

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie a životního prostředí



Plzáci jako predátoři semen – vliv predace na klíčivost semen

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Pavel Saska Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Mgr. Stanislava Koprlová

Vypracovala: Marie Nenutilová

Praha, 2011



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

pro: Bc. Marie Nenutilová
obor: EKOL

Název tématu: **Plzáci jako predátoři semen – vliv predace na klíčivost semen**

Název tématu v anglickém jazyce: **Slugs as seed predators – impact of seed consumption on germination**

Zásady pro vypracování:

Plži jsou známými herbivory. Kromě zelených částí rostlin a semenáčků však požírají i semena, bývají tedy zahrnováni mezi postdisperzní predátory semen. Poslední zjištění však ukazují, že zejména v případě menších druhů semen si semena prošlá trávicím traktem uchovávala klíčivost. Dopad plžů na redukci populací semen tak musí být přehodnocen. Plzák španělský (*Arion lusitanicus*) se do České republiky rozšířil poměrně nedávno. V současnosti jeho výskyt pokrývá celé území státu a zejména drobným pěstitelům páchá nezanedbatelné škody na kulturních plodinách. Díky své velikosti je také vhodným modelovým druhem pro studium jeho funkce jako konzumenta semen jak kulturních plodin, tak plevelů.

Cílem této práce je zjistit vliv predace plzáky na klíčivost semen vybraných druhů plevelů a kulturních rostlin. V laboratorních podmínkách budou plzáci krmeni semeny při současném zaznamenávání spotřeby semen. Dále bude stanoveno procento sežraných, ale nestrávených (vyloučených trusem) semen. Za podmínek, které nenavozují dormanci, bude následně sledován vliv teploty a vlhkosti na klíčivost těchto semen v porovnání s kontrolní skupinou čerstvých semen. Pokusy budou probíhat jak v laboratoři, tak v polních podmínkách.

Hlavní otázky tedy jsou:

1. Jaká je skutečná spotřeba semen plzákem španělským?
2. Jaké procento semen zůstane po požití nestrávených?
3. Jak teplota a vlhkost ovlivňuje klíčení nestrávených semen?
4. Je vlastní exkrement „obalem“ zamezujícím za určitých podmínek vyklíčení nestrávených semen?



Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: dle potřeby

Seznam odborné literatury:

Begon, M., Townsend, C.R., Harper, J.L. 2006 Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell, 738 pp.

Booth, B.D., Murphy, S.D., Swanton, C.J. 2003: Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, U.K., 303 pp.

Fenner, M., Thompson, K. 2004: The Ecology of Seeds. Cambridge University Press, 250? pp.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Pavel Saska, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Mgr. Stanislava Koprdoová (VÚRV Praha), Doc. RNDr. Alois Honěk, CSc. (VÚRV Praha a katedra ekologie, FŽP ČZU Praha)

Datum zadání diplomové práce: 12.9.2009

Termín odevzdání diplomové práce: 4.2011

L.S.


Prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Vedoucí katedry




Prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan

V Praze dne

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením doc. RNDr. Pavla Sasky, Ph.D. a Mgr. Stanislavy Koprkové. Dále prohlašuji, že jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 29. 4. 2011

.....

Poděkování

Na tomto místě děkuji doc. RNDr. Pavlu Saskovi Ph.D. za odborné vedení při sepsání diplomové práce, za věcné připomínky, cenné rady a za poskytnutí odborné literatury.

Rovněž děkuji Mgr. Stanislavě Koprdoové za pomoc při sběru dat v laboratoři, za věcné připomínky i cenné rady, a také, za to že to se mnou vydržela.

Za podporu a trpělivost děkuji rodině a všem svým přátelům.

Abstrakt

Semena jsou častou potravou většiny živočichů. Mezi predátory semen patří i plzák španělský (*Arion lusitanicus*), který se poslední desetiletí dokázal rozšířit po celé Evropě. Jeho početné populace dokáží značně ovlivnit floru regionu. Živí se převážně semeny a mladými sazenicemi.

Cílem této práce bylo zjistit skutečnou spotřebu semen plzákem španělským a jaké procento semen zůstane po požití nestrávených. Zda jako predátor semen bude mít vliv na klíčení nestrávených semen a také, jestli je možný vliv rozdílných teplot na klíčení konzumovaných semen.

Nasbírání plzáci španělští byli dáni do plastových kelímků na filtrační papír s 50 semeny jednoho druhu. Celkem bylo zkoumáno 54 druhů kulturních plodin a plevelů, u každého bylo 5 opakování. V tomto pilotním pokusu bylo zjištěno, která semena plzáci španělští preferují a která zcela odmítají. K dalšímu pokusu bylo vybráno pět druhů, které plzáci španělští konzumovali nejvíce, ty byly po jejich nestrávení plzákem španělským dány do petriho misek a pak pozorována jejich klíčivost. Dále bylo zkoumáno, zda bude mít vliv ponechání jedinců v dvou rozdílných teplotách (v 15 °C v klimaboxu a volně v laboratoři při průměrné denní teplotě 23 °C). Po statistickém přezkumu výsledných dat bylo zjištěno, že data byla neprůkazná.

Klíčová slova

Plzák španělský (*Arion lusitanicus*), klíčivost, semena, teplota.

Abstract

The seeds are a common food of the most herbivore animals. Spanish slug (*Arion lusitanicus*) being known of its last decades expansion throughout the whole Europe is also one of them.. Slug populations can significantly affect the region's flora while feeding on seeds and young seedlings mainly.

The aim of this study was to determine the actual consumption of seeds by *A. lusitanicus* and what is the percentage of undigested seeds after digestion. Further was examined the influence of this predation on the germination of undi-

gested seeds and the influence of different temperatures on the germination of seeds consumed.

Slugs were placed into plastic cups on a filter paper with 50 seeds of one species. Totally 54 different species of crops and weeds were investigated with five duplications. In this pilot experiment, it was found which seeds are preferred and which completely refused. Next step was choosing seeds of five different species which were consumed the most, and placing them after being undigested into petri dishes and observing their germination. Then, it was also examined whether different temperature has an effect (one was 15 °C in climatization box and the other in the laboratory at an average temperature of 23°C). After statistical analysis the results shown the data being inconclusive.

Key words

Spanish slug (*Arion lusitanicus*), germination, seeds, temperature.

1. ÚVOD	1
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	2
2. 1. PREDACE	2
2. 1. 1. Obecná charakteristika predace	2
2. 1. 2. Predace semen	2
2. 1. 3. Typy predace	2
2. 2. KLÍČIVOST	3
2. 2. 2. Vliv teploty na klíčení	4
2. 2. 3. Vliv světla na klíčení	5
2. 2. 4. Vliv vlhkosti na klíčení	5
2. 3. SEKUNDÁRNÍ DISPERZE SEMEN	6
2. 3. 1. Typy disperze	6
2. 4. PLZÁK ŠPANĚLSKÝ (ARION LUSITANICUS MABILLE, 1868)	7
2. 4. 1. Taxonomické řazení	7
2. 4. 2. Charakteristika	8
2. 4. 3. Rozšíření	9
2. 4. 4. Rozmnožování a životní cyklus	10
2. 4. 5. Migrace	10
2. 4. 6. Přirozená stanoviště	11
2. 4. 7. Predace	12
3. CÍL POKUSU	13
4. MATERIÁL A METODIKA	14
4. 1. POUŽITÉ DRUHY SEMEN	14
4. 2. POKUSNÝ DRUH PLZÁKA	16
5. VÝSLEDKY	22
5. 1. PILOTNÍ POKUS	22
5. 2. DRUHÁ ČÁST POKUSU	24
5. 2. 1. Statistické výsledky	26
5. DISKUZE	30
5.1. Porovnání studií	30
6. ZÁVĚR	32
7. LITERATURA	33

1. Úvod

Plži jsou známými herbivory, kteří v zemědělských kulturách páchají četné škody. Kromě zelených částí rostlin a semenáčků však požírají i semena. Bývají tedy zahrnováni mezi postdisperzní predátory semen. Nová data získaná na pracovišti VÚRV však ukazují, že zejména v případě menších druhů si i semena prošlá trávicím traktem uchovala klíčivost (Honěk a kol., 2009).

Klíčivost semen je obecně ovlivňována podmínkami prostředí. Fotoperioda mnohdy indukuje stav dormance, kdy semena neklíčí (Procházka a kol.). U nedormantních, klíčivých semen pak hraje důležitou roli zejména teplota (Booth a kol., 2003).

Plzák španělský (*Arion lusitanicus*) se do České republiky rozšířil poměrně nedávno a v současnosti jeho výskyt pokrývá celé území státu (Horsák a Dvořák, 2003). Zejména drobným pěstitelům páchá nezanedbatelné škody, je proto vhodným modelovým druhem pro studium jeho funkce jako konzumenta semen.

Cílem této práce je zjistit vliv predace plzáky na klíčivost semen vybraných druhů plevelů a kulturních rostlin. V laboratorních podmínkách byli plzáci krmeni semeny a spotřeba semen byla zaznamenávána. Dále bylo sledováno procento sežraných, ale nestrávených semen. Za podmínek, které nenavozují dormanci, byl následně sledován vliv teploty na klíčivost, jelikož jsou v přirozených podmínkách nestrávená semena součástí exkrementu, jehož vlastnosti a stálost jsou však v případě plžů ovlivněny teplotou a vlhkostí.

2. Literární přehled

2. 1. Predace

2. 1. 1. Obecná charakteristika predace

Predace je vztah organismů, kdy jeden je kořistí toho druhého (Braniš, 2004), kde predátor požívá celého producenta nebo jen jeho část (Kvasničková, 1994). Možnost predátorů najít, zabít a zkonzumovat kořist hraje zásadní roli při formování trofické interakce potravních sítí (Begon a kol., 1996). Úspěch jednotlivých dravců závisí na kombinaci specializace a úspěchu ulovit kořist (Solomon 1949).

2. 1. 2. Predace semen

Pod pojmem predace semen se rozumí konzumace semen živočichy, kteří se semeny živí (Menalled a kol., 2006). Tato predace může být v ekosystému považována za důležitou ze dvou důvodů. Za prvé, semena plevelů tvoří důležitou součást potravy zvířat (např.: bezobratlých, drobných savců a ptáků) (Kollmann a Bassin, 2001). Pokud se sníží dostupnost tohoto potravního zdroje, je pravděpodobné, že bude hlavní příčinou úbytku biologické rozmanitosti, která je pozorovaná u hospodářské krajiny v průběhu posledních desetiletí (Robinson a Sutherland, 2002). Za druhé, predace semen může snížit hustotu populace plevelů (Mauchline a kol., 2005).

2. 1. 3. Typy predace

Predaci semen můžeme rozdělit na tři typy (Martinková a kol., 2008). Prvním typem je pre-disperzní predace, která nastane v době, kdy jsou semena stále na svých mateřských rostlinách, což znamená, že semena jsou požíraná v době, kdy dozrávají na mateřské rostlině (Moles a kol., 2003). U této predace může hmyz způsobit úmrtnost až 80 % semen (Jenzen, 1980).

