na hustotu a prostorové rozložení semen v poli. Hlodavci byli dle výsledků lákáni především shlukem semen o vyšších hustotách, oproti tomu bezobratlí na hustotu semen nereagovali. Hlodavci mohou ve srovnání s bezobratlími snadněji prozkoumávat plochy větších rozměrů díky vyšší pohyblivosti, hustotu semen pak mohou detekovat pomocí čichových a vizuálních podnětů. Dle výsledků experimentu provedeného Abercrombie a kol. (2017) hlodavci odstranili téměř dvakrát tolik semen než bezobratlí bez ohledu na roční období.

### 3.4 Faktory ovlivňující predaci semen

Rozlišujeme velké množství faktorů, které mohou ovlivnit predaci semen. Jedná se například o klimatické faktory nebo komplexnost krajiny. Další významný vliv na predaci semen může mít systém hospodaření na daných půdních blocích, jako například zavedení konvenčního nebo ekologického zemědělství, intenzitu a režim zpracování půdy, výskyt krycích plodin a využití pesticidů v polích (Sarabi, 2019). V závislosti na druhu semen můžeme rozlišovat další faktory ovlivňující predaci semen. Jedná se o obsah nutričních a chemických látek v semenech, velikost semen a tvrdost osetí (Hulme a Benkman, 2002). V neposlední řadě může míru predace ovlivňovat výskyt alternativní kořisti.

Klimatické faktory, jako například vítr, déšť nebo teplota vzduchu mohou napomáhat ukládání semen do půdní zásoby a ovlivňovat tím predaci semen. Jak zjistili Peco a kol. (2014), predace semen obratlovci se snižuje s výskytem srážek, oproti tomu predace semen bezobratlými se zvyšuje s narůstající teplotou. Ovšem predace semen některými predátory může být naopak limitovaná teplotou. Jak pozorovali Saska a kol. (2010) u granivorního střevlíka *Pseudoophonus rufipes* (De Geer, 1774) byla limitním faktorem v predaci semen teplota 20°C. Noční oblačnost může mít vliv na míru predace semen. Dle uskutečněného výzkumu nebezpečí pohybu pod dobře osvětlenou oblohou odradilo hlodavce od hledání potravy (Davis a Raghu, 2010). Také geografické podmínky mohou spolu s místním klimatem ovlivňovat predaci semen. Podnebí, které podporuje zvýšenou produkci rostlinné biomasy, může být také prostředím, které podporuje vyšší hustotu jednotlivých predátorů semen. Toto spojení vede k vyšší míře predace semen. Zvýšená hojnost a rozmanitost semenožravých mravenců, hlodavců a ptáků byla dle pozorování spojena i s výskytem srážek (Orrock a kol. 2015).

Dosavadní studie zjistily, že intenzita zpracování půdy má negativní dopad na predaci semen (Trichard a kol. 2013). Režim zpracování půdy může změnit nejen kvalitu půdy, ale její intenzivní narušení může ovlivnit životní cykly bezobratlých a snížit tím jejich populace nebo způsobit méně příznivá stanoviště. Predace semen plevelů má tendenci narůstat v závislosti na snižování intenzity obhospodařování plodin na poli (Petit a kol. 2017).



Konvenční zpracování půdy zahrnující orbu zvyšuje erozi půdy, naopak snižuje půdní pokryv a také predaci semen. Semena se dostávají hlouběji pod půdní povrch a stávají se méně dostupná pro predátory semen (Law a Gallagher, 2018). Na zavedení nevhodného obhospodařování půdy, které napomáhá ukládání semen plevelů do půdní zásoby, upozorňuje také Van der Laat a kol. (2015). Nevhodným obhospodařováním totiž dochází ke zvýšení pórovitosti půdního povrchu, což vede ke snadnějšímu ukládání semen (Sarabi, 2019) a tím znemožnění predace semen.

Oproti tomu ekologické zemědělství je založené na minimálním narušení půdy a střídání plodin (Lami a kol. 2020). Tento postup díky minimálnímu zásahu do prostředí pozitivně ovlivňuje výskyt a diverzitu bezobratlých predátorů a vede také k hromadění semen plevelů blízko povrchu. Díky tomu se semena stávají dostupnější pro predátory (Trichard a kol. 2014). Například Cromar a kol. (1999) během svých pokusů zjistil, že predace semen byla vyšší v prostředí bez využití orby oproti orbě s využitím dlátového pluhu. Dle Winklera (2013) v polích s převahou obilnin dochází k poklesu druhů a množství plevelů, ovšem narůstá četnost značně škodlivých druhů, například svízele přítuly. Naopak při dodržování pestrého osevního postupu a střídání plodin stoupá míra zaplevelení, ovšem vyskytují se méně škodlivé druhy, například zástupci z čeledi hluchavkovitých. Jak uvádí Van Alfen (2014), orba může přispět k uložení semen plevelů pod půdní povrch, avšak zároveň vynese na povrch semena uložená z dřívějších dob. Naopak využití bezorebného systému může podpořit predaci semen, protože je více semen ponecháno na povrchu půdy a jsou tak dostupnější pro predátory (Sarabi, 2019).

Ukázalo se, že komplexnost krajiny v podobě malých polí s remízky podporuje predaci semen v polích tím, že poskytuje dostatek vhodných stanovišť a úkrytů pro bezobratlé predátory i obratlovce (Trichard a kol. 2013). Abercrombie a kol. (2017) ve výsledcích výzkumu ukazují, že hlodavci migrující z neprodukcčních stanovišť do zemědělských polí mohou zvýšit predaci semen zejména podél okrajů polí. Méně narušené biotopy v blízkosti zemědělských polí představují například pro populace střevlíkovitých vhodný úkryt, přezimovací stanoviště a zajištění potravy (Menalled a kol. 2001). Také Baraibar a kol. (2009) zmiňuje, že se hlodavci uchylují k okrajům polí s vegetací, aby se vyhnuli holé půdě, nebo využívají okraje polí jako trvalé stanoviště při hledání potravy na polích s plodinami.

Vliv na predaci mohou mít také krycí plodiny. Krycí plodiny ponechané v poli brání růstu plevelných rostlin a následné produkci semen. Ponechání krycích plodin na zemědělské půdě poskytuje stanoviště predátorům semen, čímž se zvyšuje jejich populace a množství spotřebovaných semen (Cromar a kol. 1999). Oproti tomu Van der Laat a kol. (2015) zmiňuje, že ponechání krycích plodin může představovat překážku pro predátory a snižovat tak jejich mobilitu.

Dosavadní zjištění ukazují, že intenzivní využití pesticidů v polích může negativně ovlivnit míru predace semen a populace střevlíkovitých (Menalled a kol. 2001). Pesticidy způsobují přímou úmrtnost jedinců, narušení přezimovacích míst a snížení dostupnosti vhodné potravy (Menalled a kol. 2007). Dalšími zasaženými skupinami predátorů semen, které negativně ovlivňuje využívání pesticidů, mohou být kromě střevlíkovitých populace ptáků, hmyzu, pavouků a hlodavců (Aktar a kol. 2009).

Z mechanického hlediska mohou některá semena vyžadovat velkou tlakovou sílu, aby došlo k prolomení jejich osemení a otevření. Například hlodavci mohou být v tomto směru přizpůsobení silnou vrstvou zubní skloviny (Goin a kol. 2015). Některá semena se mohou vyznačovat nejen tvrdým obalem, ale také obsahem látek jedovatých pro predátory, čímž se stávají nepoživatelná. Může se jednat například o alkaloidní glykosidy obsažené v semenech zástupců patřících do čeledi bobovitých rostlin (*Fabaceae*) (Kůrová, 2014). Vliv na predaci semen může mít také fakt, zda se jedná o semena suchá či nabotnalá vodou. V nabotnalých semenech mohou probíhat chemické procesy vedoucí ke značnému uvolňování těkavých látek, například acetaldehydu nebo etanolu. Tyto látky mohou pomoci ke snazšímu vyhledání semen v půdě a tím pádem k vyšší spotřebě predátory semen (Kulkarni a kol. 2017).

Velikost semen ovlivňuje životnost semen v půdě a úspěšnost klíčení. Rostliny s malými semeny často produkují velké množství semen, která se vyznačují vyšší odolností pro uložení do půdní zásoby. Oproti tomu rostliny produkující velká semena často produkují menší množství semen, avšak s vyšší konkurenční schopností upotřebenou při klíčení (Bretagnolle a kol. 2015). Jak zmiňuje Leck (2012), obecně je vyšší predační tlak na velká semena, zejména s tenkým osemením, než na malá semena nebo semena s tvrdým osemením.

Predaci semen mohou ovlivnit také morfologické vlastnosti samotného predátora. Například u střevlíků bylo prokázáno, že jedinci s většími tělesnými rozměry preferují větší semena rostlin, zatímco jedinci menších rozměrů upřednostňují semena výrazně menších velikostí. Tyto preference predátorů jsou ovlivněny jejich schopnostmi uchopit a konzumovat daná semena (Kulkarni a kol. 2015). Semena kulatého tvaru mohou být střevlíkovitými méně vyhledávaná. S kulatými semeny se v porovnání s plochými semeny hůře manipuluje, protože mohou vyskakovat z kusadel (Foffová a kol. 2020).

V semenech krytosemenných se nacházejí tři různé kategorie zásobních molekul, konkrétně mastné kyseliny, proteiny a uhlohydráty, především škrob. Avšak zásoby semen krytosemenných rostlin jsou tvořeny převážně oleji anebo sacharidy. Nemastná semena obsahují ve většině případů škrob, zatímco olejnatá semena obsahují různé množství mastných kyselin (Bretagnolle a kol. 2015). Semena rostlin mají vysokou nutriční hodnotu právě díky vysokému obsahu tuku. Tuky jsou hlavní energetickou rezervou, protože poskytují dvakrát více energie než sacharidy na jednotku hmotnosti a jsou zdrojem potravy široce využívaným různými predátory (Goin a kol. 2015). Náročnost produkce mastných kyselin je však pro rostlinu vyšší než produkce sacharidů (Bretagnolle a kol. 2015). Bretagnolle a kol. (2015) dle výsledků svého výzkumu uvádí, že těžší semena obsahovala méně olejů v přepočtu na gram oproti lehčím semenům. Tím se mohou semena menších velikostí stávat dostupnější a hodnotnější potravou pro predátory semen (Bretagnolle a kol. 2015).

Dalším faktorem ovlivňujícím predaci semen v polích může být výskyt alternativní kořisti. Většina predátorů konzumujících semena není specializována pouze granivorně, ale jsou obvykle řazeni do více trofických skupin, buď jako masožravci, nebo všežravci. Jak zjistili Carbonne a kol. (2020) dle uskutečněného výzkumu, počet semen zkonsumovaných střevlíkovitými se výrazně snížil kvůli výskytu alternativní kořisti, kterou tvořily mšice (Carbonne a kol. 2020).

Predace semen může být proměnlivá v průběhu roku (Mauchline a kol. 2005) vlivem dostupnosti semen a vlivem klimatických podmínek. Je známo, že v průběhu zimy a zpočátku jara je predace semen nízká, avšak od poloviny léta se zvyšuje a s příchodem podzimu opět klesá (Birthisel a kol. 2015).

### 3.5 Metoda semenných kartiček

Metoda semenných kartiček byla poprvé použita kolektivem autorů Westerman a kol. (2003). Pro zhotovení karet bylo využito pevného brusného papíru o zrnitosti 60 a 80 a o rozměrech přibližně 4 x 9,5 cm. Kartičky této velikosti byly nastříkány lepidlem ve spreji, které umožnilo připevnění libovolného počtu semen (Westerman a kol. 2003). Použitím lepidla ve spreji bylo zajištěno, že semena zůstala za normálních povětrnostních podmínek připevněna k podkladu, ale zároveň byla dostupná pro predátory semen, kteří mohli exponovaná semena bez obtíží uvolnit (Deadlow a kol. 2014). Zbývající lepidlo bylo pokryto jemným pískem, aby se zabránilo přilepení bezobratlých živočichů ke kartě. Takto zhotovené a na poli umístěné karty nebyly ohýbány z důvodu vlhka či větru a ani se neprojevíly známky promočení deštěm. Kartičky byly k povrchu půdy připevněny hřebíky (Westerman a kol. 2003).

Westerman a kol. (2003) připevnili na semenné kartičky různé počty od jednotlivých druhů semen, avšak vždy množství o stejné váze, tedy o 20-21 g. Další z možností je připevnit na semennou kartičku stejný počet semen od všech plevelů. Tuto metodu využili například Lami a kol. (2020), kteří na semenné kartičky umístili po 30 kusech semen. Jednotlivé postupy vybraných autorů můžeme porovnat v Tabulce 1.

Odlišnosti lze pozorovat také v přípravě použitých semen. Westerman a kol. (2003) použili pro svůj pokus semena nevařená. Oproti tomu Baraibar a kol. (2012) použili zároveň semena vařená 5 minut ve vodě i semena nevařená, ovšem nezaznamenali významný rozdíl v preferencích.

Během pokusu lze část zhotovených karet využít jako kontrolní karty. Ty pomáhají vyhodnotit ztrátu semen v důsledku jiných příčin než predace semen, tedy například působením větru či deště. Tyto kontrolní karty lze umístit do klecí vyrobených z kovové drátěné sítě o velikosti ok 1 x 1 mm, čímž se stávají zcela výlučné pro predátory semen (Meiss a kol. 2010). Westerman a kol. (2003) umístili kontrolní karty do klecí vyrobených z drátěného pletiva s velikostí ok 1 x 1 cm, které se nacházely 10 cm nad povrchem pole. Podepřeny byly ocelovými stanovými kolíky, které byly opatřeny oboustrannou lepicí páskou, aby se zabránilo šplhání bezobratlých živočichů.

