



Fakulta agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů
Katedra zoologie a rybářství

Délka setrvání semen v půdní bance a její význam pro morfologii semen a následnou predaci bezobratlými

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Vladimír Vrabec, Ph.D.

Konzultant práce: Doc. RNDr. Pavel Saska, Ph.D.

Autor práce: Bc. Tereza Fenclová

2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Délka setrvání semen v půdní bance a její význam pro morfologii semen a následnou predaci bezobratlými jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Praze dne

Bc. Tereza Fenclová

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Mgr. Vladimíru Vrabcovi, Ph.D. a konzultantovi k této práci, panu doc. RNDr. Pavlu Saskovi, Ph.D., který mi pomohl s výběrem tématu práce a s realizací celého projektu. Děkuji též za konzultace k této práci. Dále děkuji panu Ing. Janu Lukášovi Ph.D. za pomoc se softwarem Sigma Scan a panu Ing. Miroslavu Vlachovi za pomoc s čištěním a vážením semen.

Práce byla vypracována v rámci projektu GAČR 14-02773S Ekologický význam kolonizace semen půdními mikroorganismy pro predaci (řešitel Doc. RNDr. Pavel Saska, Ph.D., nositel Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.).

Délka setrvání semen v půdní bance a její význam pro morfologii semen a následnou predaci bezobratlými

Souhrn:

Semena rostlin jsou důležitou potravou mnoha organismů, zejména střevlíkovitých brouků. V této studii byl zkoumán vliv pobytu v půdní bance na morfologii semen rostlinných druhů, které se běžně vyskytují v České republice. Byla použita semena druhů: heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum*), karbinec evropský (*Lycopus europaeus*), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), kuklík městský (*Geum urbanum*), penízek rolní (*Thlaspi arvense*), srdečník obecný (*Leonurus cardiaca*) a škarda dvouletá (*Crepis biennis*).

Semena byla zakopána do půdní banky v roce 2005, a poté byla část semen každý rok z půdní banky vyjmuta. Získali jsme tak vzorky z let 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 a kontrolní vzorek, který byl skladován v laboratoři.

Vzorky z každého roku jsme zkoumali a posuzovali morfologické změny ve váze a velikosti semen. Testována byla hypotéza, že semena budou s dobou strávenou v půdě ubývat na hmotnosti a jejich velikost se bude vzhledem k deterioraci výstupků zmenšovat.

Hypotéza byla podpořena pro všechny druhy, kromě karbince evropského (*Lycopus europaeus*), u kterého hypotéza platí pro hmotnost a šířku semen, avšak nebyla podpořena pro délku semen.

Klíčová slova: půdní banka, velikost semen, hmotnost semen, *Carabidae*, granivorie

The importance of time spent in soil for seed morphology and seed predation by invertebrates

Summary:

Seeds are a very important part of animal diet, especially for carabid beetles. We studied the effect of time spent in soil seed bank on seed morphology. For this study we used seeds of common Czech plants: *Tripleurospermum inodorum*, *Lycopus europaeus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Urtica dioica*, *Geum urbanum*, *Thlaspi arvense*, *Leonurus cardiaca*, *Crepis biennis*.

The seeds were buried in 2005 into the soil bank. Every year a part of seeds was excavated. As a result samples from years 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 were available plus one control sample stored under laboratory conditions.

We studied and assessed changes in the following morphological characters of seeds: weight, length and width. We tested hypothesis that the seeds will decrease in weight, length and width during the time spent in the soil bank.

We supported the hypothesis for all species except *Lycopus europaeus*. In this species we supported the hypothesis for seed weight and length, but not for width.

Keywords: soil seed bank, seed size, seed weight, *Carabidae*, granivory

Obsah

1.	Úvod.....	1
1.1.	Cíl práce	1
2.	Literární rešerše	2
2.1.	Predace	2
2.1.1.	Granivorie, predace semen	2
2.1.2.	Obrana semen před predací	3
2.2.	Predátoři semen	7
2.2.1.	Brouci čeledi Carabidae	8
2.2.2.	Granivorní Carabidae	11
3.	Materiál a metody	15
3.1.	Studované druhy rostlin	15
3.2.	Uložení semen v půdní bance	19
3.3.	Semena studovaných druhů rostlin	20
3.4.	Další materiály potřebné ke studii.....	24
3.5.	Zpracování vážení a měření semen	24
3.6.	Statistické vyhodnocení	25
4.	Výsledky	27
4.1.	Heřmánkovec nevonný (<i>Tripleurospermum inodorum</i>)	27
4.2.	Karbínek evropský (<i>Lycopus europaeus</i>).....	29
4.3.	Kokoška pastuší tobolka (<i>Capsella bursa-pastoris</i>)	31
4.4.	Kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>).....	33
4.5.	Kuklík městský (<i>Geum urbanum</i>).....	35
4.6.	Penízek rolní (<i>Thlaspi arvense</i>)	37
4.7.	Srdečník obecný (<i>Leonurus cardiaca</i>)	39
4.8.	Škarda dvouletá (<i>Crepis biennis</i>)	41

5.	Diskuze	43
6.	Závěr	46
7.	Seznam literatury	47
8.	Přílohy.....	51

1. Úvod

Semena hrají klíčovou roli v populační dynamice jednotlivých druhů rostlin a zajišťují jejich schopnost se šířit (Fenner, 1995). Většina druhů jednoletých rostlin produkuje tisíce až milion semen na jednu rostlinu (Booth et al., 2003). Po uvolnění z rostliny a vstupu do půdní banky může být osud semen různý. Mohou úspěšně vyklíčit, vstoupit do stavu dormance, být zkonzumována predátory, mohou podlehnout rozkladu nebo dalším vlivům, které způsobí ztrátu životaschopnosti semene (Chee – Sanford, 2008).

V této studii se budu zabývat právě tím, co se se semeny děje v půdní bance a jaký vliv mají tyto změny ve velikosti a hmotnosti semen na jejich predaci bezobratlými.

Pro studii byla vybrána semena rostlin běžně se vyskytujících na území České republiky: heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum*), karbinec evropský (*Lycopus europaeus*), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), kuklík městský (*Geum urbanum*), penízek rolní (*Thlaspi arvense*), srdečník obecný (*Leonurus cardiaca*) a škarda dvouletá (*Crepis biennis*). Všechna semena byla v roce 2005 vložena do půdní banky, každý následující rok až do roku 2013 byla vykopána část vzorku a pozorovány změny v morfologii semen.

1.1. Cíl práce

Cílem mé diplomové práce je studovat význam délky setrvání semen v půdě pro změny v morfologii semen.

Přežívání semen v půdě je důležitým faktorem populační biologie rostlin, jejichž dynamika či disperze jsou limitovány právě semeny. Bezprostředně po uvolnění z rostliny a před vyklíčením či vstupem semen do půdní zásoby reprezentují predátoři hlavní příčinu mortality semen. Míra predace semen uvolněných z půdní zásoby je však téměř neznámá.

Testována bude hypotéza: Semena budou s dobou strávenou v půdě ubývat na hmotnosti a jejich velikost se bude vzhledem k deterioraci výstupků zmenšovat.

2. Literární rešerše

2.1. Predace

Predace je v přírodě již dlouho považována za majoritní selektivní sílu evoluce morfologických a behaviorálních charakteristik živočichů. Důležitost predace je naprosto zřejmá, pomáhá udržovat rovnováhu v přirozeném koloběhu látek v přírodě. Studie také potvrzují, že živočichové a rostliny dokáží v průběhu času snižovat predací risk, jednak morfologickými změnami nebo častěji změnami v jejich chování (Lima et Dill, 1990).

Jarošík (2005) definuje predaci jako biotický vztah, kdy jeden organismus slouží jako potrava organismu druhému. Tím je trvale vyřazen z populace a reprodukčního řetězce, a nemůže nadále sloužit jako potrava dalšímu predátorovi. Predátorem je pak ten živočich, který záměrně loví za účelem konzumace kořisti. Důležité ale je mnohočetné lovení kořisti, aby mohl být živočich považován za predátora dané kořisti.

2.1.1. Granivorie, predace semen

Granivorie, neboli predace semen, je druhem interakce mezi rostlinou a živočichem, kdy živočich využívá rostlinná semena jako hlavní nebo výhradní zdroj potravy. (Hulme, 1998).

V roce 1971 Janzen poprvé použil termín granivorie, jakožto vystižení predace semen, kdy predátor semeno ponechá v poškozeném stavu a zabrání tak jeho dalšímu klíčení. Mnoho zvířat požívá semena, ale ty jen bezpečně projdou trávicím traktem, zůstanou nepoškozená a jejich schopnost klíčení a dalšího růstu zůstane zachována. Tito živočichové nemohou být považováni za granivory (Janzen, 1971).

Granivoři jsou k nalezení mezi všemi třídami obratlovců (Vertebrates), hlavně se však jedná o ptáky (Aves) a savce (Mammalia). Větší zastoupení má však granivorie mezi bezobratlými (Invertebrates), převážně ve třídě hmyzu (Insecta) (Janzen, 1971).

Všichni tito konzumenti vyhledávají semena rostlin za potravní zdroj díky jejich snadné dostupnosti a dlouhé životnosti v půdě, a především také kvůli skvělé nutriční hodnotě. Některé rostlinné druhy produkují semena s vysokým obsahem polysacharidů nebo tuků, a tak dodávají živočišnému organismu dostatek energie pro život v podobě cukrů a mastných kyselin (Wilson et al., 1999).

Běžně se dá predace semen rozdělit na dvě základní kategorie, a to granivorii pre disperzní a post disperzní (Janzen, 1971). Pre disperzní predace semen znamená, že živočich zkonsumuje semeno ještě před tím, než se semeno uvolní z mateřské rostliny. Post disperzní predace naopak znamená, že semena jsou napadána predátory po uvolnění z mateřské rostliny. Semena mohou být také konzumována, když se nacházejí v půdní bance nebo se z půdní banky uvolní.

Dostupnost a prezentace semen predátorům se mění s během každého reprodukčního cyklu rostlin. Vědci ví velmi málo o tom, jak tyto změny dopadají na schopnost predátora ovlivnit populaci rostlin a na biologické náklady, které jsou spojeny s konzumací semen predátorem (Fedriani, 2005).

2.1.2. Obrana semen před predací

Semena rostlin jsou tou nejvíce chráněnou rostlinnou částí. Na rozdíl od sazenic nebo plně vzrostlých rostlin, semena se musí bránit všem nepříznivým vlivům z limitovaných zdrojů, kterých časem ubývá. Faktory zajišťující semenům přežití je možné shrnout jako Způsoby obrany semen (Seed defence syndromes), které se podobají rostlinným. Většina pozornosti se soustředí u obrany semen hlavně na jejich velikost, výživový stav a strukturní nebo chemické vlastnosti, které ovlivňují míru predace.

Důležité je ale také zaměřit se na osud semen v půdě, kde je nutné rozlišovat mezi semenem v klidovém stavu (semeno čeká na vhodné podmínky pro vyklíčení) nebo ve stavu dormance (semeno přetrvává v nevyklíčeném stavu, i když jsou podmínky ideální). Stav dormance hraje také potencionální roli v obraně před predací a v neposlední řadě je semeno ovlivňováno, ať už pozitivně či negativně, půdními mikroorganismy (Dalling et al., 2011).

Perzistence semen v půdě

Semena často zůstávají v půdě v životaschopném stavu, ale neklíčí (Schafer et Chilcote, 1969). Tato perzistence nastává buďto jako dormance nebo jako klidový stav. Dormantní semena udržují fyzické nebo fyziologické bariéry, a tím pádem neklíčí, kdežto semena v klidovém stavu žádné bariéry nemají a pouze čekají na příznivé období pro další růst rostliny (Thompon et al., 2003).

Bylo popsáno několik kategorií dormance semen. Nicméně, většina druhů má buď fyzickou, nebo fyziologickou dormanci, pouze v nemnohých případech se vyskytuje jejich kombinace (Geneve, 1991). Předpokládá se, že role obou typů dormance si budou navzájem podobné, tedy budou bránit vyklíčení semene v nepříznivých podmínkách, typy stanovišť rostlin s fyzickou či fyziologickou dormancí se výrazně liší. Typ dormance také ovlivňuje, jakým způsobem se semeno brání proti svým nepřítelům (Dalling et al., 2011).

Fyzická dormance

Fyzicky dormantní semena začínají klíčit až ve chvíli, kdy je porušen jejich nepropustný obal. Porušení této impermeabilní vrstvy je většinou důsledkem vysoké nebo kolísavé teploty asociované často s požáry (Hanley et Fenner, 1998), jakožto i přímého slunečního svitu, například mezerami v okolní vegetaci. Tato životní strategie je vhodná zejména pro rostliny rostoucí v oblastech, kde k těmto událostem dochází poměrně málo často a rostliny mají vysokou šanci na přežití po vyklíčení. Tyto rostliny jsou většinou vázány na stabilní biotopy, jako jsou teplé a vlhké oblasti, kde je ale vysoký tlak ze strany patogenů (Dalling et al., 2011).

Fyziologická dormance

Na rozdíl od rostlin s fyzickou dormancí, tyto druhy rostou na stanovištích, kde jsou vhodné podmínky pro klíčení velmi časté, a tím pádem nezaručují vhodný stav i pro další růst rostliny po vyklíčení. V případě semen s fyziologickou dormancí je klíčení blokováno chemickými inhibitory (Olvera – Carrillo, 2009).

Predátoři a patogeny

Predace semen má na rostlinná společenstva velký vliv, neboť podle studií je až 90% všech semen před vyklíčením zničeno predátory (Kolb et al., 2007). Semena se však proti predátorům dokáží bránit, buďto chemickou cestou nebo fyzickým způsobem. Tento způsob obrany je pro semena výhodný i v boji proti patogenům vyskytujícím se v půdě. Semena mohou mít například nepropustný obal, nebo se brání chemickými sloučeninami, či využívají chemickou obranu půdních mikroorganismů, se kterými asociují. Poslední možností obrany semen proti patogenům je rapidní vyklíčení a rychlý růst (Dalling et al., 2011).

Fyzická obrana semen

Semena s fyzickou obranou se vyznačují především svou tvrdostí a nepropustností, patří převážně rostlinám s fyzickou dormancí. Fyzická dormance brání semena proti hlavním predátorům – hlodavcům, i proti mikroorganismům z půdy (Vander Wall, 1998).

Fyzická obrana semen se ale rozšířila i na některé druhy rostlin s fyziologickou dormancí. Fyzické bariéry jejich semene musí nejprve změkknout, než se vynoří kořínek, ale propustnost těchto struktur je dostatečně omezující, aby zabránila vniknutí patogenů do semene (Dalling et al., 2011).

Chemická obrana semen

Obaly semen obsahují celou řadu sekundárních metabolitů, která je často vyšší než kdekoli jinde v celé rostlině (Terras et al., 1995). Syntéza těchto chemikálií je velmi nákladná, srovnatelně jako investice do tvrdého obalu (Zangerl et Berenbaum, 1997). Chemická obrana je výhodná proti mikrobiální infekci, či proti napadení semene houbami.

Prospěšná semeno-mikrobiální asociace

Ne všechny houby a půdní mikroorganismy působí na semena zhoubně, některé jim pomáhají v boji proti patogenům (Arnold et Lutzoni, 2007). Houby přítomné v semenech mohou být přenášeny vertikálně z mateřské rostliny nebo horizontálně z okolí (Gallery et al., 2007). V některých případech působí houby na rostlinu pozitivně i po vyklíčení (Clay et Schardl, 2002).

Předpokládá se, že komunita mikroorganismů přítomná v obalu semene ho pomáhá bránit buď proti napadení patogeny, nebo zpomaluje úpadek tvrdého obalu semene. Oproti tomu, houby přítomné ve vnitřních vrstvách semene zabraňují následné infekci a jejich přítomnost je poměrně důležitá pro semena bez fyzických bariér (Dalling et al., 2011).

Okamžité vyklíčení

Klíčení je jednou z nejcitlivějších period v životě rostliny, je zde vysoké riziko napadení bakteriemi a houbami. Pro sazeničky, které nemají vytvořené zásoby a nejsou schopny si vytvořit dostatečnou chemickou obranu, je jedinou možností úniku před patogeny

rychlý růst (Coley et Barone, 1996). Podle studie L. D. Leach (1947) závisí přežití na poměru rychlosti růstu sazenice a škodlivých hub. Překvapivě, patogeny se nedokáží adaptovat na okamžité vyklíčení rostlin.

Obranné způsoby semen: interakce mezi dormancí, perzistencí a obranou

Tři hlavní typy perzistujících semen (fyzická a fyziologická dormance, klidový stav) spoléhají při své obraně na tři typy obranných systémů:

1. Semena s fyzickou dormancí spoléhají na svůj nepropustný obal, tím pádem si netvoří chemické látky, které by chránily semeno. Také je nepravděpodobný výskyt endofytických hub uvnitř semena, ačkoli semeno může využívat symbiotických bakterií a hub na svém povrchu. Kvůli absenci chemických látek musí tato semena také spoléhat na okamžité vyklíčení, aby rostlinky unikly půdním patogenům (Dalling et al., 2011).
2. Předpokládá se, že semena s fyziologickou dormancí budou stavět svou obranu jednak skrze chemické látky, jednak budou investovat do fyzických obran a to podle toho, v jakém prostředí se nacházejí. V sušších oblastech s nevelkým výskytem patogenů v půdě se semena budou zaměřovat spíše na fyzickou obranu (Davis et al., 2008), kdežto ve vlhkých oblastech, kde by fyzické bariéry mohly být nedostatečné, investují semena hlavně do chemické obrany (Veldman et al., 2007).
3. Semena v klidovém stádiu nejčastěji klíčí pár týdnů po rozptýlení z rostliny, avšak v tropických deštných lesích mohou taková semena přetrvávat v půdě i více jak rok (Dalling et al., 1997). Jakmile se vyskytnou příhodné podmínky, semena okamžitě vyklíčí. Právě v tropických vlhkých podmínkách se vyskytuje přemíra patogenů, a tak semena v klidovém stavu spoléhají na obranné látky vyprodukované endofytickými mikroby, kteří jsou přítomni v semenu (Dalling et al., 2011).

Předpokládá se, že existuje asociace mezi mortalitou semen a složením půdní komunity mikroorganismů, že izolované houby či bakterie ze semen mohou omezit růst patogenů v půdě a očkování neinfikovaných semen přínosnými mikroby prodlouží jejich přežití v půdě (Dalling et al., 2011).

Důsledky teorie obrany semen

Propojení poznatků o dormanci a obraně semen pomáhá vysvětlit frekvenci výskytu typů dormance v různých biomech. Předpokládá se, že fyzická dormance je preferována rostlinami s výskytem ve vlhkých a teplých oblastech, kde je vhodné prostředí pro růst hub a dlouhodobé přežití je zajištěno nevniknutím patogenů do semena. Oproti tomu v pouštích, boreálních ekosystémech a v tundře, kde semena nečelí tak vysokému riziku infekce, je výhodnější fyziologická dormance.