Druhou kategorií je post-disperzní predace. Tu Heggenstaller a kol. (2006) definovali jako stav, kdy jsou semena konzumována poté, co se uvolní z

mateřské rostliny a dopadnou na povrch půdy. Mezi důležité predátory této kategorie patří ptáci, hlodavci (Crawley, 1992), brouci a mravenci (Menalled a kol., 2006). Post-disperzní predace je často hlavní determinant přežití semen (Schupp, 1988). Největší podíl semen je zkonsumován právě po jejich dopadnutí na povrch půdy (Martinková a kol., 2008).

Třetím typem je predace semen buď přímo v půdě, nebo semen uvolněných z půdní zásoby (Martinková a kol., 2008).

Semeny se živí savci (hlodavci), ptáci (pěnkavy) hmyz (brouci a mravenci), ale i mnoho jiných druhů živočichů (např.: slimáci, ryby, krabi). Predace semen může být považována za speciální formu herbivorie, protože se přímo týká schopnosti rostlin při její schopnosti regenerace v budoucí generaci. Podíl konzumace semen se značně liší mezi druhy predátorů a místy, kde se nacházejí a léty spotřeby, je ale často velmi vysoký (Booth a kol., 2003).

2. 2. Klíčivost

Počet semen, která rostlina vyprodukuje, závisí na mnoha vzájemně se ovlivňujících faktorech, včetně genetických omezení, data klíčení, velikosti rostliny a ekologických podmínek (Booth a kol., 2003).

Proces klíčení začíná příjmem vody semenem a končí začátkem prodlužovacího růstu radikuly v embryu. Klíčivostí se rozumí procento klíčících semen schopných dalšího vývoje (Procházka a kol., 2002).

Klíčivost semen znamená schopnost dalšího vývoje. Většinou se zjišťuje laboratorní zkouškou, kde se během určené doby na filtračním papíru zkoumá klíčivost. Některé druhy dosahují klíčivosti dokonce až po vyschnutí semena, např. obilky kukuřice (*Zea mays*). Po určité době ztrácejí semena životnost, která je spojována s degradací DNA. Životnost semen se liší mezi druhy semen (od několika týdnů - topol, až na dobu přesahujících sto let - lotos). (Procházka a kol., 2002).

Vnější činitele prostředí ovlivňují růstový a vývojový proces semene v souvislosti s vnitřními podmínkami. Mezi tyto významné činitele patří teplo, světlo a voda (Hejnák a kol., 2008).

Výsledky klíčení semen, které zaznamenal Oleskog a jeho kolektiv (2000), byly dosaženy za stálých podmínek záření, vlhkosti půdy a teploty. Během letních dnů bez oblačnosti, při stálém slunečním záření a teploty je odpařování vysoké, zatímco vlhkost vzduchu je velmi nízká, což způsobuje vyschnutí semen. V noci vlhkost vzduchu dosáhne saturace a tvoří se rosa, která umožňuje semenům čerpat vláhu, i když je půdní povrch suchý.

2. 2. 2. Vliv teploty na klíčení

Teplota je důležitá pro překonání dormance a umožňuje růst embrya s následným vznikem kořínku (Walck a Hidayata, 2004). V teplotě se rozlišují tři kardiální body (minimum, optimum, maximum), například teplomilné rostliny mají kardiální body (především minimum) posunuty výše než rostliny, které jsou chladnomilné (Tkadlec, 2008).

Požadavky na teplotu u rostlin jsou velmi úzce spojeny s načasováním klíčení; jen velmi zřídka můžeme přesně zjistit konkrétní podmínky panující na stanovišti (Fenner a Thompson, 2005).

Teplota může mít jak účinky konstantní (neměnné), i proměnlivé. V sezónním klimatu je teplota dobrým ukazatelem roční doby, a proto důležitým faktorem při určování doby klíčení. Washitani a Masuda (1990) popisují studii o klíčení v japonských travních porostech, ve kterých byla klíčivost téměř u všech druhů omezena na začátek jarního období. Zjistili, že v době klíčení je semeno vystaveno postupně se zvyšující teplotě, která byla úzce propojena s načasováním pozorování dané oblasti. Zajímavé je, že vznik načasování vůbec nekoreloval s přítomností vegetačního klidu, který obvykle hraje roli v určování počátku klíčení nebo požadavky na dormanci (Booth a kol., 2003).

Teplotní práh pro klíčení jednotlivých druhů rostlin je odlišný podle jejich náročnosti na teplotní podmínky. Chladnomilnější druhy (např. špenát a salát) klíčí při 10 – 13 °C a teplomilné rostliny (např. okurka a slunečnice) požadují teplotu 18 – 24 °C (Hejnák a kol., 2008).

Většina semen v laboratořích klíčí při konstantní teplotě, ale některá nejsou schopna vyklíčit bez kolísající teploty, což je v přírodě obvyklé (Tkadlec, 2008). Při testování kvality vzorků se prokázalo, že semena, která se uchováva-

jí při teplotě – 18 °C mají i při dlouhodobému uchování klíčivost podobnou jako většina běžných plodin (Faberová, 2002).

2. 2. 3. Vliv světla na klíčení

Světlo je jedním z nejdůležitějších regulačních signálů životního prostředí v životním cyklu rostlin a jejich klíčících semen (Khan a Ungar, 1997).

Na semena ležící na povrchu půdy může mít vysoká intenzita světla až nepříznivý vliv na další vývoj rostliny, zejména pokud by byla vystavena silnému slunečnímu záření (Booth a kol., 2003).

Je-li osivo, které klíčí ve tmě, pod povrchem půdy, pak jeho klíček nemusí být schopen dosáhnout povrchu. Toto riziko je největší u malých semen, proto jejich schopnost detekovat světlo (nebo jeho absenci) je velmi důležitá pro přežití. Čím je semeno blíže k povrchu, jeho šance na úspěšné vyklíčení vzrůstá, protože množství dopadajícího světla rychle klesá s hloubkou (Booth a kol., 2003).

Booth a kol. (2003) zjistili, že při pozorování 271 druhu rostlin druhy s hmotností semene nižší než 0,1 mg vyžadovaly světlo jen lehce a že výskyt světelné závislosti klesal s rostoucí velikostí semen. Druhy obvykle klíčící ve tmě mají semena, která jsou jen lehce citlivá na světlo.

Naopak Kimber a kol. (1994) při svém pokusu s klíčením čerstvých semen uložených ve skleníku a u vodní plochy (rybníku), u kterého byla světelná dostupnost snížena překrytím látkou, prokázal, že klíčení semen bylo ovlivněno světelnou úrovní.

2. 2. 4. Vliv vlhkosti na klíčení

Většina semen může udržet životaschopnost s velmi nízkým obsahem vlhkosti (Booth a kol., 2003), avšak má zásadní vliv na skladovatelnost (Faberová, 2003). Osivo citlivé na vysychání se nachází nejčastěji v deštných pralesích, ale tato osiva jsou z velké části k vysychání tolerantní - částečná dehydratace nemusí být vždy smrtelná. Ve stále teplém a vlhkém podnebí může rychlé klíčení snížit riziko predace (Booth a kol., 2003).

Hydratace semen zvyšuje rychlost a vyrovnanost klíčení, která působí na rychlejší a vyrovnanější vzcházení, zvláště v nepříznivých podmínkách prostředí (Bláha a kol., 2010).

Příjem vody a její výdej je důležitou funkcí v celkové bilanci jednotlivých rostlin (Losos a kol., 1987). Vlhkost je nezbytná pro zbobtnání semen, které předchází jejich vlastnímu klíčení. Testa je nejvíce přístupná kolem pupku semena, nejprve tvoří záhyby. Nejrychlejší absorpce je hned poté, kdy semena přišla do styku s vodou. Největší hydratace je v embryu. Jak stoupne obsah vody nad 60 %, začnou se v semenu aktivovat metabolické systémy, při tom začne i příprava na objemový růst embryonálních buněk. Po proražení osemení kořínkem embrya se příjem vody zvýší. Voda často působí jakou činitel zvyšující rychlost a míru klíčení. Nepříznivá může být vysoká koncentrace solí a některé retardanty v půdě (Procházka a kol., 1998).

Bylo sledováno, že obsah vody v semenech se pohybuje v rozmezí zhruba 1,5 – 16 %, přičemž minimální hodnoty jsou závislé na druzích testovaných semen (Faberová, 2003).

U druhů semen ze stresového prostředí byl příjem vody zpočátku rychlejší, především díky menší hmotnosti semen a občas i vlivem poškozeného osemení. Výdej vody byl také rychlý při srovnání s osivem ze standardního prostředí. Opak představuje kvalitnější osivo, které lépe hospodaří s vodou (Bláha, 2008).

2. 3. Sekundární disperze semen

Diverzita společenstev je vyjádřena přítomností jednotlivých druhů a jejich zastoupením v daném společenstvu, které může být vyjádřeno jako pokryvnost (dominance) nebo početnost (abundance) (Martinková a kol., 2008).

2. 3. 1. Typy disperze

Disperze je rozmístění jedinců v prostoru, u rostlin je pohyblivost omezena jen na juvenilní stádia (Losos a kol., 1985).

Šíření rostlin je proces, při kterém dochází k přesunu diaspor (semena, plody a spóry) a druh se rozšíří, když se úspěšně uchytí na novém stanovišti (Forman a Gordon, 1993). Šířící se semena a plody pohlavně se rozmnožujících rostlin umožňují vznik nových populací. Zralá semena se šíří od mateřských rostlin různými způsoby (vodou, větrem, činností jiných organismů atp.) (Martinková a kol., 2008). Šíření semen se rozděluje podle způsobu jejich disperze anemochorie - přenášení větrem, hydrochorie - přenášení vodou, antropochorní - člověkem, zoochorie - šíření semen živočichy (Procházka a kol., 1998) a barochorie - šíření gravitací za možné pomoci živočichů (Forman a Gordon, 1993).

Semeno je hlavní mobilní fází životního cyklu rostliny. Stejně jako u ostatních mobilních fází (rozptyl pylu), osud semen je závislý na větru, vodě nebo zvířatech, jejichž pomocí se mohou přemísťovat (Booth a kol., 2003). Mezi nejdůležitější příčiny přirozené úmrtnosti je predace, protože semena obsahují větší podíl energeticky nebo jinak nutričně významných látek (Martinková a kol., 2008), a proto jsou dobrým zdrojem potravy pro mnoho zvířat. V některých případech jsou semena rozptýlena do příznivého prostředí, zatímco v jiných jsou zničena nebo zavlčena do prostředí nepřátelského. Aby semeno přežilo, pro svůj další vývin musí najít místo a příznivé podmínky okolí (Booth a kol., 2003).

Při šíření populace do území, ve kterém se nevyskytuje příslušný druh, se jedná o rozšiřování areálu, tzv. expanzi. Při opačném jevu, tedy při zmenšování areálů se hovoří o regresi (Losos a kol., 1985).

2. 4. Plzák španělský (*Arion lusitanicus* Mabilie, 1868)

2. 4. 1. Taxonomické řazení

Říše: Animalia – Živočichové

Podříše: Metazoa – Mnohobuněční

Vývojová větev: Protostomia - Prvoústí

Kmen: Mollusca – Měkkýši

Třída: Gastropoda – Plži

Čeleď: Arionidae - Plzák

(Korbel a kol, 2001)

2. 4. 2. Charakteristika

Plizák španělský patří mezi bezulitnaté plže, kterým zůstalo několik vápenatých zrněk pod kápovitým pláštěm (Korbel a kol, 2001). Dýchací otvor (pneumostome) se nachází na pravé straně v přední polovině pláště (Wittenberg, 2005). Barva je nejčastěji hnědá, tmavě hnědá nebo načervenalá, byli pozorováni i slimáci žlutavé barvy. Mladší jedinci mohou mít tmavší pásy po stranách, zatímco dospělí jsou více jednotné barvy (Weidema, 2006).