Na poli vystavené karty lze pro účely experimentu překrýt klecí z drátěného pletiva. Velikost ok použitého pletiva se může lišit. Například Westerman a kol. (2003) vyrobili klece z pletiva s velikostí ok 1 x 1 mm, Baraibar a kol. (2012) použili síť s rozměry ok 8,7 x 8,7 mm. Klece lze k zemi připevnit pomocí ocelových hřebíků (Westerman a kol. 2003). Těmito klecemi opatřené karty jsou dostupné pouze bezobratlým živočichům a zabrání se predaci obratlovců (Baraibar a kol. 2012).

Semenné kartičky slouží ke zjišťování predace semen na základě sledování úbytku semen připevněných k podkladu kartiček (Westerman a kol. 2003).

Příprava semenných kartiček se v jednotlivých experimentech značně liší, například v druhu použitých karet, v počtu exponovaných kartiček během pokusu, ve velikosti vyrobených kartiček, v množství připevněných semen na kartičkách, v době expozice kartiček, ve využití kontrolních klecí a ve využití klecí vylučujících predaci obratlovců. V Tabulce 1 je možné porovnat tyto rozdíly mezi použitými semennými kartičkami jednotlivých autorů. Další odlišnosti lze pozorovat například ve využití semen vařených nebo semen v nezměněném stavu (Westerman a kol. 2003, Baraibar a kol. 2012).

Další rozdílnosti v metodách semenných kartiček mohou být v místě, kde dojde k počítání sežraných semen.

Meiss a kol. (2010) počítali zkonzumovaná semena ze semenných kartiček rovnou na poli. Taktéž Brust a House (1988) prováděli sběr a počítání kartiček přímo na poli za pomoci lupy. Naopak Saska a kol. (2008) prováděli sběr semenných kartiček z pole do obálek. Následné počítání zbylých semen probíhalo v laboratorních podmínkách. Tento odečet může změnit počet sesbíraných semen na kartičce, neboť při nevhodné manipulaci s kartičkami může dojít k odpadnutí semen.

Tabulka 1 Porovnání metody semenných kartiček s jinými autory – výběr příkladů

Autor	Druh použitých semen	Počet najednou exponovaných kartiček (ks)	Velikost kartiček (cm x cm)	Množství použitých semen (na 1 kartičku)	Doba expozice kartiček (dny)	Využití kontrolní klece	Kontrolní klece – materiál, velikost	Kontrolní klece – velikost ok	Využití ochranné klece vylučující obratlovce	Klece vylučující obratlovce – materiál, velikost	Klece vylučující obratlovce – velikost ok
Baraibar a kol. 2012	Jílek mnohokvětý	20	5 x 12.5	40 ks	18 (4. den a poté každé dva dny)	ano	Pletivo	0,56 mm	ano	20 x 10 x 5 cm Kovová síť	1 cm
Davis a Raghv, 2010	Mračňák Theophrastů v Ambrozie trojklaná Bér ohnutý	-	10 x 15	30 ks	2	ano	-	-	ano	30 x 30 cm Pletivo	1 mm
Dieköttera kol. 2010	Škarka dvouletá Pampeliška lékařská Violka rolní Kokoška pastuší tobolka	-	7.7 x 14	15 ks, 20 ks, 20 ks, 40 ks	4	ano	Výška 25 cm, průměr 20 cm Pozinkované kované pletivo	1.5 mm	ano	Výška 25 cm, průměr 20 cm Pozinkované kované pletivo	12.7 mm
Gaines a Gratton. 2010	Mračňák Theophrastů v Ambrozie trojklaná Bér ohnutý Laskavec ohnutý	720	7 x 7	50	7	ano	Látkový síťovaný sáček	1 mm	ano	Kované pletivo	1.25 cm

Tabulka 2 – pokračování

Autor	Druh použitých semen	Počet najednou exponovaných kartiček (ks)	Velikost kartiček (cm x cm)	Množství použitých semen (na 1 kartičku)	Doba expozice kartiček (dny)	Využití kontrolní klece	Kontrolní klece – materiál, velikost	Kontrolní klece – velikost ok	Využití ochranné klece vylučující obratlovce	Klece vylučující obratlovce – velikost ok
Heggenstaller a kol. 2006	Bérohnutý Mračňák Theophrastův	12	6 x 8	50	2	ano	Kovová síť 12 x 12 x 2 cm	-	ne	x
Lami a kol. 2020	Laskavec rozkladitý Ježatka kuří noha Kulažnice indická Pupalka dvouletá Mák vlčí Rdesno červivec Pampeliška lékařská Sporyš lékařský	16	11 x 6	30	3	ano	Kovová síťová klec	-	ano	1 cm
O'Rourke a kol. 2006	Bérohnutý	-	7 x 9	50	2	ano	Kovové sáčky 12 x 12 cm	1 mm <sup>2</sup>	ano	Kovová síť, průměr 12 cm
Petit a kol. 2014	Kokoška pastuší tobolka Violka rolní Psárka polní Rozrazil	168	5.5 x 14	20	7	ano	-	1 cm	ano	1.6 cm <sup>2</sup>  10 x 17.5 x 3.75 1.25 cm

### 3.6 Jiné metody pro sledování predace semen v polních podmínkách

Kromě metody semenných kartiček lze sledovat predaci semen v polních podmínkách využitím Petriho misek, které obsahují pouze semena plevelů (Fischer a kol. 2011) nebo jsou naplněny zeminou, na níž jsou umístěna semena (Mauchline a kol. 2005). Další možnou metodou je využití plastových kelímků, které jsou naplněny semeny (Jonason a kol. 2013).

#### 3.6.1 Využití Petriho misek

Fischer a kol. (2011) ve svém pokusu sledovali predaci semen čtyř druhů plevelů, konkrétně se jednalo o pcháč rolní (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), lipnici obecnou (*Poa trivialis* L.), svízel přítulu (*Galium aparine* L.) a chundelku metlici (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.) Semena byla sušena 24 hodin při 40 °C a napočítána od každého druhu po určitém počtu či hmotnosti. Semena byla následně exponována na poli v Petriho miskách o průměru 35 mm a výšce 10 mm. Pro konkrétnější výsledky byly Petriho misky se semeny opatřeny klecemi vylučujícími predátory. Klec s velikostí oka 12,7 mm sloužila k vyloučení predace obratlovci. Klec s velikostí ok 1 mm vylučovala obratlovce i bezobratlé. Zbylé Petriho misky byly ponechány bez klecí a byla tak umožněna predace obratlovci i bezobratlými. Klece měly rozměry 210 x 210 x 60 mm a k půdnímu povrchu byly připevněny kovovými kolíky. Aby byly Petriho misky chráněny před deštěm, bylo každé stanoviště zakryto plastovými střechemi. Expozice semen v poli trvala dva dny. Odstranění semen bylo vypočteno jako počet zbývajících semen z počátečního počtu nebo hmotnosti semen. Pro zjištění predátorů semen vyskytujících se na poli, byly využity pasti. Drobní savci byli chyceni do pastí s vícenásobným odchytem o rozměrech 240 x 60 x 90 mm a poté označeni trvalým mikrotetováním. Střevlíkovití a slimáci byli chyceni do pastí o průměru 90 mm, které byly naplněny 50 % etylenglykolem. Dle získaných výsledků měla na predaci semen vliv fyziologická omezení predátorů konzumovat různé druhy semen a dále obsah živin v semenech. Vyloučení obratlovců snížilo predaci velkých semen svízele přítuly a pcháče rolního, která mají zároveň vyšší obsah živin. Nejrychleji konzumovaná semena byla semena pcháče rolního, který byl vyhledáván jak malými obratlovci, tak středně velkými a velkými střevlíky. Oproti tomu malá semena lipnice obecné a chundelky metlice byla



predátory konzumována jen málo. Významnou část semen mohou konzumovat také drobní bezobratlí, například mravenci, suchozemští stejnonožci a malí slimáci, jak se projevilo na predaci semen s klecemi vylučujícími obratlovce a velké bezobratlé.

Mauchline a kol. (2005) pro svůj pokus využili také Petriho misek. Jako zkoumané plevely posloužily merlík bílý (*Chenopodium album* L.), hořčice polní (*Sinapis arvensis* L.), ptačinec prostřední (*Stellaria media* (L.) Vill.) a truskavec ptačí (*Polygonum aviculare* L.). V polystyrenových Petriho miskách byla obsažena vrstva proseté zeminy z pole, na níž byla umístěna semena plevelů. Použité Petriho misky měly průměr 14 cm a byly naplněny zeminou do hloubky 13 mm. Misky nebyly zeminou naplněné celé, u horního okraje zbývaly nezaplňené 4 mm z důvodu minimalizace ztrát semen v důsledku vyplavení deštěm. Každá miska měla ve dně drenážní otvory o průměru 7 mm. Misky byly vyloženy jemnou polyesterovou síťovinou, aby mohla unikat dešťová voda, ale ne semena. Takto zhotovené Petriho misky byly zahlobeny v rovině s půdním povrchem. Od každého ze sledovaných druhů semen bylo použito 1000 kusů. Na každé misce se nacházela semena pouze jednoho druhu. Semena byla exponovaná po dobu dvou týdnů, poté byly Petriho misky odebrány, semena spočítána a pokus se mohl znovu opakovat. Okolní půda byla pečlivě ručně prohledána, zda neobsahuje semena, která mohla vypadnout na okolní půdu. Na poli byly umístěny pasti naplněné ethylenglykolem, které se vyprazdňovaly každých 14 dní. Mauchline a kol. (2005) zjistili variabilitu míry predace v průběhu roku. S počátkem jara byla míra predace vyšší a klesala od poloviny léta. Například u ptačince prostředního bylo více než 98 % semen zkonzumováno predátory v důsledku predace v květnu, ovšem postupný pokles predace během léta dospěl ke ztrátám přibližně 50 % na začátku září. Největší velikost ok výlučných klecí měla za cíl vyloučit ptačí predátory, ovšem neměla žádný významný vliv na úroveň predace u žádného z druhů plevelů. Další velikost ok o velikost 6 mm vylučovala malé savce. Toto opatření významně snížilo predaci semen truskavce ptačího a merlíku bílého. Do zemních pastí bylo chyceno celkem 37 druhů střevlíkovitých. Nejhojnějším druhem byl *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798).

### 3.6.2 Využití otevřených plastových kelímků

Jonason a kol. (2013) provedli pokusy na obilných polích ve Švédsku. Pro účely pokusu využili semena violky rolní (*Viola arvensis* Murray), ptačince prostředního (*Stellaria media* (L.) Vill.) a kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa-pastoris* L. Medik). Jedná se o druhy semen, která se často vyskytují na orných polích ve Švédsku a která se liší v průměrné hmotnosti semen. Od každého druhu semen bylo napočítáno 25 kusů a byla společně umístěna do otevřených plastových kelímků. Kelímky měly průměr 75 mm a výšku 35 mm. Aby měli přístup k semenům střevlíkovití všech velikostí, byly na stěnách kelímků vyříznuty čtyři otvory o šířce 2 cm od shora dolů až k úrovni půdy. Kelímky byly opatřeny střechami, které měly chránit semena před deštěm a predátory z řad ptáků. Semena byla exponována po dobu čtyř dnů ve dvou termínech. Odstraněná semena byla považována za zkonsumovaná a byla tak považována za měřítko predace semen. Do půdy byly zahloubené pasti, které sloužily ke vzorkování predátorů semen z řad střevlíkovitých. Pasti byly naplněny 50 % propylenglykolem jako konzervačním činidlem a byly umístěné ve stejnou dobu, kdy probíhal experiment. Průměrná predace semen byla vysoká, protože 66 % všech semen bylo odstraněno po čtyřech dnech. Mezi nejhojněji se vyskytující predátory patřili střevlíci rodů *Pterostichus* a *Trechus*. Predace semen byla vyšší v jednoduchých krajinách, kde dominovaly jednoleté plodiny. Jonason a kol. (2013) předpokládají, že spotřeba semen na jedince pozitivně souvisí s tělesnou hmotností. Méně jedinců predátorů větších rozměrů může stále konzumovat více semen než více malých predátorů. Zjištěná predace semen pozitivně souvisela s druhovou bohatostí střevlíkovitých, avšak nebyla významně ovlivněna zavedeným ekologickým zemědělstvím.

### 3.7 Zemní pasti

Zemní pasti jsou jednou z nejčastěji používaných metod odběru vzorků bezobratlých živočichů. Velikou výhodou této metody je její finanční i časová nenáročnost (Woodcock a kol. 2005). Zemní pasti lze využít v různých ekosystémech, od arktické tundry po tropické deštné pralesy. Metodologie a návrhy pastí se však mezi studii značně liší. Tato variabilita a nedostatečná standardizace mnohdy omezují schopnosti vědců porovnávat své výsledky s ostatními (Hohbein a Conway, 2018). Brown a Matthews (2016) upozorňují na potřebu standardizace

během výroby zemních pastí.