Pochopení teorie obrany semen také zásadně přispívá i v zemědělství, kdy se ukázalo, že složení mikrobiální komunity v půdě má velký význam při pěstování rostlin, jejichž semena se vyznačují fyziologickou dormancí, nebo že očkování semen symbiotickými houbami pomáhá snížit jejich citlivost k patogenům (Dalling et al., 2011).

2.2. Predátoři semen

Semena krytosemenných rostlin jsou šířena nejčastěji pomocí větru, vody nebo živočichů předtím, než se dostanou do půdní banky, kde mohou přetrvávat po mnoho let. V průběhu tohoto šíření dochází velmi často k predaci šířících se semen až do té míry, že predace je pokládána za jeden z hlavních faktorů mortality semen (Maron et Gardner, 2000).

Velká semena jsou nejčastěji zkonzumována velkými predátory, jako jsou například ptáci či hlodavci. Menší semena bývají požírána zpravidla jak obratlovci, tak bezobratlími predátory (Westerman et al., 2003). Nejdůležitějšími predátory semen mezi bezobratlími jsou globálně mravenci (Honěk et al., 2003). Mravenci z podčeledi Myrmicinae, kteří obývají tropické a subtropické oblasti, jsou z velké části stálí predátoři semen a díky tomu značně ovlivňují rozšíření, jakožto i úplnou nepřítomnost některých rostlinných druhů z jejich regionů výskytu (Risch et Carrol, 1986). Mezi granivory lze dále zařadit bezobratlé řádů Coleoptera, Heteroptera, Orthoptera a další. V oblasti mírného pásu Evropy jsou nejrozšířenějšími a nejdůležitějšími predátory semen zemní brouci čeledi Carabidae, kterých se v České republice nachází více než 550 druhů (Honěk et al., 2003).

Střevlíkovití brouci nejsou pouze granivorní. Většinou jsou semena pouze doplňkem jejich obvyklé potravy. Herbivorní druhy, živící se listy, ovocem či houbami (Johnson et Cameron, 1969), lze rozdělit na dvě skupiny: primárně karnivorní druhy, které obohacují svou

stravu vegetativními částmi rostlin, a druhy, které se živí převážně právě semeny (Honěk et al., 2003). První zmínka o granivorních broucích se objevila v literatuře přibližně před sto lety (Webster, 1900) a byla potvrzena mnoha různými autory.

Granivorní brouci se živí semeny mnoha druhů rostlin, kdy některé druhy významně přispívají ke zdárnému vývoji v larválním stádiu brouků (Saska et Jarošík, 2001). Některé druhy larev střevlíkovitých brouků záměrně vyhledávají semena těchto rostlin pod zemí, kde se zdržují v jejich blízkosti a nějaký čas se na nich živí (Honěk et al., 2003).

Dospělí brouci vyhledávají převážně semena, která jsou pro ně snadno dostupná. U některých druhů se vyvinula schopnost šplhání na rostliny, převážně na různé druhy trav, přesto však velká většina střevlíkovitých brouků nachází semena na zemi a schopnost šplhu u nich nebyla pozorována. Byla ovšem zjištěna korelace mezi velikostí těla brouka a velikostí semene, kdy větší brouci preferují velká semena, kdežto menší druhy častěji vyhledávají semena menších velikostí (Honěk et al., 2003).

2.2.1. Brouci čeledi Carabidae

Brouci čeledi Carabidae jsou mezi bezobratlými v České republice nejvýznamnějšími predátory semen běžně se vyskytujících rostlin. Čeleď Carabidae (česky střevlíkovití) se řadí do kmene členovci (Arthropoda), podkmene šestinozí (Hexapoda), třídy hmyz (Insecta), podtřídy křídlatí (Pterygota), řádu brouci (Coleoptera), podřádu masožraví (Adephaga).

Tato čeleď brouků díky snadné identifikovatelnosti a slušné znalosti bionomie a ekologických nároků slouží již několik desítek let jako modelová skupina pro nejrůznější vědecké studie, především ekologické a biocenologické (Hůrka, 1996).

Střevlíkovití brouci jsou kosmopolitní čeledí a se svými třiceti tisíci druhy patří k nejpočetnějším čeledím světa. Jedná se o poměrně velké brouky, dorůstající velikosti od dvou milimetrů do deseti centimetrů. Největším střevlíkovitým broukem světa je *Mormolyce phylloides* obývající Malajsii (obr. 20). V České republice střevlíkovití brouci nedosahují takových velikostí jako tropické druhy. Střevlíkovití mírného pásu dorůstají délky do čtyř centimetrů a největším druhem České republiky je střevlík kožitý (*Carabus coriaceus*) (obr. 19).

Střevlíkovití mají zpravidla protáhlé ploché či klenuté tělo, převážně černé či hnědé barvy. Poměrně častý je i kovový lesk, hlavně u druhů s denní aktivitou. Lesklost či matnost

těla je závislá na struktuře kutikuly. Povrch těla bývá velmi často sklerotizován, jen výjimečně, a zřejmě druhotně, jsou krovky tenké a měkké (Hůrka, 1996).

U střevlíkovitých jsou od sebe dobře odlišitelná hlava, hrud' a zadeček. Na hlavě je dobře patrný pár jedenáctičlánkových tykadel a ústní ústrojí kousacího typu, které slouží jednak k lovu a zpracování kořisti, tak i k obraně. Předohrud' je kryta štítkem, středohrud' a zadohrud' jsou kryty krovkami. Krovky vyrůstají ze středohrudí, ze zadohrudí pak blanitá křídla (u některých druhů jsou částečně nebo úplně redukována) (Hůrka, 1996).

Z každé části hrudi vyrůstá jeden pár většinou běhových nohou. Chodidla předního a někdy i středního páru nohou jsou u samců rozšířena a jsou pokryta setami či brvami, které mají přichytávací funkci, což brouci využívají zejména při páření (Hůrka, 1996).

Zadeček je utvářen články, které podílejí na utváření vnějších pohlavních orgánů (Hůrka, 1996).

Vývoj střevlíkovitých brouků probíhá od vajíčka přes larvu, kuklu až k dospělci. Nejmenší vajíčka kladou druhy rodu *Cymindis* a především ektoparazitoidně se vyvíjející druhy rodu *Lebia* a *Brachinus* (Hůrka, 1996).

Larvy střevlíkovitých (obr. 21) jsou oligopodní, na rozdíl od dospělců mají na hlavě čtyřčlánková tykadla, kdy třetí článek nese přívěsek smyslové funkce. Za tykadly je umístěno až šest larválních oček. Larvální stadia mají zpravidla tři instary, výjimečně dva, u ektoparazitoidů až pět (Hůrka, 1996).

Kukla je nepigmentovaná a leží zpravidla v poloze na zádech v kukelní komůrce (obr. 22), kterou si larva vybudovala nejčastěji v půdě. Na kukle je již možno rozeznat pohlaví dospělého podle utváření posledních dvou článků zadečku (Hůrka, 1996).

Biologie střevlíkovitých

Střevlíkovití jsou kosmopolitně rozšíření brouci obývající všechny typy přírodních stanovišť od mokřích a bažinatých biotopů až po suchá stepní a pouštní. Největší počet druhů lze nalézt ve svrchní části půdy, pod kameny a spadlým dřevem, jiné druhy obývají rostliny, kmeny a koruny stromů, žijí i pod kůrou (*Tachyta nana*) a v hničícím dřevě. Jsou známy druhy vyhledávající zastínění v lesích, ale i druhy hemofilní preferující slunné otevřené biotopy. Většina středoevropských druhů preferuje vlhká stanoviště a vyznačuje se převážně noční aktivitou (Hůrka, 1996).

Potravně jsou zástupci střevlíkovitých České republiky nesespecializovaní masožravci lovíci aktivně kořist nebo vyhledávající uhynulé bezobratlé a obratlovce. Všichni střevlíkovití brouci jsou díky srostlým krovkám nelétaví, zato jsou velmi rychlími běžci, což jim lov usnadňuje. Část z nich jsou potravní specialisté vázaní například na housenky motýlů, chvostokoky, plicnaté plže, larvy a imaga drabčků nebo žížaly. Najdeme i predátory mšic. Mnoho druhů je všežravých s převahou masožravosti nebo i býložravosti (*Amara*, *Harpalus*), známi jsou i vysloveně specializovaní býložravci (*Zabrus*, *Ophonus*) a to jak v larválním, tak kukelním stadiu. Larvy rodu *Lebia* jsou ektoparazitoidi a vyvíjejí se na larvách a kuklách různých druhů mandelinkovitých (Hůrka, 1996).

Vývoj naprosté většiny střevlíkovitých mírného pásu je univoltiní, jednoletý, probíhající ve dvou základních vývojových typech, kdy začátek rozmnožování je synchronizován buď diapauzou v larválním stadiu nebo diapauzou gonádní, který převládá. Bylo zjištěno, že nižší teplota příznivě ovlivňuje rychlost vývoje larev a dozrávání gonád. U několika rodů (*Molops pterostichus*, *Abax parallelus*, *Abax ovalis*) byla zjištěna péče o potomstvo, kdy samice hlídá svou snůšku až do vylíhnutí larev, aniž by přijímala potravu (Hůrka, 1996).

Význam čeledi Carabidae

V české přírodě mají střevlíkovití brouci značný význam. Jednak jsou predátory ostatních bezobratlých, a tím pádem regulují jejich populace a přispívají k udržení rovnováhy a přirozeného koloběhu látek a energie. Střevlíkovití také velmi citlivě reagují na chemické změny v prostředí a tím pádem jsou jedinečnými bioindikátory (Hůrka, 1992).

2.2.2. Granivorní Carabidae

Ve střední a západní Evropě jsou Carabidae nejvýznamnějšími konzumenty semen. Požirají jak semena čerstvá, tak semena z půdní banky (Honěk, 2003). Granivorní střevlíkovití typičtí pro orné půdy střední Evropy řadíme do tribu Harpalini (především rody *Anisodactylus*, *Harpalus*, *Ophonus*, *Pseudoophonus* a *Stenolophus*), Zabřini (rody *Amara* a *Zabrus*) (Martinková et al., 2006) a několik druhů z tribů Trechini, Platynini a Pterostichini (Honěk et al., 2007). Semenožraví brouci tribů Harpalini a Zabřini konzumují kromě semen také malé bezobratlé, především další zástupce hmyzu (Honěk et al., 2007).

Granivorie, která je typická pro dospělé střevlíkovitých, je také velmi významná pro larvální stádium vývoje některých druhů, hlavně z tribů Zabřini a Harpalini (Honěk et al., 2007; Saska et Jarošík, 2001). Bez živin obsažených v semenech rostlin by nebyl zajištěn zdárný vývoj larvy v imago (Saska et Jarošík, 2001) a reprodukce dospělců (Saska, 2008).

Dospělci i larvy selektivně konzumují konkrétní druhy semen. Výběr semen se liší mezi triby střevlíkovitých a velikost konzumovaného semene závisí na instaru larvy nebo na dospělosti brouka (Martinková et al., 2006; Saska et Jarošík, 2001). Velikost dospělého koreluje s velikostí preferovaných semen (Honěk et al., 2007).

Střevlíkovití se v přírodě neživí pouze čerstvými semeny, které byly právě uvolněné z mateřské rostliny, ale často požirají i semena z půdní banky, kam se semena dostala po disperzi z rostliny převážně díky působení vody, větru nebo živočichů. Tato semena střevlíkovití často nacházejí náhodně, například při hledání úkrytu (Martinková et al., 2006).

Pobyt v půdní bance významně ovlivňuje kvalitu semene, převážně jeho vnějších částí, což může následně ovlivňovat preference predátorů. U některých druhů rostlin, například kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*) či peníze rolní (*Thlaspi arvense*), není rozdíl v konzumaci semen čerstvých nebo těch, které byly určitou dobu v půdní bance. Na rozdíl od semen pampelišky lékařské (*Taraxacum officinale*) či heřmánkovce nevonného (*Tripleurospermum inodorum*) (Martinková et al., 2006). U pampelišky lékařské brouci preferují čerstvá semena., jelikož pobyt v půdní bance viditelně zhoršuje kvalitu semen. Naopak je tomu u heřmánkovce nevonného, kde brouci konzumují především semena z půdní banky. Důvodem může být rozklad povrchových chemických látek, které chrání semeno před predací ihned po disperzi. Navíc rozpad obalu usnadňuje přístup k požitelným částem semene (Martinková et al., 2006).

Vliv predace semen na vývoj larev a rozmnožování střevlíkovitých

Někteří střevlíkovití potřebují semena ve stravě pro svůj zdárný vývoj. Nejen že semena napomáhají vývoji larvy v imago, ale také podporují plodnost samic dospělých brouků (Saska et Jarošík, 2001; Saska, 2008).

Semena v potravě jsou obzvláště důležitá pro rod *Amara*, jehož dospělci jsou považováni převážně za granivorní, i když příležitostně také konzumují živočišnou potravu (Saska et Jarošík, 2001). Semena jsou preferovanou potravou pro dospělé rodu *Amara* a také pro jejich larvy, které byly po dlouhý čas považovány za insektivorní s tím, že jen příležitostně obohacovaly svůj jídelníček o semena. Díky mnoha laboratorním pokusům se insektivorie larev střevlíkovitých rodu *Amara* vyvrátila a byla potvrzena hypotéza o jejich granivorii. Bez semenné složky v potravě nejsou larvy mnoha druhů schopny dokončit vývoj v dospělé (Saska et Jarošík, 2001).

Sasakawa et al. (2010) uvádí vliv potravy v larválním stádiu na velikost dospělé. V případě druhu *Amara chalcites* se prokázalo, že larvy přijímající větší část živočišné složky v potravě se vyvinuly ve větší dospělé. U jiných druhů semenožravých střevlíkovitých se tento vztah neprokázal.

Studie Saska a Jarošíka (2001) ukázala, že i blízce příbuzné druhy často používají různou potravní strategii. Například larvy *Amara similata* nejlépe prosperují při konzumaci kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa – pastoris*), a nejsou schopny dokončit vývoj pouze na dietě skládající se výhradně z hmyzu. Ukázalo se ale, že kokošku pastuší tobolku preferují převážně larvy v prvním instaru a dospělci, larvy ve druhém a třetím instaru jsou daleko tolerantnější i k jiným druhům semen (Klimeš et Saska, 2010). Oproti tomu larvy *Amara familiaris* se ve všech třech instarech vyznačují silnou potravní preferencí semen ptačince prostředního (*Stellaria media*), i dospělci se živí těmito semeny daleko častěji než semeny jiných druhů (Klimeš et Saska, 2010). V rodě *Amara* nalezneme i omnivorní druhy, například larvy druhu *Amara aenea* dokáží dokončit svůj vývin v dospělé i bez semenné složky potravy (Saska et Jarošík, 2001).

Nejen pro larvy, ale také pro samice střevlíkovitých z rodu *Amara*, jsou semena v potravě důležitá, jelikož živiny obsažené v semenech podporují produkci vajíček (Saska, 2008).

Plodnost samic je jedním z důležitých ukazatelů celkového fitness, a je ovlivněna jak kvantitou, tak kvalitou přijímané potravy. Předchozí studie ukázaly, že mnoho druhů

predátorů produkuje více potomků při požívání více než jednoho druhu kořisti. Bohatá potravní nabídka stimuluje produkci vajíček, které ale mohou dozrávat a být dostatečně stimulovány i jednodruhovou kvalitní potravou. Jestliže potrava zmizí nebo je špatné kvality, vajíčka mohou být jako důsledek zpětně resorbována (Saska, 2008).

Při laboratorní studii bylo zjištěno, že samice *Amara aenea* (obr. 23) přijímají ochotně všechny druhy semen a snášejí více vajíček, než když se živí pouze insektivorně. Oproti tomu samice *Amara familiaris* (obr. 24) se nerozmnožují, pokud nemají přístup k semenům ptačince prostředního (*Stellaria media*), který požívají i jejich larvy. *Amara similaria* dává přednost semenům kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa – pastoris*), ale k rozmnožování dochází i při konzumaci vícepruhové směsi semen (Saska, 2008). Díky této studii bylo zjištěno, že larvy i dospělci střevlíkovitých preferují stejný druh potravy (Saska, 2008).

Denní konzumace semen larvami je srovnatelná (převážně ve třetím instaru) nebo dokonce vyšší než u dospělých brouků (Klimeš et Saska, 2010).

Faktory ovlivňující predaci semen

Predace semen brouky čeledi Carabidae je ovlivněna mnoha faktory, jako například pohlavím, teplotou, ročním obdobím nebo druhem. Studie Sasky, Martinkové a Hoňka (2010), kteří zkoumali predaci semen pampelišky (*Taxacarium officiale*) kvapíkem plstnatým (*Pseudoophonus rufipes*) a kvapíkem modrým (*Harpalus affinis*), potvrzuje, že samice konzumují více semen než samci. Studie také potvrdila, že konzumace semen u obou druhů brouků vzrůstá s teplotou. Pro kvapíka modrého (*Harpalus affinis*) byl nárůst konzumace semen lineární a rozdílný pro samice a samce. Zato pro kvapíka plstnatého (*Pseudoophonus rufipes*) byla konzumace semen podobná pro obě pohlaví, ale nárůst konzumace s teplotou se zastavil při 20°C.

Že je predace semen brouky ovlivněna teplotou dokazuje i další studie Hoňka, Martinkové a Sasky (2006), která potvrzuje, že konzumace semen brouky narůstá od časného jara do pozdního června, poté postupně klesá až do podzimu.

Množství sežraných semen pozitivně koreluje s velikostí těla brouků tribů Harpalini i Zabrinini. Analýza poukázala, že tři skupiny střevlíkovitých brouků preferují specifické druhy semen: druhy z tribu Harpalini dávají přednost převážně semenům pcháče osetu (*Cirsium arvense*) a violky rolní (*Viola arvensis*), některé z druhů tribu Zabrinini preferují semena rostlin čeledi hvězdicovitých (*Asteraceae*), konkrétně heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum*

inodorum) a škardu dvouletou (*Crepis biennis*). Další druhy tribu Zabryni požírají hlavně malá semena rostlin čeledi brukvovité (*Brassicaceae*) a hvozdíkovité (*Caryophyllaceae*). Druhy z tribu Harpalini akceptovaly větší podíl druhů semen nežli druhy tribu Zabryni stejné velikosti. Z toho vyplývá, že preference střevlíkovitých brouků jsou stanoveny taxonomií a velikostním omezením, stejně jako u jiných druhů predátorů (Honěk et al., 2007).

3. Materiál a metody

3.1. Studované druhy rostlin

Pro tuto studii byly použity semena rostlin, které se běžně vyskytují v České republice, tudíž jsou častou potravou pro granivorní organismy. Semena od každého druhu byla v roce 2005 zakopána do půdy (kromě kontrolního vzorku, který byl skladován při laboratorní teplotě). Poté se každoročně část semen z půdní banky vykopala a tak jsme získali vzorky z let 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 a 2013.