Obrázek č. 1: Plizák španělský (*Arion lusitanicus*) ve volné přírodě.



(zdroj: Marie Nenutilová)

Svalnatá noha je viditelně oddělena od těla tmavě hnědým okrajem (viz. Obr. č. 1). U dospělého jedince je délka těla od 7 do 15 cm (von Proschwitz a

Winge, 1994). Hmotnost dospělých jedinců se pohybuje od 3 do 27 g (Briner a Frank, 1998). Většina plzáků žije jeden rok (Davies, 1987).

Plzáci jsou značně proměnliví a jejich determinace není jednoduchá, proto se velmi snadno zaměňují s druhy, které jsou u nás domácími druhy (Kazda a kol, 2007). *Arion lusitanicus* je velmi podobný *Arion ater* (což je domácí druh v západní a střední Evropě) a i *Arion rufus* (také introdukovaný), a proto může být obtížné rozlišit mezi těmito druhy, protože u nich dochází k překrývání v barvě i velikosti. Zjistit, o jaký druh se přesně jedná, lze pomocí pitvy (von Proschwitz a Winge, 1994).

Ve vývoji *A. lusitanicus* existují tři fáze růstu: infantilní, juvenilní a fáze dospělosti. Infantilní fáze začíná po vylíhnutí vajec a končí v období mladého jedince. Druhá fáze začíná v době, kdy se mladiství jedinci páří. Po tomto období, ve kterém produkují snůšky vajíček, jsou už ve věku, kdy začíná fáze dospělosti končící smrtí (Kozłowski, 2007).

2. 4. 3. Rozšíření

Plzák *A. lusitanicus* byl poprvé popsán podle Mabilie (1868) a pochází z Pyrenejského poloostrova (Simroth 1891) a jižní Francie (von Proschwitz a Winge, 1994). Do střední Evropy se rozšířil pravděpodobně v důsledku sucha a vysokých teplot spojených s nepřítomností přirozených nepřátel (Weidema, 2006). *A. lusitanicus* začal masivně šířit od roku 1970 (Grimm a Paill, 2001).

Plzák španělský byl dokonce pozorován v letech 2003 a 2004 na Islandu (Ingimarsdóttir a Olafsson, 2005).

A. lusitanicus byl poprvé zaznamenán v České republice v roce 1991 a od té doby se rozšířil po celé republice (Horsák a Dvořák, 2003).

K jeho rozšíření přispěly dovozy hrnkových rostlin (Weidema, 2006), přeprava zemědělských produktů (hlávkový salát, zelí, mrkev, řepa), rostlinných zbytků a různých druhů odpadů, kde byla nalezena vejce i malí jedinci (von Proschwitz, 1994).

A. lusitanicus, stejně jako ostatní plzáci, preferuje vlhké biotopy, jako listnaté lesy, louky, pastviny, zahrady, parky (von Proschwitz, 1996), kompost

nebo uložistiště odpadu (Rabitsch, 2003). Většinou se omezuje na kulturní stanoviště víc, než jeho dva blízce příbuzné druhy (*A. ater* a *A. rufus*) (von Proschwitz, 1996). V Polsku je plzák španělský typický synantropní druh. Vyskytuje se v okolí zahrad, v blízkosti budov a řek, v příkopech a chraстí (Kozłowski, 2000). Zkušenosti, které mají např. z Rakouska, kam byl zavlečen již před delší dobou, ukazují, že tento druh má potenciál žít i v přírodních stanovištích a stát se škůdcem v intenzivně obhospodařované zemědělské krajině (Grimm, 2001).

A. lusitanicus ze svého chování naznačuje tendenci hojně se shromažďovat v místech, která jsou vlhká a poskytují dostatečné množství potravinových zdrojů: čerstvý rostlinný odpad, kompost, hluboké příkopy, zastíněné svahy vodních toků apod. V těchto oblastech je hustota plzáků velká, dosahuje až 100 jedinců na 1 m². (Reischütz, 1984).

2. 4. 4. Rozmnožování a životní cyklus

Plzák španělský je hermafrodit. U křížení s jinými druhy bylo prokázáno, že převažuje *A. lusitanicus*, což vede k vysoké úrovni heterozygotnosti (Quinteiro a kol., 2005).

Na konci července začne páření a o tři týdny později kladou vajíčka, z nichž první mladí jedinci se vylíhnou do jednoho měsíce. Proces páření a kladení vajíček trvá až do pozdního podzimu. Jeden *A. lusitanicus* může naklásť více než 400 vajec během jednoho léta (Kozłowski a Kozłowska, 2004b). V jedné snůšce je 20 až 30 vajec uložených v půdě nebo v trhlínách kompostu (Anonym, 1999).

2. 4. 5. Migrace

A. lusitanicus migruje na velké vzdálenosti při hledání nových krytů a potravy. Bylo zaznamenáno, že plzák mohl ulézt 7 m za 2 hodiny. I přes zřejmou nestabilitu jeho pohybu, vždy lezl v určitém směru (Kozłowski a Kozłowska, 2004b). Podle jiného pozorování během 24 hodin bylo změřeno, že střední vzdálenost, kterou plzák může ulézt je 10,8 m. Během celého dne plzáci strávili 68 % času odpočinkem, hlavně pod umělými přístřešky, 27 % měřené doby v

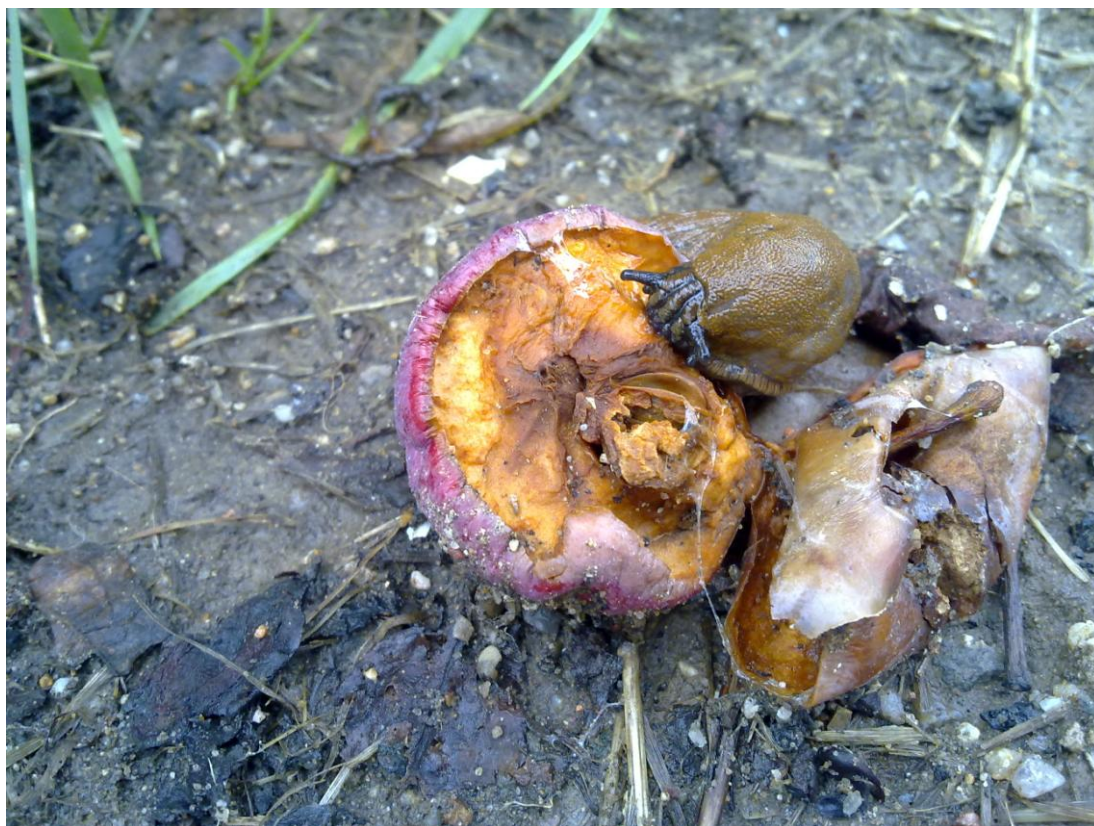
pohybu a 4 % sami přijímaly potravu. Dále bylo zjištěno, že největší plzák byl nejaktivnější a nejmenší byl nejméně aktivní (Grimm a Schaumberger, 2002).

2. 4. 6. Přirozená stanoviště

Výskyt *A. lusitanicus* se liší rok od roku; primárně výskyt určují srážky a změny teploty během jara a léta. Dlouhé období se spoustou srážek a ne příliš vysoké teploty zvyšují počet jedinců tohoto druhu (Weidema, 2006).

V Polsku bylo zjištěno, že se živí širokou škálou rostlin, a to jak kulturních plodin, tak i běžně se vyskytujících plevelů. Plzák španělský byl nalezen na 103 druzích rostlin) (Kozłowski, 2005).

Obrázek č. 2: Plzák španělský (*Arion lusitanicus*) konzumující jablko.



(Zdroj: Marie Nenutilová)

A. lusitanicus upřednostňuje řepku olejku (*Brassica napus*) a durman obecný (*Datura stramonium*), ale neprojevil zájem o kakost smrdutý (*Geranium*)

(Kozłowski, 2005). V Německu a ve Švýcarsku, byl tento druh plzáka zjištěn na mnoho druhích zeleniny, okrasných rostlin a jahod v soukromých zahradách a zahradnictvích. V obdělávání půdy (především řepky olejné, kukuřice, slunečnice) je od něj poškození obvykle omezeno na první 2-3 m podél hranice plodin (Frank, 1998).

2. 4. 7. Predace

Plzáci jsou v kombinaci s jejich střední žravostí a velikostí těla jedněmi z nejnebezpečnějších predátorů semenáčků (Honěk a kol., 2009).

Většina druhů rodu *Arion* má široké spektrum potravy, které zahrnuje živé rostliny, rozkládající se rostlinný materiál, houby, mršiny obratlovců, zvířecí exkrementy i mrtvé bezobratlé (viz. Obrázek č. 2) (Bogon, 1990).

Má-li *A. lusitanicus* na výběr, dává přednost máku setému (*Papaver rhoeas*), a řepce olejné (*Brassica napus*). Také mu chutnají semenáčky a listy yzopu lékařského (*Hyssopus officinalis*), stejně jako semenáčky tymiánu obecného (*Thymus vulgaris*) a náprstníku velkokvětého (*Digitalis grandiflora*) (Kozłowski a Kozłowska, 2004a).

Značný výskyt plzáku s velkým tělem má významný dopad na úmrtnost semen. Většina semen, která prošla zaživacím traktem *A. lusitanicus* byla zřejmě neporušena a vyklíčila. Avšak v porovnání se semeny ponechanými na stanovišti se snížila klíčivost o 20 % u těch semen, které plzák pozřel (Honěk a kol., 2009).

