

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Vliv plochy pole na distribuci opylovačů a úspěšnost reprodukce
jetele lučního (*Trifolium pratense*)

Břetislav Kydala

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Chemie a biologie v environmentální výchově

Vedoucí práce: Mgr. Monika Mazalová, Ph.D.

Olomouc 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením

Mgr. Moniky Mazalové, Ph.D., s použitím citované literatury.

V Olomouci 20. dubna 2018

.....

Podpis

Kydala B. 2018. Vliv plochy pole na distribuci opylovačů a úspěšnost reprodukce jetele lučního (*Trifolium pratense*) [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 33 s., česky.

Abstrakt

Jetel luční (*Trifolium pratense*) je zemědělsky významnou píceinou. Mezi jeho nejvýznamnější opylovače patří čmeláci (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* spp.), kterých však v posledních dekádách výrazně ubylo. Cílem práce tedy bylo zjistit možné limity úspěšné reprodukce jetele v intenzivně zemědělsky využívané krajině jihovýchodní Moravy. Pro účely práce byla vybrána modelová lokalita, rozsáhlá polní kultura (ca. 22 ha) s porostem jetele lučního pěstovaného dle zásad ekologického zemědělství k produkci osiva. Na lokalitě byla zkoumána struktura společenstva opylovačů a jejich distribuce v polní kultuře ve vztahu vzdálenosti okraje pole. Podél stejného gradientu, tj. okraj – střed pole, byla studována také distribuce nejvýznamnějšího škůdce porostů jetele pěstovaných k produkci osiva, nosatčíka *Protapion apricans*. Vzorkování opylovačů probíhalo metodou individuálního pozorování a metodou odchyty do žlutých misek. Vzorkování larev nosatčíka jsem prováděl individuálním odběrem hlávek jetele a následnou determinací v laboratoři. Získaná data jsem hodnotil metodami mnohorozměrné analýzy v programu Canoco 5. Dle výsledků ordinačního RDA modelu byl výnos semen jetele negativně ovlivněn vzdáleností od okraje pole. Výnos (= průměrná hmotnost vyprodukovaných semen/m²) osiva byl průkazně ovlivňován jak výskytem opylovačů, tak i distribucí larev nosatčků na poli. Z opylovačů měli průkazný vliv na produkci osiva pouze čmeláci (*Bombus* spp.), nikoliv však nejpočetněji zastoupená včela medonosná (*Apis mellifera*). Společenstvo opylovačů pozorovaných na experimentální ploše bylo uniformní, a to přesto, že vzorkování probíhalo na rozsáhlé ploše. Včela medonosná tvořila 82,16 % veškerých pozorovaných opylovačů, oběma metodami jsem zaznamenal pouze 6 druhů čmeláků. Toto zjištění je v souladu s tzv. globální krizí opylovačů a zároveň velmi znepokojivé z hlediska zemědělské produkce. Na základě zjištěných výsledků lze uzavřít, že monokulturní pěstování jetele by mělo být z hlediska efektivity opylení výhodnější na menších pozemcích, které mají proporcčně delší plochu okrajů vzhledem k celkové velikosti pole.

Klíčová slova: čmeláci (*Bombus* spp.), jetel luční, nosatčík (*Protapion apricans*), výnos osiva, velikost plochy

Kydala B. 2018. Does the field area effect pollinator distribution and reproduction effectivity of red clover (*Trifolium pratense*)? [bachelor thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Sciences, Palacky University Olomouc. 33 pp., in Czech

Abstract

Red Clover (*Trifolium pratense*) is an agriculturally significant fodder. Among its most important pollinators belong the bumblebees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus spp.*), whose numbers have dropped significantly over the course of the last few decades. The aim of this thesis is to determine the possible limits of a successful reproduction of Red Clover in agriculturally intensively used region of a south-east Moravia. An experimental site of an extensive Red Clover culture (cca 22 ha) grown for seed production in accordance to the principles of ecological agriculture was chosen for the purposes of this thesis. Pollinator assemblage structure was examined in the location, as well as their distribution in relation to the distance from the field edges. Moreover, the distribution of the most significant pest of the seed production, the weevil *Protapion apricans*, was examined along the same gradient, i.e. edge – center of the field.. The sampling was performed using the method of individual observation and capture into yellow pan traps. The sampling of weevil larvae was performed using individual sampling of clover flower heads and its further examination in laboratory. The acquired data were processed using multidimensional analysis methods in the Canoco 5 software. According to the ordination RDA model, the yield of clover was negatively influenced by the distance from the field edges. The yield (= the average amount of produced seeds per square meter) was conclusively affected by both the presence of pollinators and the distribution of weevil larvae in the field. The only pollinators, explaining significantly the seed yield were bumblebees (*Bombus spp.*). Surprisingly, honey-bees (*Apis mellifera*), although being definitely most abundant pollinators, had no significant effect on the seed yield. The assemblage of pollinators observed on the experimental area was fairly uniform, despite the large area sampled. *Apis mellifera* accounted for 82.16% of all pollinators observed, only six species of bumblebees (*Bombus spp.*) were recorded using both methods. This finding is in line with globally reported pollinator crisis and, at the same time, very alarming for agricultural production. Based on the acquired results, it is safe to conclude that monocultural growing of Red Clover is the most yielding on smaller fields, which have proportionally greater ratio of edges to the total size of the field.

Keywords: bumblebees (*Bombus spp.*), Red Clover, Seed Weevil (*Protapion apricans*),
crop yield, field size

Obsah

Seznam obrázků	ix
Seznam tabulek	x
Seznam příloh.....	xi
Poděkování.....	xii
1. Úvod	1
1.1. Intenzifikace zemědělství	1
1.2. Ztráta biodiverzity zemědělské krajiny.....	3
1.3. Cíle práce.....	4
2. Metodika	5
2.1. Modelové taxony - jetel luční (<i>Trifolium pratense</i>) a čmeláci (<i>Bombus spp.</i>)	5
2.2. Sledované území	6
2.3. Vzorkování společenstev opylovačů.....	7
2.3.1. Odchyt pomocí tzv. Moerickeho misek.....	8
2.3.2. Metoda individuálního pozorování	8
2.4. Odběr a zpracování vzorků jetele.....	9
2.5. Odhad populační početnosti larev nosatčíka obecného (<i>Protapion apricans</i>)	10
2.6. Statistická analýza dat	11
3. Výsledky.....	12
3.1. Faunistické vyhodnocení a srovnání metod sběru	12
4. Diskuze	16
4.1. Faunistické vyhodnocení a srovnání metod sběru	16
4.2. Distribuce opylovačů, nosatčíka a výnos osiva.....	18
4.2.1. Vliv jednotlivých druhů opylovačů na výnos semen	18
4.2.2. Vliv larev nosatčíka na výnos semen	19
5. Závěr	21
6. Seznam použité literatury	23
7. Internetové zdroje.....	30
8. Přílohy	31

Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapka sledovaného území s kulturou jetele lučního (<i>Trifolium pratense</i>), s vyznačenými transektu TA a TB. Na TA bylo umístěno celkem 18 misek, na TB misek 9	7
Obrázek 2: Fotografie larvy (vlevo) a imaga nosatčíka obecného (<i>Protapion apricans</i>) pod binokulární lupou.....	11
Obrázek 3: RDA model (constrained) závislosti výnosu semen na vzdálenosti od okraje pole.....	13

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky RDA analýzy rozkladu variability výnosu osiva vysvětlené opylovači.....	14
Tabulka 2: Výsledky RDA analýzy rozkladu variability výnosu osiva mezi čmeláky a larvami nosatčíka. 14	14
Tabulka 3: Výsledky RDA analýzy rozkladu variability výnosu osiva, vysvětlené jednotlivými druhy čmeláků.	15

Seznam příloh

Příloha 1: Hodnoty výnosu jetele [g] na jednotlivých částech transektu	31
Příloha 2: Moerickeho miska instalovaná na kvetoucí kultuře jetele lučního.....	32
Příloha 3: Čmelák skalní (<i>B. lapidarius</i>) sedící na hlávce jetele lučního	32
Příloha 4: Sušení vzorků jetele ve vzdušných půdních prostorách rodinné chaty	33
Příloha 5: Prosívání semen jetele na jemném sítu v podniku DLF-TRIFOLIUM Hladké Životice, s.r.o.....	33

Poděkování:

V první řadě bych chtěl poděkovat své vedoucí bakalářské práce Mgr. Monice Mazalové, Ph.D., za užitečné rady, trpělivost při vedení práce a věčně dobrou náladu, která uměla povzbudit. Velké poděkování patří také zemědělskému podílnickému družstvu Nezdenice, které mi umožnilo provádět výzkum na jeho pozemcích, zvláště potom panu Jiřímu Jálovi, který mi vyšel maximálně vstříc při konzultacích o pozemku, na kterém jsem pokus prováděl. RNDr. Tomáši Kurasovi, Ph.D., za cenné rady ohledně statistické analýzy. Velký dík patří také mým rodičům, kteří mě nikdy nepřestali podporovat a umožnili mi využít veškerých prostředků k vytvoření této práce a celé mé rodině, která mě potěšila, povzbudila a pobavila ve slabších chvílích, a která je prostě nejlepší. V neposlední řadě patří velký dík všem mým přátelům, kterých si velmi vážím.

1. Úvod

1.1. Intenzifikace zemědělství

Zemědělství je významná lidská činnost, umožňující velkou produkci plodin, a tím i existenci rozsáhlé lidské populace, dochází při ní však k značnému přetváření krajiny (Firbank et al., 2008; Stoate et al., 2009; Landis, 2017) Nejvýrazněji se zemědělská výroba (původní extenzivní hospodaření na malých výměrách půdy) transformuje od dob průmyslové revoluce v 19. stol. Původně venkovské obyvatelstvo se ve velké míře stěhovalo do měst za zaměstnáním a těch, kteří se nadále věnovali „drobnému“ hospodaření, ubývalo. Už od těchto dob se datuje postupné mizení jemnozrné mozaiky venkovské krajiny (Löw & Míchal, 2003; Matoušek, 2010).