Obr. 1: **Heřmánkovec nevonný** (*Tripleurospermum inodorum*) čeleď *Asteraceae* – středně vysoká jednoletá bylina, bez pachu nebo jen velmi slabě aromatická. Hojně se vyskytuje na rumišťích, v polích a u cest. Roste pouze na anatropních stanovištích v raných fázích sukcese. S oblibou roste na půdách bohatých na dusík. Vyskytuje se po celé České republice, v horách řidčeji. Rozšířená v celé Evropě kromě Islandu a severní Skandinávie. Kvete od června do října (Slavík et Štěpánková, 2004).

Zdroj:

http://www.rozhlas.cz/rostliny/sloznokvete/_zprava/576298, dostupné 30. 3. 2015 ve 14:00.



Obr. 2: **Karbinec evropský** (*Lycopus europaeus*), čeleď *Lamiaceae* - vysoká vytrvalá bylina, velmi častá u vod v pobřežních houštinách, v příkopech, v rákosinách a v prameništích. V České republice se vyskytuje roztroušeně až hojně od nížin do nižších horských oblastí (přibližně do nadmořské výšky 800 m). Roste v celé Evropě vyjma nejsevernějších oblastí, východně po Bajkal a hory Střední Asie, na jihu po severozápadní Afriku, Irák, Írán a Afghánistán. Karbinec byl zavlečen i na atlantské pobřeží Severní Ameriky. Kvete od července do září (Slavík, 2000).

Zdroj:

http://www.rozhlas.cz/rostliny/pyskate/_zprava/569129, dostupné 30. 3. 2015 ve 14:00.



Obr. 3: **Kokoška pastuší tobolka** (*Capsella bursa-pastoris*), čeleď *Brassicaceae* - Jednoletá či dvouletá, až 40 cm vysoká bylina, obecně rozšířená na rumišťích, u cest a na lukách. V České republice je hojně rozšířena od nížin do podhorských oblastí, ve vyšších polohách se objevuje roztroušeně a obvykle jen na místech osídlených lidmi. Původně byla rozšířena zřejmě jen ve Středozeří, v současnosti roste téměř po celém světě. Kvete od března do října, při teplém počasí i v zimních měsících (Hejný et Slavík, 1992).

Zdroj:

http://www.rozhlas.cz/rostliny/krizate/_zprava/536183, dostupné 30. 3. 2015 ve 14:00.



Obr. 4: **Kopřiva dvoudomá** (*Urtica dioica*), čeleď *Urticaceae* – Až 2 metry vysoká vytrvalá žahavá bylina, běžná v lužních lesích, ve vlhkých křoviscích, v silničních příkopech, na rumišťích a u lidských sídel. Roste zvláště na přehnojených půdách. V České republice se vyskytuje hojně po celém území, roste i v nejvyšších polohách (např. na Sněžce). Roste v mimotropických oblastech téměř celého světa. Kvete od června do října (Hejný et Slavík, 1988).

Zdroj:

http://www.rozhlas.cz/rostliny/koprivovite/_zprava/546120, dostupné 30.3.2015 ve 14:00.



Obr. 5: **Kuklík městský** (*Geum urbanum*), čeleď *Rosaceae* - Středně vysoký vytrvalý druh, velmi často rostoucí v lužních lesích, v křovinách, na rumišťích a v zahradách. Rozšířen hojně v celé České republice od nížin do podhorských oblastí, ve vyšších polohách se objevuje vzácně. Roste v celé Evropě kromě Islandu a části Skandinávie a severoruské nížiny. Vyskytuje se v jižních polohách až v pohoří Atlas. Rozšířen i v části Malé Asie, v Arménii, na Kavkaze, na Západosibiřské nížině, na Altaji a v severozápadním Himaláji, druhotně v severní Americe a v Austrálii. Kvete od května do července, případně do srpna (Slavík, 1995).

Zdroj:

http://www.rozhlas.cz/rostliny/ruzovite/_zprava/502588, dostupné 30.3.2015 ve 14:00.



Obr. 6: **Penízek rolní** (*Thlaspi arvense*), čeleď *Brassicaceae* - Středně vysoká jednoletá bylina, všeobecně rozšířená u polí, cest a na rumišťích. Vyskytuje se hojně na celém území České republiky od nížin po podhorské oblasti. Ve vyšších polohách je výskyt ojedinělý. Roste v celé Evropě vyjma arktických oblastí a nejjižnějšího Středozeší. Na východ se rozšířil až po Japonsko a zdomácněl v severní Americe. Kvete od dubna do července, vzácně až do října (Hejný et Slavík, 1992).

Zdroj:

http://www.rozhlas.cz/rostliny/krizate/_zprava/penizek-rolni--534026, dostupné 30.3.2015 ve 14:00.



Obr. 7: **Srdečník obecný** (*Leonurus cardiaca*), čeleď *Lamiaceae* - Vyšší vytrvalá bylina, častá na rumišťích, v příkopech, podél cest, u zdí, na skládkách, na mezích. Preferuje hlinité a neutrální půdy. V České republice se vyskytuje dosti hojně zejména v teplejších oblastech, ve vyšších polohách řidčeji nebo chybí (roste přibližně do 1000 m n.m.). Roste v téměř celé Evropě vyjma jejich nejsevernějších oblastí, na východě se vyskytuje až po východní Sibiř a Himaláj, druhotně se dostala do severní Ameriky. Kvete od června do srpna, výjimečně do září (Slavík, 2000).

Zdroj:

http://www.rozhlas.cz/rostliny/pyskate/_zprava/568457, dostupné 30.3.2015 ve 14:00.



Obr. 8: **Škarda dvouletá** (*Crepis biennis*), čeleď *Cichoriaceae* - Středně vysoká dvouletá bylina, naprosto běžná na lukách, ve stráních, na mezích a ve světlých lesích. V České republice se vyskytuje hojně od nížin do horských oblastí. Ve střední Evropě však zřejmě není původní. Rozšířila se sem patrně ze stepí jihovýchodní Evropy. Nyní je hojná po celé Evropě vyjma vysokohorských pásem, Islandu a Skandinávie. Kvete od května do srpna, při teplém počasí až do listopadu (Slavík et Štěpánková, 2004).

Zdroj:

http://www.rozhlas.cz/rostliny/sloznokvete/_zprava/573885, dostupné 30.3.2015 ve 14:00

3.2. Uložení semen v půdní bance

Pro tuto práci bylo důležité, aby semena setrvala různě dlouhý čas v půdě. Na začátku pokusu byla semena každého druhu rozdělena na dávky podle toho, v jakém roce se z půdní banky vykopou. Každá dávka obsahovala cca 10 g semen.

Každá dávka semen byla smíchána s velmi jemnou hlínou vykopanou z hloubky 0,5 m, která neobsahovala žádná přirozeně se vyskytující semena. Bylo zjištěno, že pokud se semena nesmísí s jemnou hlínou před uložením do půdní banky, jsou daleko snadněji kolonizována půdními mikroorganismy a tím pádem rychleji odumírají či ztrácejí klíčivost (Van Mourik et al., 2005).

Poté byla každá dávka směsi hlíny a semen zabalena do balíčku z nylonové tkaniny, zavázána provazem a uložena do půdní banky do hloubky 0,3 m. Místo zakopání bylo označeno kolíkem, ke kterému byly jednotlivé balíčky obsahující semena přivázány pomocí provazů, ke každému kolíku vždy po jednom balíčku od každého druhu.

Vše bylo zakopáno do půdní banky v roce 2005 a následně každého dalšího roku byla z půdní banky vyjmuta jedna várka semen od každého druhu až do roku 2013.

3.3. Semena studovaných druhů rostlin

Pro ukázkou semen byly vždy vybrány fotografie semen kontrolního vzorku, jelikož jsou celistvá a nijak neporušená setrváním v půdě.

Obr. 9: Semena heřmánkovce nevonného (*Tripleurospermum inodorum*). Zdroj: Vlastní foto.



Obr. 10: Semena kardinice evropského (*Lycopus europaeus*). Zdroj: Vlastní foto.



Obr. 11: Semena kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa-pastoris*). Zdroj: Vlastní foto.



Obr. 12: Semena kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*). Zdroj: Vlastní foto.



Obr. 13: Semena kuklíku městského (*Geum urbanum*). Zdroj: Vlastní foto.



Obr. 14: Semena penízku rolního (*Thlaspi arvense*). Zdroj: Vlastní foto.



Obr. 15: Semena srdečníku obecného (*Leonurus cardiaca*). Zdroj: Vlastní foto.



Obr. 16: Semena škardy dvouleté (*Crepis biennis*). Zdroj: Vlastní foto.



3.4. Další materiály potřebné ke studii

Kromě semen již zmíněných rostlin jsem k realizaci pokusu potřebovala mikroskop, Petriho misky, filtrační papír, ultrazvukovou laboratorní čističku, autokláv, laboratorní váhy, fotoaparát se stativem a počítačový software Sigma Scan.

K čištění semen jsem použila ultrazvukovou laboratorní čističku Bandelin Sonorex RK 31, pro sušení semen byla použita sušička značky Gallenkamp.

K vážení vzorků jsem použila laboratorní váhy Sartorius CP 225D-OCE, což jsou analytické váhy s přesností 0,00001 g.

3.5. Zpracování vážení a měření semen

Nejprve jsem si od každého druhu semen z každého roku vykopání a kontrolního vzorku odpočítala sto semen.

Druhým krokem mého pokusu bylo čištění semen. Sto semen od každého druhu z každého roku vykopání bylo čištěno ultrazvukem ve vodní lázni po dobu 2-3 minut dle velikosti pomocí přístroje Bandelin Sonorex RK 31.

Následně byla semena vyjmuta, rozložena na filtrační papír do Petriho misky a dána na dvacet čtyři hodin do autoklávu na 70°C, kde byla semena vysušena.

Semena pak byla rozdělena do mikroskopů po dvaceti semenech. Od každého druhu a roku vykopání tedy vzniklo pět mikroskopů po dvaceti semenech.

Na laboratorních váhách jsem vážila vždy dvacet semen jednoho druhu z jednoho roku vykopání společně. Ze získaných hodnot jsem následně vypočítala hmotnost jednoho semene a hmotnost tisíce semen. Od každého druhu a každého roku vykopání jsem vážila 5 vzorků po 20 semenech. Ze všech těchto vážení jsem spočítala průměrnou hmotnost semene druhu, směrodatnou odchylku a střední chybu průměru.

Po zvážení jsem semena fotografovala. Fotografovala jsem společně semena jednoho druhu z jednoho roku vykopání po skupinách deseti či dvaceti semen, podle velikosti fotografovaného materiálu.

Semena jsem změřila pomocí softwaru Sigma Scan z pořízených fotografií. Měřeno bylo každé semeno zvlášť, a to jak na šířku, tak i na délku. Vizualně jsem vybrala nejdelší

a nejširší osu semene tak, aby na sebe byly osy kolmé. Pro všechna semena bylo použito totožné měřítko (135 pixelů = 1 mm), které bylo stanoveno z fotografie (obr. 17).

Z výsledků měření semen jsem vypočítala průměrnou délku a šířku semene v každém roce vykopání u každého druhu, stejně tak směrodatné odchylky pro všechny údaje.

Výsledky vážení i měření usušených a očištěných semen jsem zpracovala do tabulek a grafů.

3.6. Statistické vyhodnocení

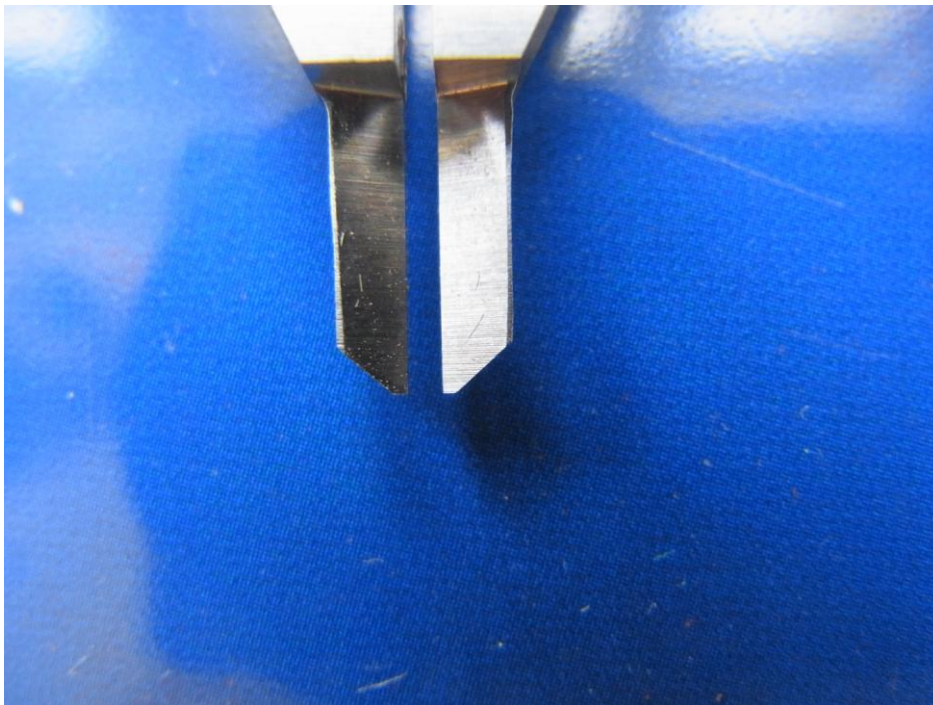
Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu R (verze 2,15).

Nejprve byla počítána analýza variance pro každý druh zvlášť. U každého druhu byly provedeny 3 analýzy – pro hmotnost, délku a šířku.

Dále byla zjišťována korelace mezi jednotlivými znaky (hmotností, délkou a šířkou) u každého druhu zvlášť.

Hladina významnosti pro celé statistické vyhodnocení byla 5%.

Obr. 17: Měřítko. Zdroj: Vlastní foto.



Obr. 18: Ukázka měření semene kuklíku městského (*Geum urbanum*) z roku vykopání 2013. Zdroj: Vlastní foto.



4. Výsledky

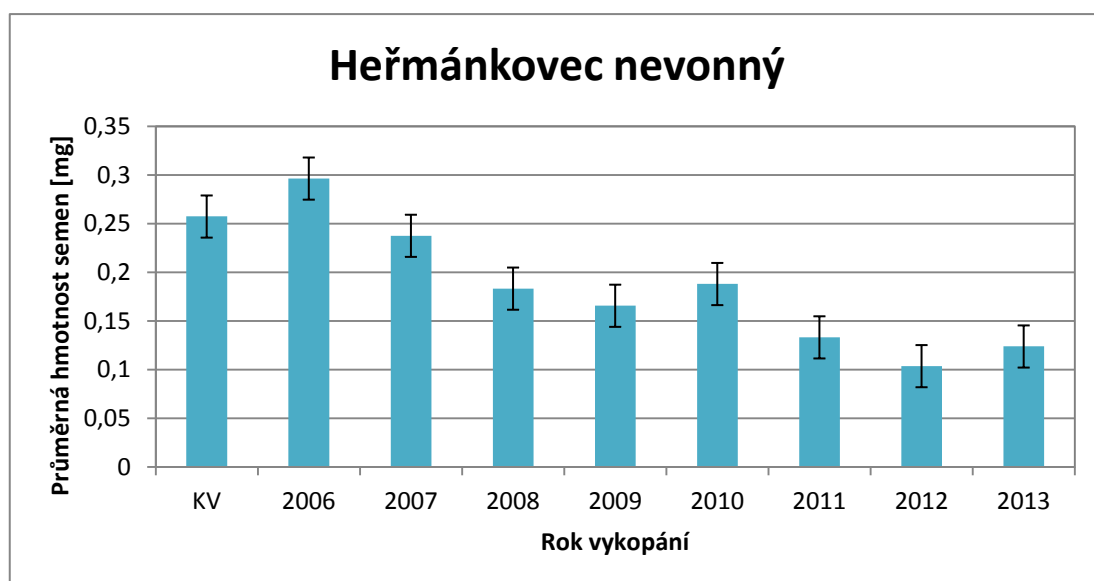
4.1. Heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum*)

Statisticky bylo jasně prokázáno ubývání hmotnosti semen v závislosti na délce jejich setrvání v půdě (ANOVA: $F_{8, 36} = 54,63$; $p \ll 0,001$) (tab. 1, graf 1), stejně tak se délka semen zkracuje (ANOVA: $F_{8, 888} = 66,41$; $p \ll 0,001$) a šířka zužuje (ANOVA: $F_{8, 888} = 20,2$; $p \ll 0,001$) (tab. 2, graf 2). V případě heřmánkovce nevonného hmotnost koreluje s délkou (kor. test: $t_7 = 13,6916$; $p \ll 0,001$) i šířkou (kor. test: $t_7 = 10,5549$; $p \ll 0,001$) a délka koreluje se šířkou (kor. test: $t_7 = 16,6252$, $p \ll 0,001$).

Tab. 1: Výsledky vážení semen heřmánkovce nevonného (*Tripleurospermum inodorum*).

Rok vykopání	Průměrná hmotnost semene [mg]	Směrodatná odchylka
Kontrolní vzorek (KV)	0,2573	$1,79 \times 10^{-5}$
2006	0,2963	$1,00 \times 10^{-5}$
2007	0,2375	$0,70 \times 10^{-5}$
2008	0,1832	$4,67 \times 10^{-5}$
2009	0,1656	$6,83 \times 10^{-5}$
2010	0,1879	$4,16 \times 10^{-5}$
2011	0,1331	$4,10 \times 10^{-5}$
2012	0,1035	$8,66 \times 10^{-5}$
2013	0,1238	$0,69 \times 10^{-5}$

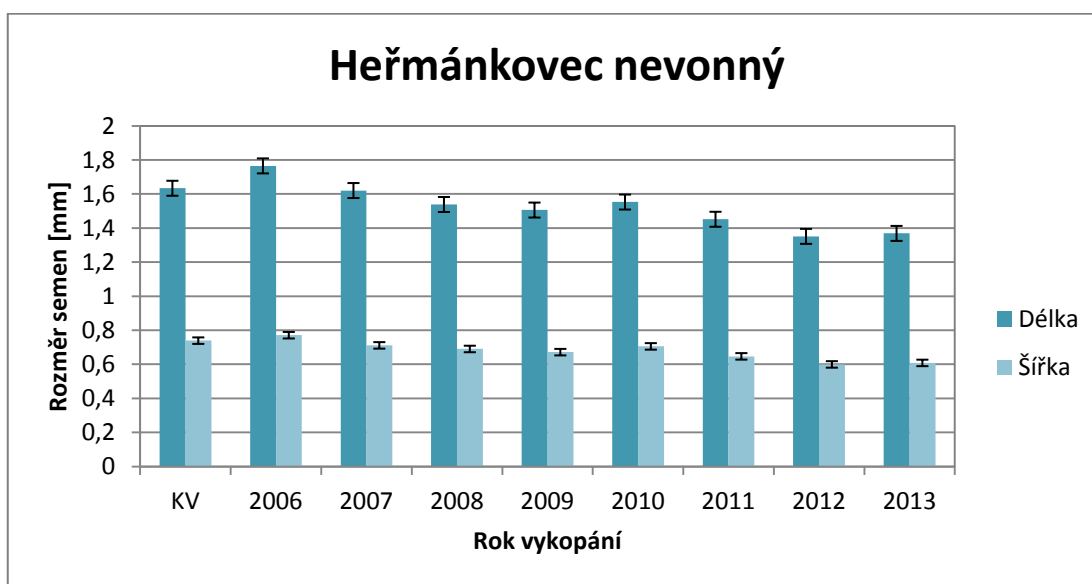
Graf 1: Výsledky vážení semen heřmánkovce nevonného (*Tripleurospermum inodorum*).