3. Cíl pokusu

1. Jaká je skutečná spotřeba semen plzákem španělským?
2. Jaké procento semen zůstane po požití nestrávených?
3. Jak teplota ovlivňuje klíčení nestrávených semen?

4. Materiál a metodika

4. 1. Použité druhy semen

Semena plevelů a kulturních rostlin pro laboratorní experimenty byla získána ze zásob Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Ruzyni. Semena byla stará maximálně dva roky. Uskladněna byla v LDPE sáčcích nebo v plastových lahvích při pokojové teplotě. K pilotnímu pokusu bylo použito 54 druhů semen (viz. Tab. 1).

Tabulka č. 1: Seznam druhů semen použitých v experimentu.

Den založení pokusu	Název druhu česky	Název druhu latinsky	Čeľad'	Zkratka
21.6.2010	Kokoška pastuší toboľka	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Brassicaceae</i>	KPT
21.6.2010	Lebeda rozkladitá	<i>Atriplex patula</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	LRO
21.6.2010	Lipnice roční	<i>Poa annua</i>	<i>Poaceae</i>	LIR
21.6.2010	Merlík bílý	<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	MBI
21.6.2010	Pampeliška obecná	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Asteraceae</i>	PLE
21.6.2010	Pcháč oset	<i>Cirsium arvense</i>	<i>Asteraceae</i>	POS
21.6.2010	Penízek rolní	<i>Thlaspi arvense</i>	<i>Brassicaceae</i>	PRO
21.6.2010	Ptačinec žabinec	<i>Stellaria medie</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	PZA
21.6.2010	Rozrazil břečťanolistý	<i>Veronica hederifolia</i>	<i>Scrophulariaceae</i>	RBR
21.6.2010	Ředkev setá ředkvička	<i>Raphanus sativus, cult. radicu-la</i>	<i>Brassicaceae</i>	RED
20.7.2010	Heřmánkovec nevonný	<i>Tripleurospermum maritimum</i>	<i>Asteraceae</i>	HER
20.7.2010	Hulevník lékařský	<i>Sisymbrium officinale</i>	<i>Brassicaceae</i>	HUL
20.7.2010	Jetel	<i>Trifolium</i>	<i>Fabaceae</i>	JET
20.7.2010	Jílek vytrvalý	<i>Lolium perenne</i>	<i>Poaceae</i>	JIL
20.7.2010	Jitrocel kopinatý	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Plantaginaceae</i>	JIT
20.7.2010	Komonice bílá	<i>Melilotus albus</i>	<i>Fabaceae</i>	KOM
20.7.2010	Konopice sličná	<i>Galeopsis speciosa</i>	<i>Lamiaceae</i>	KON
20.7.2010	Kuklík městský	<i>Geum urbanum</i>	<i>Rosaceae</i>	KUK
20.7.2010	Mračňák theophrastův	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Malvaceae</i>	MRA
20.7.2010	Ostrožka stračka	<i>Consolida regalis</i>	<i>Ranunculaceae</i>	OST

20.7.2010	Psárka luční	<i>Alopecurus pratensis</i>	Poaceae	PSA
20.7.2010	Pýr plazivý	<i>Elytrigia repens</i>	Poaceae	PYR
20.7.2010	Rdesno červivec	<i>Persicaria maculosa</i>	Polygonaceae	RDE
20.7.2010	Sveřep měkký	<i>Bromus hordeaceus</i>	Poaceae	SVE
20.7.2010	Škarda dvouletá	<i>Crepis biennis</i>	Asteraceae	SKA
20.7.2010	Šrucha zelná	<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	SRU
20.7.2010	Šťovík tupolistý	<i>Rumex obtusifolius</i>	Polygonaceae	STO
20.7.2010	Violka trojbarevná	<i>Viola tricolor</i>	Violaceae	VIO
20.7.2010	Úhorník mnohodílný	<i>Descurainia sophia</i>	Brassicaceae	UHO
20.7.2010	Zemědým lékařský	<i>Fumaria officinalis</i>	Papaveraceae	ZEM
26.7.2010	Bojínek luční	<i>Pheum pratense</i>	Poaceae	BOJ
26.7.2010	Čekanka obecná	<i>Cichorium intybus</i>	Asteraceae	CEK
26.7.2010	Drchnička rolní	<i>Anagallis arvensis</i>	Primulaceae	DRC
26.7.2010	Durman panenská okurka	<i>Datura stramonium</i>	Solanaceae	DUR
26.7.2010	Chundelka metlice	<i>Apera spica venti</i>	Poaceae	CHU
26.7.2010	Ježatka kuří noha	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	ECH
26.7.2010	Kapustka obecná	<i>Lapsana communis</i>	Asteraceae	LAP
26.7.2010	Katrán tatarský	<i>Crambe tataria</i>	Resedaceae	KOT
26.7.2010	Laskavec chnutý	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amaranthaceae	LAS
26.7.2010	Lebeda lesklá, světle hnědé nažky	<i>Atriplex sagittata</i> BORKH	Chenopodiaceae	LBB
26.7.2010	Lebeda lesklá, černé nažky	<i>Atriplex sagittata</i> BORKH	Chenopodiaceae	LEB
26.7.2010	Locika kompasová	<i>Lactuca serriola</i>	Asteraceae	LOC
26.7.2010	Mleč rolní	<i>Sonchus arvensis</i>	Asteraceae	MLE
26.7.2010	Ohnice obecná	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Brassicaceae	RAP
26.7.2010	Ostropestřec mariánský	<i>Silybium marianum</i>	Asteraceae	OSP
26.7.2010	Pelyněk černobýl	<i>Artemisia vulgaris</i>	Asteraceae	PEL
26.7.2010	Podběl obecný	<i>Tusilago farfara</i>	Asteraceae	POD
26.7.2010	Pomněnka rolní	<i>Myosotis arvensis</i>	Boraginaceae	POM
26.7.2010	Řepinka latnatá	<i>Neslia paniculata</i>	Brassicaceae	NES
26.7.2010	Štětka planá	<i>Dipsacus fullonum</i>	Dipsacaceae	STE
26.7.2010	Třezalka	<i>Hypericum sp.</i>	Hypericaceae	TRE
26.7.2010	Vratič obecný	<i>Tanacetum vulgare</i>	Asteraceae	VRA
26.7.2010	Řepovník svraskalý	<i>Rapistrum rugosum</i>	Brassicaceae	RAG

Den založení pokusu znamená den zahájení pilotních pokusů. Třímístná zkratka značí kódové označení druhu semen v experimentu.

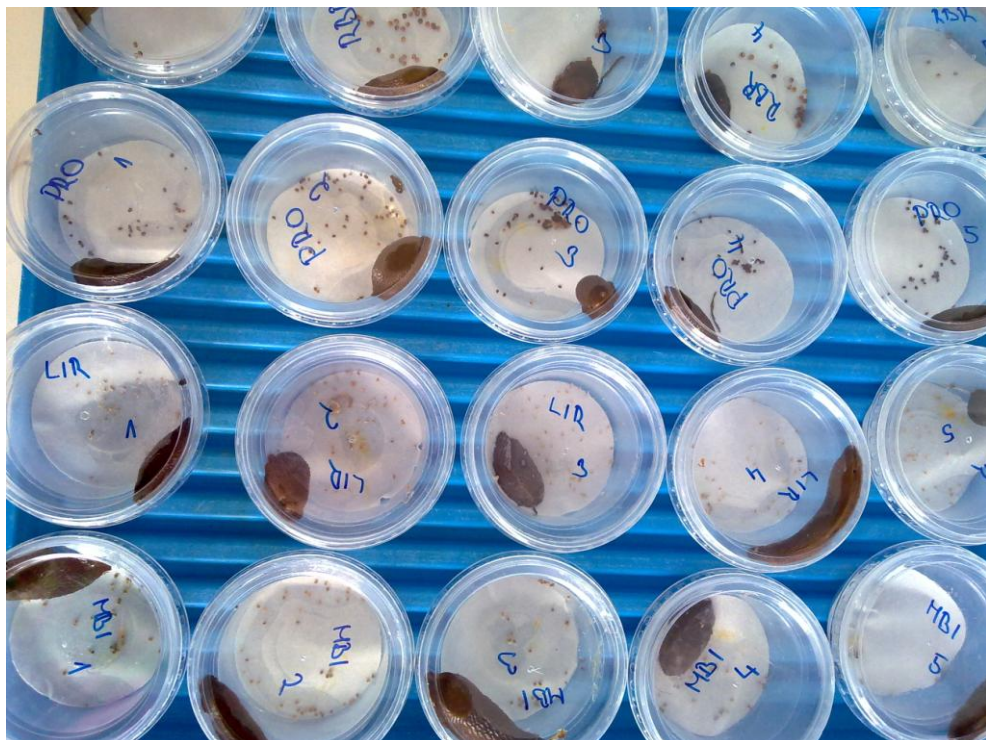
4. 2. Pokusný druh plzáka

Plzáci druhu *A. lusitanicus* pro experiment byli nasbíráni vždy jeden den před začátkem vlastního experimentu (do sklenic nebo do plechových nádob s otvory a byli jim přidány kusy listové zeleniny nebo padaných jablek) v jim přirozeném prostředí (kompost a sad ve Stříbře, stráž u Ruzyňského nádraží, Praha).

4. 3. Design pokusu

Semena od každého druhu byla vysypána na navlhčený filtrační papír v plastovém kelímku (průměr 12, 5 cm s perforovaným víčkem), vždy po 50 semenech na kelímek. Pro každý druh měl pokus 5 opakování.

Obrázek č. 3: Kelímky s plzáky rozděleny podle druhu semen a opakování.



Filtrační papír se navlhčil 5 - 8 kapkami pitné vody natočené z vodovodu v laboratoři (jelikož je *A. lusitanicus* vlhkomilný druh a pro svůj život potřebuje vlhké prostředí).

Během pokusu semena nebyla doplňována a ani nebyl plzákům přidáván jiný druh potravy.

Do každého kelímku byl umístěn jeden jedinec *A. lusitanicus*, který se předem zvážil (viz. Tab. 3). Kelímky byly popsány druhem semena a číslem kelímku (např.: LIR 3 – Lipnice roční, třetí v pořadí; viz obrázek č. 3).

Pilotní pokus byl uskutečněn v červnu, červenci a v srpnu, celkem bylo testováno 54 druhů semen z 23 čeledí.

První, druhý i třetí den pokusu se exkrementy vybíraly z misek. Vydané exkrementy byly u každého kelímku s plzákem prozkoumány zvlášť, neobsahují-li celé či zbytky nestrávených semen větší jak 75 % původní velikosti daného semene, a tento počet byl zapsán do protokolů. Spočetla se i zbývající semena v misce. Tak tedy vznikly dva údaje: jeden o zbylých semenech v misce (nezkonzumovaná semena) a druhý o počtu nestrávených semen v exkrementech jedinců *A. lusitanicus*, která byla dále použita v pokusu s klíčením. Teplota v místnosti byla po celou dobu pokusu měřena dataloggerem uloženým v laboratoři v těsné blízkosti kelímků (Tab. 2).

Tabulka č. 2: Změřené teploty během pozorování.

	21. - 24. 6.	20. - 23. 7.	26. - 29. 7.
založení	23,7	27,4	24,5
1. den	23,4	28,1	24,5
2. den	23,4	28,8	24,8
3. den	23,7	27,0	24,5

Tabulka ukazuje průměrnou teplotu naměřenou během pilotních pokusů. Hodnota je průměrem teplot naměřených během 24 hodin.