Je známo, že konstrukční materiál zemních pastí ovlivňuje rychlost zachycování živočichů (Brown a Matthews, 2016). Nejčastěji jsou pasti vyráběné z plastových materiálů, ovšem mohou být vyrobeny také ze skla či kovových materiálů (Woodcock a kol. 2005). Luft (1975) ve výsledcích svého výzkumu uvádí, že nejvyšší míru odchytu střevlíkovitých zaznamenal u zemních pastí vyrobených ze skla. Velmi častým tvarem jsou kruhové zemní pasti, avšak nemusí mít vždy tento tvar (Woodcock a kol. 2005).

Aby se zabránilo úniku chycených živočichů, je důležitá dostatečná hloubka pasti. Vhodné je zahloubit past do země tak, aby byl okraj pasti v rovině s půdním substrátem. Nedostatečné zahloubení by mohlo znamenat překážku pro bezobratlé živočichy, naopak příliš hluboké umístění by bylo náchylné na zanášení pasti půdní erozí (Woodcock a kol. 2005).

Suché zemní pasti bývají využívány pro mnohé studie na odchyt živých organismů (Luff, 1975). V takovém případě je nutné jejich pravidelné vyprazdňování a vytvoření malého otvoru ve dně nádoby zemní pasti. Tento otvor zajistí odvodnění pasti v případě dešťů (Gist a Crossley, 1973).

V případě, že zemní past slouží ke sběru živočichů po delší dobu, mohou být k naplnění pasti použity usmrcující a konzervační látky, které chycené druhy rychleji usmrtí a případně zakonzervují do nejbližšího vyprázdnění pasti (Woodcock a kol. 2005).

Nad zemní pasti je možné umístit střechu. Ta zakrývá ústí pasti a je umístěna přibližně 4 cm nad povrchem půdy tak, aby byl umožněn volný přístup k pasti (Woodcock a kol. 2005). Jejich účelem je snížit vypařování konzervačních a usmrcujících látek, chránit obsah pasti před deštěm a také snížit znečištění pastí větrem navátým odpadem (Brown a Matthews, 2016).

Ústí pasti může být doplněno trychtýřem, který se směrem do pasti zužuje (Gist a Crossley, 1973). Využití trychtýře snižuje možnost úniku organismů ze zemních pastí a v případě menšího průměru otvoru výrazně snižuje zachycení malých savců jako vedlejších úlovků. Tyto vedlejší úlovky mohou znečišťovat vzorky nebo mohou působit jako návnada pro některé taxony, čímž zkreslují

výsledky (Brown a Matthews, 2016).

### **3.8 Popis plevelů použitých v experimentu**

#### **3.8.1 Merlík bílý – *Chenopodium album* L.**

Merlík bílý z čeledi merlíkovitých je jedním z nejrozšířenějších polních plevelů. Můžeme jej nalézt od nížin do podhorských pásem (Martinovský, 1959), především na organických a minerálních půdách, které jsou slabě podmáčené, a které rychle vysychají. Rostlina není náročná na hodnotu pH půdy, a ani nemá další nároky na půdu (Slavík a kol. 1990). Hojně se vyskytuje na rumištích, hnojištích a kompostech (Hron a Kohout, 1988). Na polích jej najdeme zaplevelovat zejména okopaniny a jiné širokořádkové plodiny (Lhotská a Kropáč, 1985).

Jedná se o jednoletou rostlinu (Lhotská a Kropáč, 1985), která dorůstá výšky 1 až 2 metrů (Faustus a Polívka, 1984). Lodyhy merlíku bílého jsou přímé, bohatě rozvětvené a olistěné. Spodní listy bývají řapíkaté a vejčité, horní listy pak kopinaté a nevýrazně zubaté. Rostlina bývá v mládí pokryta kulovitými trichomy, je tzv. pomoučená (Lhotská a Kropáč, 1985). Květenství jsou velmi bohatá, květy mají šedě-zelenou barvu (Faustus a Polívka, 1984). Merlík bílý kvete od měsíce června do podzimních měsíců. Na každé rostlině můžeme nalézt až 100 tisíc nažek (Hron a Kohout, 1988). Jednosemenné nažky jsou uloženy v okvětí, jež se manipulací se semeny lehce odstraňuje. Semena mají čočkovitý tvar, jsou velká přibližně 1,2 mm a mají lesklou, černou nebo tmavohnědou barvu. Klíčivosti jsou schopna po dobu několika let (Lhotská a Kropáč, 1985). Semeno merlíku bílého je tvořeno z 9 % oleji. Největší zastoupení v semenu mají polynenasycené mastné kyseliny, hned poté následují mononenasycené mastné kyseliny. Z tohoto množství je nejvíce zastoupená kyselina linolová spolu s kyselinou olejovou (Bretagnolle a kol. 2016).

Rostlina je rozšiřována především lidskou činností nebo pomocí zažívacího ústrojí zvířat. Dále mohou být semena rozšiřována pomocí vody a větru (Lhotská a Kropáč, 1985).

### 3.8.2 Lipnice roční – *Poa annua* L.

Lipnice roční je hojně rozšířená tráva z čeledi lipnicovitých, která je velmi nenáročná na místa výskytu. Najdeme ji především na výživných půdách, dále na chodnících, u cest, na polích i zahradách (Grau a kol. 1998). Lipnice roční se vyskytuje od nížin po vysokohorské oblasti (Hron a Kohout, 1988). Jedná se o kosmopolitně rozšířený druh (Grau a kol. 1998). Z polních kultur zapleveluje především prořídle vytrvalé píce a zeleninu (Lhotská a Kropáč, 1985).

Jedná se o jednoletou, žlutozelenou bylinu. Rozmnožuje se generativně obilkami, někdy i vegetativně pomocí kořenových výhonků. Rostlina kvete a zraje v průběhu celého roku (Lhotská a Kropáč, 1985). Stébla rostliny jsou spíše poléhavá, někdy přímá a dosahují výšky přibližně 30 cm. V plodenství můžeme nalézt až několik set obilek. Ty mají krátkou dormanci a nejlépe vzcházejí z půdního povrchu (Hron a Kohout, 1988). Plodem rostliny jsou pluchaté obilky vejčitého tvaru. Semena jsou přibližně 1,5 mm dlouhá, 0,7 mm široká a mají světle hnědou barvu (Lhotská a Kropáč, 1985). Semena lipnice roční obsahují poměrně malé množství olejů, přibližně kolem 5 %. V celkovém zastoupení převažují polynenasycené mastné kyseliny. Nejvíce převažují nenasycené kyseliny linolová a olejová. Dále je hojně zastoupená nasycená mastná kyselina palmitová (Bretagnolle a kol. 2016).

Pro schopnost rychlého rozmnožování a odolnosti vůči sešlapávání člověkem je často přidávána do směsí do travníků, kdy umožňuje rychlé zazelenění daných prostor (Grau a kol. 1998). Nejčastěji je rozšiřována za pomoci lidské činnosti. Obilky mohou být také šířeny prostřednictvím větru, vody nebo zaživačích ústrojí zvířat (Lhotská a Kropáč, 1985).

### 3.8.3 Ježatka kuří noha – *Echinochloa crus-galli* (L.)

Ježatka kuří noha pocházející z čeledi lipnicovitých je jednoletá bylina, vyskytující se na vlhkých písčinách, polích, rumišťích a u cest v oblastech nížin až do podhůří (Klika, 1965). Jedná se o nebezpečný plevel především v polích okopanin a zeleniny (Šašková a Štolfa, 1993).

Ježatka kuří noha je středně vysoký plevel s hustými svazky svazčitých kořenů. Stébla bývají přímá až poléhavá a dosahují výšky až 100 cm. Jednokvěté a bledě zelené klásky bývají dlouhé přibližně 4 mm (Hron a Kohout, 1988). Plodem

rostliny jsou obilky, které zrají od měsíce září do zámrazu a schopnost klíčení si ponechávají po dobu až deset let. Obilky mají oválný tvar, jsou dlouhé 3,5 mm a 1,8 mm široké (Lhotská a Kropáč, 1985). Mají zelenou až žlutošedou barvu. Na jedné rostlině můžeme nalézt až několik tisíc obilek (Hron a Kohout, 1988). Semena rostliny jsou tvořena oleji z necelých 4 %. Nejvíce jsou zastoupené mononenasycené mastné kyseliny, dále pak nasycené mastné kyseliny. Nejhojnější zastoupení mají kyselina palmitová, kyselina eruková a kyselina olejová (Bretagnolle a kol. 2016).

Ježatka kuří noha je nejčastěji rozšiřována pomocí lidské činnosti, dále pak větrem, vodou nebo zaživacím ústrojím ptáků (Lhotská a Kropáč, 1985).

## **4. Metodika**

### **4.1 Realizace výzkumu**

Výzkumné pokusy probíhaly ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze ve třech opakováních, a to v období květen-červen 2021, červen-červenec 2021 a květen- červen 2022. Pro účely výzkumu byla využita pole patřící Výzkumnému ústavu, která byla osetá ozimou pšenicí.

### **4.2 Popis výzkumu**

Samotné realizaci výzkumu předcházela výroba semenných kartiček, kontrolních klecí, ochranných klecí a zemních pastí. Poté mohlo následovat umístění zhotoveného materiálu do pole. Sběry semenných kartiček, kontrolních kartiček a zemních pastí probíhaly vždy ke 2., 5., 7., 14. a 21. dni od založení pokusu.

### **4.3 Výroba semenných kartiček**

Pro výrobu semenných kartiček byl použit brusný papír o rozměrech 8x4 cm a zrnitosti číslo 60 (BOSCH, Švýcarsko). Pomocí lepidla ve spreji (3M SprayMount, Francie) bylo na každou kartičku připevněno 50 semen stejného druhu rostliny. Po přilepení semen na kartičku následovalo jejich zasypaní jemným bílým pískem, aby nedošlo k nechtěnému zachycení semenných predátorů.

Po dostatečném zaschnutí mohly být takto zhotovené kartičky použity pro účely výzkumu. Od každého rostlinného druhu, tedy od merlíku bílého, lipnice roční a ježatky kuří nohy bylo na jedno opakování pokusu vyrobeno 225 semenných kartiček. Na jedno opakování pokusu bylo zapotřebí dohromady 675 kusů kartiček od námi použitých druhů rostlin, na všechny tři provedená opakování pokusy bylo potřeba 2 025 kusů semenných kartiček.

### **4.4 Umístění semenných kartiček, kontrolních a ochranných klecí**

Do pole bylo během jednoho pokusu umístěno celkem 25 kontrolních klecí a 100 ochranných klecí, vylučujících predaci obratlovců.

Ochranné klece s rozměry 20x20 cm, které mají za účel zabránit vstupu velkých organismů, byly vyrobeny z kovové sítě s velikostí ok 1x1 cm (obr. 1).

Pod každou takto zhotovenou klec byla umístěna jedna semenná kartička od každého rostlinného druhu. Klec byla k půdnímu povrchu připevněna pomocí dlouhých hřebíků, aby nedošlo k jejímu nechtěnému odklopení. Semenné kartičky překryté ochrannou klecí byly na stanovištích umístěny spolu se semennými kartičkami bez ochranných klecí, vždy v těsné blízkosti. Na jednom stanovišti tak bylo možné sledovat predaci semen pouze obratlovci a zároveň pouze bezobratlými. Sběr stanovišť probíhal dle plánu (obr. 5). Účelem klecí bylo umožnit predaci semen pouze bezobratlým živočichům, jejichž velikost těla je menší než 1x1 cm. Semenné kartičky byly uchovávány a přenášeny v papírových sáčkích. Počítání semen zmizelých ze semenných kartiček probíhalo ručně v laboratorních podmínkách. Zmizelá semena byla vyhodnocena jako sežraná. Následně byl vytvořen dataset v tabulkovém procesoru Microsoft Excel.

Jako kontrolní klece posloužily klíčky vyrobené z drátěné sítě s rozměry 25x30 cm a s velikostí ok maximálně 1x1 mm (obr. 2). Do každé takto připravené klece byla umístěna jedna semenná kartička od každého druhu semen. Kartičky byly ke dnu klece přilepeny oboustrannou lepicí páskou, aby nedošlo k jejich náhodnému posunu. Klec byla k půdě připevněna pomocí dlouhých hřebíků. Sběr klecí probíhal ve stanovených dnech dle plánu (obr. 5). Účelem kontrolních klecí bylo zohlednit ztrátu semen v důsledku větru či deště a zároveň zabránit predaci semen. Následná kontrola semenných kartiček umístěných v kleci probíhala v laboratoři.



Obrázek 1 Semenné kartičky umístěné volně a pod ochrannou klecí





Obrázek 2 Kontrolní klec se semennými kartičkami

#### 4.5 Zemní pasti

V poli se během výzkumu nacházelo 20 zemních pastí (obr. 3), které měly sloužit k pozorování a vyhodnocení, jaké organismy se v poli nacházejí a mohou se tak podílet na predaci semen z exponovaných kartiček. Do půdy byla na daném stanovišti vyhloubena díra, do níž byla zasunuta trubka z tvrdého plastu o průměru 7,5 cm, která sloužila proti sesunu půdy při prováděných kontrolách. Následně do ní mohl být zasunut plastový kelímek o průměru 7 cm, naplněný vodou se solí a přípravkem na mytí nádobí bez zápachu. Takto připravená směs sloužila k účinnému usmrcení chycených organismů. Mycí prostředek zajistil rychlé potopení a usmrcení organismu, sůl pak jeho konzervaci. Nad zemní pasti byly umístěny střechy (obr. 4), aby nedošlo k vyplavení obsahu v případě dešťů a aby nedošlo ke zředění obsažené směsi. Zemní pasti byly kontrolovány ve stejný den, kdy probíhal sběr kartiček, celkem tedy pětkrát během jednoho pokusu. Po vyprázdnění obsahu zemních pastí došlo k jejich opětovnému naplnění zmíněnou směsí. Získaný obsah byl následně vyhodnocován v laboratoři a mohli jsme získat informace o organismech, které se mohly podílet na predaci semen.