V ČR a dalších zemích postsovětského bloku se tento úbytek výrazně projevil po roce 1950, po změně politické situace. Do této doby probíhalo zemědělské hospodaření na vlastních, mnohdy po generace děděných pozemcích a lidí pojil s půdou často osobní vztah. Drobní zemědělci nadto pěstovali různé plodiny dle své aktuální potřeby. Krajina tak byla heterogenní a pozemky měly tzv. řemenovité uspořádání, výhodnější pro obdělávání technikou taženou zvířaty. Změna sociopolitického uspořádání a vyšší nároky na objem produkovaných surovin k výrobě potravin přinesla znárodnění soukromých pozemků a scelování jednotlivých políček v jednolité půdní bloky (Blažek & Kubálek, 2008), osévané jedním druhem plodiny. Scelováním byly rozorány neobhospodařované louky, meze či remízky tvořící přirozenou hranici mezi poličky (Löw & Míchal, 2003) a zároveň biotopy poskytující vhodné podmínky pro život mnoha druhům, mimo jiné i důležitým opylovačům pěstovaných plodin. Průměrná plocha polí je tak dnes 5-10 krát větší, než tomu bylo před rokem 1950 (Plesník & Staňková, 2001).

Uvedené změny struktury zemědělské krajiny jsou typické pro tzv. intenzivní zemědělství cílené na vysoké výnosy, a mnohdy preferující kvantitu nad kvalitou. Většina půdy je využita k produkci, čímž zbývá poměrně málo nevyužitých pozemků s přirozenou, či alespoň částečně přirozenou vegetací, umožňujících hnízdění opylovačům a zároveň představujících kontinuálně dostupný potravní zdroj. Na produkční půdě jsou totiž hnízda ničena používanou těžkou mechanizací (Kleijn et al., 2009; Hiron et al., 2013) a monokultury plodin kvetou i odkvétají synchronně a k tomu pouze v řádu dní až týdnů. Naproti tomu

extenzivně sečené louky, remízky, kvetoucí příkopy u cest a okrajů polí aj. poskytují pestrou nabídku kvetoucích rostlin po celou sezónu, čímž podporují existenci početných a pestrých společenstev opylovačů (Mänd et al. 2002). Krom samotného zániku těchto ploch (Lokoč & Lokočová, 2010) jsou často jejich zmenšené fragmenty degradovány např. splachem živin z aplikovaných hnojiv na okolní intenzivně obdělávané půdě např. během přívalových dešťů letních bouřek. Eutrofizace transformuje rostlinné společenstvo směrem k nitrofilním druhům (Bobbink et al., 1998; Bouwman et al., 2002), často větrosnubným trávám. Polní monokultury jsou nadto náchylnější k napadení škůdci. Boj s nimi bývá založen na použití různých chemických látek kategorie tzv. biocidů, zvláště pak herbicidů a insekticidů. Rezidua těchto látek se nezdá kumulují v půdě, nebo v samotných rostlinách, jejichž pozření (např. fytofágním druhem hmyzu, včetně nektarofágů, tedy opylovačů) vede k pohybu vzhůru potravním řetězcem a dochází k tzv. bioakumulaci se všemi jejími známými negativními důsledky, včetně např. úhynu v důsledku přímé intoxikace (Bobbink et al., 1998; Alston et al., 2007; van der Sluijs et al., 2015). To v důsledku vede k lokálnímu snížení abundance i diverzity opylovačů (Brittain et al., 2010). Příkladem budiž syndrom zhroucení včelstev způsobený insekticidy na bázi nikotinu tzv. neonicotinoidů. Tyto vstupují krom listů také do pylu a nektaru, čímž bezprostředně ovlivňují opylovače. Bylo prokázáno, že včely ovlivněné neonicotinoidy mají značně sníženou schopnost zapamatovat si cestu zpět do úlu a mnoho se jich nevrátí (Cox-Foster & van Engelsdorp, 2009). U čmeláků se expozice neonicotinoidů projevuje pomalejším růstem kolonie a podstatně menší produkcí královen (Whitehorn et al., 2012).

Mezi typické rysy intenzivního zemědělství dále patří upouštění od pěstování mnoha různých plodin – u nás jde často o pícniny (jetel *Trifolium spp.*, vojtěška *Medicago sativa*) – a pěstuje se převážně brukev řepka olejka (*Brassica napus*) podporovaná dotačními programy. O pícniny jakožto významný potravní zdroj pro specializovanější opylovače, jimiž jsou např. některé druhy čmeláků (*Bombus spp.*), navíc vadne zájem v důsledku útlumu chovu mléčného skotu. Naopak tzv. organické zemědělství má podle některých studií menší negativní vliv na biotu (Hodgson et al., 2010; Holzschuh et al., 2007; Bengtsson et al., 2005) a méně zatěžuje půdní prostředí chemikáliemi, než konvenční, tj. intenzivní zemědělská produkce (Mohamad et al., 2014). Kromě uvedeného může preferováním pro dané lokality „domácích“ plodin podporovat druhovou diverzitu (Tuck et al., 2014). Rasmont (1995) poukazuje na výrazně pomalejší pokles abundancí opylovačů v horských oblastech a Středomoří, kde intenzifikace zemědělství nedosáhla takového stupně jako v nížinách. Holzschuh et al. (2008) udávají, že zvýšením proporce výměry půdy v režimu organického/ekologického zemědělství v okolí

z 5 % na 20 %, vzrostla abundance čmeláků o 150 %. Dle údajů z roku 2012 však zemědělská půda s organickou produkcí v ČR představovala pouze 13,1% (Krause & Machek, 2018).

1.2. Ztráta biodiverzity zemědělské krajiny

Výše popsané typické rysy intenzivního zemědělského hospodaření vedou k rychlému snižování abundance i diverzity mnoha druhů, včetně opylovačů, jako jsou např. čmeláci (Goulson, 2010), samotářské včely (Holzschuh et al., 2007), nebo motýli (Ekroos et al., 2010; Hodgson et al., 2010) kteří jsou pro reprodukci mnoha krytosemenných rostlin klíčoví. Celková biomasa létajícího hmyzu klesla v posledních 30 letech o 70-80% (Hallmann et al., 2017). Pokles abundance a diverzity je pozorován také u obratlovců, např. ptáků (Donald et al., 2001) a savců i rostlin (Benton et al., 2003; José-María et al., 2011). Z mnoha existujících studií je zřejmé, že tento sestupný trend se netýká pouze kontinentální Evropy (Kosior et al., 2007), ale i Spojeného království, Severní Ameriky (Goulson et al., 2008; Cameron et al., 2011) a v posledních dekadách např. také Japonska (Inoue et al., 2008).

Globální pokles abundance a diverzity opylovačů je vnímán negativně, mimo jiné i proto, že představuje reálnou hrozbu pro planě rostoucí rostliny (Osborne et al., 2015). Paton et al. (2008) uvádí, že na planetě existuje cca 352 000 druhů krytosemenných rostlin, z nichž opylení využívá přibližně 308 000 z nich, což je 87,5% (Ollerton et al., 2011). Mezi abundancí entomogamních rostlin a abundancí jejich opylovačů existuje pozitivní vztah, neboť bez opylení tyto rostliny neplodí a netvoří semena. Omezený zdroj potravy následně vede i ke snížení abundance opylovačů (Dafni & O'Toole, 1994).

Konkrétně v zemědělství je stále reálnější ekonomická hrozba. Opylovačů výrazně ubylo a na mnoha polích silně dominuje jediný druh, většinou včela medonosná (*Apis mellifera*) (Gross, 2008; Potts et al., 2010). Spoléhat se na tento druh opylovače však krom výhod produkce medu nebo schopnosti opylovat rozsáhlé plochy skýtá i jistá rizika. Včelstva může postihnout např. mor včelího plodu nebo varroáza. Včely navíc nelétají za chladného počasí (Stanghellini et al., 2015) a neumí efektivně opylovat všechny druhy rostlin (viz potřeba specializovanějších opylovačů např. pro jetel luční (*Trifolium pratense*), bob obecný (*Vicia faba*), nebo brusnicovité plodiny aj.), což může vést k menším výnosům osiva či plodů (Steffan-Dewenter et al., 2005). Výnosy monokulturně pěstovaných entomogamních rostlin jsou přímo závislé na kvalitě opylování. Monokultura jako kompaktní nabídka jednoho druhu plodiny s relativně krátkou dobou kvetení je účinně opylována jen tehdy, je-li opylovačů dostatek. Ačkoli jedinci čmeláků navštíví během jednoho letu stovky až tisíce květů

(Cresswell et al., 2002), v malých abundancích nezvládnou celé rozsáhlé pole pokrýt. Opylení se tak může stát limitujícím faktorem produkce osiva (Free & Williams, 1976; Allen-Wardell et al., 1998; Hoehn et al., 2008). Také v této souvislosti se v posledních dekáдах varuje před tzv. globální krizí opylovačů (Ghazoul, 2005; Aizen & Harder, 2009; Potts et al., 2010).

1.3. Cíle práce

Na základě výše uvedených faktů jsem stanovil následující cíle předkládané bakalářské práce: (i) popsat strukturu společenstva opylovačů plošně rozsáhlého porostu významné pícniny jetele lučního (*Trifolium pratense*) a srovnat ji s dostupnými literárními zdroji, (ii) otestovat, zda může být v případě rozsáhlých porostů jetele, pěstovaného k produkci osiva, dostatek opylovačů limitující pro výnos semen.

Smyslem práce je (i) srovnání struktury společenstev opylovačů velmi atraktivního potravního zdroje (rozsáhlá plocha, velká výtěžnost nektaru i pylu) v dnešní zemědělské krajině s dostupnými historickými údaji, případně studii provedenými v extenzivněji využívaném prostředí. Druhý cíl práce (ii) je založen na empirickém předpokladu, že má-li před sebou opylovač rozsáhlou homogenně rozkvetlou plochu jednoho druhu plodiny (tj. nejsou zde z hlediska nektaro- a pylodárných vlastností více či méně preferované druhy rostlin), maximalizuje čistý zisk tím, že sbírá nektar či pyl při okraji pole, tedy jeho výdaje na energeticky náročný let (Cresswell et al., 2000; Heinrich, 2004; Goulson, 2010) jsou minimální možné. Uvedenou hypotézu lze testovat pouze v plošně rozsáhlých porostech (cf. Harásek, 2016), výhodou pro experiment je také nízká početnost opylovačů v okolí. Pokud by byla výchozí úvaha správná, výnos semen na poli pěstované plodiny by se měl směrem od okraje ke středu zmenšovat. V takovém případě by transformace velkých ploch na menší nemusela nutně vést ke snížení celkového čistého zisku, často deklarovaného zemědělskými subjekty. Podpora heterogenity zemědělské krajiny, vedoucí zpětně k zlepšení podmínek pro opylovače, a okamžitý (i dlouhodobý) ekonomický přínos by tak nemusely být v přímém rozporu.