Tab. 2: Výsledky měření semen heřmánkovce nevonného (*Tripleurospermum inodorum*).

Rok vykopání	Průměrná délka semene [mm]	Průměrná šířka semene [mm]	Směrodatná odchylka pro délku semene	Směrodatná odchylka pro šířku semene
Kontrolní vzorek (KV)	1,633822	0,739001	0,187423	0,132317
2006	1,765224	0,770984	0,196081	0,125502
2007	1,620453	0,711293	0,167632	0,130437
2008	1,538531	0,690100	0,142406	0,125984
2009	1,505919	0,671436	0,146006	0,117680
2010	1,552938	0,705349	0,171234	0,156707
2011	1,451846	0,646721	0,143877	0,116000
2012	1,351395	0,599394	0,144191	0,120745
2013	1,368707	0,608247	0,147622	0,116150

Graf 2: Průměrná délka a šířka semen heřmánkovce nevonného (*Tripleurospermum inodorum*).



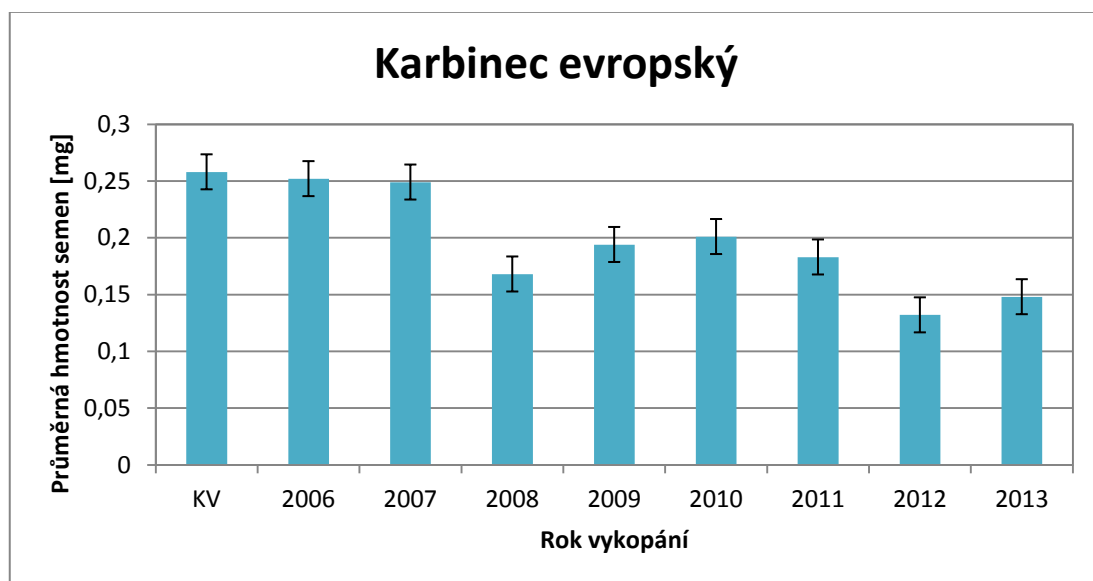
4.2. Karbinec evropský (*Lycopus europaeus*)

Statisticky bylo prokázáno ubývání hmotnosti semen v závislosti na délce jejich setrvání v půdě (ANOVA: $F_{8, 36} = 39,44$; $p \ll 0,001$) (tab. 3, graf 3), avšak délka semen se nezkracuje (ANOVA: $F_{8, 886} = 1,378$; $p = 0,202$). Šířka semen se průkazně zužuje (ANOVA: $F_{8, 886} = 4,001$; $p \ll 0,001$) (tab. 4, graf 4). Hmotnost nekoreluje s délkou semen (kor. test: $t_7 = -0,1918$; $p = 0,853$), ale byla prokázána korelace se šířkou (kor. test: $t_7 = -2,8986$; $p = 0,023$). Délka a šířka semen spolu nekorelují (kor. test: $t_7 = 1,6164$, $p = 0,150$).

Tab. 3: Výsledky vážení semen karbince evropského (*Lycopus europaeus*).

Rok vykopání	Průměrná hmotnost semene [mg]	Směrodatná odchylka
Kontrolní vzorek (KV)	0,258	$0,72 \times 10^{-5}$
2006	0,252	$0,94 \times 10^{-5}$
2007	0,249	$1,09 \times 10^{-5}$
2008	0,168	$0,37 \times 10^{-5}$
2009	0,194	$0,84 \times 10^{-5}$
2010	0,201	$0,80 \times 10^{-5}$
2011	0,183	$0,69 \times 10^{-5}$
2012	0,132	$0,56 \times 10^{-5}$
2013	0,148	$0,30 \times 10^{-5}$

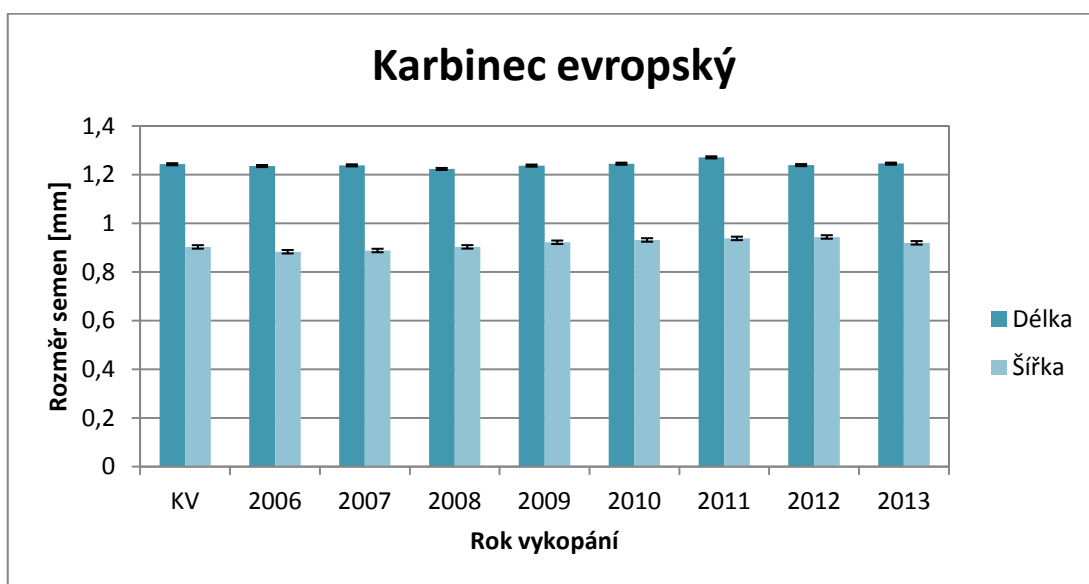
Graf 3: Výsledky vážení semen karbince evropského (*Lycopus europaeus*).



Tab. 4: Výsledky měření semen karbince evropského (*Lycopus europaeus*).

Rok vykopání	Průměrná délka semene [mm]	Průměrná šířka semene [mm]	Směrodatná odchylka pro délku semene	Směrodatná odchylka pro šířku semene
Kontrolní vzorek (KV)	1,242425	0,902549	0,108842	0,125094
2006	1,234896	0,882874	0,118387	0,136674
2007	1,237900	0,887944	0,097799	0,108746
2008	1,223047	0,902656	0,124980	0,117083
2009	1,236882	0,921683	0,101361	0,090762
2010	1,244701	0,931191	0,111693	0,090375
2011	1,270700	0,937576	0,104833	0,086225
2012	1,238859	0,943503	0,101315	0,093766
2013	1,244930	0,919350	0,104085	0,107425

Graf 4: Průměrná délka a šířka semen karbince evropského (*Lycopus europaeus*).



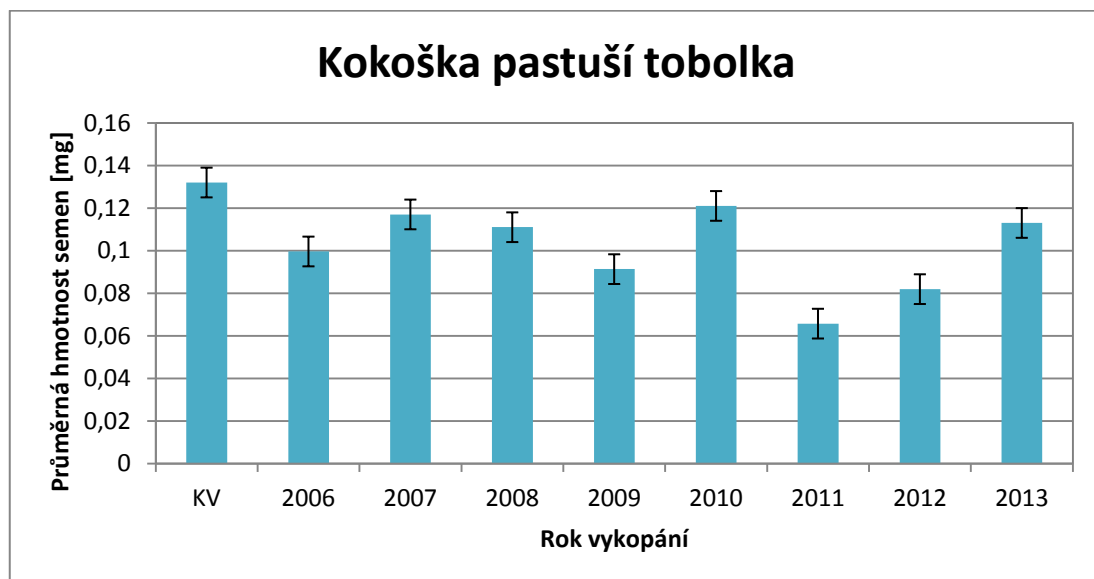
4.3. Kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*)

Statisticky bylo prokázáno ubývání hmotnosti semen v závislosti na délce jejich setrvání v půdě (ANOVA: $F_{8, 35} = 16,13$; $p \ll 0,001$) (tab. 5, graf 5), stejně tak se délka semen zkracuje (ANOVA: $F_{8, 864} = 17,63$; $p \ll 0,001$) a šířka zužuje (ANOVA: $F_{8, 864} = 31,74$; $p \ll 0,001$) (tab. 6, graf 6). Hmotnost nekoreluje s délkou (kor. test: $t_7 = 0,8296$; $p = 0,4341$) ani s šířkou (kor. test: $t_7 = 0,1568$; $p = 0,8798$). Délka koreluje se šířkou (kor. test: $t_7 = 5,9425$, $p \ll 0,001$).

Tab. 5: Výsledky vážení semen kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa - pastoris*).

Rok vykopání	Průměrná hmotnost semene [mg]	Směrodatná odchylka
Kontrolní vzorek (KV)	0,1320	$1,02 \times 10^{-5}$
2006	0,0996	$0,23 \times 10^{-5}$
2007	0,1170	$0,48 \times 10^{-5}$
2008	0,1110	$0,67 \times 10^{-5}$
2009	0,0913	$0,37 \times 10^{-5}$
2010	0,1210	$0,32 \times 10^{-5}$
2011	0,0657	$0,50 \times 10^{-5}$
2012	0,0819	$0,51 \times 10^{-5}$
2013	0,1130	$0,19 \times 10^{-5}$

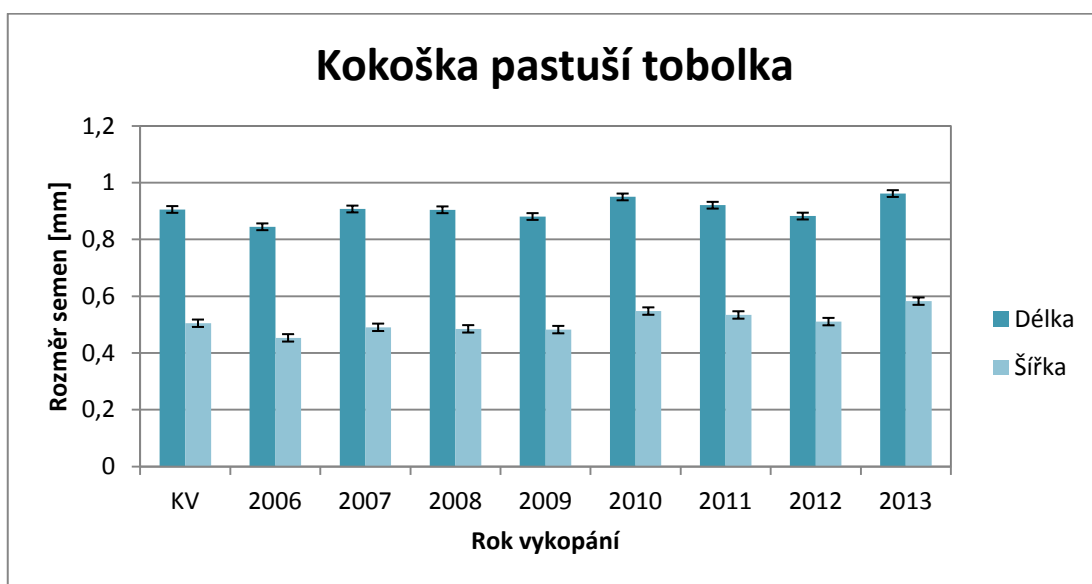
Graf 5: Výsledky vážení semen kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa - pastoris*).



Tab. 6: Výsledky měření semen kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa - pastoris*).

Rok vykopání	Průměrná délka semene [mm]	Průměrná šířka semene [mm]	Směrodatná odchylka pro délku semene	Směrodatná odchylka pro šířku semene
Kontrolní vzorek (KV)	0,90559	0,504725	0,084288	0,054112
2006	0,844618	0,453267	0,060535	0,038485
2007	0,907268	0,490428	0,090595	0,063219
2008	0,904485	0,48501	0,089783	0,073443
2009	0,880828	0,48232	0,075981	0,050204
2010	0,949772	0,547665	0,092997	0,066105
2011	0,920568	0,533936	0,105785	0,095008
2012	0,882356	0,510543	0,074942	0,063347
2013	0,96168	0,582556	0,081715	0,096031

Graf 6: Průměrná délka a šířka semen kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa - pastoris*).



4.4. Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*)

Statisticky bylo prokázáno ubývání hmotnosti semen v závislosti na délce jejich setrvání v půdě (ANOVA: $F_{8, 34} = 6,164$; $p \ll 0,001$) (tab. 7, graf 7), stejně tak se délka semen zkracuje (ANOVA: $F_{8, 885} = 11,74$; $p \ll 0,001$) a šířka zužuje (ANOVA: $F_{8, 885} = 6,457$; $p \ll 0,001$) (tab. 8, graf 8). Hmotnost nekoreluje s délkou (kor. test: $t_7 = 2,2141$; $p = 0,06242$), ale koreluje s šířkou (kor. test: $t_7 = 2,4255$; $p = 0,04572$). Délka koreluje se šířkou (kor. test: $t_7 = 4,8052$, $p = 0,001955$).

Tab. 7: Výsledky vážení semen kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*).

Rok vykopání	Průměrná hmotnost semene [mg]	Směrodatná odchylka
Kontrolní vzorek (KV)	0,151	$0,53 \times 10^{-5}$
2006	0,144	$0,49 \times 10^{-5}$
2007	0,138	$0,46 \times 10^{-5}$
2008	0,156	$0,30 \times 10^{-5}$
2009	0,120	$0,96 \times 10^{-5}$
2010	0,121	$0,94 \times 10^{-5}$
2011	0,125	$0,34 \times 10^{-5}$
2012	0,120	$0,36 \times 10^{-5}$
2013	0,142	$0,48 \times 10^{-5}$

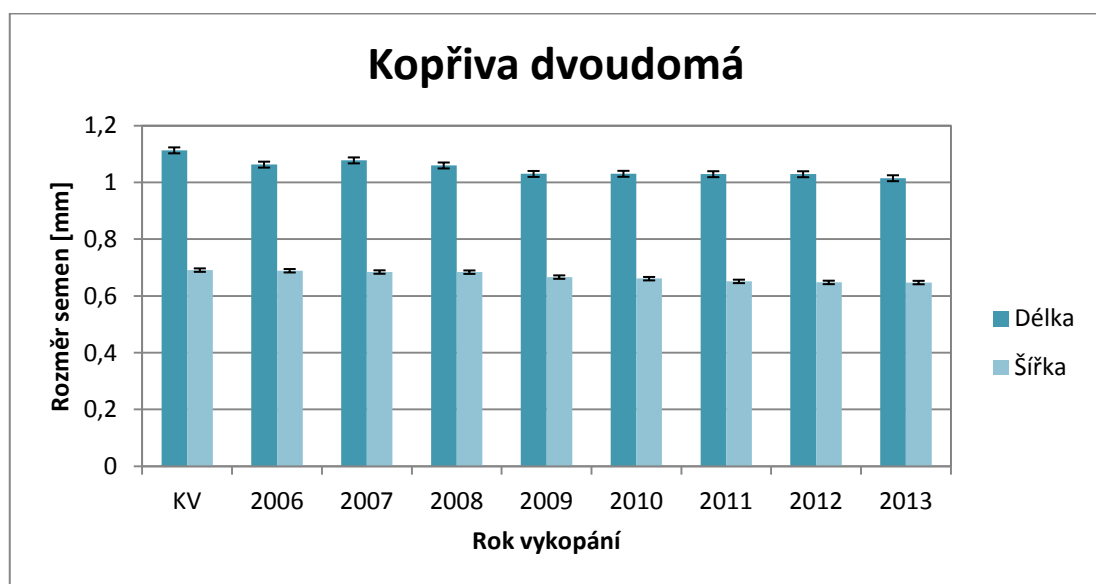
Graf 7: Výsledky vážení semen kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*).



Tab. 8: Výsledky měření semen kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*).