Obrázek 3 Stanoviště se zemní pastí



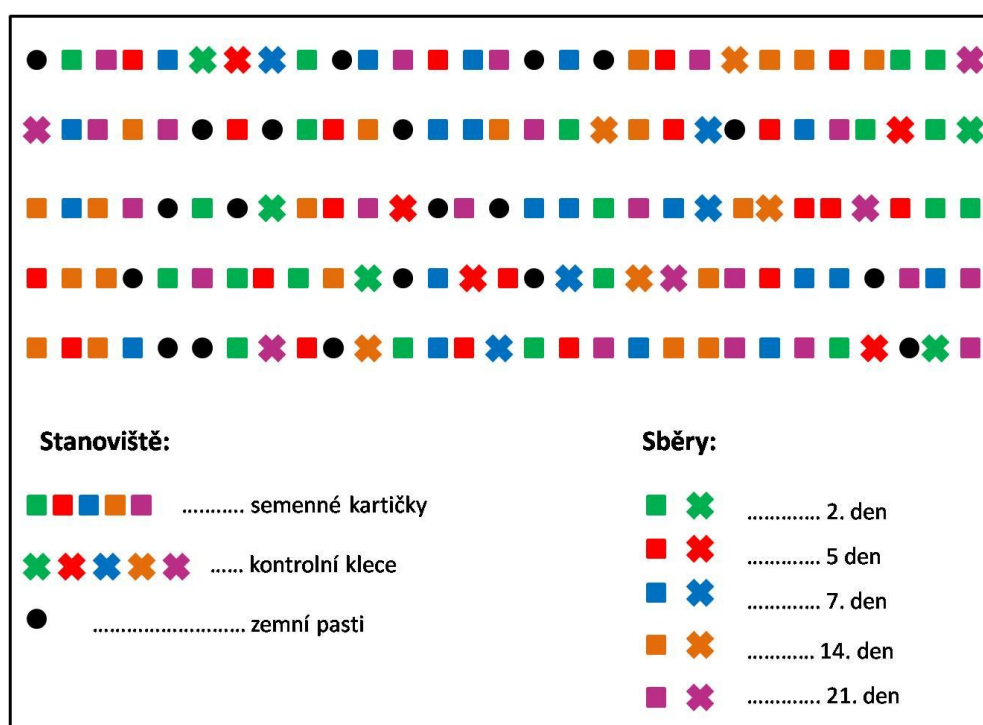
Obrázek 4 Zemní past zakrytá střechem

## 4.6 Umístění materiálu v poli

Experiment byl realizován na polích Výzkumného ústavu rostlinné výroby (VÚRV) v Praze. První dva pokusy probíhaly na poli vzdáleném 1 km od VÚRV (GPS souřadnice 50.083669, 14.286951). Třetí pokus se uskutečnil na poli vzdáleném 700 metrů od VÚRV (GPS souřadnice 50.082793, 14.300790).

Prostor vymezený k pokusu byl tvaru obdélníku o délce 280 m x 40 m. Plocha byla rozdělena na 5 řádků. Na každém řádku se nacházelo 29 stanovišť sestávajících z jednoho ze tří druhů (obr. 5). Jednalo se o zemní pasti, kontrolní klece nebo stanoviště se semennými kartičkami uloženými volně či pod ochrannou klecí. Stanoviště se nacházela vždy 50 cm od kolejového řádku směrem na sever. V každém řádku byl zastoupen stejný počet všech druhů stanovišť, avšak jejich rozmístění v řadě bylo nahodilé, aby se minimalizovaly případné prostorové vlivy.

První pokus byl založen 11. 5. 2021 a poslední sběr proběhl 1. 6. 2021. Založení druhého pokusu proběhlo 15. 6. 2021 s posledním sběrem 6. 7. 2021. Třetí pokus byl založen 11. 5. 2022. a poslední sběr byl uskutečněn 1. 6. 2022.



Obrázek 5 Plánek rozmístění stanovišť

## 4.7 Analýza dat

Pro zpracování dat byl použit statistický program R (R Core Team, 2013). Byl použit glm model s binomickým rozdělením. Pro jednotlivé analýzy a tvorbu grafů byly použity balíčky lme4 (Bates a kol. 2015), lmerTest (Kuznetsova a kol. 2017), emmeans (Lenth, 2019), carData (Fox a Weisberg, 2019a), car (Fox a Weisberg, 2019b), glmmTMB (Brooks a kol. 2017), dplyr (Wickham a kol. 2023), ggplot2 (Wickham, 2016) a plyr (Wickham, 2011). Jako hodnota hladiny významnosti (P) byla stanovena  $\alpha = 0.01$ .

## 5. Výsledky

### 5.1 Predace semen ze semenných kartiček

Rozdíly v predaci semen byly signifikantně ovlivněny druhem semen (F-hodnota = 43.661, P <0.001), dobou expozice (F-hodnota = 534.446, P <0.001), rozdíly mezi celkovou predací (volná kartička) a predací bezobratlými (kartička pod ochrannou klecí) (F-hodnota = 12.690, P <0.001). Ze statistického modelu významně nevyšel rozdíl mezi uskutečněnými pokusy (F-hodnota = 1.790, P = 0.181). Zmíněné proměnné se ovlivňovaly ve vzájemných interakcích (viz. Tabulka 2). Hodnoty predace semen ze semenných kartiček lze pozorovat v grafech (obr. 6, obr. 7, obr. 8) se směřodatnými odchylkami udávajícími odchýlení predace semen od vypočtených průměrných hodnot.

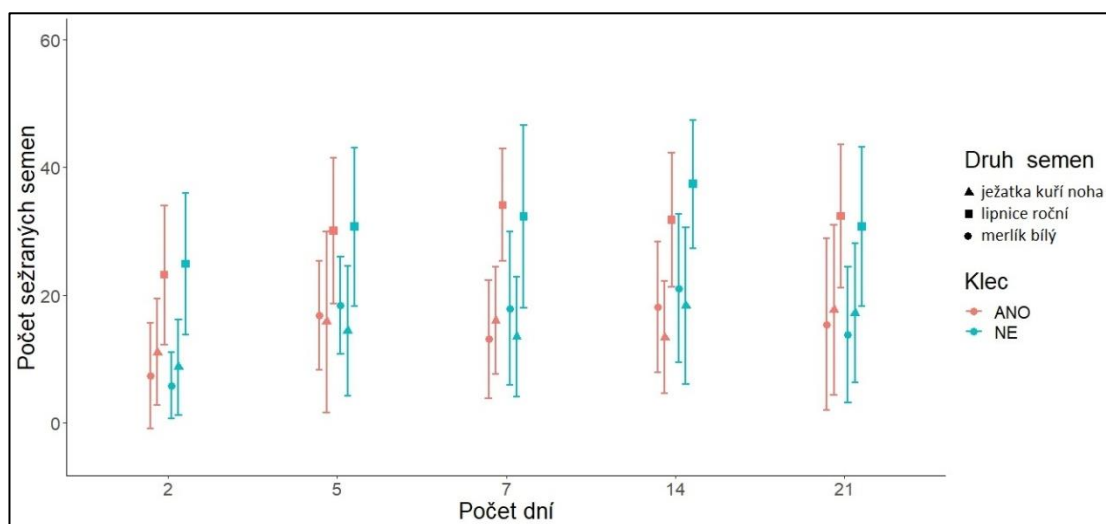
Tabulka 2 Výsledné hodnoty modelu glm (počet sežraných semen ~ Druh semen\*Doba expozice\*Klec \*Pokus)

Proměnné	Suma čtverců	F-hodnota	P
Druh semen	1464.5	43.661	<0.001
Doba expozice	8963.3	534.446	<0.001
Klec	212.8	12.690	<0.001
Pokus	30.0	1.790	0.181
Druh semen * den	562.5	16.771	<0.001
Druh semen * klec	278.4	8.299	<0.001
Den * klec	28.1	1.676	0.196
Druh semen * pokus	2570.1	76.623	<0.001
Den * pokus	1352.8	80.660	<0.001
Klec * pokus	378.0	22.541	<0.001
Druh semen * den * klec	163.5	4.832	0.008
Druh semen * den * pokus	787.5	23.478	<0.001
Druh semen * klec * pokus	844.4	25.175	<0.001
Druh * klec * pokus	103.8	6.190	0.013
Druh semen * den * klec * pokus	261.4	7.794	<0.001
Residuals	29534.0		

#### Výsledky 1. pokusu (květen-červen 2021)

Výsledky prvního pokusu (obr. 6) ukazují, že nejvíce preferovaná byla semena lipnice roční, jejichž predace se zvyšovala až do 14. dne včetně, kdy byla nejvyšší průměrná predace  $37.40 \pm 10.044$  sežraných semen z volně ležených semenných kartiček. Nejvyšší predace u semenných kartiček lipnice roční pod ochrannou klecí byl zaznamenán 7. den s hodnotou  $34.10 \pm 8.801$  sežraných semen. Poté byl zaznamenán mírný pokles. Průměrná predace merlíku bílého a ježatky kuří nohy byla nejnižší během prvního sběru. Konkrétně predace semen ježatky kuří nohy

byla  $8.70 \pm 7.47$  u semenných kartiček bez ochranné klece a  $11.05 \pm 8.326$  semen ze semenných kartiček s ochrannou klecí. Predace merlíku bílého pro první sběr činila  $5.85 \pm 5.122$  pro volně ležené kartičky a  $7.35 \pm 8.286$  pro semenné kartičky pod ochrannou klecí. Během dalších sběrů prvního pokusu průměrný počet sežraných semen nepřesáhl počet 20 kusů na jeden sběr.

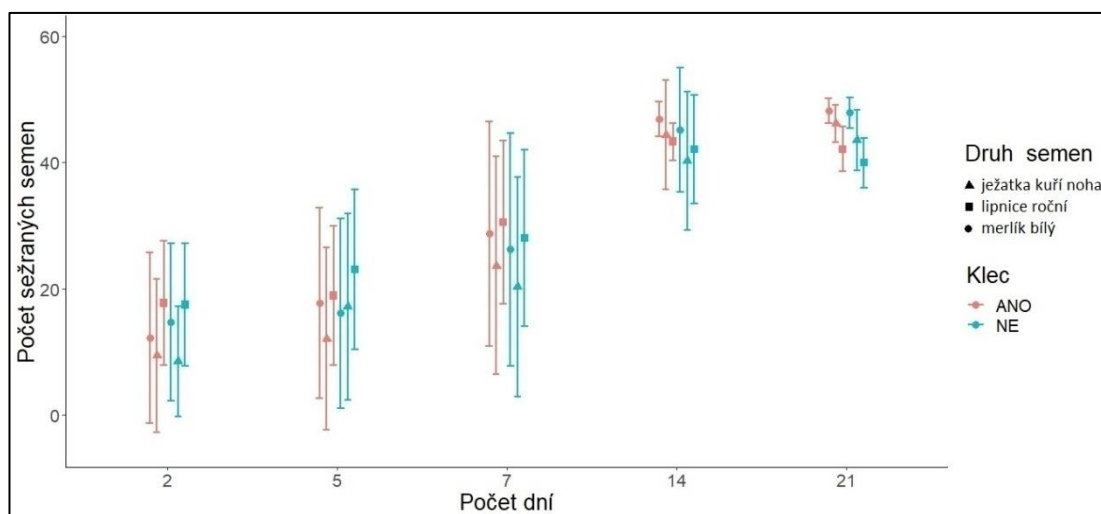


Obrázek 6 Graf výsledků 1. pokusu

### Výsledky 2. pokusu (červen-červenec 2021)

Výsledky druhého pokusu (obr. 7) ukazují, že první tři sběry byla průměrně nejvíce preferovaná semena lipnice roční. Během druhého sběru vykazovala hodnoty  $17.44 \pm 9.672$  pro volně ležené semenné kartičky a  $17.722 \pm 9.886$  pro semenné kartičky pod ochranou klecí. Hodnoty třetího sběru se navýšily na  $18.90 \pm 11.00$  sežraných semen pod ochrannou klecí a  $23.05 \pm 12.693$  pro semena mimo ochrannou klec. Třetí sběr po sedmi dnech vykazoval hodnoty sežraných semen  $28.05 \pm 13.94$  pro semenné kartičky ležené volně a  $30.55 \pm 12.902$  pro semenné kartičky nechráněné klecí. Predace semen lipnice roční byla během těchto sběrů těsně následovaná semeny merlíku bílého. Během 14. a 21. dne byla nejvíce preferovaná semena merlíku bílého s nepatrně vyššími hodnotami pro semenné kartičky pod ochrannými klecemi. Pro 14. den byly naměřeny hodnoty sežraných semen  $46.85 \pm 2.777$  a pro 21. den  $48.15 \pm 2.007$ . Poslední dva sběry byla predace všech semen vysoká, pohybující se kolem 40-50 sežranými semeny.

Sběry 2. a 5. dne vykazovaly nepatrně vyšší hodnoty v predaci semen bez výlučných klecí. Od 7. dne byla vyšší míra predace semen pod ochrannými klecemi.