2. Metodika

2.1. Modelové taxony - jetel luční (*Trifolium pratense*) a čmeláci (*Bombus spp.*)

Jako modelovou zemědělskou plodinu jsem použil jetel luční, náležící mezi bobovité rostliny (Fabaceae), kam se řadí kromě významných pícnin - další druhy r. *Trifolium*, vojtěška setá (*Medicago sativa*) - také luštěniny. Bobovité rostliny jsou zemědělsky významné mimo jiné svou unikátní schopností vázat do půdy atmosférický dusík, čehož dosahují symbiózou s hlízkovitými bakteriemi rodu *Rhizobium* (Long, 1989). Bakterie redukuje molekulární dusík enzymem nitrogenázou na amoniak, jež jsou rostliny schopny využít. Ročně jsou takto schopné vázat do půdy až 300 kg dusíku na 1 ha (Hejduk, 2012), čímž výrazně zvýší úrodnost půdy. Zvláště výhodnou plodinou je tedy jetel pro ekologické zemědělce, kteří mají zakázáno použití minerálních hnojiv.

Vzhledem ke složité stavbě květu bobovitých rostlin jsou tyto často závislé na opylení hmyzem. Hlavními opylovači jetele jsou čmeláci (*Bombus spp.*) a včela medonosná (*Apis mellifera*) (Delaplane & Mayer, 2000), kteří coby sociální hmyz živí pyl a nektarem i své larvy (Goulson, 2003), a potřebují jej nasbírat o mnoho více než hmyz solitérní. Čmeláci přitom podle některých studií jsou až 2,5 x úspěšnější v opylení jetele, než včela (Peterson et al., 1960). To je dáno poměrně hlubokou květní trubkou jetele, která umožňuje získat tím větší množství nektaru, čím delší je sosák opylovače. Délka sosáku se u čmeláků mezidruhově liší (Obeso, 1992) a obecně je delší než u včel. Čmeláci na květ usedají při snaze získat pyl i nektar, stejně jako včely, jsou však hustěji ochlupení, a proto úspěšněji přenášejí pyl (Willmer et al., 1994). Jetel opylují také brouci a někteří dvoukřídlí např. pestřenky (*Syrphidae*) (Memmott, 1999) a je tedy vhodnou plodinou pro experiment s opylovači. V případě porostů pěstovaných k produkci certifikovaného osiva je přítomnost opylovačů z hlediska výnosů klíčová. Stejně tak, jetel je pro čmeláky stěžejním zdrojem potravy (Goulson et al., 2005; Goulson et al., 2008). Jejich sledovaný pokles početnosti, výrazný zejména u specializovanějších druhů s dlouhým sosákem, pro které je krmení z mělkých kalichů rostlin náročné, je podle některých autorů (Goulson & Hanley, 2004; Carvell et al., 2006; Dupont et

al., 2011) dáván do souvislosti právě s útlumem produkce jetele. Výměra zemědělské půdy, na které se jetel pěstuje, totiž setrvale klesá nejen v ČR, ale i v rámci celé EU (Kjærsgaard, 1994; Kjærsgaard, 2003; Hejduk, 2012). Důvodem jsou mimo jiné i neuspokojivé výnosy osiva. Proto se dnes osivo dováží převážně z Nového Zélandu, kde populace introdukovaných druhů čmeláků prosperují (Osborne et al., 2015).

2.2. Sledované území

Experiment byl založen v jetelové kultuře typu certifikovaného osevního porostu, na pozemcích ZPD Nezdenice (Zemědělské podílnické družstvo Nezdenice, družstvo, s.r.o.), situovaných na jihovýchodním okraji katastrálního území obce Nezdenice, při hranici s k. ú. obce Bánov (48° 99' 20.6" s. š., 17° 74' 57.0" v. d.) ve Zlínském kraji, cca. 7 km od Uherského Brodu směrem k česko-slovenské hranici. Oblast se nachází v podhůří Bílých Karpat na jihovýchodní Moravě a značná část katastrálního území obce spadá do Chráněné krajinné oblasti Bílé Karpaty. Území leží ve výšce 287 m n. m. a je budováno spodním oddílem litofaciálně tektonické bělokarpatské jednotky spadající do magurské skupiny příkrovů. Významná část katastrálního území je značně poznamenána intenzivní zemědělskou výrobou. Rozsáhlé ucelené zemědělské plochy často vytvářejí příznivé podmínky pro větrnou a vodní erozi krajiny. Zejména větrná eroze se v této oblasti vyskytuje poměrně často a dosahuje značné intenzity. Reliéf Bánova je spíše členitý, zahrnující terén od úplné roviny až po srázy. Klima je vlhké, mírně chladné až teplé, dávající vhodné podmínky pro pěstování zemědělských plodin.

Významnými jsou pro Bánov remízy přítomné zejména na hřebenu mezi obcí Bánov a Bystřicí pod Lopeníkem. Jedná se o poměrně kvalitní interakční prvky poskytující životní podmínky mnoha druhům živočichů. (www.ub.cz)



Obrázek 1: Mapa sledovaného území s kulturou jetele lučního (*Trifolium pratense*), s vyznačenými transektu TA a TB. Na TA bylo umístěno celkem 18 misek, na TB misek 9

Pole použité k experimentu má výměru 22,18 ha a hospodaří na něm v režimu ekologického zemědělství Zemědělské podílnické družstvo Nezdenice, družstvo, s.r.o. V sezóně 2017 zde byl pěstován jetel luční, diploidní kultivar Slavín E (vysetý 4. 4. 2016), jenž byl v době sběru dat (16. 7. – 23. 7. 2017) v plném květu.

2.3. Vzorkování společenstev opylovačů

Na poli s kulturou jetele lučního byly vytyčeny dva transektu, které vzájemně svíraly úhel přibližně 90°. Dále jsou transektu označovány jako TA a TB. Vzhledem k nepravidelnému tvaru pole (Obr. 1) by při vytyčení TB ve středu pole byla podstatně kratší spojnice protilehlých stran, a bylo by proto možno použít jen méně misek. Vytyčení TB v nejširším místě tedy bylo motivováno požadavkem na co nejrepresentativnější vzorkování. Celková délka TA byla 762m, délka TB pak 362m.

Entomologický materiál byl sbírán každý den v období 16. – 23. 7. 2017, tj. v době maxima kvetení jetele. Vzorkování tedy proběhlo v osmi opakováních. K odběru bylo použito dvou metod, a to metody odchyty pomocí Moerickeho misek (Moericke, 1951), která je v praxi běžnou metodou vzorkování zejména blanokřídlého hmyzu (Wilson et al., 2008; Šrámková & Benda, 2016), ale byla úspěšně použita i pro sběr jiných taxonů hmyzu (Campbell & Hanula, 2007; Mazalová et al., 2015; Bílá et al., 2016) a metody individuálního pozorování.

2.3.1. Odchyt pomocí tzv. Moerickeho misek

První použitou metodou byla metoda odchytu do tzv. Moerickeho misek (Moericke, 1951; Droege et al., 2010). Principem použité metody je atraktivnost žlutě zbarvených misek zejména pro nektarofágní taxony hmyzu, které k misce přiletí a snaží se usednout na domnělý „květ“. Protože je však miska naplněna nasyceným vodným roztokem chloridu sodného (kvůli konzervaci vzorků při vysokých denních teplotách) spolu s malým množstvím detergentu, jakožto povrchově aktivního činidla, které způsobuje snížení povrchového napětí kapaliny, hmyz se tak na hladině není schopen udržet a klesne ke dnu (Upton et al., 2010).

Výhodou Moerickeho misek je finanční nenáročnost, jednoduchost a především stálá pasivní expozice (Wilson et al., 2008; Tuell & Isaacs, 2009). Nevýhodou může být znehodnocení nasbíraného materiálu během nevhodného počasí, tj. přelití okraje a částečná ztráta materiálu během intenzivnějších dešťů, resp. odpaření roztoku a ztráta odchytové schopnosti při dlouhodobější expozici při extrémně teplém počasí (Perlík, 2017; Prado et al., 2017). V případě našeho experimentu nebyly uvedené nevýhody považovány za podstatné, neboť v době jejich expozice nebyl hlášen trvalejší, či intenzivní déšť a výběr byl nadto prováděn po krátkém časovém úseku expozice (tj. každý den)

Celkem bylo instalováno 27 misek (Příloha 2), 18 v TA a 9 v TB, ve vzájemném rozestupu cca. 50m, přičemž první a poslední miska na každém transektu byla umístěna 1 m od kraje pole. Při první instalaci misek do porostu jetele byla pozice všech misek zaměřena pomocí GPS systému tak, aby bylo možno stanovit vzdálenost každé misky od okrajů pole. Misky byly vybírány každý den v období 16 – 23. 7. 2017 v čase cca. 14:15 – 17:45. Získaný materiál byl uložen do popsaných sáčků a následně determinován v laboratoři. Do druhu byli určováni pouze nejvýznamnější opylovači jetele z řádů *Hymenoptera* a *Diptera*, tj. včela medonosná, čmeláci a pestřenky. Odchycení zástupci ostatního hmyzu byli zařazeni pouze do příslušného řádu (např. *Lepidoptera*, *Neuroptera*, *Hemiptera*) a byly tedy zaznamenávány početnosti jedinců v rámci řádů.