Podle potřeby byl vlhčen filtrační papír v kelímcích 2 - 4 kapkami vodovodní vody.

Pokusní jedinci byli po ukončení experimentu vypuštěni v blízkosti Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Ruzyni.

Na základě dat zjištěných v předchozím experimentu bylo vybráno pět druhů semen, u kterých byl proveden test klíčivosti. Vybrané druhy jsou lipnice roční (*Poa annua*), merlík bílý (*Chenopodium album*), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*), ptačinec žabinec (*Stellaria media*) a pcháč oset (*Cirsium arvense*). Cílem pokusu bylo zjistit, zda semena mají větší klíčivost po požití, trávení a následném vyloučení. Dalším cílem bylo zjistit, zda rozdílná teplota má vliv na klíčení nestrávených semen. Pro zjištění možného vlivu byly v další fázi pokusu kelímky s plzáky rozděleny do dvou teplot, jedny byly umístěny v laboratorních podmínkách, kde byly vystaveny účinkům teplých letních dnů a kdy byla naměřena průměrná teplota po celou dobu trvání pokusu 23,4 °C. Druhé kelímky byly umístěny v laboratorních klimaboxech s jednotnou teplotou (15 °C) nastavenou po dobu celého pokusu.

Obrázek č. 4: Kelímky s plzáky rozdělenými podle druhu. Vpravo jsou Petriho misky s nestrávenými semeny.

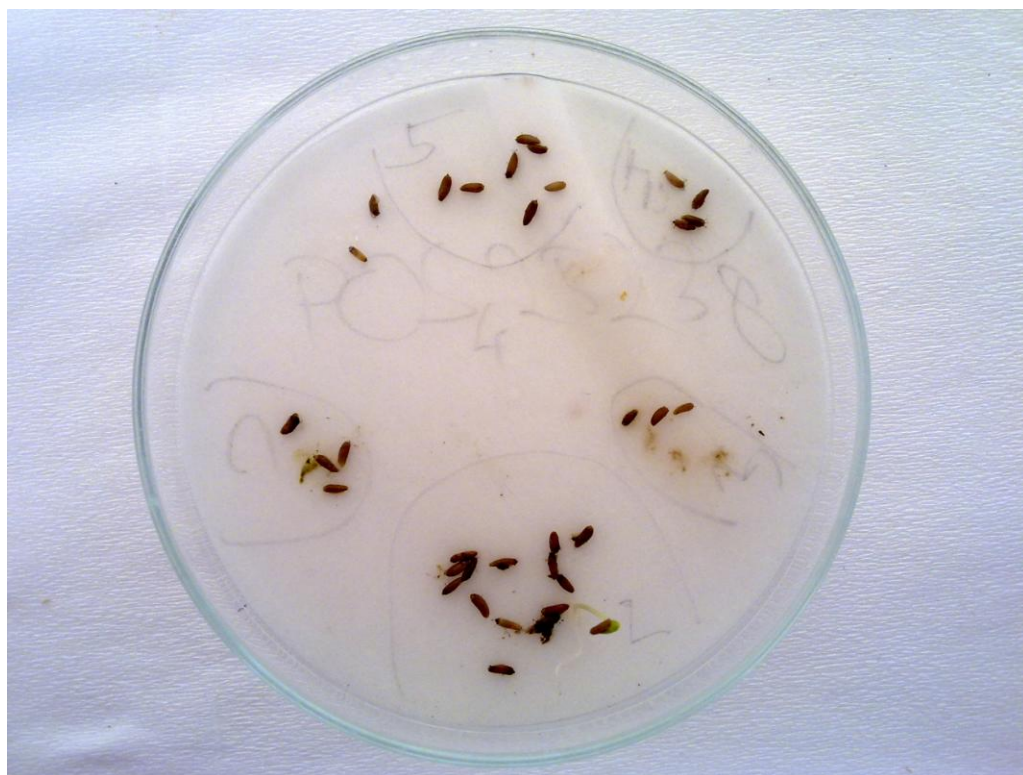


K zahájení pokusu bylo potřeba 500 semen od každého vybraného druhu. Pokus měl deset opakování pro každý druh semen. Deset proto, aby bylo možno plzáky pozorovat současně v různých teplotách a tím se zjistil možný vliv na klíčení semen, tedy pět plzáků bylo dáno do 15 °C a 5 do 23,4 °C. Plzáci byli umístěni do dvou různých teplot (v laboratoři při průměrné teplotě 23,4 °C a v klimaboxu nastavené na 15 °C).

Do jednoho kelímku bylo dáno 50 semen na filtrační papír, který byl navlhčen cca 5 ml pitné vody. Do každého kelímku byl dán plzák, který byl předem zvážen (viz. Obr. č. 4).

Semena byla veškerým zdrojem jeho potravy po dobu pokusu. Kelímky byly označeny zkratkou druhu, číslem pořadí a teplotou, v jaké se pozoruje (PZA 3 15 – Ptačinec žabinec, třetí v pořadí a umístěný v klimaboxu). Pět misek od každého druhu bylo ponecháno v laboratoři při pokojové teplotě (změřený průměr dataloggerem po celou dobu pokusu byl 23,4 °C) a pět bylo umístěno do klimaboxu, kde bylo po celý pokus nastaveno 15 stupňů Celsia.”

Obrázek č. 5: Petriho miska s nestrávenými semeny pcháče (*Cirsium arvense*) v laboratorní teplotě šestý den pozorování.



Další dny byla spočítána zbylá semena v misce a nestrávená semena v exkrementu; ta byla vyjmuta a dána do petriho misky na navlhčený papír s označením umístění (byly dány do předem vyznačeného prostoru uvnitř misky) (viz. Obr. č. 5). Semena plzákům byla odebírána sedm dní. Po skončení pokusu byli plzáci vypuštěni do volné přírody. Pokus byl navržen tak, aby měli plzáci dostatek času semena zkonzumovat a vyloučit.

Plzáci byli na začátku pokusu umístěni do dvou různých teplot. Proto i odebraná semena byla ponechána v teplotě, ve které byl plzák (tedy pokud byl plzák dán do klimaboxu, byla i semena z exkrementů v petriho miskách dána do klimaboxu).

Petriho misky byly popsány jak druhem, pořadím opakování, tak i teplotou, datem začátku pokusu. Semena vybraná z exkrementu byla ručně očištěna a vložena na filtrační papír po jednom s tím, že každý den byla dána do jednoho sektoru na filtrační papír, aby se mohlo pozorovat klíčení po jednotlivých dnech.

Pokus na zjištění klíčivosti trval 14 pozorovacích dní.

4. 3. Statistické vyhodnocení

Po porovnání dat získaných v druhém pokusu byl použit program Statistica (StatSoft, 2011). Pro vyhodnocení dat byla použita dvoucestná ANOVA, Tukeyův test a lineární regrese.

Při testování pomocí lineární regrese byl jako závislá proměnná použit počet semen zkonzumovaných plzákou. Jako nezávislou proměnnou byla stanovena jejich hmotnost, která byla zjištěna první den před zahájením pokusu. Data nebyla transformována. Byly provedeny dvě regrese pro teplotu v 15 °C a 23, 4 °C.

Za závislou proměnnou u dvoucestné ANOVY byla vybrána semena vyklíčená v petriho miskách. Za nezávislé proměnné byly stanoveny teplota, v jaké semena klíčila, a druh semen.

Tukeyův HSD test srovnává pravděpodobnostní hodnoty, tedy byla vybrána vyklíčená semena pozorovaných druhů a porovnána mezi sebou, má-li požití a následné vyloučení nepoškozeného semene vliv na jejich klíčivost.

5. Výsledky

5. 1. Pilotní pokus

V pilotním pokusu byla získána data zkonsumovaných nestrávených semen plzáky. Jejich výsledky ukázaly, že nejvíce byly konzumovány druhy lipnice roční (*Poa annua*), merlík bílý (*Chenopodium album*), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*), ptačinec žabinec (*Stellaria media*) a pcháč oset (*Cirsium arvense*) (viz. Tab. 3). Tyto druhy semen byly vybrány pro další část pokusu.

Tabulka č. 3: Výsledná data z pilotního pokusu.

Druh Semena	Průměr hmotnost	Průměr sežraná	Směr. Odchylka	Průměr nestrávená	Směr. odchylka	Průměr strávená	Směr. odchylka	Specifická spotřeba
LIR	5,54	37,60	8,44	27,40	7,44	10,20	9,31	1,84
POS	2,54	32,20	9,04	27,20	11,08	5,00	3,54	1,97
PZA	2,48	33,40	7,30	25,40	3,21	8,00	5,34	3,23
KPT	2,87	33,60	4,51	23,60	1,52	10,00	5,39	3,48
MBI	7,01	26,60	10,71	23,00	12,47	3,60	3,21	0,51
PLE	2,84	26,60	12,34	22,20	11,65	4,40	1,52	1,55
POM	8,24	27,80	12,40	21,60	14,54	6,20	5,59	0,75
REA	8,22	27,20	14,65	18,20	11,88	9,00	8,00	1,09
PEL	8,39	28,40	8,62	17,00	9,70	11,40	2,70	1,36
LOC	6,18	25,80	5,89	16,00	6,52	9,80	2,28	1,59
VRA	8,19	20,80	6,14	14,60	6,27	6,20	3,96	0,19
TRE	6,83	30,60	8,88	14,60	8,68	16,00	4,80	2,34
VIO	4,33	17,00	8,80	14,20	8,35	2,80	2,17	0,65
CEK	8,83	23,00	6,00	13,40	6,02	9,60	7,83	1,09
POD	9,60	33,00	11,14	13,40	9,34	19,60	7,23	2,04
LRO	2,75	19,00	9,92	12,80	7,36	3,35	3,35	2,25
DRC	8,74	18,60	5,32	11,40	8,20	7,20	5,72	0,83
MLE	7,05	21,20	6,91	11,80	8,73	9,40	3,44	1,33
PRO	3,60	14,60	5,98	10,80	6,06	3,80	2,39	1,05
BOJ	6,27	17,00	8,57	10,40	6,11	6,60	4,93	1,05