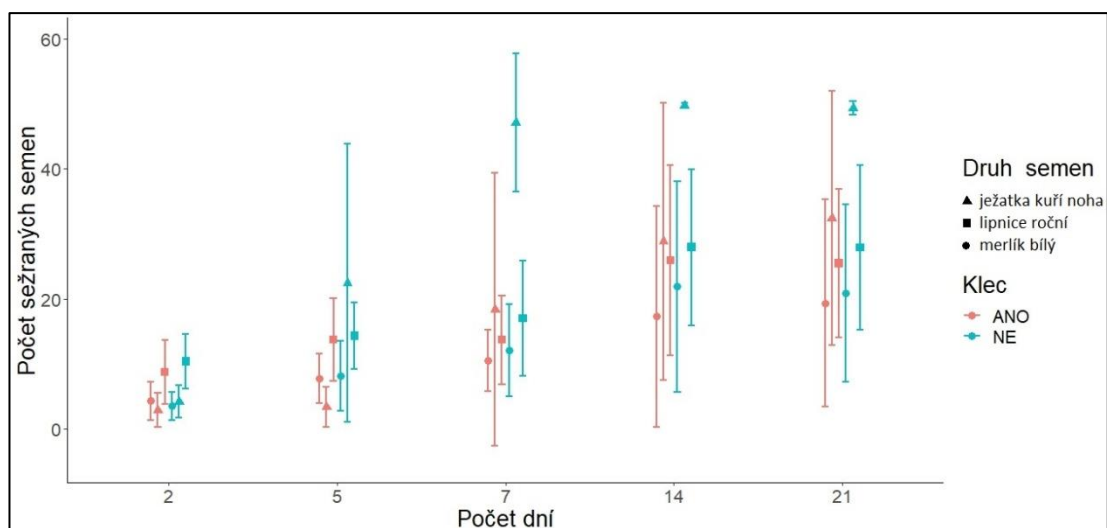


Obrázek 7 Graf výsledků 2. pokusu

### Výsledky 3. pokusu (květen- červen 2022)

V období třetího pokusu (obr. 8) byla průměrně nejvíce preferovaná semena ježatky kuří nohy bez zaopatření semenných kartiček ochrannou klecí. Predace semen se z druhého sběru s hodnou  $22.45 \pm 21.34$  sežraných semen vyšplhala na hodnoty  $47.10 \pm 10.647$  pro 7. den,  $49.75 \pm 0.44$  pro 14. den a  $49.35 \pm 1.039$  pro poslední 21. den. Poté následovala semena lipnice roční, kdy byla nejvyšší hodnota sežraných semen nezaopatřených ochrannou klecí pozorována 14. den s hodnotou  $27.95 \pm 11.993$ . Nejméně preferovaná byla semena merlíku bílého, s nejvyšší pozorovanou hodnotou  $21.90 \pm 16,202$  během 14. dne u volně ležených semenných kartiček. Velmi výraznou míru predace lze pozorovat během 7. dne u semen ježatky kuří nohy, kdy byla zkonsumována téměř všechna exponovaná semena vystavená bez ochranné klece.

Významný rozdíl v predaci semen obratlovci a bezobratlými lze pozorovat během 7., 14. a 21. dne u semen ježatky kuří nohy. Míra predace je znatelně vyšší u vystavených semen nechráněných výlučnou klecí. Během posledních tří sběrů je predace semen bez výlučných klecí nepatrně vyšší i u zbývajících druhů lipnice roční a merlíku bílého.



Obrázek 8 Graf výsledků 3. pokusu

## 5.2 Kontrolní klece

Rozdíly v predaci semen byly ovlivněny druhem semen (F-hodnota = 3.057,  $P = 0.049$ ), dobou expozice (F-hodnota = 28.420,  $P < 0.001$ ) a uskutečněnými pokusy (F-hodnota = 7.647,  $P < 0.001$ ). Zmíněné proměnné se ovlivňovaly ve vzájemných interakcích (viz. Tabulka 3). Výsledky z kontrolních klecí během jednotlivých pokusů lze pozorovat v grafech (obr. 9, obr. 10, obr. 11) se směrodatnými odchylkami udávajícími odchýlení od průměrných hodnot zmizelých semen ze semenných kartiček.

Tabulka 3 Zmizelá semena z kontrolních klecí

Proměnné	Suma čtverců	F-hodnota	P
<b>Druh</b>	6.694	3.0574	0.049
<b>Doba expozice</b>	31.112	28.4198	<0.001
<b>Pokus</b>	16.743	7.6472	<0.001
<b>Druh * dny</b>	2.137	0.9761	0.379
<b>Druh * pokus</b>	2.196	0.5015	0.735
<b>Dny * pokus</b>	4.672	2.1338	0.121
<b>Druh * dny * pokus</b>	11.994	2.7389	0.030
<b>Residuals</b>	226.611		

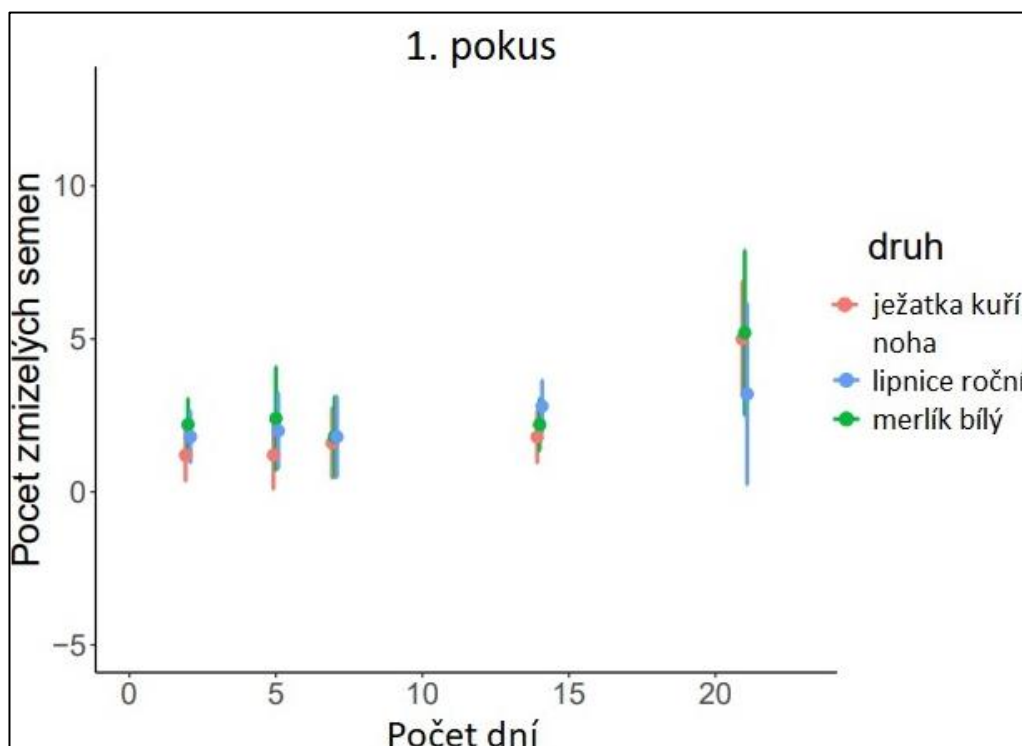
### Vyhodnocení zmizelých semen z kontrolních klecí

Během každého sběru bylo sebráno pět kontrolních klecí. Počet zmizelých semen ze semenných kartiček ukazuje (obr. 9, obr. 10, obr. 11), kolik semen se ztratí v důsledku pouze klimatických podmínek. Dle výsledků prvního a druhého pokusu

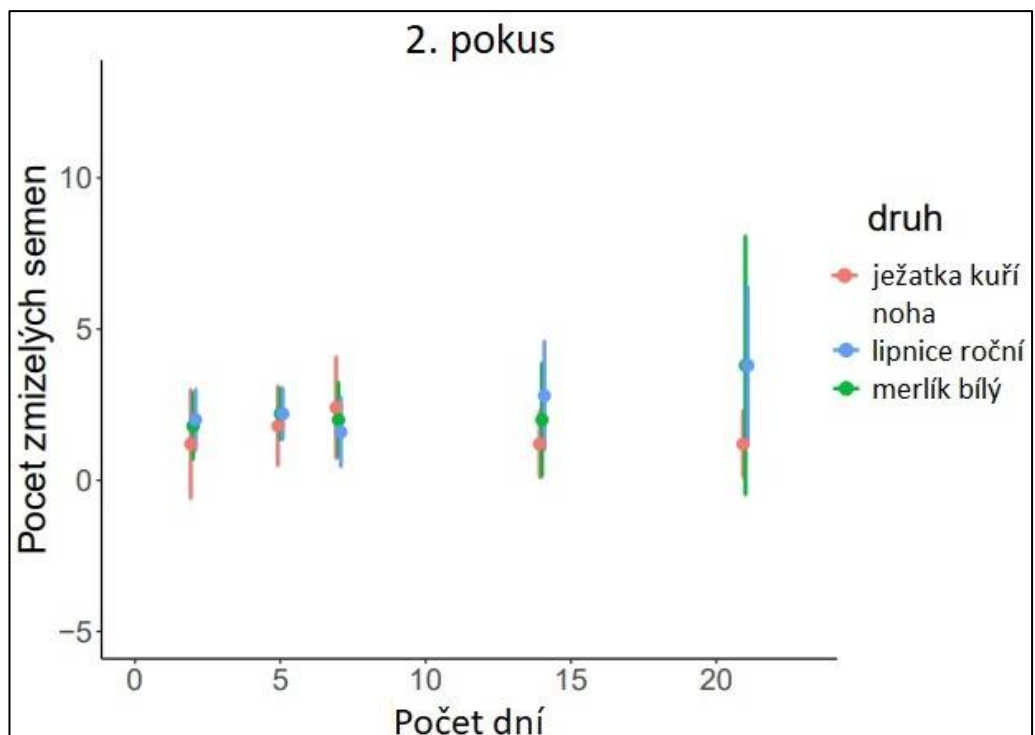


lze sledovat, že optimální doba přichycení semen na semenných kartičkách je maximálně 14 dní. Během sběru 21. dne se počet zmizelých semen zvyšuje a tím dochází k nadhodnocení predace semen na kartičkách. Během třetího pokusu dosahovaly počty zmizelých semen nižších hodnot.

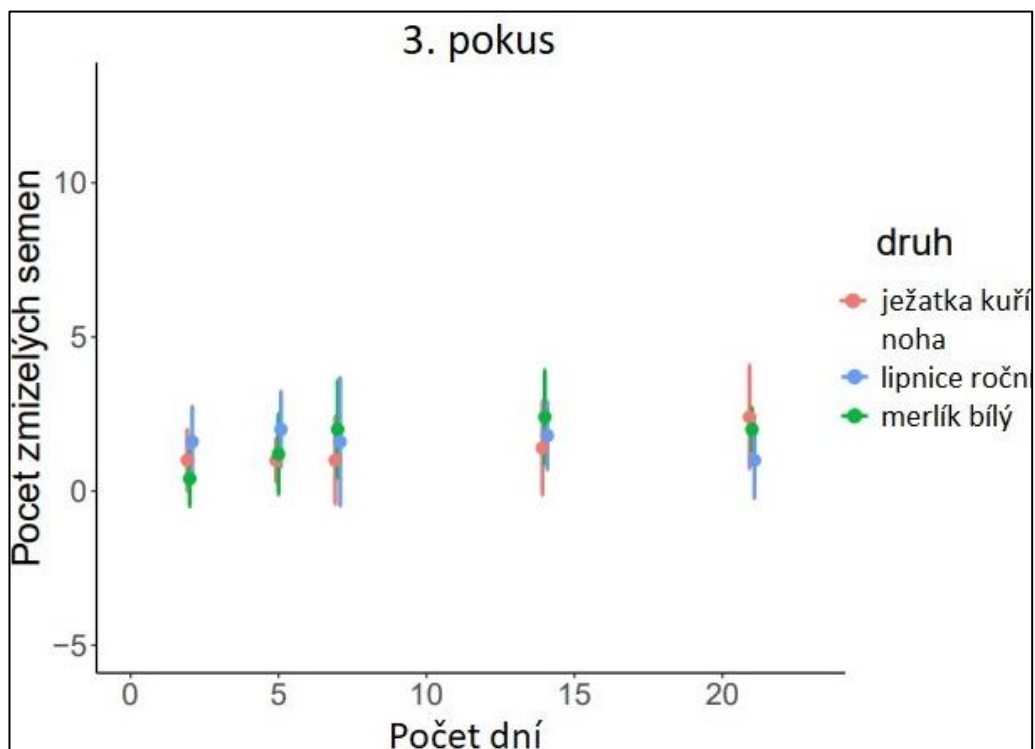
Dle získaných výsledků z kontrolních klecí je patrné, že v průběhu pokusů nejvíce ze semenných kartiček mizela semena merlíku bílého. O něco méně mizela semena lipnice roční. Nejmenší ztráta semen byla pozorována u semen ježatky kuří nohy.