2.3.2. Metoda individuálního pozorování

Druhým způsobem vzorkování byla metoda individuálního pozorování. Pozorování bylo prováděno každý den v uvedeném období 16 – 23. 7. 2017, přibližně od 14:15 do 17:45. Hmyz byl pozorován v místech expozice Moerickeho misek, konkrétně v kruhu o průměru

přibližně 2 m, kdy myšlený střed tvořila instalovaná miska. Zde bylo prováděno individuální pozorování hmyzu, přičemž bylo pozorování zaměřeno čistě na potenciální opylovače, tj. včelu medonosnou (*Apis mellifera*), různé druhy čmeláků (*Bombus spp.*) a pestřenků (*Syrphidae*). Na každé definované ploše bylo stráveno přibližně 6 minut.

Pozorování bylo realizováno vždy na popsané ploše o poloměru 1 m, přičemž jsem se snažil být plně soustředěn na experiment, aby zaznamenané údaje co nejpřesněji odrážely realitu. Opylovači vyskytující se na vymezené ploše byli počítáni a v případě čmeláků tito okamžitě určováni do jednotlivých druhů (Příloha 3). Pestřenky při této metodě nebyly zařazovány do druhů. Výsledky byly zaznamenány přímo v terénu a poté převedeny do tabulek v prostředí MS Excel. Kromě přítomných opylovačů byl na vzorkovací ploše evidován také poměr kvetoucích hlávek jetele k hlávkám již odkvetlým, resp. dosud nekvetoucím. Odhad byl vyjádřen v procentech. Přibližně v půli vzorkovacího období (20. 7. 2017) bylo z každé plošky náhodně odebráno 10 hlávek jetele, jako materiál ke zjištění abundance larev brouka nosatčíka obecného (*Protapion apricans*). Larvy nosatčíka se živí semeny jetele a v případě přemnožení významně negativně ovlivňují jejich výnosy (Ma et al., 2012; Kolařík & Rotrekl, 2013; Lundin et al., 2016).

Nevýhodou této metody je s časem se dostavující otupělost a únava z pozorování. Ta může vést k přehlédnutí zvláště menších jedinců a tedy zkreslení výsledků. Některé druhy jsou navíc natolik podobné, že je lze spolehlivě odlišit pouze s využitím laboratorního vybavení (preparační sada a binokulární lupa v případě samců či drobných dělnic některých druhů čmeláků). U těchto druhů čmeláků (např. dělnice *B. terrestris* a *B. lucorum*, případně drobné a starší dělnice *B. lapidarius* a *B. ruderarius*) je v případě terénního pozorování běžnou praxí řadit je do komplexu druhů.

2.4. Odběr a zpracování vzorků jetele

Po úplném odkvetení a dozrání jetele, těsně před jeho sklizní (tj. 14. 8. 2017), byl proveden odběr vzorků jetele, jenž respektoval schéma sběru entomologického materiálu. Biomasa jetele byla odebrána náhodně v rámci každé vzorkovací plochy obou transektů pomocí čtvercové šablony o rozměru 1x1m. Jetel byl na ploše 1 m² odstříhán v nadzemní výšce cca. 5 cm tak, aby byly v rámci odebrané biomasy sebrány všechny přítomné květní hlávky skýtající semena.

Odebrané vzorky biomasy jetele byly separátně vloženy do předem popsaných papírových prodyšných pytlů a poté důkladně vysušeny na krytém místě s dobrým přístupem vzduchu (Příloha 4). Každý vzorek byl sušen vždy na patřičně popsaném papírovém pytli, aby nedošlo k promíchání vzorků z různých odběrových míst. Celková doba sušení byla přibližně 6 týdnů, během nichž byly vzorky pravidelně kontrolovány, aby bylo možno předejít případnému rozvoji plísní.

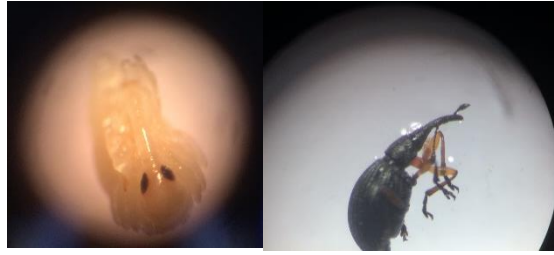
Důkladně vysušená jetelová biomasa byla 2. 10. 2017 zpracována pro získání vzorků semen v podniku DLF-TRIFOLIUM Hladké Životice, s.r.o. Podnikem bylo poskytnuto k využití veškeré potřebné vybavení, tj. zejména mlátička, vzduchový separátor semen a sada dvou sít.

Posečený a vysušený jetel byl mulčován v mlátičce, čímž došlo k uvolnění semen ze suchých hlávek a nadrcení ostatních částí suchých rostlin jetele. Kousky lodyh a další hrubý materiál byl oddělen pomocí hrubého síta a byla tak získána jemná směs semen a růžicových listů. Tato směs prošla jemným sítem (Příloha 5) a oddělená semena ještě vzduchovým separátorem, který odsál jemný prach.

Výnos semen z jednotlivých vzorkovacích ploch, resp. referenčních plošek (1 m²), na nichž byla vegetace odebrána, byl vkládán do předem popsaných papírových sáčků a následně zvážen. Výsledky shrnuje Příloha 1.

2.5. Odhad populační početnosti larev nosatčíka obecného (*Protapion apricans*)

Konečný objem vyprodukovaného osiva je u jetele pěstovaného v režimu ekologického zemědělství, tj. bez použití chemických postřiků proti škůdcům, dán nejen efektivitou opylování, ale i přítomností, resp. hustotou populací fytofágních druhů, konzumujících nezralá (dozrávající) semena. V podmínkách ČR jsou významnými škůdci jetele, pěstovaného na semeno, pouze nosatčíci r. *Apion* a *Protapion* (Rotrekl, 2002), jejichž výskyt a populační hustotu jsem se tedy snažil odhadnout. Za tímto účelem bylo na každé vzorkovací ploše náhodně odebráno přibližně v polovině období opylovačů (dne 20. 7. 2017) 10 zralých hlávek jetele – celkem bylo tedy odebráno 270 ks hlávek. Hlávky byly po odebrání dočasně uchovány zmrazením, a následně byl proveden rozbor každé hlávky. Pomocí preparační sady a binokulární lupy byly spočítány malé bílé larvy nosatčíka, vyvíjející se uvnitř hlávek (Obrázek 2).



Obrázek 2: Fotografie larvy (vlevo) a imaga nosatčíka obecného (*Protapion apricans*) pod binokulární lupou

Celkový počet larev nosatčíka v jednotlivých hlávkách byl zaznamenán do tabulky v prostředí MS EXCEL.

Během experimentu byly navíc každý den zaznamenávány následující proměnné: čas návštěvy, teplota, rychlost větru, procentuálně vyjádřená oblačnost, výška porostu a procentuálně vyjádřená míra kvetení jetele (odhadovaný podíl kvetoucích hlávek vůči všem, tj. dosud nekvetoucím a rozkvetlým hlávkám) v místě vzorkování.

2.6. Statistická analýza dat

Analýza byla provedena s využitím softwaru Canoco for Windows 5 (Šmilauer & Lepš, 2014)., přičemž datové soubory obsahující konkrétní abundance druhů získané metodou individuálního pozorování a metodou odchyty pomocí tzv. Moerickeho misek a výnosy semen jetele, byly vyhodnoceny zvlášť. Jednotlivé modely byly testovány pomocí Monte-Carlo permutačního testu s použitím 2000 permutací a nastavení zohlednění hierarchického designu (v důsledku opakovaného sběru dat) a transektového rozložení vzorkovacích ploch. Klíčovou vysvětlující proměnnou byla vzdálenost misek od okrajů porostu; tato byla měřena v metrech a do analýz vstupovala jako absolutně nejkratší vzdálenost daných misek od okraje. Dále byly použity naměřené hodnoty teploty (°C), kategorie odhadované síly větru (1=bezvětrí, 2=mírný vítr, 3=středně silný vítr), proporce květnatosti (%), výška porostu (cm) a subjektivní odhad oblačnosti (%). Vliv environmentálních proměnných byl předtestován tzv. forward selekcí. K vyhodnocení vlivu testovaných proměnných na výnos osiva, stejně jako na distribuci opylovačů i nosatčíka na experimentální ploše jsem použil mnohorozměrné ordinační metody. Na základě délky gradientu v druhových datech (menší než 3,5), zjištěného pomocí nepřímé ordinace (DCA), jsem v následujícím kroku použil přímou ordinační metodu redundanční analýzy, tzv. RDA (Legendre & Anderson, 1999).

3. Výsledky

3.1. Faunistické vyhodnocení a srovnání metod sběru

V experimentu bylo užito dvou metod sběru hmyzu. Jednalo se pozorování a sčítání hmyzu metodou individuálního pozorování a metodou odchyty pomocí tzv. Moerickeho misek.