LAS	6,06	14,40	6,35	9,80	3,35	4,60	3,29	0,76
LEB	5,50	16,80	11,08	9,60	9,61	7,20	2,59	1,31
LAP	10,45	12,00	11,29	8,20	8,81	3,80	2,86	0,36
SRU	7,20	17,40	6,27	7,20	5,36	10,20	5,85	1,42
KON	8,09	9,60	4,56	6,80	3,77	2,80	1,30	0,35
SKA	6,64	8,80	4,44	6,00	3,39	2,80	2,59	0,42
JET	7,11	13,60	5,59	6,00	5,24	7,60	4,28	1,07
PSA	6,31	14,60	2,61	5,80	3,11	8,80	4,27	1,39
HUL	8,51	14,40	7,23	5,20	5,97	9,20	4,32	1,41
ECH	8,31	12,80	5,63	5,20	4,97	7,60	5,94	0,91
CHU	9,41	12,60	3,29	4,80	5,36	7,80	3,11	0,83
STO	5,86	10,60	6,19	4,20	4,76	6,40	4,28	1,09
UHO	8,75	8,60	4,34	4,20	3,49	4,40	2,19	0,50
HER	9,13	12,00	2,55	3,60	2,30	8,40	1,34	0,92
ZEM	4,65	8,80	7,95	3,40	2,41	5,40	6,23	1,16
MRA	6,18	4,80	4,49	3,40	4,56	1,40	1,52	0,23
JIL	6,73	8,60	2,30	3,20	2,49	5,40	0,55	0,80
KOM	6,78	7,00	2,92	3,00	2,55	4,00	3,39	0,59
KUK	5,87	10,20	4,55	3,00	1,58	7,20	3,49	1,32
RDE	6,99	15,20	6,80	2,60	3,13	12,60	4,28	1,80
OST	6,90	6,60	3,05	1,80	1,79	4,80	1,64	0,70
STE	6,64	5,40	2,19	1,20	2,68	4,20	3,19	0,63
JIT	7,46	4,60	3,51	1,00	2,24	3,60	4,04	0,48
RAG	6,99	2,60	1,52	0,80	0,84	1,80	1,92	0,26
NES	6,82	1,60	1,52	0,40	0,55	1,20	1,30	0,18
SVE	4,92	5,60	2,07	0,20	0,45	5,40	2,19	1,10
PYR	4,13	14,20	18,63	0,00	0,00	14,20	18,63	3,44
KOT	7,76	2,40	1,82	0,00	0,00	2,40	1,82	0,31
DUR	4,99	1,40	1,52	0,00	0,00	1,40	1,52	0,28
OSR	5,14	2,60	1,95	0,00	0,00	2,60	1,95	0,51
RAP	6,91	3,00	1,41	0,00	0,00	3,00	1,41	0,43
RED	3,02	2,00	1,58	0,00	0,00	2,00	1,58	0,66
RBR	3,99	2,60	3,29	0,00	0,00	2,60	3,29	0,65
LBB	7,21	3,00	1,87	0,00	0,00	3,00	1,87	0,42

Tabulka ukazuje průměrné hodnoty pro jednotlivé druhy. Hmotnost plzáků, sežraná semena, semena, která *A. lusitanicus* nestrávil i strávil, jejich směrodatné odchylky, tabulka zahrnuje i specifickou spotřebu (standardizovaná konzumace na hmotnost těla).

5. 2. Druhá část pokusu

Druhá část pokusu zahrnovala sběr nestrávených semen a pozorování, zda se projeví rozdíly v klíčení za rozdílných podmínek.

Tabulka č. 4: Výsledky pokusu u jednotlivých plzáků při pokojové teplotě.

23,4 °C	Vyklíčená	Nevyklíčená	Podíl vyklíčených	Sežraná
LIR 1	23	4	0,85	27
LIR 2	14	6	0,70	20
LIR 3	32	1	0,97	33
LIR 4	16	5	0,76	21
LIR 5	26	6	0,81	32
Průměr	22,20	4,40	0,83	26,60
MBI 1	4	21	0,16	25
MBI 2	4	38	0,10	42
MBI 3	1	36	0,03	37
MBI 4	3	15	0,17	18
MBI 5	5	33	0,13	38
Průměr	3,40	28,60	0,11	32,00
KPT 1	0	34	0,00	34
KPT 2	1	17	0,06	18
KPT 3	0	26	0,00	26
KPT 4	0	12	0,00	12
KPT 5	1	14	0,07	15
Průměr	0,40	20,60	0,02	21
PZA 1	0	19	0,00	19
PZA 2	0	37	0,00	37
PZA 3	0	28	0,00	28
PZA 4	0	29	0,00	29
PZA 5	0	6	0,00	6

Průměr	0,00	23,80	0,00	23,80
POS 1	5	20	0,20	25
POS 2	1	22	0,04	23
POS 3	0	33	0,00	33
POS 4	5	34	0,13	39
POS 5	1	28	0,03	29
Průměr	2,40	27,40	0,08	29,80

Vyjadřuje hodnoty získané u jednotlivých plzáků při teplotě 23,4 °C a jejich průměr u druhu semen. Jedná se o semena, která byla dána do petriho misek, kde se sledovalo klíčení vykálených semen. Tabulka ukazuje celkově sežraná semena, která nebyla strávena a z nich semena, která vyklíčila, nevyklíčila a jejich podíl.

Tabulka č. 5: Výsledky pokusu u jednotlivých plzáků v klimaboxu.

15 °C	Vyklíčená	Nevyklíčená	Podíl vyklíčených	Sežraná
LIR 1	25	4	0,86	29
LIR 2	21	4	0,84	25
LIR 3	11	5	0,69	16
LIR 4	18	10	0,64	28
LIR 5	23	9	0,72	32
Průměr	19,60	6,40	0,75	26,00
MBI 1	0	33	0,00	33
MBI 2	0	29	0,00	29
MBI 3	0	24	0,00	24
MBI 4	0	31	0,00	31
MBI 5	0	13	0,00	13
Průměr	0,00	26,00	0,00	26,00
KPT 1	2	25	0,07	27
KPT 2	0	32	0,00	32
KPT 3	0	11	0,00	11
KPT 4	0	26	0,00	26
KPT 5	1	22	0,04	23
Průměr	0,60	23,20	0,03	23,80
PZA 1	2	37	0,05	39

PZA 2	1	38	0,03	39
PZA 3	0	30	0,00	30
PZA 4	0	45	0,00	45
PZA 5	0	17	0,00	17
Průměr	0,60	33,40	0,02	34,00
POS 1	4	21	0,16	25
POS 2	4	38	0,10	42
POS 3	1	36	0,03	37
POS 4	3	15	0,17	18
POS 5	5	33	0,13	38
Průměr	3,40	28,60	0,11	32,00

Vyjadřuje hodnoty získané u jednotlivých plzáků při teplotě 15 °C a jejich průměr u druhu semen. Jedná se o semena, která byla dána do petriho misek, kde se sledovalo klíčení vykálených semen. Tabulka ukazuje celkově sežraná semena, která nebyla strávena a z nich semena která vyklíčila, nevyklíčila a jejich podíl.

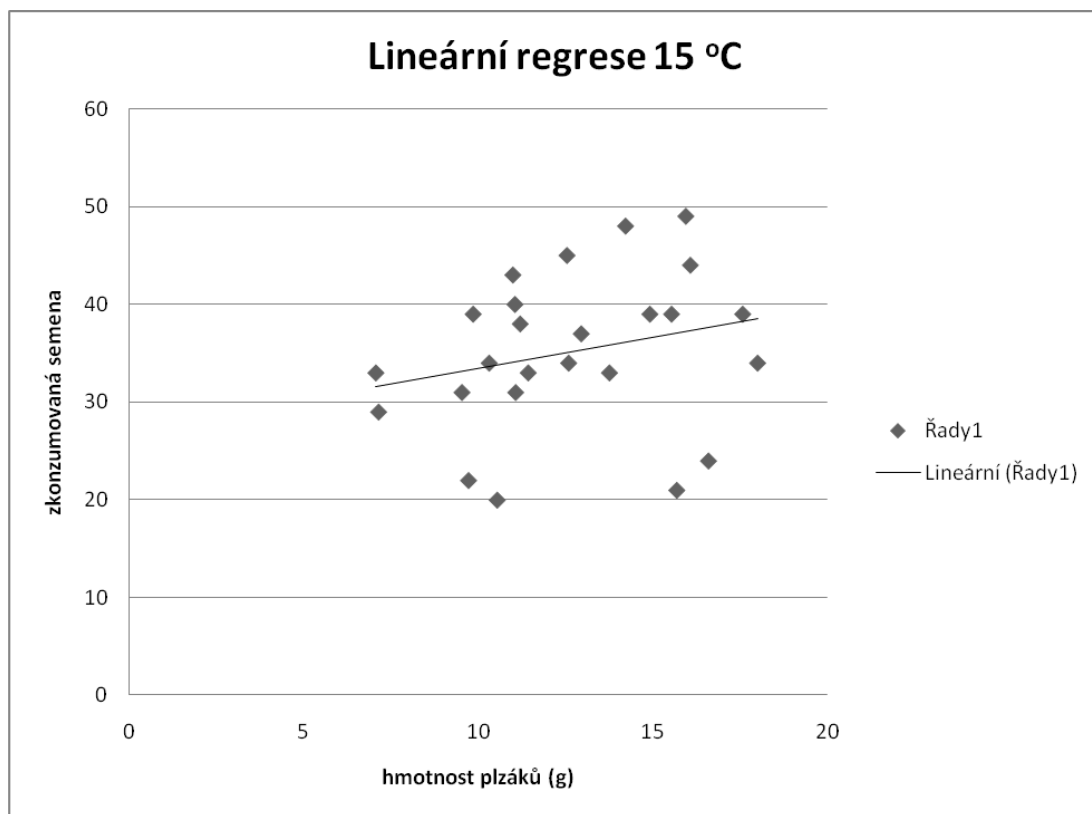
5. 2. 1. Statistické výsledky

Velikost *A. lusitanicus* nemá významný vliv na počet zkonsumovaných semen v 15 °C (lineární regrese, $F(23) = 1,497919$, $p = 0,233382$) (viz. Tab. č. 6). Na základě statistické analýzy se neprokázala souvislost mezi počtem zkonsumovaných semen a hmotností plzáka španělského (viz. Obr. č. 6).

Tab. č. 6: Výsledek lineární regrese při teplotě 15 °C.

R	R2	R2 upra- vene	SČ mo- del	sv mo- del	PČ. Mo- del	SČ rez.	sv rez.	PČ rez.	F	p
0,247275	0,061145	0,020325	92,04484	1	92,04484	1413,315	23	61,44849	1,497919	0,233382

Obrázek č. 6: Grafické znázornění hmotnosti a počtu sežraných semen při teplotě 15°C.

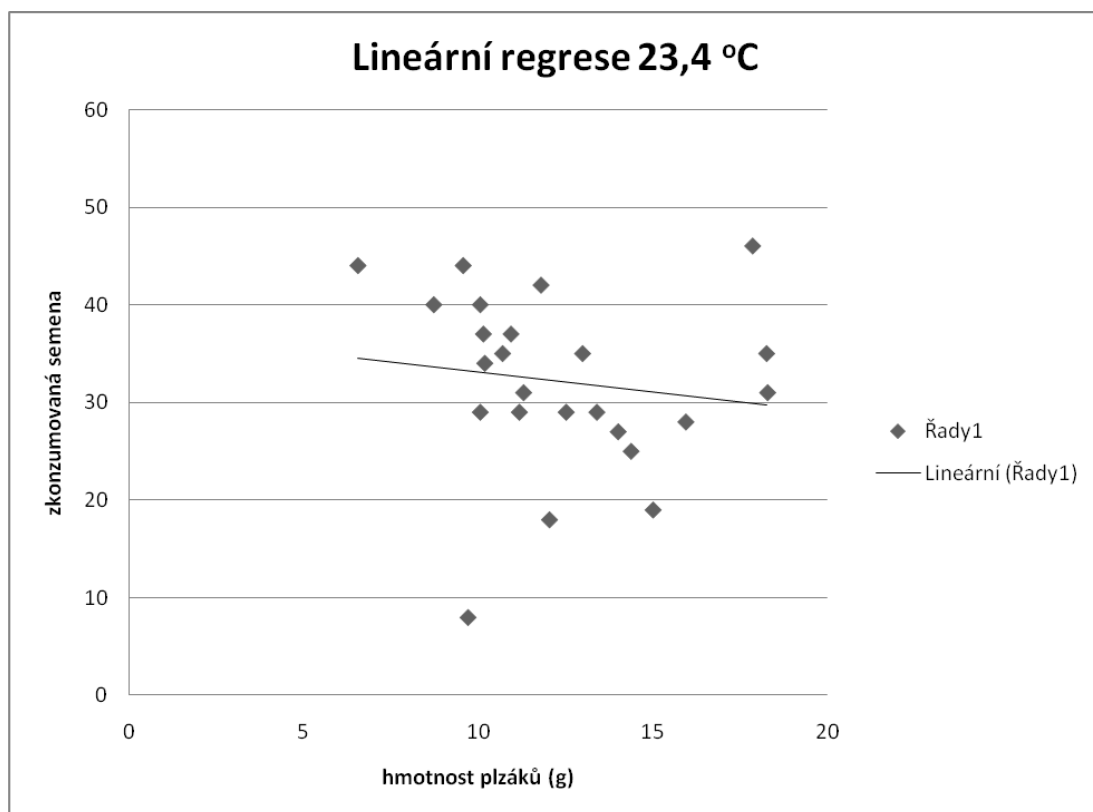


Obdobně nebyl zjištěn vliv velikosti plzáka španělského na počet zkonsumovaných semen v 23,4 °C (lineární regrese, $F(23) = 0,447291$, $p = 0,510282$) (viz. Tab. č. 7). Na základě statistické analýzy se neprokázala souvislost mezi počtem zkonsumovaných semen a hmotností *A. lusitanicus* (viz. Obr. č. 7).