Obrázek 9 Graf znázorňující zmizela semena z kontrolních klecí – 1. pokus



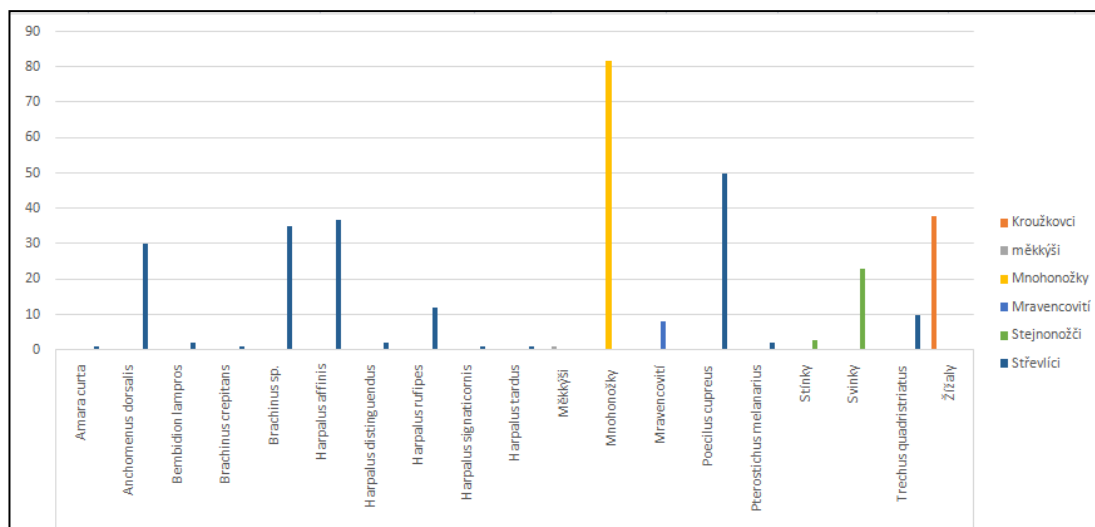
Obrázek 10 Graf znázorňující zmizela semena z kontrolních klecí - 2. pokus



Obrázek 11 Graf znázorňující zmizela semena z kontrolních klecí - 3. pokus

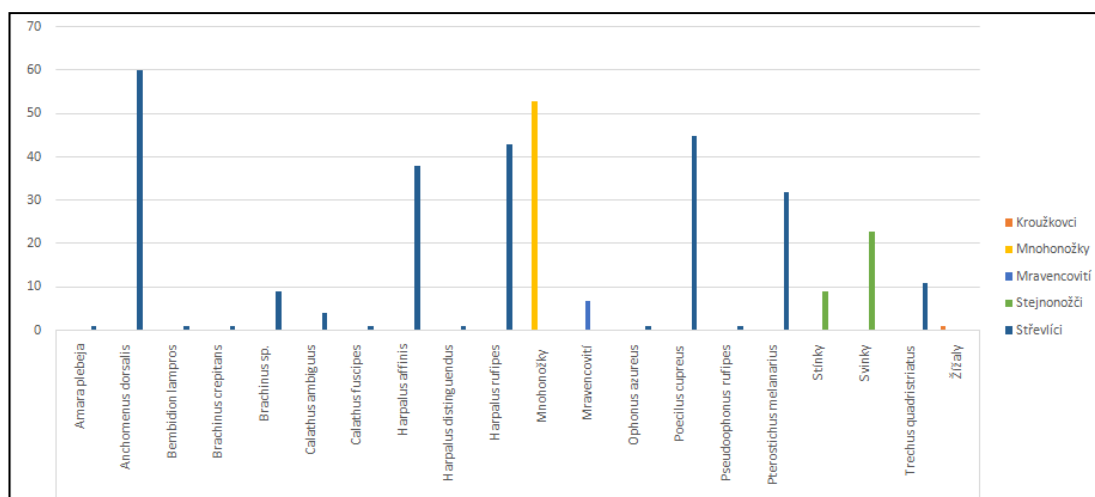
### 5.3 Zemní pasti

Během prvního sběru (obr. 12) bylo v zemních pastích chyceno 339 predátorů semen. Nejvíce predátorů patřilo do čeledi střevlíkovitých se 184 jedinci. Nejpočetnějším druhem byl *Harpalus rufipes* (DeGeer, 1774) s 37 jedinci a *Brachinus* sp. (Weber, 1801) s 35 jedinci. Další chycení predátoři představovali 82 mnohonožek, 38 kroužkovců, 26 stejnonožců, 8 zástupců mravencovitých a 1 měkkýše.



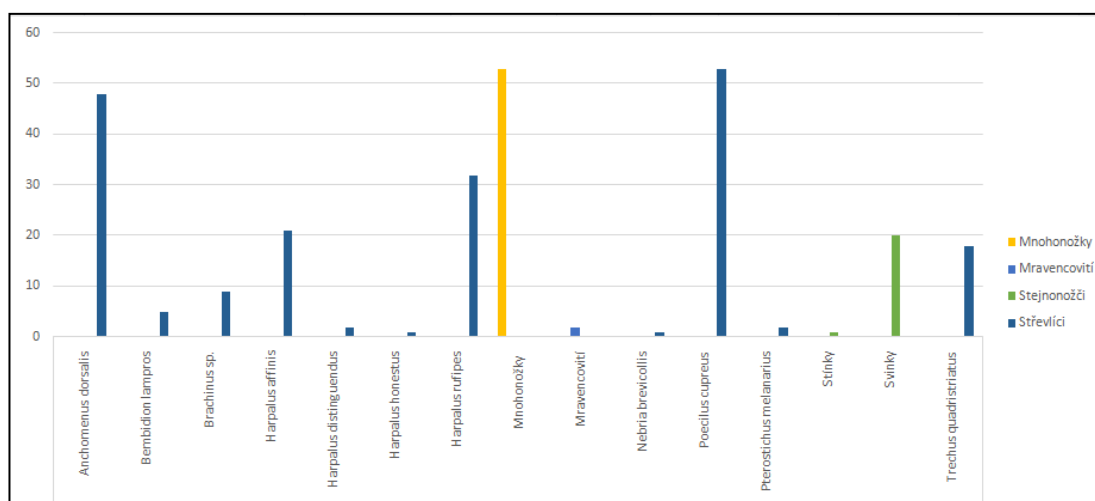
Obrázek 12 Výsledky zemních pastí z 1. pokusu

Ve druhém pokusu (obr. 13) bylo chyceno celkem 342 predátorů semen, z nichž bylo 249 zástupců čeledi střevlíkovitých. Mezi nejpočetnější střevlíkovité patřil *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) s 60 chycenými jedinci a dále *Harpalus rufipes* (DeGeer, 1774) s 45 jedinci. Dále bylo chyceno 53 mnohonožek, 32 stejnonožců, 7 zástupců mravencovitých a 1 kroužkovec.



Obrázek 13 Výsledky zemních pastí 2. pokusu

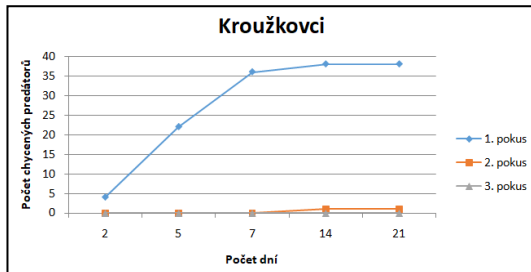
Během třetího pokusu (obr. 14) bylo do zemních pastí chyceno 268 predátorů semen. Nejpočetnější skupinou byla čeleď střevlíkovitých se 192 jedinci. Nejvíce zastoupeným druhem byl *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758) s 53 jedinci, *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) s 48 jedinci a *Harpalus rufipes* (DeGeer, 1774) s 32 jedinci. Dále bylo v zemních pastích chyceno 53 mnohonozek, 21 stejnonožců a 2 zástupci mravencovitých.



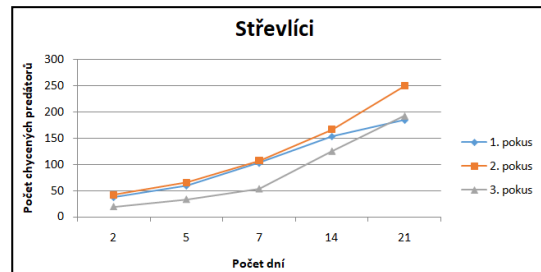
Obrázek 14 Výsledky zemních pastí 3. pokusu

## Predátoři chycení v zemních pastích

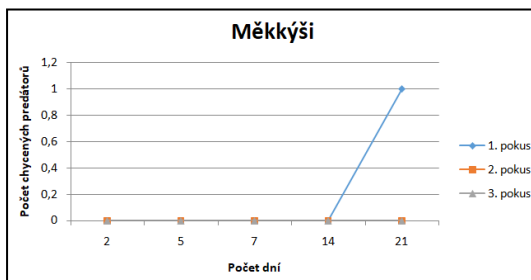
Počty predátorů semen chycených do zemních pastí dle jednotlivých skupin zobrazují obr. 15-20. Grafy znázorňují kumulativní součty chycených predátorů během každého sběru pro jednotlivé pokusy.



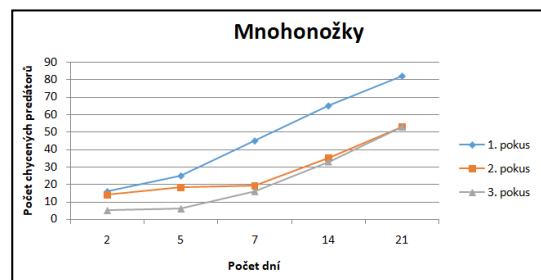
Obrázek 16 Predátoři chycení v pastích - kroužkovci



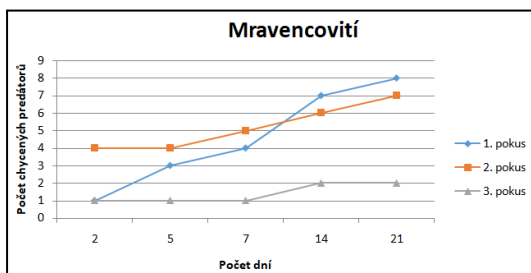
Obrázek 15 Predátoři chycení v pastích - střevlíci



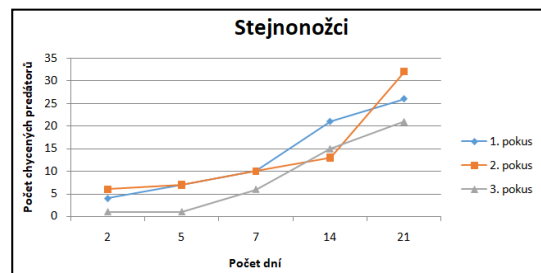
Obrázek 17 Predátoři chycení v pastích - měkkýši



Obrázek 18 Predátoři chycení v pastích - mnohonožky



Obrázek 19 Predátoři chycení v pastích - mravencovití



Obrázek 20 Predátoři chycení v pastích - stejnonožci

## 6. Diskuse

Značná variabilita mezi autory se vyskytuje v délce expozice semenných kartiček na poli, ve využití klecí vylučujících predaci obratlovci a také v záměru pozorování predace semen. Například Davis a Raghu (2010) během dvoudenní expozice semen od července do října sledovali vysokou míru predace semen v červenci a klesající predaci od počátku září. Predace semen dosahovala maximálních hodnot 60-80 % sežraných semen dle exponovaného druhu. Při využití ochranných klecí dosahovala predace maximálních 20-60 % sežraných semen. V námi provedeném druhém pokusu od poloviny června do počátku července byla minimální míra predace semen po dvou dnech 25,3 % pro ježatku kuří nohy a maximální míra 41,4 % sežraných semen lipnice roční. U semenných kartiček zaopatřených ochrannou klecí se predace pohybovala od 26,9 % u ježatky kuří nohy po 41,9 % semen lipnice roční. Námi pozorované nižší hodnoty predace semen mohou být způsobeny časnější realizací našeho pokusu či použitím méně atraktivních semen pro predátory semen oproti těm, která použil Davis a Raghu (2010). Diekötter a kol. (2010) se během čtyř denní expozice semen koncem května a počátkem června nezaměřili na pouhé sledování predace semen, ale sledovali rozdíly mezi predací semen mezi jednotlivými typy obhospodařování. Dle výsledků byla predace semen vyšší na polích s ekologickým způsobem hospodaření. Gaines a Gratton (2010) vystavili semena na sedm dní v období června, července a srpna. Podpořili teorii, že malí predátoři preferují semena menších velikostí a větší predátoři semena větších velikostí. V porovnání predace semen bezobratlými a obratlovci byla mnohem vyšší míra predace semen obratlovci. V námi provedeném experimentu byl tento rozdíl sledován během třetího pokusu u semen ježatky kuří nohy. Vlivem těchto rozdílů je obtížné porovnat výsledky autorů zabývajících se predací semen v polních podmínkách. Bylo by vhodné zavést standardizaci na výrobu semenných kartiček a dobu jejich expozice.

Rozdílnosti mezi obdobnými pokusy lze nalézt také v manipulaci se semennými kartičkami po jejich sběru. Například Meiss a kol. (2010) počítali sežraná semena ze semenných kartiček přímo na poli. Obdobně si počínali Brust a House (1988), kteří prováděli počítání rovnou na poli s využitím lupy. Během námi provedeného experimentu jsme semenné kartičky po sběru uchovávali jednotlivě v papírových sáčkách a až následně v laboratoři počítali sežraná semena. Provedením

stejného způsobu jako Meiss a kol. (2010) a Brust a House (1988), tedy počítáním semenných kartiček na poli, bychom mohli minimalizovat možný úbytek semen ze semenných kartiček vlivem lidského faktoru. Na druhou stranu v námi provedeném experimentu bylo během každého sběru sbíráno a počítáno 120 semenných kartiček ze stanovišť a 15 semenných kartiček z kontrolních klecí. Takové množství by se v polních podmínkách počítalo velice obtížně, a to i vzhledem k ne vždy příznivým podmínkám. Například během některých námi uskutečněných sběrů přšelo.