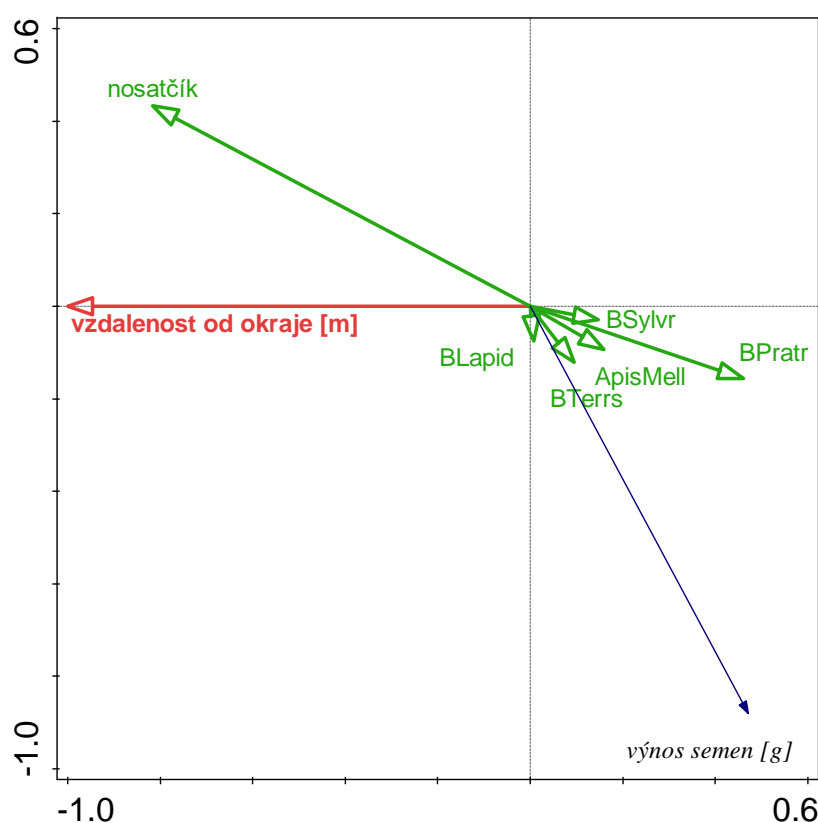
Na experimentální ploše byli metodou individuálního pozorování zaznamenáváni pouze opylovači. Během osmi dní bylo pozorováno celkem 4 908 jedinců opylovačů, mezi nimiž výrazně dominovala včela medonosná (*Apis mellifera*) s 4 297 jedinci (87,6 %). Dále jsem zaznamenal 337 jedinců pestřenek (*Syrphidae*) (6,87 %) a 274 čmeláků (5,63 %). V rámci čmeláků byl doložen výskyt pouze pěti druhů, přičemž čmelák zemní (*B. terrestris*) a čmelák hájový (*B. lucorum*) byly řazeny společně do komplexu *B. terrestris*, protože jejich determinace v případě převažujících dělnic pouhým okem není možná. Nejpočetněji zastoupeny byly tedy výše uvedené druhy, jež byly reprezentovány celkem 192 jedinci (70,07 %) a čmelák skalní (*B. lapidarius*) se 73 jedinci (26,64 %)). Čmelák luční (*B. pratorum*) a čmelák lesní (*B. sylvarum*) byli přítomni v menším počtu.

Metodou odběru tzv. Moerickeho misek bylo odchyceno celkem 10 018 jedinců hmyzu. Odchycení jedinci byli řazeni do řádů, opylovači jetele i do druhů. Nejpočetnější řád (*Diptera*), obsahoval celkem 4 409 jedinců (44 %), z toho 334 pestřenek (*Syrphidae*). Druhý nejpočetnější řád (*Coleoptera*) čítal 3 705 jedinců (37 %), z toho 177 jedinci byl zastoupen nosatčík (*Protapion apricans*). Blanokřídlí (*Hymenoptera*) byli ve sběrech z misek zastoupeni celkem 1 452 jedinci (14,5 %), z toho více než třetinu (554, 38,15 %) představovala včela medonosná (*Apis mellifera*), 60 jedinci byl zastoupen č. hájový (*B. lucorum*), 31 jedinci č. zemní (*B. terrestris*), 13 jedinci č. skalní (*B. lapidarius*) a 1 č. úhorový (*B. ruderarius*). Z ostatních řádů hmyzu byli ve sběrech ze žlutých misek přítomni zástupci polokřídlých (*Hemiptera*, 229 ex.), motýlů (*Lepidoptera*, 130 ex.) a síťokřídlých (*Neuroptera*, 93 ex.).

Ve vzorku celkem 270 odebraných zralých hlávek jetele, odebraných náhodně na jednotlivých vzorkovacích ploškách, bylo v laboratoři pozorováno celkem 939 vyvíjejících se larev nosatčíka (*Protapion apricans*) a 6 dospělých jedinců brouka.

3.2. Distribuce opylovačů a výnos osiva

Použitá metoda mnohorozměrné ordinační analýzy (RDA) ukázala, že výnos semen jetele se mění v závislosti na vzdálenosti od okraje směrem do středu pole. Ačkoliv se jedná o trend na hranici průkaznosti (pseudo-F = 61,5; $p = 0,056$ pro všechny ordinační osy), je zřejmé, že množství (hmotnost) zralých semen klesá od okraje do středu pole (Obrázek 3).



Obrázek 3: RDA model (constrained) závislosti výnosu semen na vzdálenosti od okraje pole (s pasivním vnesením početností opylovačů a larev nosatčika). Jednotlivé druhy jsou vyobrazeny pomocí zelených šipek s názvy taxonu (čmeláci = *Bombus*), resp. jeho akronymu (viz *Apis mellifera* (ApisMell))

V dalším kroku jsem se pokusil „rozložit“ vysvětlenou variabilitu ve výnosu semen mezi klíčové kauzální faktory. Při této analýze byly v RDA modelu testovány postupně dílčí, „single“ faktory. Nejprve byl testován vliv dvou skupin opylovačů, dle dostupných zdrojů považovaných pro jetel za klíčové: (a) zvláště skupina všech čmeláků, (b) *Apis mellifera*, (c) sdílená variabilita, tedy variabilita, u které není možno rozlišit, zda náleží čmelákům, nebo včelám. Z rozkladu variability vyplývá, že na výnosu se podílejí větší měrou čmeláci, než včelám.

včela medonosná (z celkové variability výnosů vysvětlují čmeláci 3,5 %, včely méně než 0,1 %) Tedy, čmeláci jsou na rozdíl od včely průkazně významnými opylovači jetele ($F = 3$, $p < 0.04$) (Tabulka 1).

Tabulka 1: Výsledky RDA analýzy rozkladu variability výnosu osiva vysvětlené opylovači. Skupina (a) = čmeláci (b) = *Apis mellifera* (c) = sdílená variabilita, tedy variabilita, u které nelze odlišit, zda náleží čmelákům, nebo včelám.

Skupina	F	<i>p</i>	% z celkové variability
A	3	0,03898	3,5
b	1,2	0,62319	<0,1
c	2,6	0,11244	0,1

Vzhledem k tomu, že včely se dle výsledku předchozí analýzy nepodílely významně na variabilitě ve výnosu semen jetele, do dalších analýz vysvětlené variability, která se podílí na výnosu semen, byli zahrnuti pouze čmeláci. Z analýzy rozkladu vysvětlené variability výnosu mezi čmeláky a larvami nosatčíka vyplývá, že se na výnosu semen průkazně podílí jak (a) čmeláci (3,3%), tak (b) přítomné larvy nosatčíka (14,1%), přičemž se jednotlivé skupiny ve vysvětlované variabilitě příliš nepřekrývají (c) (0,3%) (Tabulka 2). Jak čmeláci ($p = 0,02$), tak larvy nosatčíků ($p = 0,06$) tedy ovlivňují výnosy semen jetele, kdy u čmeláků jde o průkazné ovlivnění a v případě larev nosatčíka o trend na hranici průkaznosti.

Tabulka 2: Výsledky RDA analýzy rozkladu variability výnosu osiva mezi čmeláky a larvami nosatčíka. Skupina (a) = čmeláci (b) = larvy nosatčíka (c) = sdílená variabilita

Skupina	F	<i>p</i>	% z celkové variability
a	3,1	0,01599	3,3
b	37,2	0,06647	14,1
c	10,3	0,07296	0,3

Nakonec byla testována vysvětlená variabilita, kterou se podílejí jednotliví opylovači na výnosu semen. Na základě forward selekce byly v případě této RDA analýzy zahrnuty jako kovariáty faktory den sběru a abundance larev a dospělců nosatčíka. Z analýzy vyplývá (Tabulka 3), že průkazný vliv na výnos semene má pouze čmelák luční (*B. pratorum*) (pseudo-F = 12; $p = 0,05$).

Tabulka 3: Výsledky RDA analýzy rozkladu variability výnosu osiva, vysvětlené jednotlivými druhy čmeláků.

Druh	Pseudo-F	<i>p</i>	% z celkové variability
<i>B. pratorum</i>	12	0,04748	5,4
<i>B. terrestris</i>	1	0,95602	0,5
<i>B. lapidarius</i>	<0,1	0,95602	<0,1
<i>B. sylvarum</i>	<0,1	0,95602	<0,1

RDA metodou byly obdobné trendy testovány i na datovém souboru získaném metodou odchyty pomocí misek, kvůli neprůkazným výsledkům ale nejsou tyto dále prezentovány.

4. Diskuze

Hlavními cíli práce bylo zjistit (i) zda a jak se liší společenstvo opylovačů jetele ve srovnání s extenzivněji zemědělsky obhospodařovanou krajinou obdobného typu a (ii) jestli má plocha pole vliv na úspěšnost reprodukce jetele. Kromě výše uvedeného jsem provedl elementární faunistické srovnání výsledků dvou použitých metod vzorkování, tj. individuálního pozorování a žlutých misek. Z následujících mnohorozměrných ordinačních analýz vyplynulo, že průkazné trendy lze nalézt pouze v datech získaných individuálním sběrem.

4.1. Faunistické vyhodnocení a srovnání metod sběru

Ke vzorkování společenstev opylovačů jetele bylo použito dvou běžně užívaných metod – individuálního pozorování a sběru pomocí žlutých misek (Moericke, 1951). Cílem použití dvou metod bylo získání širšího spektra opylovačů (Šrámková & Benda, 2016), a tedy i ucelenějšího obrazu fauny opylovačů na ploše experimentu. Individuálními sběry jsem zaznamenal celkem 4571 blanokřídlých opylovačů šesti druhů, z nichž celých 87,5 % představovali zástupci včely medonosné, zatímco čmeláci tvořili úhrnně pouze 5,63 % pozorovaných jedinců. Ve sběrech ze žlutých misek bylo přítomno celkem 1452 jedinců blanokřídlého hmyzu, z toho včela medonosná tvořila cca. 38 % a čmeláci úhrnem přibližně 7,5 %.