Tabulka č. 7: Výsledek lineární regrese

R	R2	R2 upr	SČ model	sv mo-del	PČ. Mo-del	SČ rez.	sv rez.	PČ rez.	F	p
0,138118	0,019076	-0,023572	35,52038	1	35,52038	1826,480	23	79,41216	0,447291	0,510282

Obrázek č. 7: Grafické znázornění hmotnosti a počtu sežraných semen při teplotě 23,4 °C.



Dalším testováním bylo zjištěno, že rozdílná teplota nemá vliv na klíčení semen (ANOVA, $F(1) = 0,9159$, $p=0,344306$) (viz. Tab. č. 8), která byla nestrávena plzákem španělským.

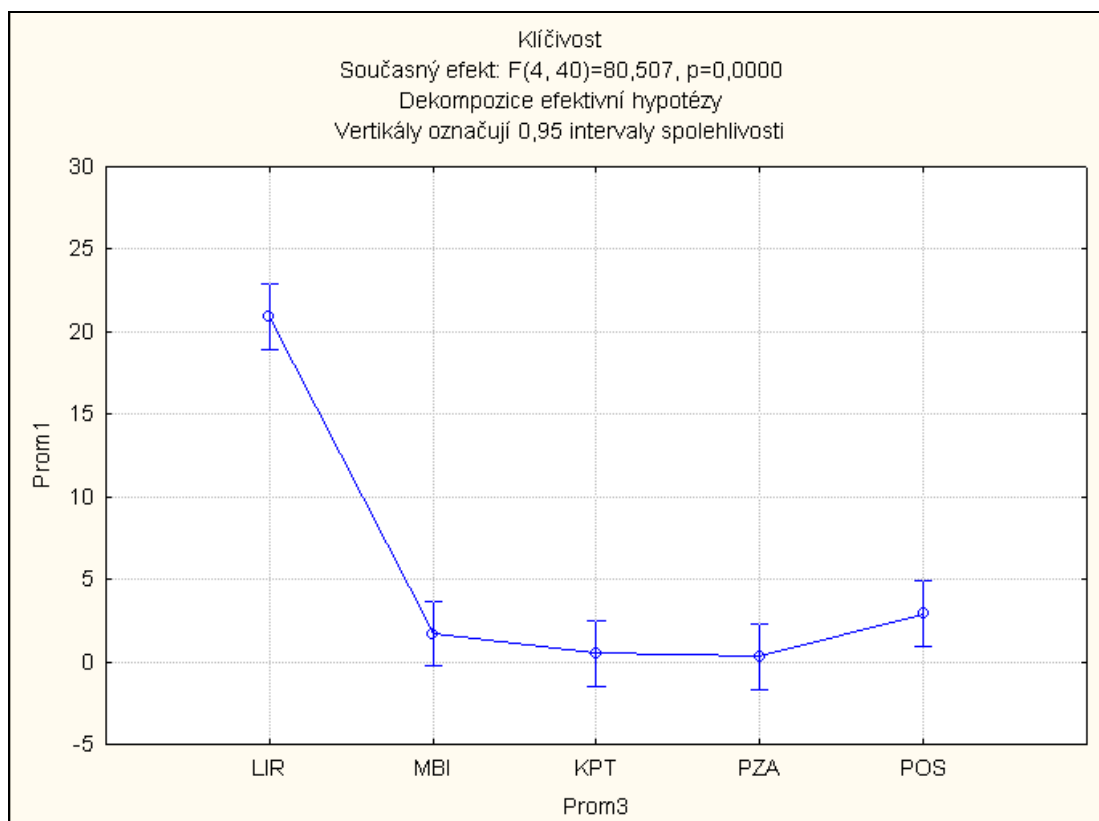
Tabulka č. 8: Výsledky dvoucestné ANOVY.

	SČ	sv	F	p	pozorovací síla
Celkem	1383,380	1	143,6532	0,000000	1,000000
teplota	8,820	1	0,9159	0,344306	0,154398
Druh	3101,120	4	80,5067	0,000000	1,000000
teplota*druh	40,480	4	1,0509	0,393317	0,300494
Chyba	385,200	40			

Jednorozměrné výsledky pro každou závislou proměnnou.

Tabulka dvoucestné analýzy značí neprůkaznost testu.

Obrázek č. 8: Dekompozice efektivní hypotézy.



Tukeyův HSD prokázal, že zjištěná data jsou signifikantní (viz. Tab. č. 9), protože klíčivost lipnice roční se liší od všech zbývajících druhů semen (merlík bílý, kokoška pastuší tobolka, ptačinec žabinec a pcháč oset jsou signifikantní pro lipnici roční) (viz. obr. č. 8).

Tabulka č. 9: Výsledné data Tukey HSD testu.

	LIR	MBI	KPT	PZA	POS
LIR		0,000125	0,000125	0,000125	0,000125
MBI	0,000125		0,908100	0,849871	0,908100
KPT	0,000125	0,908100		0,999908	0,428293
PZA	0,000125	0,849871	0,999908		0,347933
POS	0,000125	0,908100	0,428293	0,347933	

Tabulka znázorňuje pravděpodobnosti druhu mezi sebou.

5. Diskuze

Tato práce studovala možný vliv predace plzáka španělského na klíčení semen.

5.1. Porovnání studií

Prvními pokusy s *A. lusitanicus* jako predátorem semen se zabývali Honěk a kol. (2009). Při výzkumu predace semen pampelišky obecné (*Taraxacum officinale*) zkoumali, zda jeho častý výskyt ve volné přírodě a poměr velikosti těla může mít dopad na dormanci semen. Pozorováním zjistili, že většina semen, která prošla jeho zaživacím traktem, byla neporušena a vyklíčila. Při porovnání se prokázalo, že u nezkonsumovaných semen se klíčivost snížila o 20 % oproti kontrole (ANOVA: $F_{2, 27} = 8,463$, $p = 0,001$). V porovnání s klíčením semen v našem pokusu musíme konstatovat, že klíčivost u nestrávených semen se nelišila od provedené kontroly.

Kozłowski a Kozłowska (2008) ve svém experimentu s *A. lusitanicus* pozorovali spotřebu jemu poskytnutých druhů semen. První den jim dali ke konzumaci 18 druhů semen a pozorovali, kdy a kolik jich zkonsumuje. První den byla nejvíce zkonsumována či poškozena semena *Calamintha vulgaris* (50,3%), v dalších dnech se spotřeba prohlubovala, nejméně byla konzumována semena druhu *Potentilla anserina* (3,3 %). Po 14 dnech trvání experimentu bylo z celkových 18 druhů zkonsumováno a poškozeno 13 a to na 100 %. Tyto výsledky ukazují podobnost s našimi výsledky, kde je vidět preference některých druhů semen a oproti tomu jsou druhy rostlin, které plzáci konzumují jen sporadicky.

Při výzkumu smrku černého (*Picea mariana*) v Kanadě se zjistilo, že plzáci spolu s bezobratlými jsou hlavními spotřebiteli mladých sazenic a čerstvě naklíčených semen tohoto druhu a zkonsumují až 19 % semen a sazenic v dané lokalitě (Côté a kol., 2005). Tyto závěry jsou shodné s naším pokusem, kdy plzáci konzumovali velké množství semen.

Milcu a kol. (2006) zkoumali, jaký vliv bude mít průchod trávicí soustavou žížaly obecné (*Lumbricus terrestris*) na klíčení semen. Vybrali druhy, které mají rozdílnou velikost semen a přidali je do půdní hrabanky k pozorovaným

jedincům. Zjistili, že *L. terrestris* má negativní vliv na rostlinné druhy s velkými semeny. Krom toho zjistili u semen, která byla v trávici soustavě, že se mohou vyskytnout příznivé podmínky pro klíčení semen v důsledku zvýšené schopnosti udržet vlhkost a koncentraci živin (zejména dusíku a fosforu) z exkrementu žížal. Náš pokus byl proveden podobnou metodikou a dospěli k podobným závěrům.

Honěk a Martinková (2011) ve své práci poukazují na to, že v roce 2009 průměrné tělesné hmotnosti plzáků rostly rychleji než v roce 2008, ale konzumace potravy byla mnohem nižší. Mohlo by se z toho usoudit, že množství přijímané potravy je závislé na hmotnosti jedince. V této práci se však prokázalo, že hmotnost jedince není důležitá pro celkový počet zkonzumovaného semene.

6. Závěr

Práce se zabývala zjišťováním možného vlivu predace plzákem španělským (*A. lusitanicus*) na klíčivost semen vybraných druhů plevelů a kulturních rostlin v laboratorních podmínkách.

Pilotním pokusem byl plzákům po stanovenou dobu tří dnů umožněn přístup k jednotlivým druhům semen a pozorovalo se, kolik jich plzák zkonsumuje a kolik semen nestráví. Tím bylo zjištěno, že preferuje určité druhy plevelů a kulturních rostlin, například lipnici roční (*Poa annua*), merlík bílý (*Chenopodium album*), které byly použity pro další část pokusu. Tímto dalším pokusem se zjišťovalo, jestli zkonsumování semene plzákem a jeho následné vyloučení z trávicího traktu poškodí semeno natolik, že nebude schopné klíčit. Prokázalo se, že rozdíl mezi vyklíčenými semeny z pokusu a volně klíčovými semeny není.

Během pokusu bylo zjišťováno, zda rozdílné teploty mají vliv na semeno a jeho klíčivost. Prokázalo se, že teploty nemají vliv na klíčení semen nestrávených *A. lusitanicus*.

Bylo zkoumáno, zda hmotnost jedinců má vliv na to, kolik semen zkonsumují. Prokázalo se, že hmotnost *A. lusitanicus* nemá vliv na zkonsumované množství semen.