Rok vykopání	Průměrná délka semene [mm]	Průměrná šířka semene [mm]	Směrodatná odchylka pro délku semene	Směrodatná odchylka pro šířku semene
Kontrolní vzorek (KV)	1,113203	0,691247	0,087462	0,069266
2006	1,062871	0,688989	0,096731	0,080258
2007	1,077829	0,684426	0,089832	0,059109
2008	1,059888	0,684006	0,091046	0,073152
2009	1,030105	0,666630	0,089342	0,069780
2010	1,030578	0,661044	0,104205	0,078892
2011	1,029210	0,651458	0,087756	0,075590
2012	1,029075	0,647838	0,091914	0,068226
2013	1,014990	0,647406	0,080740	0,064348

Graf 8: Průměrná délka a šířka semen kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*).



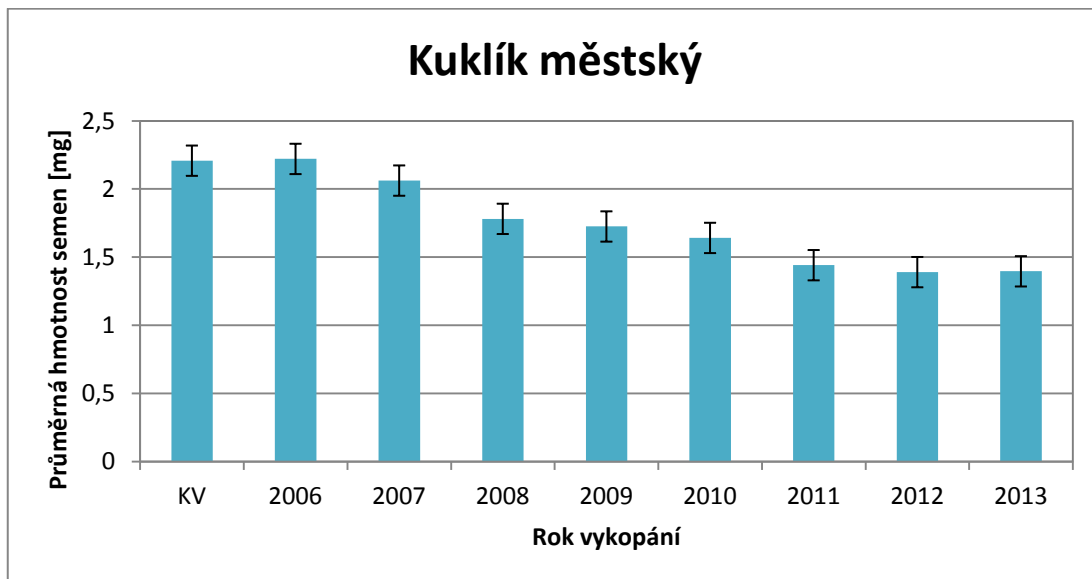
4.5. Kuklík městský (*Geum urbanum*)

Statisticky bylo prokázáno ubývání hmotnosti semen v závislosti na délce jejich setrvání v půdě (ANOVA: $F_{8, 27} = 23,26$; $p \ll 0,001$) (tab. 9, graf 9), stejně tak se délka semen zkracuje (ANOVA: $F_{8, 890} = 24,4$; $p \ll 0,001$) a šířka zužuje (ANOVA: $F_{8, 890} = 3,152$; $p = 0,001586$) (tab. 10, graf 10). Hmotnost koreluje s délkou (kor. test: $t_7 = 3,7467$; $p = 0,007199$), ale nekoreluje s šířkou (kor. test: $t_7 = 1,2016$; $p = 0,2686$). Délka koreluje se šířkou (kor. test: $t_7 = 3,4154$, $p = 0,01121$).

Tab. 9: Výsledky vážení semen kuklíku městského (*Geum urbanum*).

Rok vykopání	Průměrná hmotnost semene [mg]	Směrodatná odchylka
Kontrolní vzorek (KV)	2,208	$4,81 \times 10^{-5}$
2006	2,221	$3,44 \times 10^{-5}$
2007	2,062	$11,5 \times 10^{-5}$
2008	1,781	$8,42 \times 10^{-5}$
2009	1,725	$4,80 \times 10^{-5}$
2010	1,641	$7,73 \times 10^{-5}$
2011	1,441	$6,68 \times 10^{-5}$
2012	1,390	$5,32 \times 10^{-5}$
2013	1,396	$6,07 \times 10^{-5}$

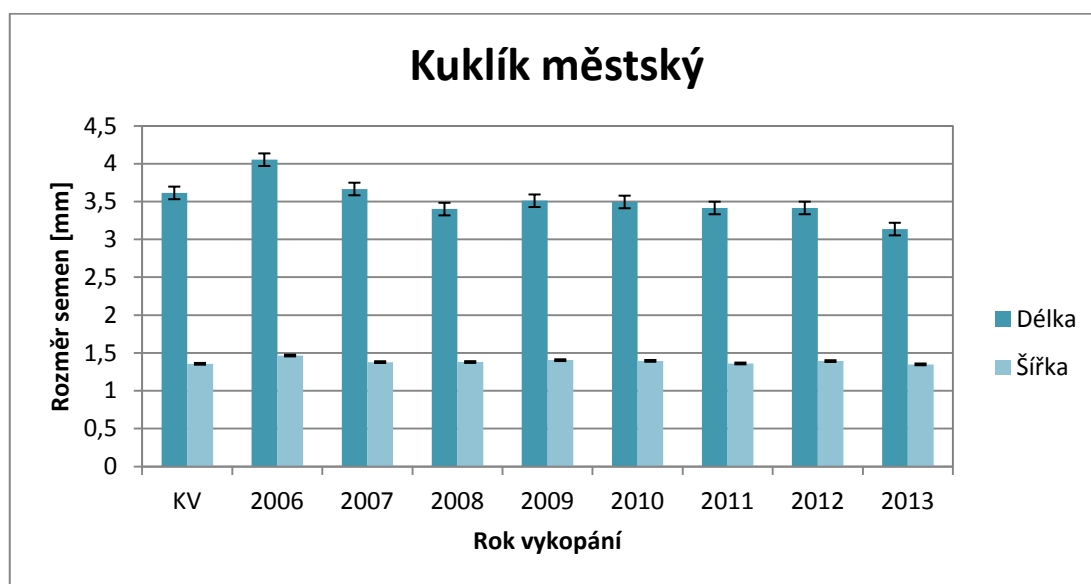
Graf 9: Výsledky vážení semen kuklíku městského (*Geum urbanum*).



Tab. 10: Výsledky měření semen kuklíku městského (*Geum urbanum*).

Rok vykopání	Průměrná délka semene [mm]	Průměrná šířka semene [mm]	Směrodatná odchylka pro délku semene	Směrodatná odchylka pro šířku semene
Kontrolní vzorek (KV)	3,614650	1,356672	0,507533	0,218719
2006	4,053590	1,466323	0,703742	0,294605
2007	3,666516	1,378891	0,555320	0,264037
2008	3,401316	1,380047	0,454478	0,162051
2009	3,511349	1,404668	0,483546	0,154014
2010	3,495158	1,395407	0,488593	0,173756
2011	3,415968	1,361439	0,450488	0,157074
2012	3,416439	1,392297	0,435421	0,146825
2013	3,137048	1,349370	0,403838	0,137840

Graf 10: Průměrná délka a šířka semen kuklíku městského (*Geum urbanum*).



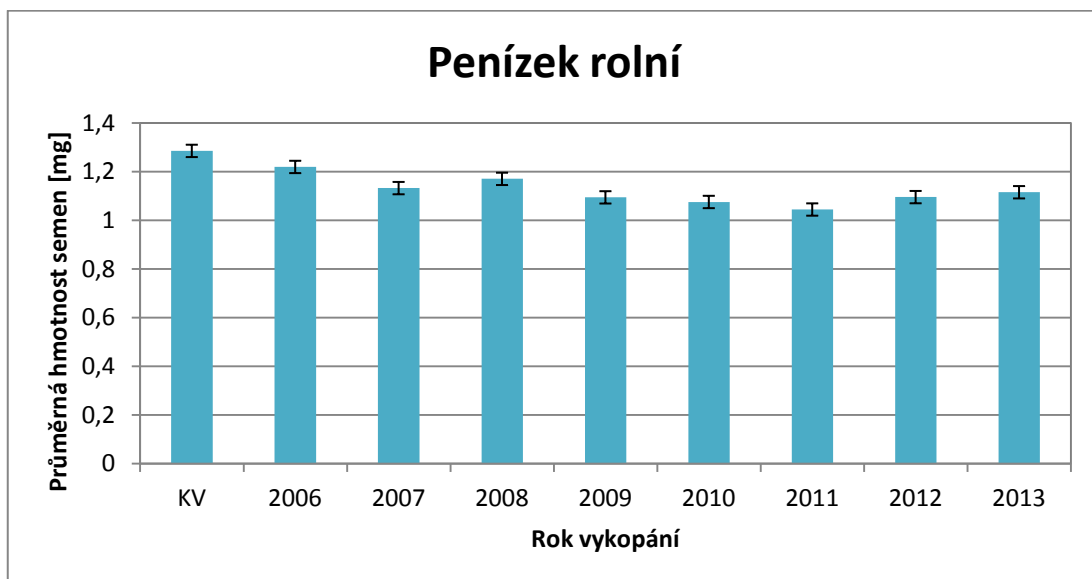
4.6. Penízek rolní (*Thlaspi arvense*)

Statisticky bylo prokázáno ubývání hmotnosti semen v závislosti na délce jejich setrvání v půdě (ANOVA: $F_{8, 36} = 10,14$; $p \ll 0,001$) (tab. 11, graf 11), stejně tak se délka semen zkracuje (ANOVA: $F_{8, 885} = 5,144$; $p \ll 0,001$) a šířka zužuje (ANOVA: $F_{8, 885} = 4,986$; $p \ll 0,001$) (tab. 12, graf 12). Hmotnost nekoreluje s délkou (kor. test: $t_7 = 1,7673$; $p = 0,1205$) ani s šířkou (kor. test: $t_7 = -0,2073$; $p = 0,8417$). Délka koreluje se šířkou (kor. test: $t_7 = 2,8429$, $p = 0,02494$).

Tab. 11: Výsledky vážení semen penízku rolního (*Thlaspi arvense*).

Rok vykopání	Průměrná hmotnost semene [mg]	Směrodatná odchylka
Kontrolní vzorek (KV)	1,285	$2,43 \times 10^{-5}$
2006	1,219	$0,82 \times 10^{-5}$
2007	1,132	$2,94 \times 10^{-5}$
2008	1,170	$2,42 \times 10^{-5}$
2009	1,094	$2,81 \times 10^{-5}$
2010	1,075	$2,63 \times 10^{-5}$
2011	1,044	$3,38 \times 10^{-5}$
2012	1,095	$1,43 \times 10^{-5}$
2013	1,115	$1,49 \times 10^{-5}$

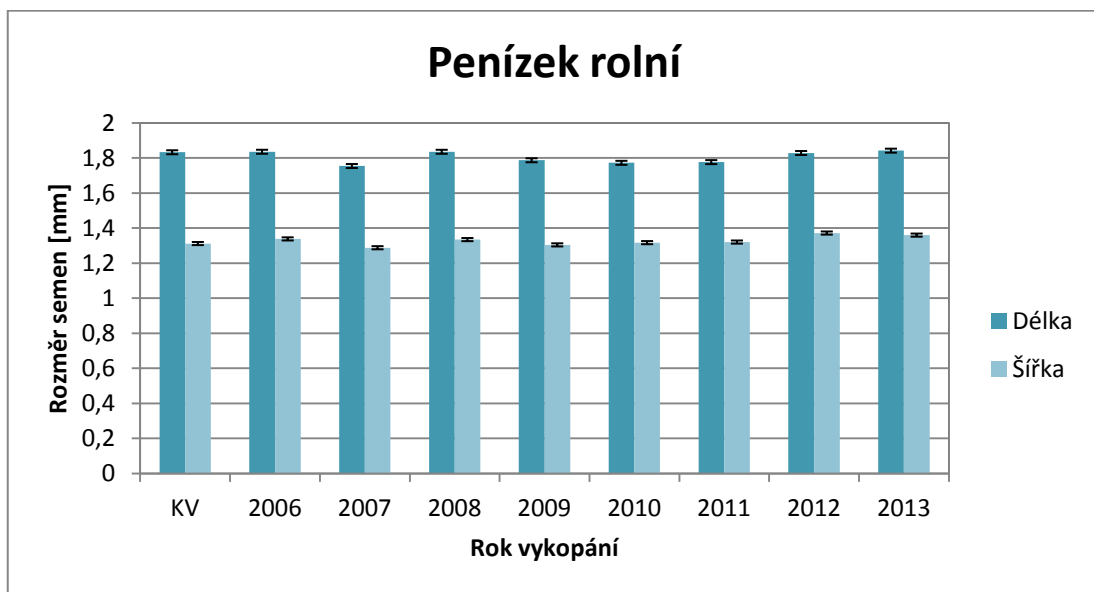
Graf 11: Výsledky vážení semen penízku rolního (*Thlaspi arvense*).



Tab. 12: Výsledky měření semen penízku rolního (*Thlaspi arvense*).

Rok vykopání	Průměrná délka semene [mm]	Průměrná šířka semene [mm]	Směrodatná odchylka pro délku semene	Směrodatná odchylka pro šířku semene
Kontrolní vzorek (KV)	1,832556	1,311759	0,159405	0,116043
2006	1,835423	1,338304	0,159018	0,128118
2007	1,754018	1,287905	0,172291	0,126617
2008	1,835319	1,334397	0,152588	0,127934
2009	1,786999	1,304226	0,141843	0,106735
2010	1,772388	1,316996	0,159376	0,133902
2011	1,776381	1,320293	0,136443	0,104691
2012	1,828328	1,371807	0,123901	0,118450
2013	1,841784	1,359866	0,135794	0,108384

Graf 12: Průměrná délka a šířka semen penízku rolního (*Thlaspi arvense*).



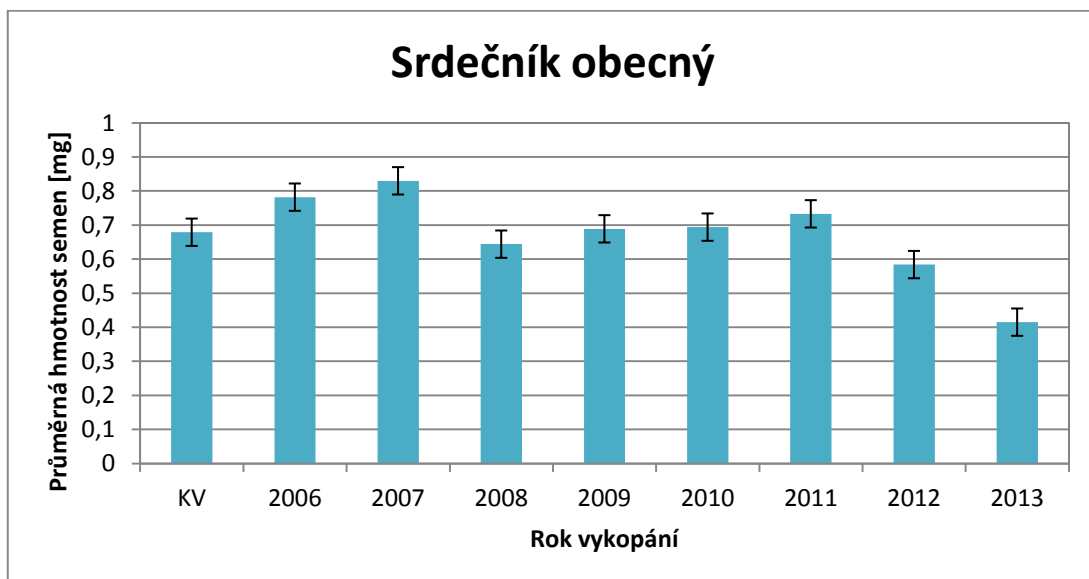
4.7. Srdečník obecný (*Leonurus cardiaca*)

Statisticky bylo prokázáno ubývání hmotnosti semen v závislosti na délce jejich setrvání v půdě (ANOVA: $F_{8, 36} = 19,41$; $p \ll 0,001$) (tab. 13, graf 13), stejně tak se délka semen zkracuje (ANOVA: $F_{8, 891} = 16,62$; $p \ll 0,001$) a šířka zužuje (ANOVA: $F_{8, 891} = 8,186$; $p \ll 0,001$) (tab. 14, graf 14). Hmotnost koreluje s délkou (kor. test: $t_7 = 3,593$; $p = 0,008821$), ale nekoreluje s šířkou (kor. test: $t_7 = 1,7519$; $p = 0,1233$). Délka koreluje se šířkou (kor. test: $t_7 = 4,4958$, $p = 0,002812$).

Tab. 13: Výsledky vážení semen srdečníku obecného (*Leonurus cardiaca*).

Rok vykopání	Průměrná hmotnost semene [mg]	Směrodatná odchylka
Kontrolní vzorek (KV)	0,679	$2,67 \times 10^{-5}$
2006	0,782	$2,81 \times 10^{-5}$
2007	0,830	$3,10 \times 10^{-5}$
2008	0,644	$2,99 \times 10^{-5}$
2009	0,689	$1,74 \times 10^{-5}$
2010	0,694	$3,48 \times 10^{-5}$
2011	0,733	$2,22 \times 10^{-5}$
2012	0,584	$2,80 \times 10^{-5}$
2013	0,415	$2,45 \times 10^{-5}$

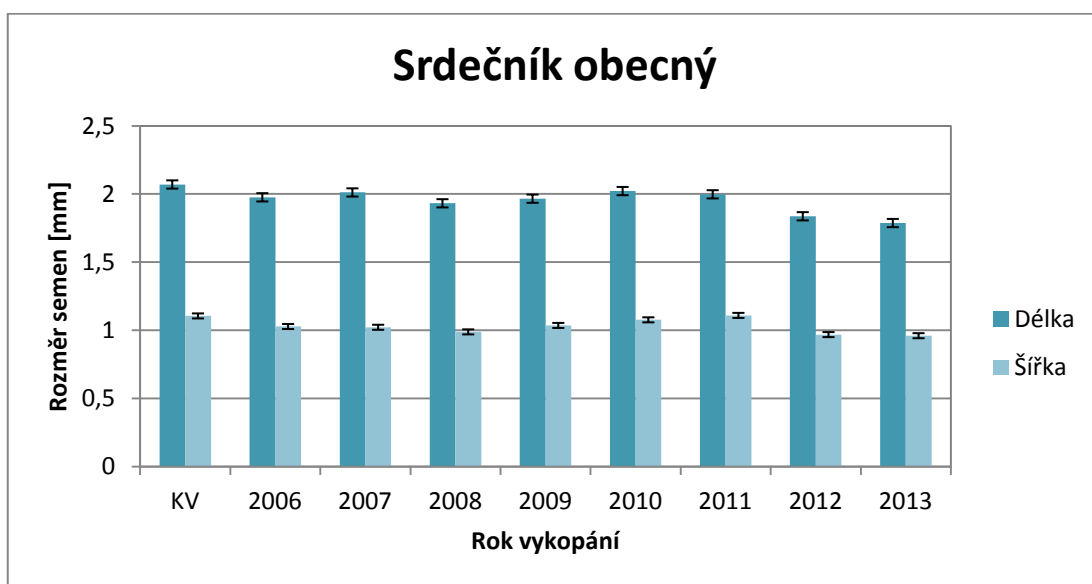
Graf 13: Výsledky vážení semen srdečníku obecného (*Leonurus cardiaca*).