Z uvedeného je zřejmé, že atraktivita žlutých misek v porostu odlišnou barvou kvetoucí monokultury je pro včely nižší než pro čmeláky. Je známo, že jak čmeláci, tak i včely mají vrozenou barevnou preferenci pro určité rozmezí vlnových délek (Gumbert, 2000). Tato se ale se zkušenostmi rychle mění a opylovač se naučí poznávat dle barvy, vůně nebo tvaru květu ty rostliny, které nabízejí nejvíce nektaru a urychlí tak rozhodování, který květ je výhodnější k navštívení (Gegear & Laverty, 2005; Kulahci et al., 2008). Nejvýhodnější je navštěvovat stále jeden druh rostliny, který je bohatý na nektar a neztrácet čas rozhodováním se, která rostlina je lepší. Opylovači se takto mohou zaměřit pouze na jeden druh květu, který je výtěžný a zároveň početný, a odlišné květy spojené s nižší odměnou (a tedy i žluté misky) ignorovat (Dukas & Waser, 1994). Stejný trend pozorovali i Stephen & Rao (2005), kteří testovali na celkem 4 lokalitách účinnost odchyty misek žluté a modré barvy. Experimentem

zjistili, že pro blanokřídlé je výrazně atraktivnější modrá barva misky. Čmeláci navíc tvořili 62,1 % chycených blanokřídlých, zatímco *Apis mellifera* jen zlomek, ačkoli její abundance kolem misek byla se čmeláky podobná.

Ze sběrů oběma metodami je nicméně zřejmé, že společenstva opylovačů jetele jsou nápadně uniformní, jednoznačně jim dominuje včela medonosná. Intenzifikace zemědělství čmelákům a opylovačům obecně neprospívá, a vede k ochuzování jejich společenstev (Holzschuh et al., 2007; Ekroos et al., 2010; Hodgson et al., 2010; Goulson, 2010). Dánská studie Dupont et al. (2011) přináší informace o výrazném poklesu druhové pestrosti čmeláků opylujících jetel mezi roky 1930 a 2010. V 30. letech minulého století se na opylování jetele v Dánsku podílelo celkem 12 druhů, převažovaly druhy s dlouhým sosákem (*B. hortorum*, *B. pascuorum*, *B. muscorum*, *B. sylvarum*, *B. veteranus*, *B. ruderarius* a *B. subterraneus*). O sedmdesát let později zmizelo z jetelových polí 5 druhů, přičemž šlo bez výjimky o specializované čmeláky s dlouhým sosákem. Kromě toho byl zjištěn i výrazný pokles abundancí, opět zejména u specializovanějších druhů. Naopak, relativně málo dotčeny byly eurytopní a potravně nesespecializované druhy s krátkým sosákem, jako *B. terrestris*, *B. lapidarius*, *B. hypnorum* a *B. pratorum* (Dupont et al. 2011).

Přestože moje práce nepřináší historické srovnání, aktuální stav společenstva čmeláků, coby klíčových opylovačů jetele, je znepokojivý. Ačkoliv jsem metodou individuálního pozorování na transektech během osmi pochůzek zaznamenal celkem 4297 jedinců včely medonosné, čmeláků jsem pozoroval pouze 274. Žlutými miskami jsem odchytil 554 jedinců včely a 105 jedinců čmeláků. Mezi čmeláky výrazně dominovaly nesespecializované druhy s krátkým sosákem (*B. terrestris*, *B. lucorum* a *B. lapidarius*), specializovanější druhy s krátkým sosákem (*B. sylvarum* a *B. ruderarius*) se vyskytovaly pouze jednotlivě a úhrnem tvořily pouze 2,1 % celkově zaznamenaných druhů.

Razantnější pokles čmeláků s dlouhým sosákem je důsledkem jejich užší potravní specializovanosti oproti univerzálnějším druhům s krátkým sosákem (Carvell et al., 2006), které jsou schopny využívat širší zdrojové spektrum. Kromě toho se jedná zpravidla o druhy s užší ekologickou valencí ve vztahu ke klimatickým charakteristikám, s menším počtem jedinců v hníždě a vyšší prevalencí parazitické houby *Nosema bombi* (Goulson et al., 2008; Williams a Osborne, 2009; Cameron et al. 2011). Úbytek specializovanějších druhů může představovat riziko nižších výnosů zemědělsky pěstovaných plodin (Winfrey, 2008), jež univerzální druhy nejsou schopny tak efektivně opylovat. Mezi takové plodiny patří právě i jetel luční, jak ukázala RDA analýza vlivu jednotlivých druhů čmeláků na variabilitu výnosu

semen jetele (Tabulka 3), ale i srovnání efektu opylování včelou medonosnou a čmeláky *s. lat.* (Tabulka 1).

4.2. Distribuce opylovačů, nosatčíka a výnos osiva

Ačkoliv si zemědělství hospodáři všímají poklesu výnosu semen směrem do středu pole, práce, která by na tento trend poukázala, dosud fakticky neexistuje. Z analýzy dat mých individuálních sběrů je zřejmé, že tento trend skutečně existuje (Obrázek 3). Výnosy by měly být závislé na abundanci opylovačů v daných částech plochy, protože jetel luční je výhradně cizosprašná rostlina (Částková, 2013). Kromě opylovačů však záleží konečné množství sklizených semen také na hmyzu, který výnos redukuje konzumací semen, v případě jetele jde o larvy nosatčíků r. *Apion* a *Protapion* (Kolařík & Rotrekl, 2013). Podle výsledků RDA modelu analyzujícího distribuci opylovačů (obecně včely medonosné a čmeláků jako skupiny) a larev nosatčíka ve vztahu ke vzdálenosti od okraje pole, však neexistuje průkazný trend (pseudo- $F < 0,1$, $p = 0,98$), jejich distribuce na ploše je tedy v zásadě náhodná. Klíčová tedy není ani tak celková distribuce opylovačů na experimentální ploše, jako spíš jednotlivé druhy opylovačů.

4.2.1. Vliv jednotlivých druhů opylovačů na výnos semen

Individuálním pozorováním bylo napočítáno celkem 4 908 opylovačů, do kterých však byly zahrnuty také pestřenky. Pestřenky však podle všeho nejsou schopny jetel opylovat a vyhledávají především bohatě kvetoucí druhy divokých rostlin, např. rozrazilů (Rod et al., 2005) a jejich výskyt na jetelovém poli tak lze považovat pravděpodobně za náhodný. Mezi opylovače jetele se tradičně řadí včela medonosná a čmeláci (*Bombus* spp.). Z toho důvodu jsem se pokusil rozložit vysvětlenou variabilitu ve výnosu semen na část vysvětlenou abundancí larev nosatčíka a část vysvětlenou opylovači. V dalším kroku jsem se zajímal o to, za jakou část této variability zodpovídá abundance včely medonosné a jakou část predikují abundance čmeláků jako skupiny. Konečně v posledním testu jsem se zabýval rolí, kterou hrají ve variabilitě výnosu semen jednotlivé druhy čmeláků. Z výsledků RDA (Tabulka 1) vyplývá, že průkazný vliv na výnos semen mají pouze čmeláci a včely se na něm naopak téměř nepodílejí, ačkoli byly na poli dominantním druhem opylovačů (87,6 %).

Velké množství včel bylo zřejmě způsobeno přítomností úlů v relativní blízkosti pole. Včely jsou navíc schopny létat velké vzdálenosti přesahující 10 km (Beekman & Ratnieks,

2000) a tedy se na experimentální plochu mohly dostat ze vzdálenějších lokalit. Nelze opomenout, že včely jsou také schopny jetel opylovat, jsou však výrazně méně účinné než čmeláci (Jing, 2017). Účinnost opylování se liší i mezi jednotlivými druhy čmeláků. Výsledky RDA analýzy rozkladu variability výnosu semen mezi jednotlivé druhy čmeláků (Tabulka 3) dokládají největší vliv na výnos semen u čmeláka lučního (*B. pratorum*), ačkoli se tento vyskytoval relativně málo početně. Čmelák luční sice patří mezi druhy s kratším sosákem (Goulson et al., 2005), ale na rozdíl od početnějších *B. terrestris* a *B. lapidarius*, tj. rovněž druhů s krátkým sosákem, nepatří mezi tzv. „nectar robbers“ (Goulson, 2010). „Zloději nektaru“ se k tomuto klíčovému zdroji nedostávají přes květní trubku, ale přístup k nektáriu jim umožní nakousnutí trubky zespodu (Inouye, 1980). Tímto se ale dostávají do minimálního kontaktu s prašníky rostliny, a nepatří tedy mezi příliš efektivní opylovače.

Menší zjištěnou abundanci *B. pratorum* na experimentální ploše lze vysvětlit také jako metodický artefakt faktu, že tento druh, na rozdíl od *B. terrestris* a *B. lapidarius* „nezkoumá“ nahodilé objekty (člověk) krouživými pohyby kolem (Goulson, 2010). Nižší abundance je tedy vzhledem k vyhodnocení datového souboru z individuálního pozorování pochopitelná. Nadto patří *B. pratorum* mezi tzv. „doorstep foragers“, tedy druhy, které při vysoké hustotě kvetoucích rostlin nehledají potravu dál než 500 metrů od hnízda (*B. pratorum* létá do vzdálenosti 250 m) (Westphal et al., 2006). Naopak *B. lapidarius* zalétá běžně ke zdrojům vzdáleným až 1500 m a *B. terrestris* navštěvuje plošky rozkvetlé vegetace ve vzdálenosti až 2000 m od hnízda (Walther et al., 2000).

Čmelák lesní (*B. sylvarum*) je považován za dobrého opylovače jetele kvůli svému delšímu sosáku (Goulson, 2010), oproti *B. pratorum* má ale jiné stanovištní nároky. *B. sylvarum* totiž preferuje nižší polohy a otevřená slunná místa, zatímco *B. pratorum* je spíše druhem hylofilním (*sensu* Pavelka & Smetana 2003) a preferuje tak okraje lesů, parky či jiná místa se stromovou vegetací (Ptáček, 2013). Ideální hnízdiště mu tak může poskytovat například remíz táhnoucí se podél celého východního okraje pole (Obrázek 1). Výskyt *B. sylvarum* byl tedy spíše náhodný a ojedinělý, proto také pravděpodobně průkazně neovlivnil výnos semen (Tabulka 3).