7. Literatura

- Anderson, R., 2005: An Annotated List of the Non-Marine Mollusca of Britain and Ireland. *Journal of Conchology*: 607–637
- Anonym, 1999: Iberisk Skovsnegl, Grønviden, Havebrug: 124
- Begon, M., Harper, J. L. a Townsend, C.R., 1996: *Ecology: Individuals, Populations*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 1078
- Bláha, L., 2008: Redakčně upravené závěrečná zpráva. Vitalita osiva, kvalita sadby a jejich význam u tradičních a vybraných netradičních perspektivních plodin pro šlechtění, semenářství a pěstitele. VÚVR, Praha: 33
- Bláha, L. a kol., 2010: Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu přispět k produkci rostlin. VÚVR, Praha: 314
- Braniš, M., 2004: *Základy ekologie a ochrany životního prostředí*. Informtorium, Praha: 202
- Briner T. a Frank T., 1998: The palatability of 78 wildflower strip plants to the slug *Arion lusitanicus*. *Annals of Applied Biology*.: 123 - 133
- Booth, B. D. a kol., 2003: *Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems*. Wallingford CABI Publishing: 21
- Bogon, K., 1990: *Landschnecken: Biologie–Ökologie–Biotopschutz*. Natur-Verl, Augsburg
- Boarman, W. I., Patten, M. A, Camp, R. J. a Collis, S. J., 2006: Ecology of a population of subsidized predators: Common ravens in the central Mojave, Western Ecological Research Center, USA: 248 - 261
- Crawley, M. J., 1992: *Seed predators and plant population dynamics*. CAB International, UK: 157 – 191
- Côté, M. a kol., 2005: Invertebrate predation of postdispersal seeds and juvenile seedlings of black spruce (*Picea mariana*) in the boreal forest of eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research*: 674–681
- Davies, M. J., 1987: *Arion flagellus* Collinge and *A. lusitanicus* Mabilie in the British Isles: A morphological, biological and taxonomic investigation: 339 - 354

- Faberová, I., 2002: Závěrečná zpráva. Změny životnosti semen způsobené stárnutím a podmínkami skladování, optimalizace technologií genové banky. VÚRV, Praha: 23
- Fenner M, Thompson K., 2005: The ecology of seeds. Cambridge University Press, Cambridge: 260
- Forman, R. T. T. a Gordon, M., 1993: Krajinná ekologie. Academia Praha: 583
- Frank, T., 1998: Slug damage and number of slugs (Gastropoda: Pulmonata) in winter wheat in fields with sown wildflower strips. Journal of Molluscan Studies: 319-328
- Grimm, B., 2001: Life cycle and population density of the pest slug *Arion lusitanicus* Mabille (Mollusca: Pulmonata) on grassland. Malacologica: 25-32
- Grimm, B. a Paill, W., 2001: Spatial distribution and home-range of the pest slug *Arion lusitanicus* (Mollusca: Pulmonata). Acta Oecol.: 219–227
- Grimm, B. a Schaumberger, K., 2002: Daily activity of the pest slug *Arion lusitanicus* under laboratory conditions. Ann Appl Biol.: 35–44
- Gutternigg, M., Ahrer, K., Grabher-Meier, H., Bürgmayr, S., Staudacher, E., 2004: Neutral N-glycans of the gastropod *Arion lusitanicus*. European Journal of Biochemistry: 1348 – 1356
- Hejtnák, V. a kol., 2008: Fyziologie rostlin. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha: 159
- Heggenstaller, A. H., Menalled F. D., Liebman, M. a 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 :999–1010
- Hilhors, H., H. W. M., 1995: A critical update on seed dormancy, Seed Science Research: 61 - 73
- Honěk, A. a kol., 2009: Role of post-dispersal seed and seedling predation in establishment of dandelion (*Taraxacum* agg.) plants Agriculture, Ecosystems and Environment, 126–135
- Honěk, A. a kol., 2008: Význam predátorů a parazitoidů v integrovaných systémech ochran rostlin. VÚVR, Praha: 64
- Honěk, A. a Martinková, Z., 2017: Body size and the colonisation of cereal crops by the invasive slug *Arion lusitanicus*. Annals of Applied Biology: 79 - 86

- Horsák, M. a Dvořák, L., 2003: Co víme o plzaku španělském (*Arion lusitanicus*). Sborník abstraktů z konference. Ústav Biologie Obratlovců AV ČR, Brno: 35–36
- Ingimarsdóttir, M. a Ólafsson, E., 2005: Spánarsnigilin finnst á Íslandi. Náttúrufræðingurinn: 75–78
- Janzen, D. H., 1980: Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous forest. *Journal of Ecology* : 929–952
- Kazda, J. a kol, 2007: Intenzivní pěstování řepky v době vysoké poptávky. DAS Praha: 52
- Khan A. M. a Ungar, I. A., 1997: Effects of light, salinity, and thermoperiod on the seed germination of halophytes. *Canadian Journal of Botany*: 835-841
- Kimber, A. a kol., 1995: The distribution of *Vallisneria americana* seeds and seedling light requirements in the Upper Mississippi River. *Canadian Journal of Botany*: 1966 - 1973
- Kollmann, J., Bassin, S., 2001. Effects of management on seed predation in wildflower strips in northern Switzerland. *Agric. Ecosyst. Environ.* 83, 285–296.
- Korbel L. a kol., 2001: Velká kniha živočichů. Příroda, Bratislava: 344
- Kozłowski, J., 2000a: Distribution and places of occurrence of *the slug Arion lusitanicus Mabilie (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae)*. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences – Chemistry*: 309 – 415
- Kozłowski, J., 2000b: Density of the slug *Arion lusitanicus Mabilie (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae)* in different microhabitats. *Journal of Plant Protection Res.:* 158 – 161
- Kozłowski, J., 2005: Host plants and harmfulness of the *Arion lusitanicus*. *Journal of Plant Protection Research*: 221-233
- Kozłowski, J., 2007: The Distribution, Biology, Population Dynamics and Harmfulness of *Arion lusitanicus Mabilie, 1868 (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae)* in Poland, *Journal of Plant Protection Research*: 219 – 230
- Kozłowski, J. a Kozłowska, M., 2004a: Food preferences of *Deroceras reticulatum*, *Arion lusitanicus* and *Arion rufus* for various medicinal herbs and oilseed rape. *Journal of Plant Protection Research*: 239–250

- Kozłowski, J. a Kozłowska, M., 2004b: Remarks on slug occurrence, harmfulness and activity connected with penetration of ground. *Journal of Plant Protection Research*: 331–339
- Kozłowski, J. a Kozłowska, M., 2008: Differences in Acceptability of Herb Plants and Oilseed Rape for Slugs (*A. lusitanicus*, *A. rufus* and *D. reticulatum*) in Food Choice Tests. *Journal of Plant Protection Research*: 461-474
- Kvasničková, D., 1994: *Základy ekologie*. Scientia, Praha: 88
- Losos, B. a kol., 1985: *Ekologie živočichů*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha: 320
- Losos, B. a kol., 1987: *Základy obecné ekologie*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha: 258
- Mabille, M. J., 1868: Des Limaciens Européens. *Revue et Magasin de Zoologie pure et appliquée et de Sériciculture Comparée*: 129-146
- Martinková, Z. a kol., 2008: Biodiverzita plevelových společenstev, její význam a udržitelné využívání. VÚVR, v.v.i., Praha: 44
- Mauchline, A. L., Watson, S. J., Brown, V. K. a Froud-Williams, R. J., 2005: Post-dispersal seed predation of non-target weeds in arable crops. *Weed Research*: 157–164
- Menalled, F. D., M. Liebman, M. a Renner K. A., 2006: *Handbook of Sustainable Weed Management*. Food Products Press, New York: 894
- Milcu, A. a kol., 2006: Earthworms (*Lumbricus terrestris*) affect plant seedling recruitment and microhabitat heterogeneity. *Functional Ecology*: 261 - 268
- Moles, A. T., Warton, D. I. a Westoby, M., 2003: Do small-seeded species have higher survival through seed predation than large-seeded species? *Department of Biological Sciences, Australia*: 3148-3161
- Oleskog, G. a kol., 2000: Seedling emergence of *Pinus sylvestris* in characterized seedbed substrates under different moisture conditions. *Canadian Journal of Forest Research*: 1766-1777
- Procházka, S. a kol. 1998: *Fyziologie rostlin*. Academia Praha: 484
- Procházka, S. a kol. 2002: *Botanika, Morfologie a fyziologie rostlin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 242

- Proschwitz, T. von, 1992: Den Spanska skogssnigeln - *Arion lusitanicus* Mabilie, hür bekämpar vi den och förhindrar ytterligare spridning? Göteborgs Naturhistoriska Museum. Årstryck: 51-59
- Proschwitz, T. von, 1994: *Oxychillus cellarius* (Müller) and *Oxychillus draparnaudi* (Beck) as predators on egg-clutches of *Arion lusitanicus* Mabilie. J. Conch. Lond.: 183–184
- Proschwitz, T. von, 1996: Utbredning och sprifning av spansk skogssnigel (*Arion lusitanicus* Mabilie) och Röd Skogssnigel (*Arion rufus* (L.)). Göteborgs Naturhistoriska Museum, Årstryck : 27–45
- Proschwitz, T. von a Winge, K., 1994: Iberiaskogsnegl- en art på spredning i Norge. Fauna: 195–203
- Quinteiro, J. a kol., 2005: Phylogeny of slug species of the genus *Arion*: evindence of monophyly of Iberian endemics and of the existence of relict species in Pyrenean refuges. Journal of Zoological systems:139-148
- Rabitsch, W., 2003: Biological invasions in Austria: patterns and case studies, Biological Invasions, Vídeň: 295-308
- Reischütz, P. L., 1984: Zum massenhaften Auftreten von *Arion lusitanicus* Mabilie in den Jahren 1982 und 1983. Mitt. Zool. Ges. Braunau: 253-254
- Robinson, R. A. a Sutherland, W. J., 2002: Post-war changes in arable farming and biodiverzity in Great Britain. Journal of *Applied Ecology*: 157-176
- Schupp, E. W., 1988: Factors affecting post-dispersal seed survival in a tropical forest. *Oecologia* :525-530
- Simroth, H., 1891: Die Nacktschnecken der portugiesisch-azorischen Fauna. Nova Acta Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Germanicae Naturae Curiosorum Akad. Naturf.: 201-424
- Solomon, M. E., 1949: The natural control of animal populations. Journal of Animal Ecology: 1–35
- Tkadlec, E., 2008: Populační ekologie: struktura, růst a dynamika populaci. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci: 400
- Türke, M. a kol., 2009: Seed consumption and dispersal of ant-dispersed plants by slugs, *Oecologia*: 681-693

Walck, J. L. a Hidayati, S. N., 2004: Differences in light and temperature responses determine autumn versus spring germination for seeds of *Schoenolirion croceum*, : Canadian Journal of Botany: 1429-1437

Washitani, I. a Masuda, M., 1990: A comparative study of the germination characteristics of seeds from a moist tall grassland community. Functional Ecology.: 543 - 557

Wittenberg. R., 2005: An Inventory of alien species and their threat to biodiversity and economy in Switzerland. CABI Bioscience, Švýcarsko: 416

Weidema, I., 2006: 'NOBANIS Invasive Alien Species Fact Sheet *Arion lusitanicus*', www.nobanis.org