Tab. 14: Výsledky měření semen srdečnicku obecného (*Leonurus cardiaca*).

Rok vykopání	Průměrná délka semene [mm]	Průměrná šířka semene [mm]	Směrodatná odchylka pro délku semene	Směrodatná odchylka pro šířku semene
Kontrolní vzorek (KV)	2,070109	1,105271	0,175438	0,159967
2006	1,975888	1,027496	0,168692	0,144834
2007	2,011584	1,021932	0,165248	0,157190
2008	1,931993	0,988061	0,178260	0,142815
2009	1,965886	1,035461	0,152372	0,175167
2010	2,021795	1,076642	0,178613	0,147145
2011	1,997951	1,109030	0,167037	0,136835
2012	1,836660	0,968190	0,163530	0,151053
2013	1,787008	0,960009	0,225124	0,123167

Graf 14: Průměrná délka a šířka semen srdečnicku obecného (*Leonurus cardiaca*).



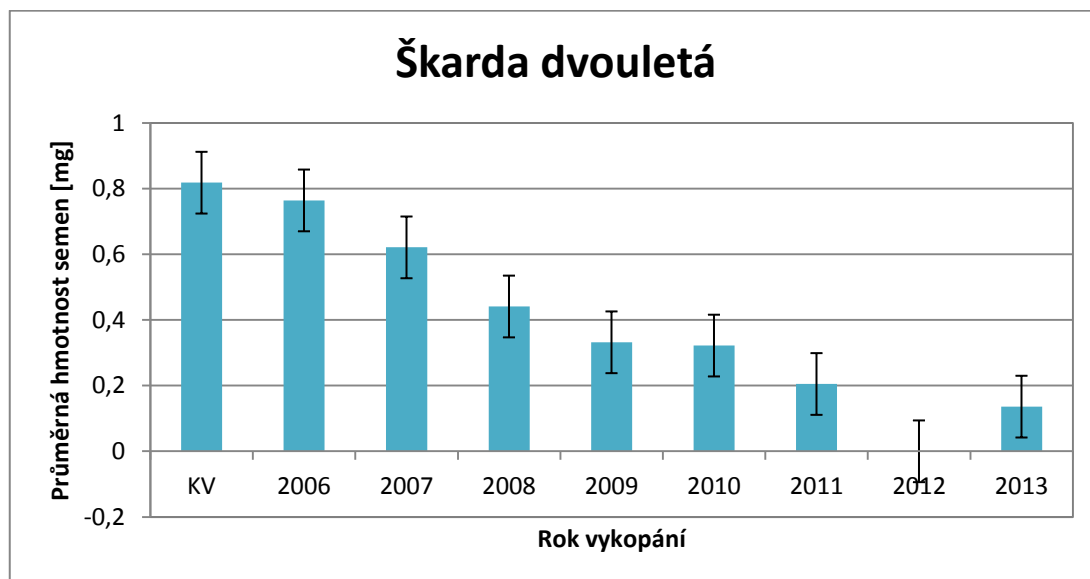
4.8. Škarda dvouletá (*Crepis biennis*)

Statisticky bylo prokázáno ubývání hmotnosti semen v závislosti na délce jejich setrvání v půdě (ANOVA: $F_{7, 24} = 36,16$; $p \ll 0,001$) (tab. 15, graf 15), stejně tak se délka semen zkracuje (ANOVA: $F_{7, 787} = 95,48$; $p \ll 0,001$) a šířka zužuje (ANOVA: $F_{7, 787} = 11,06$; $p \ll 0,001$) (tab. 16, graf 16). Hmotnost koreluje s délkou (kor. test: $t_6 = 3,8861$; $p = 0,008114$) i s šířkou (kor. test: $t_6 = 4,5525$; $p = 0,003882$). Délka nekoreluje se šířkou (kor. test: $t_6 = 2,3844$, $p = 0,05444$).

Tab. 15: Výsledky vážení semen škardy dvouleté (*Crepis biennis*).

Rok vykopání	Průměrná hmotnost semene [g]	Směrodatná odchylka
Kontrolní vzorek (KV)	0,818	$8,57 \times 10^{-5}$
2006	0,764	$2,24 \times 10^{-5}$
2007	0,621	$6,36 \times 10^{-5}$
2008	0,441	$1,32 \times 10^{-5}$
2009	0,332	$3,18 \times 10^{-5}$
2010	0,322	$1,06 \times 10^{-5}$
2011	0,205	$2,49 \times 10^{-5}$
2012	0	0
2013	0,136	$1,66 \times 10^{-5}$

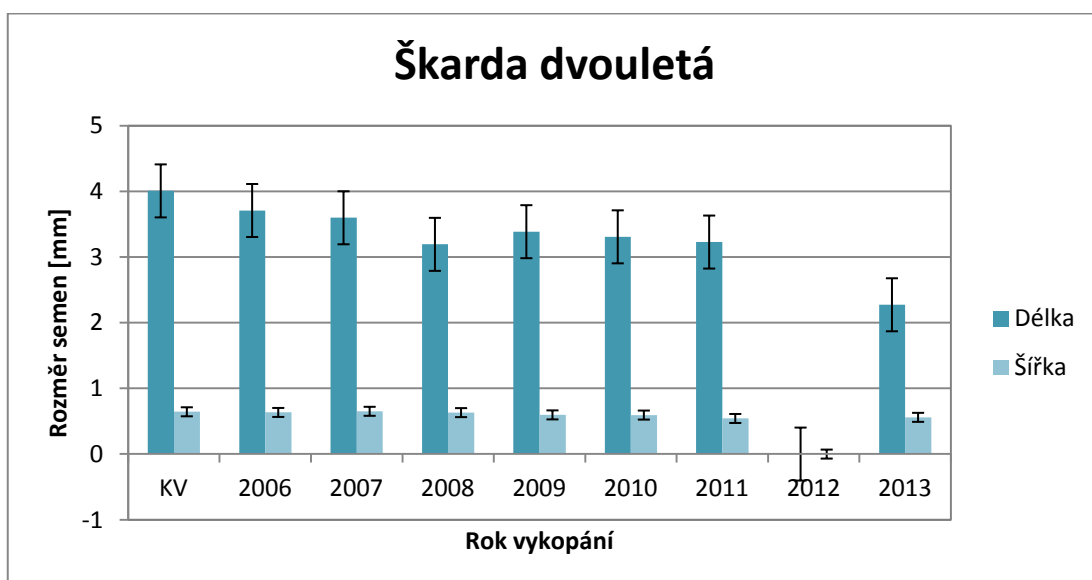
Graf 15: Výsledky vážení semen škardy dvouleté (*Crepis biennis*).



Tab. 16: Výsledky měření semen škardy dvouleté (*Crepis biennis*).

Rok vykopání	Průměrná délka semene [mm]	Průměrná šířka semene [mm]	Směrodatná odchylka pro délku semene	Směrodatná odchylka pro šířku semene
Kontrolní vzorek (KV)	4,007301	0,643980	0,519220	0,103767
2006	3,708737	0,634072	0,438960	0,107452
2007	3,597916	0,651204	0,435808	0,109474
2008	3,193313	0,631328	0,504155	0,103147
2009	3,386393	0,596818	0,461266	0,130399
2010	3,307805	0,593902	0,485223	0,099487
2011	3,228255	0,542308	0,718954	0,160880
2012	0	0	0	0
2013	2,273535	0,559429	0,537181	0,137850

Graf 16: Průměrná délka a šířka semen škardy dvouleté (*Crepis biennis*).



5. Diskuze

V této práci jsme zkoumali vliv setrvání semen v půdní bance na změny hmotnosti a velikosti semen. Předpokládali jsme jasný váhový úbytek u semen, která stráví v půdě delší časový úsek, tedy že u kontrolních vzorků bude hmotnost nejvyšší a u vzorků vykopaných z půdní banky v roce 2013 naopak bude hmotnost nejnižší. Tentýž předpoklad byl i pro délku a šířku semen.

Podle statické analýzy všech dat získaných ze vzorků semen se jasně potvrdilo, že hmotnost semen se s dobou strávenou v půdní bance opravdu snižuje. Stejně je tomu tak se šířkou semen všech druhů. Jedinou výjimku tvoří karbinec evropský (*Lycopus europaeus*), u něhož se neprokázalo snižování délky semen.

Podle charakteristiky Způsobů obrany semen (Dalling et al., 2011) se dá předpokládat, že semena některých druhů rostlin použitých v této práci se vyznačují fyzickou obranou proti predaci i nepříznivým vlivům. Podle mého názoru tedy v mnoha případech obal semene přetrvává v půdní bance neporušen po mnoho let, i když může docházet k degradaci měkkých vnitřních částí semene a tím pádem dochází ke snižování hmotnosti semen, aniž by se výrazně měnil jejich vzhled a velikost. Proto podle pozorování nejsme schopni určit, jestli jsou semena po dlouhé době v půdní bance ještě životaschopná.

Mezi tato semena s tvrdým a nepropustným obalem lze zařadit karbinec evropský (*Lycopus europaeus*), kokošku pastuší tobolku (*Capsella bursa-pastoris*), kopřivu dvoudomou (*Urtica dioica*), penízek rolní (*Thlaspi arvense*), srdečník obecný (*Leonurus cardiaca*) a škardu dvouletou (*Crepis biennis*). Také kuklík městský (*Geum urbanum*) se vyznačuje tvrdým obalem, ze kterého vyrůstá háček a trichomy. Po dvou letech v půdní bance kuklík tyto struktury ztrácí, ale semeno si zachovává oválný tvar a není na něm patrné poškození.

Dalším druhem s pevným obalem semen je heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum*), který využívá současně i chemickou obranu před predací (Dalling et al., 2006). Postupem času dochází vlivem půdních mikroorganismů k rozpadu ochranné chemické vrstvy a semena jsou náchylnější k predaci (Martinková et al., 2006). Kvůli rozpadu ochranné vrstvy můžeme pozorovat celkový rozpad semen po delším čase stráveném v půdní bance. Semena vykopaná v roce 2013 se již nezdají být životaschopná.

Podle Davise et al. (2008) je v podmínkách mírného pásu nejtypičtější pro semena fyziologická dormance spojená s fyzickou obranou před nepříznivými vlivy a predací, což se

podle mého názoru z pozorování morfologických změn na semenech potvrzuje. Podle mého názoru se ale semena nedostávají často do stavu dormance, upadají spíše do klidového stavu, a jakmile nastanou vhodné podmínky, vyklíčí.

I když se všechna semena vyznačují tvrdým obalem, v této studii jsme pozorovali nejen úbytek hmotnosti, ale i zkrácení a zúžení semen. Jendou z teorií vysvětlující zmenšování semen je ta, že jakmile dochází k degradaci vnitřních částí semene, nepropustný obal se stahuje blíže k sobě. Druhou teorií je postupné ztenčování tvrdého obalu obrušováním či vlivem půdních mikroorganismů. Tato možnost se prokázala u heřmánkovce nevonného (*Tripleurospermum inodorum*) (Martinková et al., 2006).

V této práci jsem se zabývala také korelacemi mezi jednotlivými morfologickými změnami semen, hmotností, délkou a šířkou. Předpokládala jsem, že při snižování hmotnosti semen se budou semena také zkracovat a zužovat. Výsledky ale byly takhle jednoznačné pouze pro heřmánkovec obecný (*Tripleurospermum inodorum*).

Nejčastěji se objevuje korelace mezi délkou a šířkou semen (pozorováno u šesti druhů). Například u kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa – pastoris*) a penízku rolního (*Thlaspi arvense*) hmotnost semen nijak neurčuje jejich rozměry. Nebyla prokázána žádná korelace délky ani šířky s hmotností. Podle mého názoru je toto zapříčiněno tvrdým obalem semene, který podléhá rozkladu v půdě velmi pomalu, bez toho aniž by ztrácel svůj tvar, i když vnitřek semena ztrácí na hmotnosti a postupem času degraduje. Délka a šířka semene spolu ovšem korelují, tedy se nabízí možnost vysvětlení, že v půdě dochází k rovnoměrnému pomalému rozkladu tvrdého obalu.

Korelace šířky a délky nebyla prokázána pouze u semen karbince evropského (*Lycopus europaeus*) a škardy dvouleté (*Crepis biennis*). U semen škardy se prokázala závislost délky i šířky semen na hmotnosti, z čehož můžeme usuzovat, že obal semene není tak kompaktní a nedrží si stále stejný tvar jako například obal semen penízku rolního nebo kokošky pastuší tobolky. Další teorií může být rychlejší doba rozpadu obalu, což ovlivňuje hmotnost semene.

U karbince evropského (*Lycopus europaeus*) spolu koreluje pouze hmotnost a šířka semen, což může být zapříčiněno tvarem semen. Semena karbince evropského jsou skoro kulovitěho tvaru a mají velmi tvrdý obal. Stejně tak korelace hmotnosti a šířky byla prokázána u kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*), i když hmotnost nekoreluje s délkou semen. Podle tvaru semen kopřivy se pouze potvrzuje teorie, že korelace hmotnosti a šířky když

současně hmotnost nekoreluje s délkou, je zapříčiněna kulovitým tvarem semen a tvrdým obalem.

Oproti tomu u kuklíku městského a srdečníku obecného spolu korelují hmotnost a délka a nebyl prokázán vztah mez hmotností a šířkou. Při vizuálním zkoumání semen lze pozorovat, že oba tyto druhy se vyznačují podlouhlým tvarem. Z toho důvodu se domnívám, že korelace hmotnosti a délky / šířky by mohla být určována tvarem semen.

6. Závěr

V této práci byla zkoumána semena běžných českých druhů rostlin. V literární rešerši jsem se zabývala predací semen a jejich predátory, vlastní výzkum se týkal morfologických změn semen v závislosti na době pobytu v půdní bance.

Hypotéza, že semena budou s dobou strávenou v půdě ubývat na hmotnosti a jejich velikost se bude vzhledem k deterioraci výstupků zmenšovat, byla potvrzena pro všechny druhy, kromě karbince evropského (*Lycopus europaeus*), u kterého hypotéza platí pro hmotnost a šířku semen, avšak nepotvrdila se pro délku.

Testována byla také korelace mezi hmotností, délkou a šířkou semen. U semen heřmánkovce nevonného (*Tripleurospermum inodorum*) koreluje jak hmotnost s délkou, hmotnost se šířkou, tak i délka se šířkou. Šířka semen karbince evropského (*Lycopus europaeus*) koreluje s hmotností, avšak korelace délky a hmotnosti či délky a šířky semen nebyly prokázány. U kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa-pastoris*) koreluje šířka s délkou semen. Korelace šířky i délky s hmotností nebyly prokázány. Hmotnost semen kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*) koreluje se šířkou, avšak ne s délkou. Zato šířka a délka spolu korelují. U kuklíku městského (*Geum urbanum*) se prokázala korelace mezi hmotností a délkou semen a také mezi délkou a šířkou semen. Hmotnost nekoreluje s šířkou semen. Semena penízku rolního (*Thlaspi arvense*) prokazují korelaci mezi délkou a šířkou, avšak velikost semen nijak nesouvisí s jejich hmotností. Podobně je tomu i u semen srdečnicku obecného (*Leonurus cardiaca*), kde spolu také koreluje délka a šířka semen, navíc se ale také ukázal pozitivní vztah mezi hmotností a délkou semen. Hmotnost a šířka semen spolu ale nekorelují. Délka a šířka semen škardy dvouleté (*Crepis biennis*) korelují s hmotností semen, avšak nekorelují mezi sebou.

Byly naplněny všechny cíle tohoto výzkumu, díky kterému jsme se více seznámili s morfologickými změnami, které semena prodělávají v půdní bance, a jak se sebou tyto změny vzájemně souvisejí.

7. Seznam literatury

- Arnold, A. E., Lutzoni, F. 2007. Diversity and host range of foliar fungal endophytes: Are tropical leaves biodiversity hotspots? *Ecology*. 88 (3). 541 – 549.
- Booth, D. B., Murphy, S. D., Swanton, C. J. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI Publishing. Cambridge, MA, USA. p. 312. ISBN: 978-0851995281.
- Chee – Sanford, J. C. 2008. Weed seeds as nutritional resources for soil *Ascomycota* and characterization of specific associations between plant and fungal species. *Biology and Fertility of Soils*. 44 (5). 763 - 771.
- Clay, K., Schardl, C. 2002. Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *American Naturalist*. 160. 99 – 127.
- Coley, P. D., Barone J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 27. 305 – 335.
- Dalling, J. W., Davis, A. S., Schuttle B. J., Arnold, A. E. 2011. Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology*. 99 (6). 89 – 95.
- Dalling, J. W., Swaine, M. D., Garnwood, N. C. 1997. Soil seed bank community dynamics in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. *Journal of Tropical Ecology*. 13 (5). 659 – 680.
- Davis, A. S., Schuttle, B. J., Iannuzzi, J., Renner, K. A. 2008. Chemical and physical defense of weed seeds in relation to soil seedbank persistence. *Weed Science*. 56 (5). 676 – 684.
- Fedriani, J. M., Manzaneda A. J. 2005. Pre- and postdispersal seed predation by rodents: balance of food and safety. *Behavioral Ecology*. 16 (6). 1018 – 1024.
- Fenner, M. 1995. Ecology of seed banks. In: Kigel, J. Seed development and germination. CRC Press. USA. 507 – 528. ISBN 9780824792299.
- Gallery, R. E., Dalling J. W., Arnold, A. E. 2007. Diversity, host affinity, and distribution of seed-infecting fungi: A case study with *Cecropia*. *Ecology*. 88 (3). 582 – 588.
- Geneve, R. L. 1991. Seed dormancy in eastern redbud (*Cercis canadensis* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116 (1). 85 – 88.