4.2.2. Vliv larev nosatčíka na výnos semen

Významným škůdcem jetele, který snižuje výnosy osiva této plodiny je nosatčík *Protapion apricans*, jehož imaga vykusují díry do listů a poškozují tak výhonky. Podstatně větší škody ale působí jeho larvy, které vyžirají základy semeníku jetele (Kolařík & Rotrekl, 2013). V době experimentu byla na ploše přítomna jak imaga, tak larvy nosatčíka uvnitř

květních hlávek jetele. Dle výsledků RDA analýzy rozkladu variability výnosu semen larvy nosatčíka ovlivňují na hranici průkaznosti množství vyprodukovaných semen a zodpovídají za 14,1 % vysvětlené variability (Tabulka 2). Hodnota vzájemného překryvu ve variabilitě mezi čmeláky a nosatčíkem (tj. proporce variability, již není možno jednoznačně oddělit) byla pouze 0,3 %. Výše uvedený trend lze tedy interpretovat tak, že zatímco larvy nosatčíka mají na výnos negativní vliv, čmeláci (zvláště *B. pratorum*) naopak vliv pozitivní.

Distribuce larev nosatčíka na poli nevykazovala ve vztahu ke vzdálenosti okraje pole žádný trend (pseudo-F < 0,1, p = 0,98), lze proto usuzovat, že byl nosatčík na poli distribuován poměrně rovnoměrně. RDA analýzou z rozkladu variability jednotlivých čmeláků bylo dokázáno, že majoritní vliv na výnos semen jetele má čmelák luční (*B. pratorum*). Protože je známo, že se jedná o druh řazený do tzv. „doorstep foragers“, který se v případě masivně kvetoucího zdroje nevzdaluje dál než 250 m od hnízda, je pravděpodobné, že pozitivní vliv *B. pratorum* při okrajích pole převažuje nad negativním vlivem larev nosatčíka.

5. Závěr

Jetel luční (*Trifolium pratense*) je navzdory klesající výměře polí, na nichž je v posledních dekádách pěstován, stále významná zemědělská plodina, pěstovaná buď jako pícnina, nebo k produkci osiva. Cílem předkládané bakalářské práce bylo vyhodnotit spektrum a distribuci opylovačů na rozsáhlé experimentální ploše jetelového porostu. Podle výchozí hypotézy by měla se vzdáleností od okraje pole klesat úspěšnost reprodukce jetele, jakožto entomogamní rostliny, závislé na přítomnosti opylovačů. Předpokládal jsem, že opylovači v případě masově kvetoucího atraktivního potravního zdroje budou preferovat okrajové části plochy oproti vzdálenějším částem (tj. ve středu pole). Původní předpoklad klesajícího výnosu směrem do středu pole se ukázal jako správný, byť distribuce opylovačů ani klíčového predátora semen, larev nosatčíka *Protapion apricans* výše uvedenému trendu neodpovídala. Dalším testováním bylo zjištěno, že ačkoli je porost jetele lučního atraktivní pro mnoho druhů opylovačů, zdaleka ne všichni přispívají k jeho opylení stejnou měrou. Z RDA analýzy testující souvislost mezi jednotlivými druhy opylovačů a výnosy semen vyplynulo, že vliv včely medonosné (*Apis mellifera*) je neprůkazný, ačkoli tato tvořila největší podíl opylovačů na poli. Signifikantní vliv na výnos osiva jetele lučního měli z opylovačů pouze čmeláci.

Na variabilitu výnosu semen však měl téměř průkazný vliv také výskyt, resp. abundance larev nosatčíka, na základě testu rozkladu vysvětlené variability lze konstatovat, že nosatčící se podíleli na vysvětlené variabilitě 14,1%, čmeláci pak 3,3 %. Variabilita, již nelze jednoznačně přiřknout (překrývající se) variabilita byla velmi nízká (0,3 %), lze tedy jednoznačně interpretovat, že zatímco výskyt larev nosatčíka měl na výnos osiva negativní vliv, čmeláci měli naopak vliv pozitivní.

Ačkoliv existují patrné rozdíly v zastoupení jednotlivých druhů mezi sběry ze žlutých misek a výsledky individuálního pozorování (např. podhodnocení výskytu včely medonosné ve sběrech z misek oproti transektovému pozorování), lze zobecnit, že zjištěné druhové spektrum blanokřídlých opylovačů jetele je velmi uniformní – ve sběrech převažovali jedinci *A. mellifera*, čmeláci tvořili v závislosti na použité metodě cca. 5 – 7% celkové abundance zástupců blanokřídlých opylovačů. Zjistil jsem výskyt pouze šesti druhů čmeláků s výraznou převahou eurytopních druhů potravních generalistů s krátkým sosákem, což velmi dobře koresponduje s trendem poklesu diverzity (Holzschuh et al., 2007; Ekroos et al., 2010;

Hodgson et al., 2010) i abundancí opylovačů (Dafni & O'Toole, 1994) v intenzivní zemědělské krajině mnoha států Evropy, Severní Americe i dalších částech Země (Goulson et al., 2008; Inoue et al., 2008; Cameron et al., 2011).

V předkládané bakalářské práci se mi podařilo doložit existenci předpokládaného trendu poklesu výnosu osiva jetele lučního (*Trifolium pratense*) směrem od okrajů ke středu pole. Ačkoliv na základě existujících dat dosud nelze tento trend spolehlivě vysvětlit, je zřejmé, že se na něm průkazně podílí abundance larev nosatčíka *Protapion apricans*, coby významného predátora semen jetele, stejně jako přítomnost a abundance čmeláků (*Bombus* spp.), ne však dominantní včely medonosné. Na mé experimentální lokalitě pak výnos korespondoval s výskytem čmeláka lučního (*B. pratorum*).

V každém případě se na základě zjištěných výsledků jeví jako výhodnější k produkci osiva zakládat menší plochy s kulturou jetele s proporcčně větším zastoupením okrajů, kde byla produkce semen nejvyšší.

6. Seznam použité literatury

- Aizen, M. & Harder, L. (2009). The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, vol. 19(issue 11), 915-918.
- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J. et al. (1998). The Potential Consequences of Pollinator Declines on the Conservation of Biodiversity and Stability of Food Crop Yields. *Conservation Biology*, vol. 12(issue 1), 8-17.
- Alston, D., Tepedino, V., Bradley, B., Toler, T., Griswold, T. & Messinger, S. (2007). Effects of the Insecticide Phosmet on Solitary Bee Foraging and Nesting in Orchards of Capitol Reef National Park, Utah. *Environmental Entomology*, vol. 36(issue 4), 811-816.
- Beekman, M. & Ratnieks, F. (2000). Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology*, vol. 14(issue 4), 490-496.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. & Weibull, A. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, vol. 42(issue 2), 261-269.
- Benton, T., Vickery, J. & Wilson, J. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?, vol. 18(issue 4), 182-188.
- Bílá, K., Šipoš, J., Kindlmann, P. & Kuras, T. (2016). Consequences for selected high-elevation butterflies and moths from the spread of *Pinus mugo* into the alpine zone in the High Sudetes Mountains. *PeerJ*, vol. 4, e2094.
- Blažek, P. (ed.) & Kubálek, M. (ed.). (2008). *Kolektivizace venkova v Československu 1948-1960 a středoevropské souvislosti*. V Praze: Česká zemědělská univerzita.
- Bobbink, R., Hornung, M. & Roelofs, J. (1998). The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology*, vol. 86(issue 5), 717-738.
- Bouwman, A., Van Vuuren, D., Derwent, R. & Posch, M. (2002). A global analysis of acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 141(1/4), 349-382.
- Brittain, C., Vighi, M., Bommarco, R., Settele, J. & Potts, S. (2010). Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology*, vol. 11(issue 2), 106-115.
- Cameron, S., Lozier, J., Strange, J., Koch, J., Cordes, N., Solter, L. & Griswold, T. (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108(issue 2), 662-667.
- Campbell, J. & Hanula, J. (2007). Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, vol. 11(issue 4), 399-408.

- Carvell, C., Roy, D., Smart, S., Pywell, R., Preston, C. & Goulson, D. (2006). Declines in forage availability for bumblebees at a national scale. *Biological Conservation*, vol. 132(issue 4), 481-489.
- Cox-Foster, D. & van Engelsdorp, D. (2009). Saving the Honeybee. *Scientific American*, vol. 300(issue 4), 40-47.
- Cresswell, J., Osborne, J. & Bell, S. (2002). A model of pollinator-mediated gene flow between plant populations with numerical solutions for bumblebees pollinating oilseed rape. *Oikos*, vol. 98(issue 3), 375-384.
- Cresswell, J., Osborne, J. & Goulson, D. (2000). An economic model of the limits to foraging range in central place foragers with numerical solutions for bumblebees. *Ecological Entomology*, vol. 25(issue 3), 249-255.
- Částková, L. (2013). *Ovlivnění produkce explantátové kultury Trifolium pratense* (Diplomová práce). Hradec Králové.
- Dafni, A. & O'Toole, C. (1994). Pollination syndromes in the Mediterranean: generalizations and peculiarities. *Plant-animal interactions in Mediterranean-type ecosystems*, 125-135.
- Delaplane, K. & Mayer, D. (2000). *Crop pollination by bees*. New York: CABI.
- Donald, P., Green, R. & Heath, M. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 268(issue 1462), 25-29.
- Droege, S., Tepedino, V., Lebuhn, G., Link, W., Minckley, R., Chen, Q. & Conrad, C. (2010). Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys. *Insect Conservation and Diversity*, vol. 3(issue 1), 15-23.
- Dukas, R. & Waser, N. (1994). Categorization of food types enhances foraging performance of bumblebees. *Animal Behaviour*, vol. 48(issue 5), 1001-1006.
- Dupont, Y., Damgaard, C., Simonsen, V. & Stout, J. (2011). Quantitative Historical Change in Bumblebee (*Bombus* spp.) Assemblages of Red Clover Fields. *PLoS ONE*, vol. 6(issue 9), e25172-.
- Ekroos, J., Heliölä, J. & Kuussaari, M. (2010). Homogenization of lepidopteran communities in intensively cultivated agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, vol. 47(issue 2), 459-467.
- Firbank, L., Petit, S., Smart, S., Blain, A. & Fuller, R. (2008). Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 363(issue 1492), 777-787.
- Free, J. & Williams, I. (1976). Pollination as a factor limiting the yield of field beans (*Vicia faba* L.). *The Journal of Agricultural Science*, vol. 87(issue 02), 395-.
- Gegear, R. & Laverty, T. (2005). Flower constancy in bumblebees: a test of the trait variability hypothesis. *Animal Behaviour*, vol. 69(issue 4), 939-949.
- Ghazoul, J. (2005). Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis, vol. 20(issue 7), 367-373.