Realizace polního experimentu původně počítala se třemi opakováními na jaře, počátkem léta a na podzim téhož roku. Cílem bylo porovnat změny predace semen v průběhu roku. Ze zdravotních důvodů a pracovní vyčerpání zúčastněných pracovníků se pokus realizoval pouze na jaře a počátkem léta prvního roku a na jaře roku následujícího. Nebylo tak možné potvrdit či vyvrátit předpokládaný pokles predace semen počátkem podzimu. Nicméně bylo možné stanovit predaci v období jara mezi dvěma roky. Predace semen během prvního jarního pokusu byla v průběhu sběrů konstantnější s nejméně sežranými semeny merlíku bílého během druhého sběru a nejvíce sežranými semeny u lipnice roční během 14. dne. U druhého jarního pokusu byla škála sežraných semen širší. Nejméně sežraných semen bylo prokázáno u ježatky kuří nohy během druhého dne a nejvíce taktéž u ježatky kuří nohy dosahující hodnoty sežraných téměř všech semen během 7., 14. a 21. dne. Druhý jarní pokus tedy vykazoval vyšší hodnoty průměrné predace. Mauchline a kol. (2005) prováděli pokus na zjištění predace semen během čtrnácti dní v květnu roku 2002. Již během čtrnácti denní expozice semen *Stellaria media* (L.) Vill. bez zaopatření ochrannou klecí dosáhli téměř 99 % predace semen. Během námi provedeného experimentu bylo v květnu prvního roku sežráno téměř 37 % vystavených semen ježatky kuří nohy, 75 % lipnice roční a téměř 42 % merlíku bílého také bez využití ochranné klece. V květnu dalšího roku bylo během čtrnácti denní expozice semen bez výlučných klecí sežráno 99,5 % ježatky kuří nohy, 60 % lipnice roční a 43,8 % semen merlíku bílého. Náš experiment nedosahuje tak vysokých hodnot predace semen v porovnání s Mauchline a kol. (2005).

Výsledky kontrolních klecí ukazují, že nejvíce zmizelých semen z důvodu povětrnostních podmínek patřilo merlíku bílému. Semena merlíku bílého jsou kulatého tvaru (Bojňanský a Fargašová, 2007), což mohlo přispět ke snazšímu odlepení od podkladu brusného papíru i přes použití dostatečného množství lepidla.

Vyšší délka trvání slunečního svitu a s tím související vyšší teplota mohou nepříznivě ovlivnit predaci semen. Peco a kol. (2014) uvádí, že predace semen bezobratlými pozitivně souvisí s narůstající teplotou. Ovšem Saska a kol. (2010) uvádí, že limitním faktorem pro sledovaný druh střevlíka byla teplota 20°C. Pro porovnání námi provedeného experimentu lze využít archivních dat meteorostanice Praha - Ruzyně (Praha, 364 m n. m.), konkrétně vycházet z dat délky slunečního svitu a teploty. Během prvního pokusu byla nejvyšší teplota během založení pokusu, následně se teplota až do posledního sběru pohybovala mezi 11-19°C (URL 1). První pokus byl realizován během méně slunečných dní, pouze dva dny překročily délku trvání slunečního svitu 7 hodin (URL 2). Tím může být ovlivněna predace semen s konstantními a vyššími hodnotami již od prvního sběru. Prvních šest dní druhého pokusu se teplota pohybovala mezi 30-32°C s pozdějším poklesem na 20-27°C (URL 3). Taktéž délka slunečního svitu byla odpovídající vysokým teplotám (URL 4). Právě zmíněný pokles teplot během druhého pokusu mohl přispět ke zvýšení predace semen. Třetí pokus byl během prvních 10 dní realizován při teplotách 22-26°C s délkou trvání slunečního svitu nad 10 hodin (URL 6), poté nastal pokles na 15-21°C (URL 5). Tento pokles teploty mohl opět příznivě ovlivnit zvýšenou míru predace semen.

Dle zkoumání, které provedl Bretagnolle a kol. (2016) můžeme určit, že z námi použitých semen jsou právě semena merlíku bílého nejbohatší na množství olejů. Semena merlíku bílého obsahují přibližně 9 % olejů, semena lipnice roční obsahují 5 % olejů a semena ježatky kuří nohy 4 % olejů. Předpoklad, že semena bohatší na obsah olejů budou více preferovaná, nejsou v souladu s našimi výsledky. V průběhu prvního a druhého pokusu byla nejvíce preferovaná semena lipnice roční a během třetího pokusu semena ježatky kuří nohy. Naopak semena merlíku bílého byla konzumovaná spíše průměrně.

Výsledky třetího pokusu ukazují významnou míru predace semen ježatky kuří nohy u exponovaných kartiček bez ochranných klecí. Je tedy patrné, že zde docházelo k mnohem vyšší predaci obratlovci a bezobratlými než pouze bezobratlými predátory. Ježatka kuří noha má semena větších rozměrů, tudíž jsme předpokládali, že byla semena vyhledávána především hlodavci a ptáky. Ostatně jak zmiňují Lhotská a Kropáč (1985), semena ježatky kuří nohy jsou velmi často rozšiřována zažívacím ústrojím ptáků. Zároveň výsledky výzkumu nepotvrdily náš



předpoklad, že budou malá semena preferovaná menšími, tedy bezobratlými predátory a větší semena budou vyhledávána většími predátory, tedy obratlovci. Výsledky našeho pokusu jsou také v rozporu s Kulkarni a kol. (2015), kteří tvrdí, že velikost predátora ovlivňuje velikost preferovaných semen.

Za optimální dobu expozice semen lze považovat čtrnáct dní. Dle výsledků kontrolních klecí je patrné, že během 21. dne již dochází ke zvýšeným ztrátám semen v důsledku klimatických faktorů. Další případná zkoumání by mohla zahrnout více intervalů sběru mezi 14. a 21. dnem.

Pro každý jednotlivý sběr bylo na stanovištích vystaveno 20 semenných kartiček bez ochranné klece a 20 semenných kartiček chráněných klecí vylučující predaci obratlovci. V ojedinělých případech však došlo ke ztrátě semenných kartiček z důvodu jejich nedostatečného přichycení, působením povětrnostních podmínek či z důvodu jejich ztrát lidským faktorem. Nejvíce ztracených, tudíž nepoužitých semenných kartiček bylo ve druhém pokusu druhého sběru, konkrétně byly ztraceny čtyři semenné kartičky od každého druhu semen. Pro účely statistického vyhodnocení jsme s těmito nevyhovujícími (špatně přichycenými) kartičkami nepočítali, nicméně v každém sběru byl dostatečný počet opakování (minimální počet kartiček pro jednu variantu byl 16).

Z vyhodnocení získaných výsledků kontrolních klecí je patrné, že optimální dobou, kdy jsou přilepená semena na semenných kartičkách schopna odolávat klimatickým podmínkám, je maximálně 14 dní. Po uplynutí této doby se zvyšuje pravděpodobnost odlepení semen z podkladu semenných kartiček. Pro případné další zkoumání predace semen v polních podmínkách a expozici semenných kartiček déle než 14 dní by bylo vhodné určit jiný způsob zkoumání, který odolá klimatickým podmínkám po delší časový úsek. V našem případě by bylo vhodné umístit stříšky nad stanoviště se semennými kartami, aby byla chráněna před klimatickými faktory a nedošlo ke snížení přilnavosti semen na semenných kartičkách. Nicméně tato metoda by nebyla vhodná pro zjišťování predace ptáky, neboť by se pod stříšku nedostali.

Změny predace semen v průběhu roku lze pozorovat u prvního pokusu konaného počátkem jara a druhého pokusu realizovaného počátkem léta. V porovnání výsledků těchto pokusů lze s příchodem léta pozorovat zvýšenou míru predace. Birthisel a kol. (2015) potvrzují tuto proměnlivost predace semen v průběhu

roku, kdy je predace semen na jaře nízká a zvyšuje se počátkem léta. Také Trichard a kol. (2014) pozorovali během pokusu konaného od března do září nejvyšší míru predace počátkem léta.

## 7. Závěr

Dle výsledků prvního a druhého pokusu byla nejvíce preferovaná semena lipnice roční. Nejvíce preferovaným druhem během třetího pokusu byla semena ježatky kuří nohy.

Výsledky výzkumů potvrzují náš předpoklad, že s délkou expozice semenných kartiček se zvyšuje predace semen. Během sběrů 14. a 21. dne predace semen dosahovala nejvyšších pozorovaných hodnot. Výsledky semenných kartiček z kontrolních klecí ukazují, že po 14. dni se zvyšuje odlepování semen z podkladu kartiček vlivem klimatických podmínek. Je tedy obtížné určit, jaké množství ztrát semen během sběru 21. dne je způsobeno predací semen nebo klimatickými podmínkami. Jako neoptimálnější dobu expozice považujeme 14. den od vystavení semenných kartiček.

Výsledky provedeného výzkumu mohou pomoci rozšířit prozatím získané poznatky zabývající se predací semen v polních podmínkách. Práce může přispět svým výsledkem ke zjištění, jak jsou semena polních plevelů merlíku bílého, lipnice roční a ježatky kuří nohy preferována predátory semen. Pro využití predátorů semen jako formy biologické regulace plevelů namísto využívání chemických přípravků je zapotřebí realizace dalších výzkumů v této oblasti. Pro případné následující výzkumy by bylo vhodné zaměřit se na další druhy plevelů v polích a na preferenci semen těchto rostlin predátory semen. Další výzkumy mohou zkoumat predaci semen v čtenějších intervalech sběru.

## **Přehled literatury a použitých zdrojů**

Abercrombie S. A., Berl J. L., Flaherty E. A., Swihart R. K., 2017: Seasonal foraging by forest mice enhances loss of weed seeds from crop—field edges. *Northeastern Naturalist* 24(sp8). 5-17.

Abouziena H. F., Haggag W. M., 2016: Weed control in clean agriculture: a review. *Planta daninha* 34. 377-392.

Baraibar B., Daedlow D., De Mol F., Gerowitt B., 2012: Density dependence of weed seed predation by invertebrates and vertebrates in winter wheat. *Weed Research* 52(1). 79-87.

Baraibar B., Westerman P. R., Recasens J., 2009: Effects of tillage and irrigation in cereal fields on weed seed removal by seed predators. *Journal of Applied Ecology* 46. 380-387.

Barbosa P., Castellanos I. [ed.], 2005: *Ecology of predator-prey interactions*. Oxford University Press.

Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S., 2015: Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1). 1-48.

Benvenuti S., 2007: Weed seed movement and dispersal strategies in the agricultural environment. *Weed Biology and Management* 7(3). 141-157.

Birthisel S. K., Gallandt E. R., Jabbour R., Drummond F. A., 2015: Habitat and time are more important predictors of weed seed predation than space on a diversified vegetable farm in Maine, USA. *Weed Science* 63(4). 916-927.

Bojňanský V., Fargašová A., 2007: *Atlas of seeds and fruits of Central and East-European flora: the Carpathian Mountains region*. Springer Science & Business Media.

Bretagnolle F., Matejicek A., Grégoire S., Reboud X., Gaba S., 2016: Determination of fatty acids content, global antioxidant activity and energy value of weed seeds from agricultural fields in France. *Weed Research* 56(1). 78-95.

Brittain C. A., Vighi M., Bommarco R., Settele J., Potts S. G., 2010: Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology* 11(2). 106-115.

Brooks M.E., Kristensen K., van Benthem K.J., Magnusson A., Berg C.W., Nielsen A., Skaug H.J., Maechler M., Bolker B.M., 2017: glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*, 9(2), 378–400. doi:10.32614/RJ-2017-066.

Brown G. R., Matthews I. M., 2016: A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. *Ecology and evolution* 6(12). 3953-3964.

Brust G. E., House G. J., 1988: Weed seed destruction by arthropods and rodents in low-input soybean agroecosystems. *American Journal of Alternative Agriculture* 3(1). 19-25.

Carbonne B., Petit S., Neidel N., Foffova H., Daouti E., Frei B., Skuhrovec J., Řezáč M., Saska P., Wallinger C., Traugott M., Bohan D. A., 2020: The resilience of weed seedbank regulation by carabid beetles, at continental scales, to alternative prey. *Scientific Reports* 10(1), 19315.

Cromar H. E., Murphy S. D., Swanton C. J., 1999: Influence of tillage and crop residue on postdispersal predation of weed seeds. *Weed Science* 47(2). 184-194.

Daedlow D., Westerman P. R., Baraibar B., Roupheal S., Gerowitt B., 2014: Weed seed predation rate in cereals as a function of seed density and patch size, under high predation pressure by rodents. *Weed research* 54(2). 186-195.

Daily G. C., 1997: Introduction: what are ecosystem services. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems* 1(1).

Davis A. S., Raghu S., 2010: Weighing abiotic and biotic influences on weed seed predation. *Weed Research* 50(5). 402-412.

Diekötter T., Wamser S., Wolters V., Birkhofer K., 2010: Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat. *Agriculture, ecosystems & environment* 137(1-2). 108-112.