- Hanley, M. E., Fenner, M. 199. Pre – germination temperature and the survivorship and onward growth of Mediterranean fire – following plant species. *International Journal of Ecology*. 19 (2). 181 – 187.
- Hejný, S., Slavík, B. (ed.). 1988. Květena České Socialistické republiky 1. Academia. Praha. s.560. ISBN: 21-069-87.
- Hejný, S., Slavík, B. (ed.) 1992. Květena České republiky 3. Academia. Praha. s. 544. ISBN: 80-200-0256-1.
- Honěk, A., Martinková, Z., Jarošík, V. 2003. Ground Beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*. 100. 531 – 544.
- Honěk, A., Saska, P., Martinková, Z. 2006. Seasonal variation in seed predation by adult carabid beetles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 118. 157 – 162.
- Honěk, A., Martinková, Z., Saska, P., Pekar, S. 2007. Size and taxonomic constrains determine the seed preference sof Carabidae (Coleoptera). *Basic and Applied Ecology*. 8. 343 – 353.
- Hulme, P. E. 1998. Post-dispersal seed predation and seed bank persistence. *Seed Science Research*. 8 (4). 513 – 519.
- Hůrka, K. 1996. Střevlíkovití – Carabidae. Academia. Praha. s. 192. ISBN: 8020004300.
- Janzen, D. H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 2. 465-492.
- Johnson, N. E., Cameron R. S. 1969. Phytophagous ground beetles. *Annals of Entomological Society of America*. 62. 909 – 914.
- Klimeš, P., Saska, P. 2010. Larval and adult seed consumption affected by the degrese of food specialization in *Amara* (Coleoptera: Carabidae). *Journal of Applied Entomology*. 134. 659 – 666.
- Kolb, A., Ehrlen, 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.
- Leach, L. D. 1947. Growth rates of host and patogen as factors determinativ the severity of pre – emergence damping off. *Journal of Agricultural Research*. 75. 161 – 179.

- Lima, S. L., Dill, L. M. 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*. 68 (4). 619 - 640.
- Jarošík, V. 2005. *Růst a regulace populací*. Academia. Praha. s. 170. ISBN 80-200-1330-X.
- Maron, J. L., Gardner S. N. 2000. Consumer pressure, seed versus safe-site limitation, and plant population dynamics. *Oecologia*. 124. 260 – 269.
- Martinková, Z., Saska, P., Honěk, A. 2006. Consumption of fresh and buried seed by ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology*. 103. 361 – 364.
- Olvera – Carrillo, Y., Mendez, I., Sanchez – Coronado, M. E., Marquez – Guzman, J., Barradas, V. L., Huante, P., Orozco – Segovia, A. 2009. Effect of environmental heterogeneity on field germination of *Opuntia tomentosa* (Cactaceae, Opuntioideae) seeds. *Journal of Arid Environments*. 73 (4 – 5). 414 – 420.
- Risch, S. J., Carrol, C. R. 1986. Effects of seed predation by a tropical ant on competition among weeds. *Ecology*. 67. 1319 – 1327.
- Sasakawa, K., Ikeda, H., Kubota, T. 2010. Feeding ecology of granivorous carabid larvae: a stable isotope analysis. *Journal of applied entomology*. 134. 116 – 122.
- Saska, P. 2008. Effect of diet on the fecundity of free carabid beetles. *Physiological Entomology*. 33. 188 – 192.
- Saska, P., Jarošík, V. 2001. Laboratory Study of Larval Food Requirements in Nine Species of *Amara* (Coleoptera: Carabidae). *Plant Protection Science*. 37 (3). 103 – 110.
- Saska, P., Martinková, Z., Honěk, A. 2010. Temperature and rate of seed consumption by grand beetles (Carabidae). *Biological Control*. 52. 91 – 95.
- Schafer, D. E., Chilcote D. O. 1969. Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations. I. A. model for analysis of parameters of buried seed persistence and depletion. *Crop Science*. 9 (4). 417 – 418.
- Slavík, B. (ed.). 1995. *Květena České republiky 4*. Academia. Praha. s. 529. ISB: 80-200-0384-3.
- Slavík, B. (ed.). 2000. *Květena České republiky 6*. Academia. Praha. s. 770. ISBN: 80-200-0306-1.
- Slavík, B., Štěpánková, J. (ed.). 2004. *Květena České republiky 6*. Academia. Praha. s. 767. ISBN: 80-200-1161-7.

- Terras, F. R. G., Eggermont, K., Kovaleva, V., Raikhel, N. V., Osborn, R. W., Kester, A., Rees, S. B., Torrekens, S., Leuven, F. V., Vanderleyden, J., Cammue, B. P. A., Broekaert, W. F. 1995. Small cysteine – rich anti – fungal proteins from radish – their role in host defence. *The Plant Cell*. 7 (5). 573 – 588.
- Thompson, K., Ceriani, R. M., Bakker, J. P., Bekker R. M. 2003. Are seed dormancy and persistence in soil related? *Seed Science Research*. 13 (2). 97 – 100.
- Van Mourik, T. A., Stomph, T. J., Murdoch, A. J. 2005. Why high seed densities within buried mesh bags may overestimate depletion rates of soil seed banks. *Journal of Applied Ecology*. 42 (2). 299 -305.
- Vander Wall, S. B. 1998. Foraging success of granivorous rodents: Effects of variation in seed and soil water on olfaction. *Ecology*. 79 (1). 233 – 241.
- Veldman, J. W., Murray, K. G., Hull, A. L., Garcia, M., Mungall, W. S., Rotman, G. B., Plosz, M. P., McNamara, L. K. 2007. Chemical defense and the persistence of pioneer plant seeds in the soil of a tropical cloud forest. *Bitropica*. 39 (1). 87 – 93.
- Webster, F. M. 1900. *Harpalus caliginonus* as a strawberry pest with notes on other phytophagous *Carabidae*. *Canadian Entomologist*. 32. 256 – 271.
- Westerman, P., Hofman, A., Vet, L. E. M., Van der Werf, W. 2003. Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeic weed seed predation in organic cereal field. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 95. 417 – 425.
- Wilson, J. D., Morris, A. J., Arroyo, B. E., Clark, S. C., Bradbury, R. B. 1999. A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 75 (1 – 2). 13 – 30.
- Zangerl, A. R., Berenbaum, M. R. 1997. Cost of chemically defending seeds: Furanocoumarins and *Pastinaca sativa*. *American Naturalist*. 150 (4). 491 – 504.

8. Přílohy

Obr. 19: Střevlík kožitý (*Carabus coriaceus*), největší střevlíkovitý brouk České republiky.

Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Carabus_coriaceus, dostupné 30.3.2015 ve 12:25.



Obr. 20: Velikost *Mormolyce phyllodes*, největšího střevlíkovitého brouka na světě, v porovnání s lidskou rukou.

Zdroj: http://www.deviantart.com/morelikethis/artists/89913714?view_mode=2, dostupné 30.3.2015 ve 12:30



Obr. 21: Jeden z typů larev střevlíkovitých.

Zdroj: <http://www.americaninsects.net/b/i-bc-carabidae.html>, dostupné 30.3.2015 ve 12:40



Obr. 22: Kukla střevlíka zrnitého (*Carabus granulatus*).

Zdroj: <http://www.naturefoto2000.com/cs/fotografie-2195/brouci-coleoptera/strevlik-zrnity-carabus-granulatus-carabidae-carabinae/>, dostupné 30.3.2015 ve 12:45.



Obr. 23: *Amara aenea*, granivorní střevlík, dospělec.

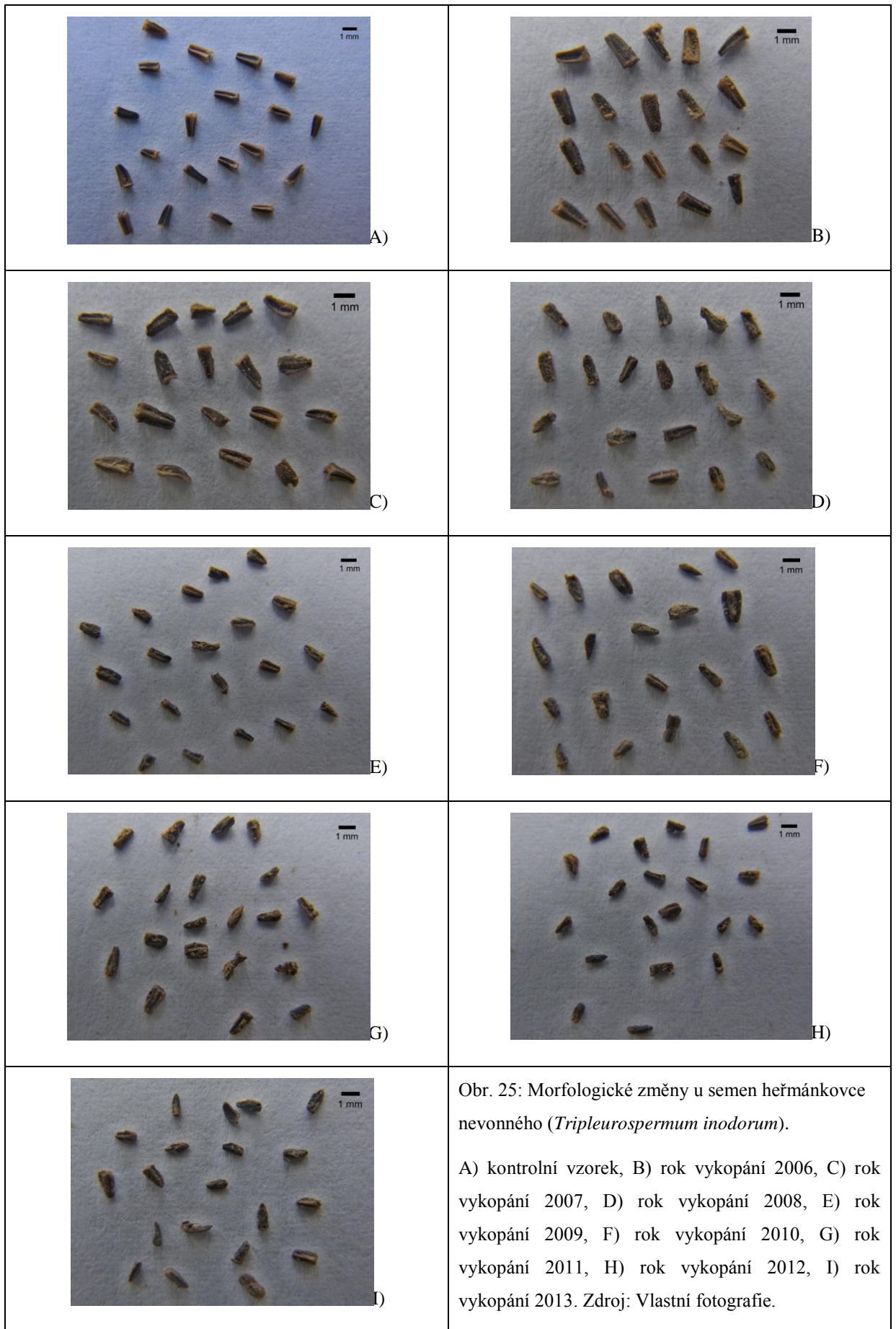
Zdroj: <http://www.eakringbirds.com/eakringbirds6/insectinfocusamaraaenea.htm>, dostupné 30.3.2015 ve 13:00.

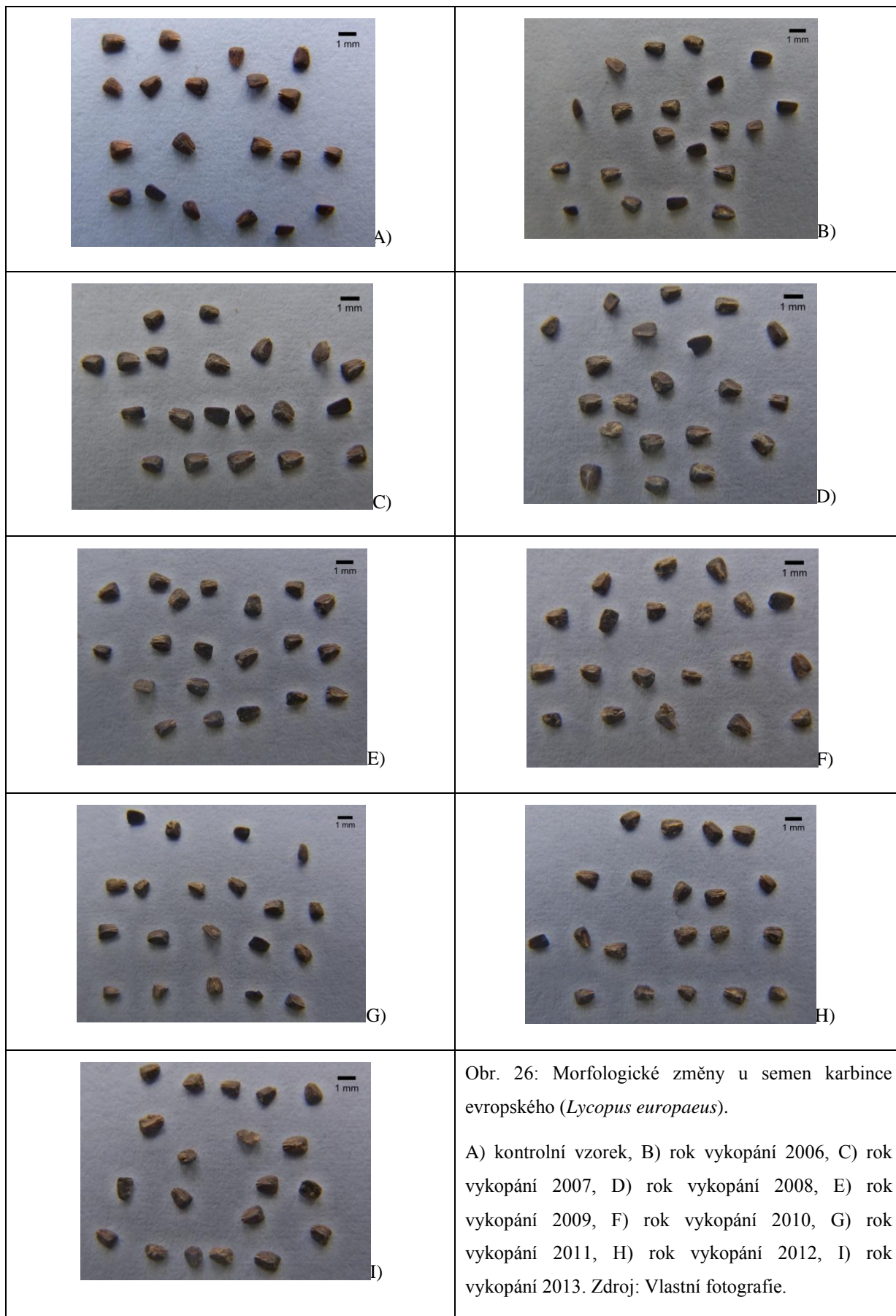


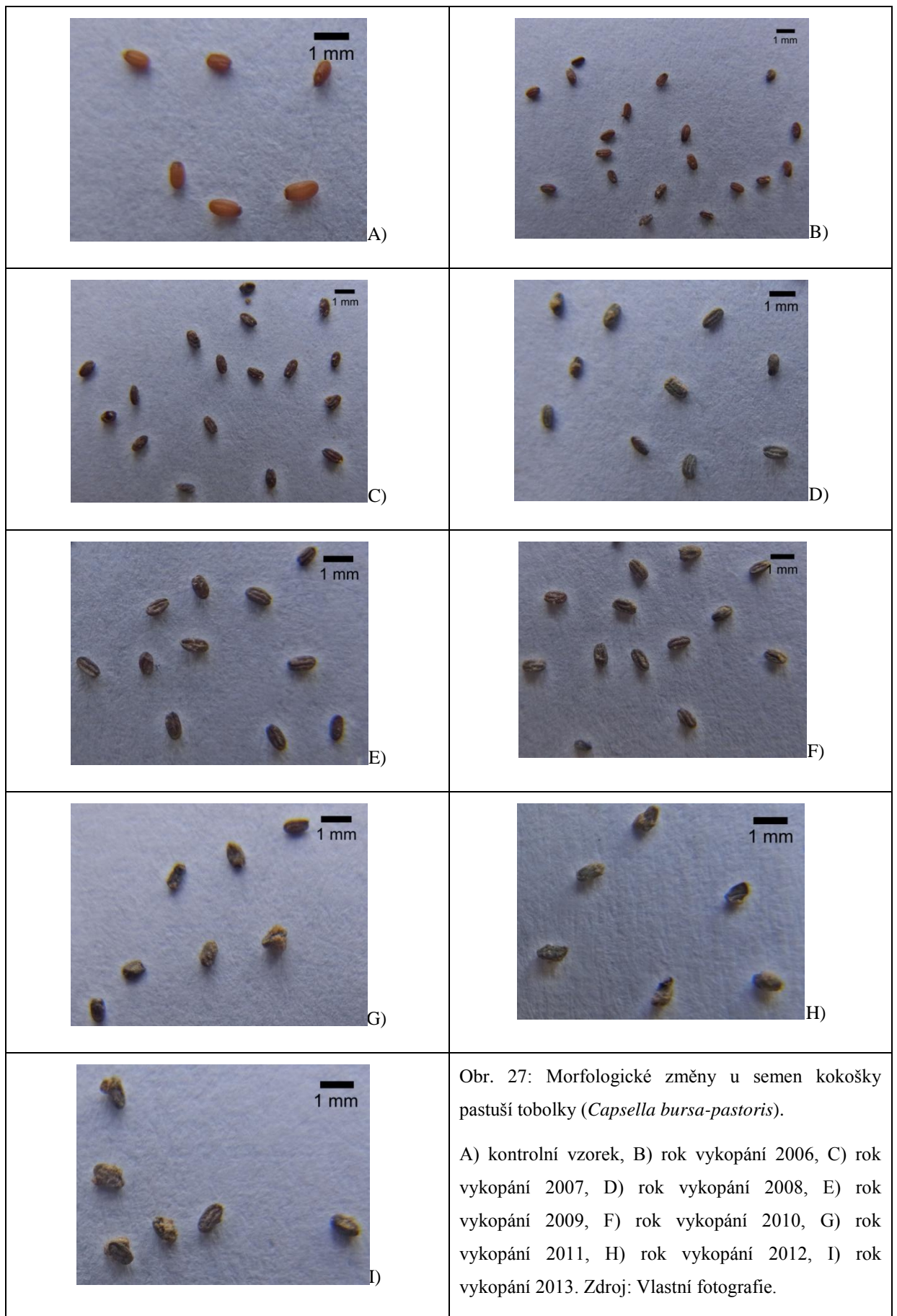
Obr. 24: *Amara familiaris*, dospělec. Semenožravý střevlík.

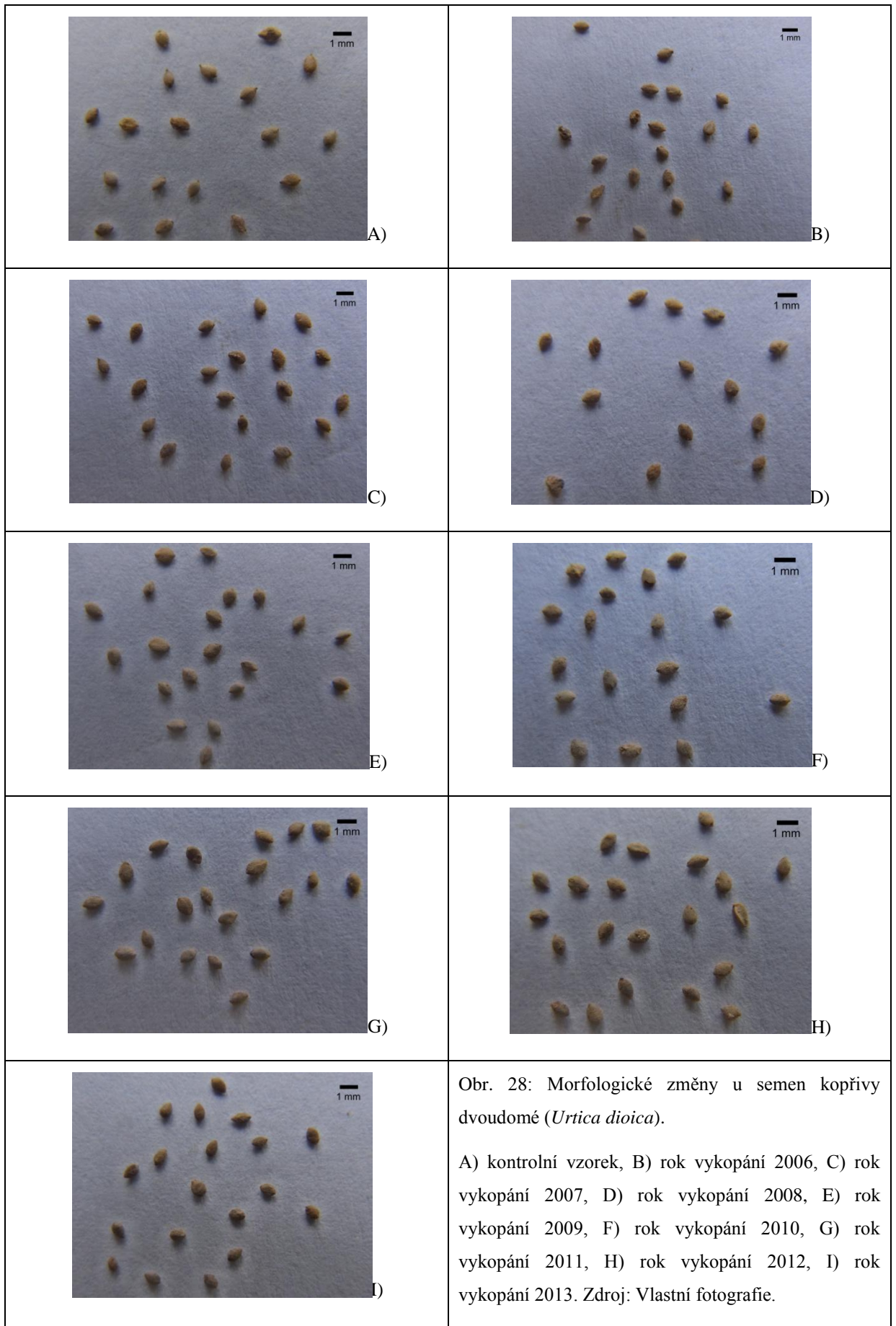
Zdroj: http://www.biopix.com/amara-familiaris_photo-87303.aspx, dostupné 30.3.2015 ve 13:10.

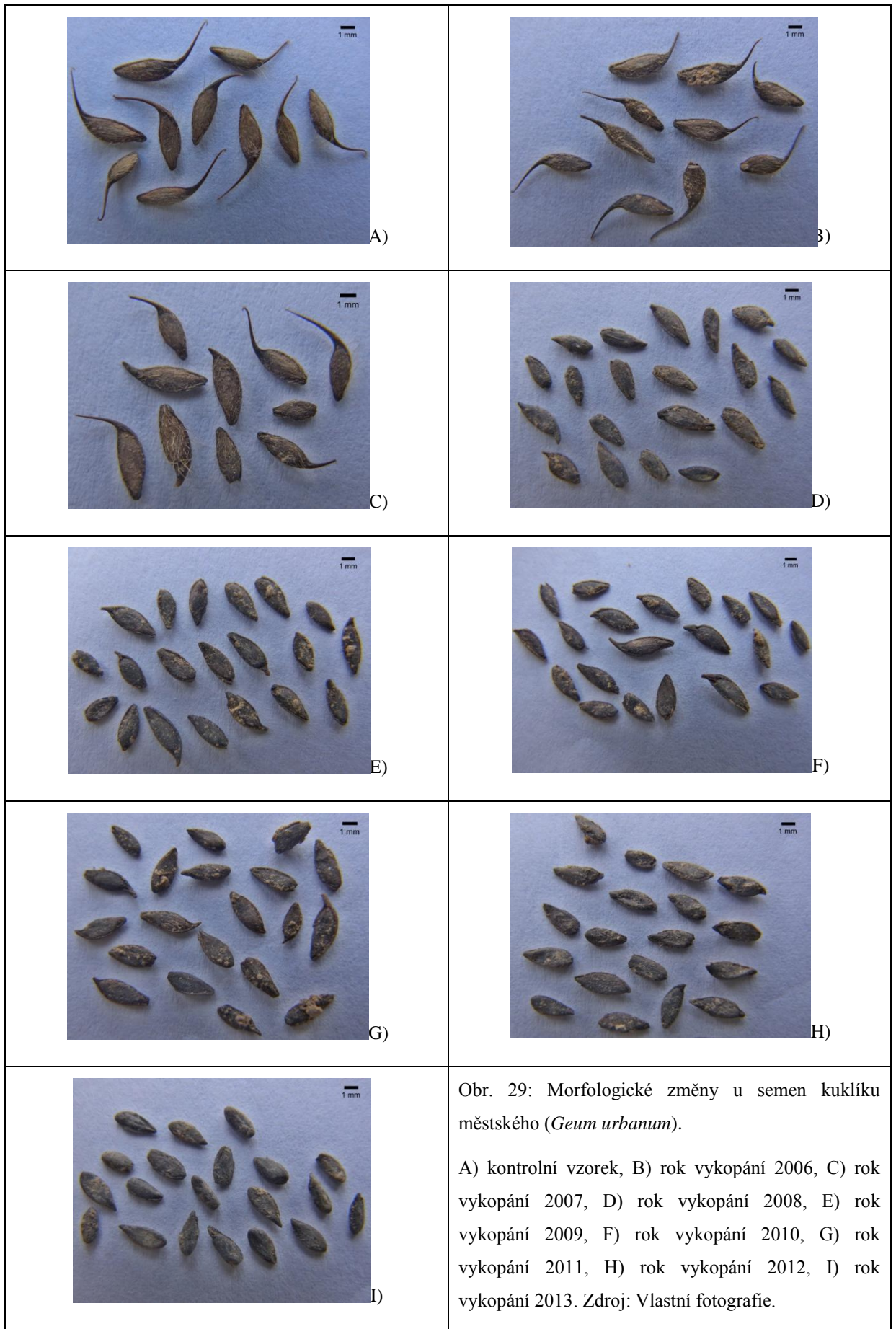


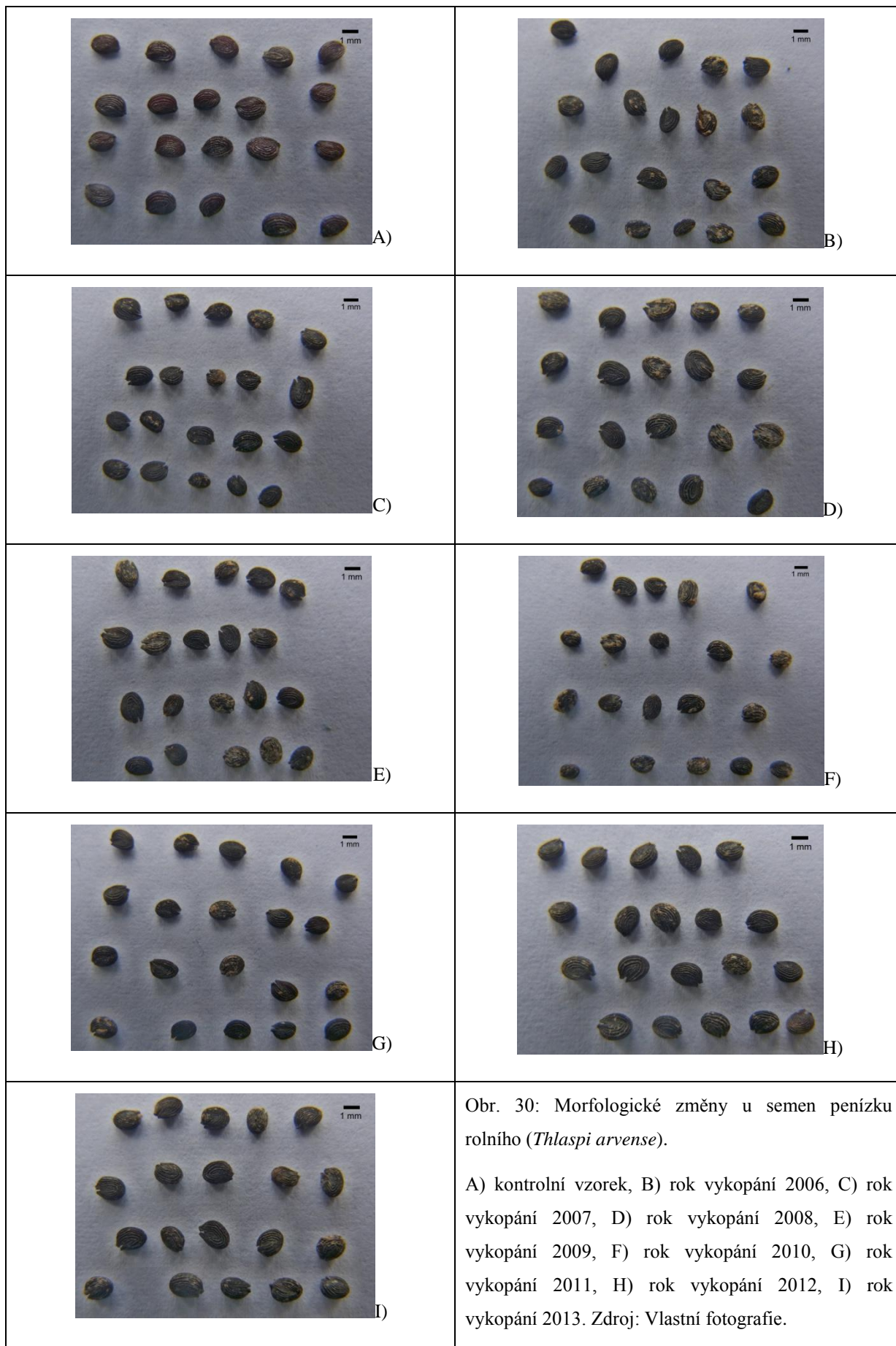


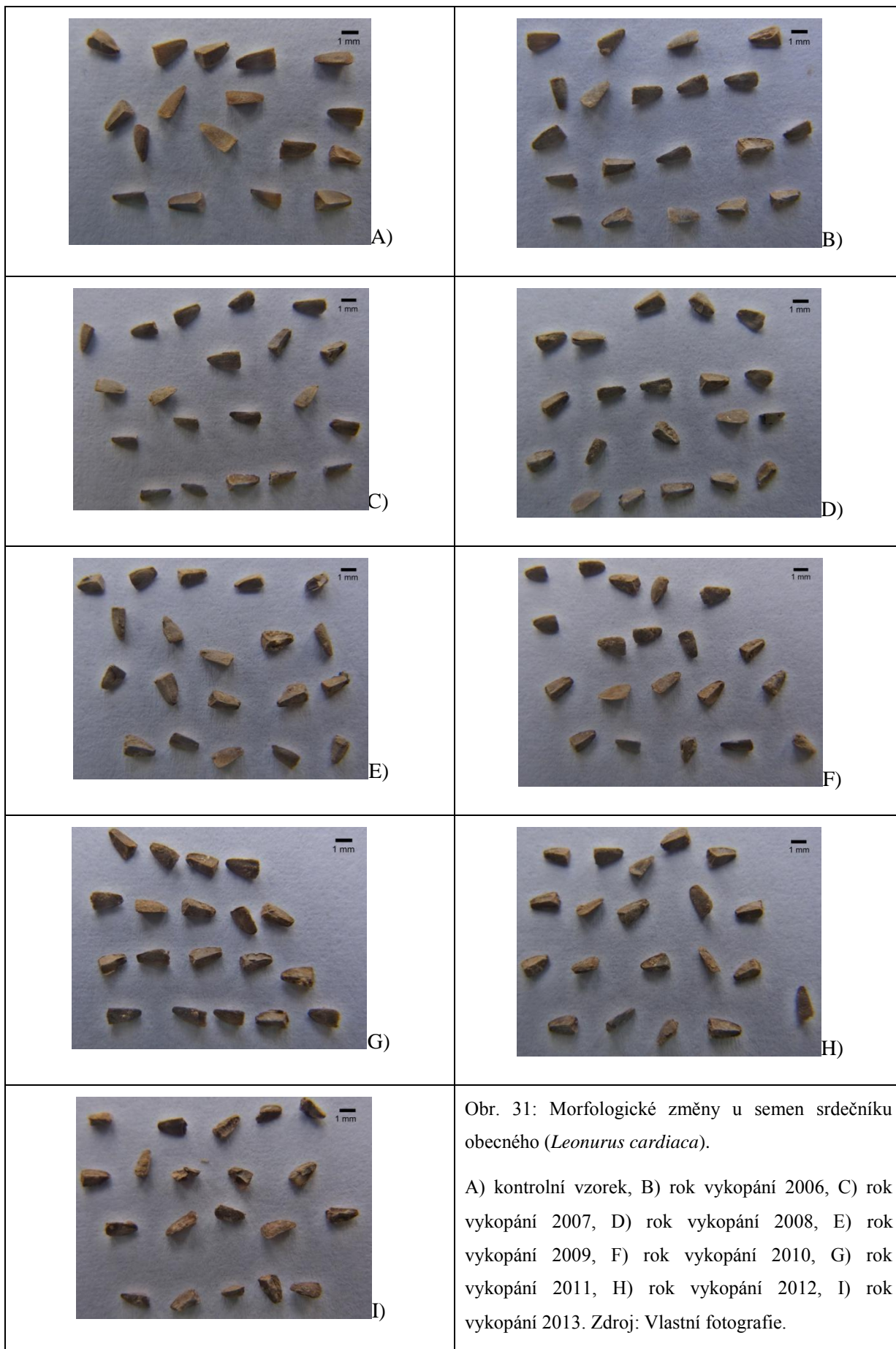


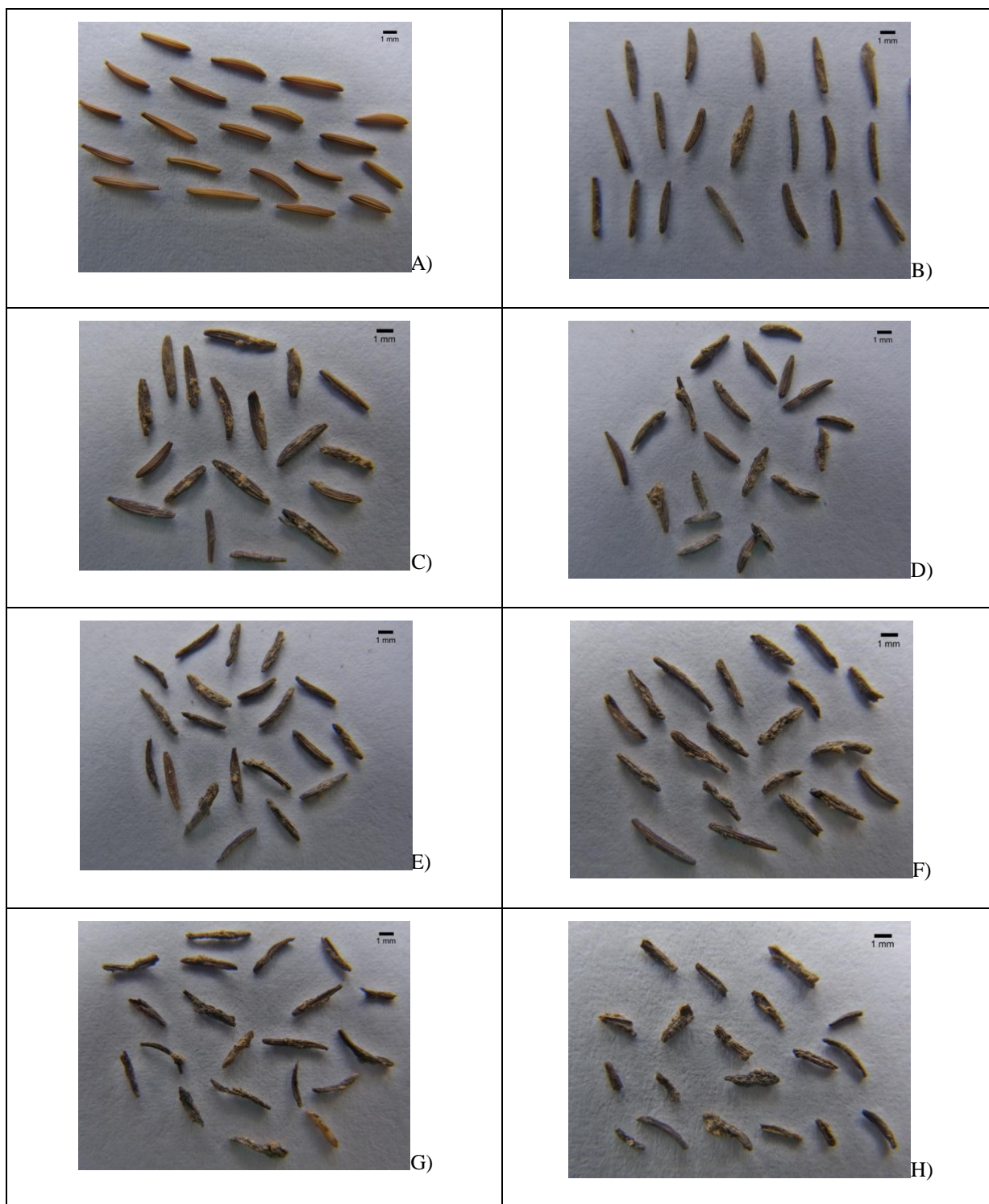












Obr. 32: Morfologické změny u semen škardy dvouleté (*Crepis biennis*).

A) kontrolní vzorek, B) rok vykopání 2006, C) rok vykopání 2007, D) rok vykopání 2008, E) rok vykopání 2009, F) rok vykopání 2010, G) rok vykopání 2011, H) rok vykopání 2013. Foto z roku vykopání 2012 chybí, protože semena shnila. Zdroj: Vlastní fotografie.