- Faustus L., Polívka F., 1984: Botanický klíč: Klíč k určování 1000 nejdůležitějších cévnatých rostlin. Vydalo Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 453 s.
- Fenner M., 1985: Seed Ecology. Chapman and Hall, London, 151.
- Fischer C., Thies C., Tschardt T., 2011: Mixed effects of landscape complexity and farming practice on weed seed removal. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 13(4). 297-303.
- Foffová H., Cavar Zeljković S., Honěk A., Martinková Z., Tarkowski P., Saska P. 2020: Which Seed Properties Determine the Preferences of Carabid Beetle Seed Predators? *Insects* 11: 757.
- Fox J., Weisberg S., 2019a: An R Companion to Applied Regression, Third Edition. Sage, Datasets to Accompany
- Fox J., Weisberg S., 2019b: An R Companion to Applied Regression, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.
- Gaines H. R., Gratton C., 2007: Seed predation increases with ground beetle diversity in a Wisconsin (USA) potato agroecosystem\_Appendix A. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 137(August). 329–336.
- Gibson D. J., 2015: Methods in comparative plant population ecology. Oxford University Press.
- Gist C. S., Crossley Jr. D. A., 1973: A method for quantifying pitfall trapping. *Environmental Entomology* 2(5). 951-952.
- Goin F., Woodburne M., Zimicz A. N., Martin G. M., Chornogubsky L., 2015: A brief history of South American metatherians: evolutionary contexts and intercontinental dispersals. Springer.
- Grau J., Kremer B. P., Möselers B. M., Rambold G., Triebel D., 1998: Trávy: lipnicovité, šáchorovité, sítinovité a rostliny podobné travám Evropy. Knižní klub Ikar, Praha, 287 s.
- Harwood J. D., Obrycki J. J., 2005: The role of alternative prey in sustaining predator populations. In *Proc. second int. symp. biol. control of arthropods Vol. 2.* 453-462.

- Heggenstaller A. H., Menalled F. D., Liebman M., Westerman P. R., 2006: Seasonal patterns in post-dispersal seed predation of *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi* in three cropping systems. *Journal of Applied Ecology* 43(5). 999–1010.
- Hohbein R. R., Conway C. J., 2018: Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance. *Wildlife Society Bulletin* 42(4). 597-606.
- Hron F., Kohout V., 1988: Plevelle polí a zahrad. Vydalo Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, České Budějovice, 343 s.
- Hulme P. E., Benkman C. W., 2002: Granivory. *Plant–animal interactions: an evolutionary approach*, 185-208.
- 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.
- Jursík M., Hamouzová K., Soukup J., Holec, J., 2011: Rezistence plevelů vůči herbicidům a problémy s rezistentními populacemi v ČR. *Listy Cukrovarnické a Reparské* 127(4).
- Klika J., 1965: Klíč k určování rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 582 s.
- Kolb A., Ehrlén J., Eriksson O., 2007: Ecological and evolutionary consequences of spatial and temporal variation in pre-dispersal seed predation. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9(2). 79-100.
- Kulkarni S. S., Dossall L. M., Willenborg C. J., 2015: The role of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in weed seed consumption: a review. *Weed Science* 63(2). 355-376.
- 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(1). e0170593.
- Kůrová J., 2014: Ke studiu půdní semenné banky. *Živa*, 2, 66-67.

- Kuznetsova A., Brockhoff P.B., Christensen R.H.B., 2017: lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13). 1–26. doi:10.18637/jss.v082.i13.
- Lami F., Boscutti F., Masin R., Sigura M., Marini, L., 2020: Seed predation intensity and stability in agro-ecosystems: Role of predator diversity and soil disturbance. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 288. 106720.
- Law J. J., Gallagher R. S., 2018: Seed Distribution and Invertebrate Seed Predation in No-Till and Minimum-Till Maize Systems. *Agronomy Journal* 110(6). 2488-2495.
- Leck M. A [ed.], 2012: Ecology of soil seed banks. Elsevier.
- Lenth R., 2019: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.4.2. <https://CRAN.R-project.org/package=emmean>
- Lhotská M., Kropáč Z., 1985: Kapesní atlas semen, plodů a klíčnicích rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 547 s.
- Luff M. L., 1975: Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Oecologia*. 345-357.
- Lundgren J. G., 2009: Relationships of natural enemies and non-prey foods (Vol. 7). Springer Science & Business Media.
- Marin-Morales M. A., Ventura-Camargo B. D. C., Hoshina M. M., 2013: Toxicity of herbicides: impact on aquatic and soil biota and human health. *Herbicides—current research and case studies in use*. 399-443.
- Martinovský J., 1959: Naše rostliny: klíč k určování. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 641 s.
- Mauchline A. L., Watson S. J., Brown V. K., Froud-Williams R. J., 2005: Post-dispersal seed predation of non-target weeds in arable crops. *Weed Research* 45(2). 157-164.
- Meiss H., Le Lagadec L., Munier-Jolain N., Waldhardt R., Petit, S., 2010: Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops. *Agriculture, ecosystems & environment* 138(1-2). 10-16.



- Menalled F. D., Lee J. C., Landis, D. A., 2001: Herbaceous filter strips in agroecosystems: implications for ground beetle (Coleoptera: Carabidae) conservation and invertebrate weed seed predation. *The Great Lakes Entomologist* 34(1). 11.
- Menalled F. D., Smith R. G., Dauer J. T., Fox T. B., 2007: Impact of agricultural management on carabid communities and weed seed predation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118(1-4). 49-54.
- Navntoft S., Wratten S. D., Kristensen K., Esbjerg P., 2009: Weed seed predation in organic and conventional fields. *Biological Control* 49(1). 11-16.
- O'Rourke, M. E., Heggenstaller, A. H., Liebman, M., & Rice, M. E. (2006). Post-dispersal weed seed predation by invertebrates in conventional and low-external-input crop rotation systems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 116(3-4), 280-288.
- Orrock J. L., Borer E. T., Brudvig L. A., Firn J., MacDougall A. S., Melbourne B. A. [ed.], 2015: A continent-wide study reveals clear relationships between regional abiotic conditions and post-dispersal seed predation. *Journal of Biogeography* 42(4). 662-670.
- Petit S., Boursault A., Bohan D., 2014: Weed seed choice by carabid beetles (Coleoptera: Carabidae): Linking field measurements with laboratory diet assessments. *European Journal of Entomology* 111(5). 615-620.
- Petit S., Trichard A., Biju-Duval L., McLaughlin Ó. B., Bohan D. A., 2017: Interactions between conservation agricultural practice and landscape composition promote weed seed predation by invertebrates. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 240. 45-53.
- Power A. G., 2010: Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences* 365(1554). 2959-2971.
- R Core Team, 2013: R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.Rproject.org/>
- Rao V. S., 2000: Principles of weed science. crc Press.

- Rusch A., Barret M., Bardin M., Jacquin-Joly E., Malausa T., Lannou C., 2022: *Extended Biocontrol*. X. Fauvergue (Ed.). Springer.
- Sarabi V., 2019: Factors that influence the level of weed seed predation: A review. *Weed Biology and Management* 19(3). 61-74.
- Saska P., Van der Werf W., De Vries E., Westerman P. R., 2008: Spatial and temporal patterns of carabid activity-density in cereals do not explain levels of predation on weed seeds. *Bulletin of Entomological Research* 98(2). 169-181.
- Saska P., Martinkova Z., Honek A., 2010: Temperature and rate of seed consumption by ground beetles (Carabidae). *Biological Control* 52(2). 91-95.
- Slavík B. [ed.], 1990: *Květena České republiky 2*. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 544 s.
- Šašková D., Štolfa V., 1993: *Trávy a obilí*. Nakladatelství Artia Granit, Praha, 64 s.
- Trichard A., Alignier A., Biju-Duval L., Petit S., 2013: The relative effects of local management and landscape context on weed seed predation and carabid functional groups. *Basic and Applied Ecology* 14(3). 235-245.
- Trichard A., Ricci B., Ducourtieux C., Petit, S., 2014: The spatio-temporal distribution of weed seed predation differs between conservation agriculture and conventional tillage. *Agriculture, ecosystems & environment* 188. 40-47.
- Van Alfen, N. K., 2014: *Encyclopedia of agriculture and food systems*. Elsevier.
- Van der Laat R., Owen M. D., Liebman M., Leon R. G., 2015: Postdispersal weed seed predation and invertebrate activity density in three tillage regimes. *Weed Science* 63(4). 828-838.
- Westerman P. R., Hofman A., Vet L. E. M., Van Der Werf W., 2003: Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeaic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture, ecosystems & environment* 95(2-3). 417-425.
- Wickham H., 2011: The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis. *Journal of Statistical Software*, 40(1). 1–29. <https://www.jstatsoft.org/v40/i01/>.
- Wickham H., 2016: *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4, <https://ggplot2.tidyverse.org>.

Wickham H., François R., Henry L., Müller K., Vaughan D., 2023: dplyr: A Grammar of Data Manipulation. <https://dplyr.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/dplyr>.

Winkler J., 2013: Plevelle v ekologickém zemědělství. *Zemědělec* 2013(37). 34-34.

White S. S., Renner K. A., Menalled F. D., Landis D. A., 2007: Feeding preferences of weed seed predators and effect on weed emergence. *Weed Science* 55(6). 606-612.

Woodcock B. A., 2005: Pitfall trapping in ecological studies. *Insect sampling in forest ecosystems* 5. 37-57.

Zimdahl R. L., 2018: Fundamentals of weed science. Academicpress.

## **Internetové zdroje**

URL 1: <[https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha\\_ruzyne/?&typ=slunce\\_svit&historie\\_bar\\_mesic=5&historie\\_bar\\_rok=2021#monthly\\_graph](https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha_ruzyne/?&typ=slunce_svit&historie_bar_mesic=5&historie_bar_rok=2021#monthly_graph)>

[cit. 2023.03.20]

URL 2: <[https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha\\_ruzyne/?&typ=slunce\\_svit&historie\\_bar\\_mesic=5&historie\\_bar\\_rok=2021#monthly\\_graph](https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha_ruzyne/?&typ=slunce_svit&historie_bar_mesic=5&historie_bar_rok=2021#monthly_graph)>

[cit. 2023.03.20]

URL 3: <[https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha\\_ruzyne/?&typ=slunce\\_svit&historie\\_bar\\_mesic=6&historie\\_bar\\_rok=2021#monthly\\_graph](https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha_ruzyne/?&typ=slunce_svit&historie_bar_mesic=6&historie_bar_rok=2021#monthly_graph)>

[cit. 2023.03.20]

URL 4: <[https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha\\_ruzyne/?&typ=slunce\\_svit&historie\\_bar\\_mesic=6&historie\\_bar\\_rok=2021#monthly\\_graph](https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha_ruzyne/?&typ=slunce_svit&historie_bar_mesic=6&historie_bar_rok=2021#monthly_graph)>

[cit. 2023.03.20]

URL 5: <[https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha\\_ruzyne/?&typ=teplota&historie\\_bar\\_mesic=5&historie\\_bar\\_rok=2022#monthly\\_graph](https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha_ruzyne/?&typ=teplota&historie_bar_mesic=5&historie_bar_rok=2022#monthly_graph)>

[cit. 2023.03.20]

URL 6: <[https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha\\_ruzyne/?&typ=slunce\\_svit&historie\\_bar\\_mesic=5&historie\\_bar\\_rok=2022#monthly\\_graph](https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha_ruzyne/?&typ=slunce_svit&historie_bar_mesic=5&historie_bar_rok=2022#monthly_graph)>

[cit. 2023.03.20]

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Semenné kartičky umístěné volně a pod ochrannou klecí.....	32
Obrázek 2 Kontrolní klec se semennými kartičkami .....	33
Obrázek 3 Stanoviště se zemní pastí.....	34
Obrázek 4 Zemní past zakrytá střechou.....	34
Obrázek 5 Plánek rozmístění stanovišť.....	35
Obrázek 6 Graf výsledků 1. pokusu.....	38
Obrázek 7 Graf výsledků 2. pokusu.....	39
Obrázek 8 Graf výsledků 3. pokusu.....	40
Obrázek 9 Graf znázorňující zmizela semena z kontrolních klecí – 1. pokus .....	41
Obrázek 10 Graf znázorňující zmizela semena z kontrolních klecí - 2. pokus .....	42
Obrázek 11 Graf znázorňující zmizela semena z kontrolních klecí - 3. pokus .....	42
Obrázek 12 Výsledky zemních pastí z 1. pokusu .....	43
Obrázek 13 Výsledky zemních pastí 2. pokusu .....	44
Obrázek 14 Výsledky zemních pastí 3. pokusu .....	44
Obrázek 15 Predátoři chycení v pastích - kroužkovci .....	45
Obrázek 16 Predátoři chycení v pastích - střevlíci.....	45
Obrázek 17 Predátoři chycení v pastích - měkkýši.....	45
Obrázek 18 Predátoři chycení v pastích - mnohonožky.....	46
Obrázek 19 Predátoři chycení v pastích - mravencovití.....	46
Obrázek 20 Predátoři chycení v pastích - stejnonožci.....	46
Tabulka 1 Porovnání metody semenných kartiček s jinými autory – výběr příkladů.....	22
Tabulka 2 Výsledné hodnoty modelu glm (počet sežraných semen ~ Druh semen*Den*Klec *Pokus) .....	37
Tabulka 3 Zmizelá semena z kontrolních klecí.....	40