- Goulson, D. & Hanley, E. (2004). Distribution and forage use of exotic bumblebees in South Island, New Zealand. *New Zealand Ecological Society*, vol. 28(issue 2), 225-232.
- Goulson, D., Hanley, M., Darvill, B., Ellis, J. & Knight, M. (2005). Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation*, vol. 122(issue 1), 1-8.
- Goulson, D., Lye, G. & Darvill, B. (2008). Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annual Review of Entomology*, vol. 53(issue 1), 191-208.
- Goulson, D. (2003). *Bumblebees: their behaviour and ecology*. Oxford [u.a.]: Oxford Univ. Press.
- Goulson, D. (2010). *Bumblebees: behaviour, ecology, and conservation*. New York: Oxford University Press.
- Gross, M. (2008). Bee gloom deepens. *Current Biology*, vol. 18(issue 23), R1073.
- Gumbert, A. (2000). Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, vol. 48(issue 1), 36-43.
- Hallmann, C., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H. et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, vol. 12(issue 10).
- Harásek, J. (2016). *Společenstva opylovačů svazenky vratičolisté a změny jejich distribuce během dne* (Bakalářská práce). Olomouc.
- Heinrich, B. (2004). *Bumblebee economics*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Hejduk, S. (2012). Jetel luční: rostlina, která změnila evropské zemědělství. *Vesmír*, 91, 642-646.
- Hiron, M., Berg, Å., Eggers, S. & Pärt, T. (2013). Are farmsteads over-looked biodiversity hotspots in intensive agricultural ecosystems?. *Biological Conservation*, vol. 159, 332-342.
- Hodgson, J., Kunin, W., Thomas, C., Benton, T. & Gabriel, D. (2010). Comparing organic farming and land sparing: optimizing yield and butterfly populations at a landscape scale. *Ecology Letters*, vol. 13(issue 11), 1358-1367.
- Hoehn, P., Tschardtke, T., Tylianakis, J. & Steffan-Dewenter, I. (2008). Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 275(issue 1648), 2283-2291.
- Holzschuh, A., Steffan-dewenter, I., Klejn, D. & Tschardtke, T. (2007). Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology*, vol. 44(issue 1), 41-49.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. (2008). Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos*, vol. 117(issue 3), 354-361.
- Inoue, M., Yokoyama, J. & Washitani, I. (2008). Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Conservation*, vol. 12(issue 2), 135-146.
- Inouye, D. (1980). The Terminology of Floral Larceny. *Ecology*, vol. 61(issue 5), 1251-1253.

Jing, S. (2017). *Pollination and Seed Setting of Diploid and Tetraploid Red Clover (Trifolium pratense L.)* (Master's Thesis).

José-María, L., Blanco-Moreno, J., Armengot, L. & Sans, F. (2011). How does agricultural intensification modulate changes in plant community composition?, *vol. 145*(issue 1), 77-84.

Kjærsgaard, T. (2003). A Plant that Changed the World: The rise and fall of clover 1000-2000. *Landscape Research*, *vol. 28*(issue 1), 41-49.

Kjærsgaard, T. (1994). *The Danish Revolution, 1500-1800 an ecohistorical interpretation*. Cambridge [England]: Cambridge University Press.

Kleijn, D., Kohler, F., Baldi, A., Batary, P., Concepcion, E., Clough, Y. et al. (2009). On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *vol. 276*(issue 1658), 903-909.

Kolařík, P. & Rotrekl, J. (2013). Regulation of the abundance of clover seed weevils, *Apion* spp. (Coleoptera: Curculionidae) in a seed stand of red clover (*Trifolium pratense L.*). *Journal of Entomological and Acarological Research*, *vol. 45*(issue 3), 105-109.

Kosior, A., Celary, W., Olejniczak, P., Fijal, J., Król, W., Solarz, W. & Plonka, P. (2007). The decline of the bumble bees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae). *Oryx*, *vol. 41*(issue 01), 79-88.

Krause, J. & Machek, O. (2018). A comparative analysis of organic and conventional farmers in the Czech Republic. *Agricultural Economics (Zemědělská ekonomika)*, *vol. 64*(No. 1), 1-8.

Kulahci, I., Dornhaus, A. & Papaj, D. (2008). Multimodal signals enhance decision making in foraging bumble-bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *vol. 275*(issue 1636), 797-802.

Landis, D. (2017). Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*, *vol. 18*, 1-12.

Legendre, P. & Anderson, M. (1999). Distance-based redundancy analysis: Testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs*, *vol. 69*(issue 1), 1-24.

Lokoč, R. & Lokočová, M. (2010). *Vývoj krajiny v České republice*. Brno: Lipka - školské zařízení pro environmentální vzdělávání.

Long, S. (1989). Rhizobium-legume nodulation: Life together in the underground. *Cell*, *vol. 56*(issue 2), 203-214.

Löw, J. & Míchal, I. (2003). *Krajinný ráz*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce.

Lundin, O., Rundlöf, M., Smith, H. & Bommarco, R. (2016). Historical change and drivers of insect pest abundances in red clover seed production, *vol. 233*, 318-324.

Mänd, M., Mänd, R. & Williams, I. (2002). Bumblebees in the agricultural landscape of Estonia, *vol. 89*(1-2), 69-76.

Matoušek, V. (2010). *Čechy krásné, Čechy mé: proměny krajiny Čech v době industriální*. Praha: Kriegl.

- Ma, Y., Gao, Z., Dang, Z., Li, Y. & Pan, W. (2012). Effect of temperature on the toxicity of several insecticides to *Apolygus lucorum* (Heteroptera: Miridae). *Journal of Pesticide Science*, vol. 37(issue 2), 135-139.
- Mazalová, M., Šipoš, J., Rada, S., Kašák, J., Šarapatka, B. & Kuras, T. (2015). Responses of grassland arthropods to various biodiversity-friendly management practices: Is there a compromise?. *European Journal of Entomology*, 734-746.
- Memmott, J. (1999). The structure of a plant-pollinator food web. *Ecology Letters*, vol. 2(issue 5), 276-280.
- Moericke, V. (1951). Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pflanzblattlaus. *M. ersicae (Sulz)*. — *Nachrbl. Dt. Pflzschutzd*, 3, 23-24.
- Mohamad, R., Verrastro, V., Cardone, G., Bteich, M., Favia, M., Moretti, M. & Roma, R. (2014). Optimization of organic and conventional olive agricultural practices from a Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing perspectives. *Journal of Cleaner Production*, vol. 70, 78-89.
- Obeso, J. (1992). Geographic distribution and community structure of bumblebees in the northern Iberian peninsula. *Oecologia*, vol. 89(issue 2), 244-252.
- Ollerton, J., Winfree, R. & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, vol. 120(issue 3), 321-326.
- Osborne, J., Williams, I. & Corbet, S. (2015). Bees, Pollination and Habitat Change in the European Community. *Bee World*, vol. 72(issue 3), 99-116.
- Paton, A., Brummit, J., Govaerst, R., Harman, K., Hinchcliffe, S., Allkin, B. & Lughadha, E. (2008). Towards target 1 of the global strategy for plant conservation: a working list of all known plant species - progress and prospects. *Taxon*. 57:, 602-611.
- Perlík, M. (2017). *Vliv barvy na efektivitu Moerickeho pastí v kontextu rostlinné nabídky a environmentálních faktorů okolí pastí* (Diplomová práce). České Budějovice.
- Peterson, A., Furgala, B. & Holdaway, F. (1960). Pollination of Red Clover in Minnesota¹. *Journal of Economic Entomology*, vol. 53(issue 4), 546-550.
- Plesník, J. & Staňková, J. (2001). *Status of biological resources and implementation of the convention on biological diversity in the Czech republic: first report*. Prague, 72s: Ministry of the Environment of the Czech Republic.
- Potts, S., Biesmeijer, J., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers, vol. 25(issue 6), 345-353.
- Prado, S., Ngo, H., Florez, J. & Collazo, J. (2017). Sampling bees in tropical forests and agroecosystems: a review. *Journal of Insect Conservation*, vol. 21(5-6), 753-770.
- Ptáček, V. (2013). U nás žijící druhy čmeláků: Včelařství. *ČSV*, 66(3), 110.
- Rasmont, P. (1995). How to restore the apoid diversity in Belgium and France? Wrong and right ways, or the end of protection paradigm!: Changes in Fauna of Wild Bees in Europe, 53-64.

- Rod, J., Hluchý, M., Zavadil, K., Prášil, J., Somssich, I. & Zacharda, M. (2005). *Obrazový atlas chorob a škůdců zeleniny střední Evropy: ochrana zeleniny v integrované produkci včetně prostředků biologické ochrany rostlin*. Brno: Biocont Laboratory ve spolupráci se Semo Smržice, 392s.
- Rotrekl, J. (2002). Škůdci jetelovin [Online]. In *Úroda*.
- Stanghellini, M., Ambrose, J. & Schultheis, J. (2015). Diurnal activity, floral visitation and pollen deposition by honey bees and bumble bees on field-grown cucumber and watermelon. *Journal of Apicultural Research*, vol. 41(1-2), 27-34.
- Steffan-Dewenter, I., Potts, S. & Packer, L. (2005). Pollinator diversity and crop pollination services are at risk, vol. 20(issue 12), 651-652.
- Stephen, W. P., & Rao, S. (2005). Unscented Color Traps for Non-Apis Bees (Hymenoptera: Apiformes). *Journal Of The Kansas Entomological Society*, 78(4), 373-380.
- Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N., Herzon, I., van Doorn, A. et al. (2009). Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *Journal of Environmental Management*, vol. 91(issue 1), 22-46.
- Šmilauer, P. & Lepš, J. (2014). *Multivariate analysis of ecological data using Canoco 5*. New York: Cambridge University Press.
- Šrámková, A. & Benda, D. (2016). *Druhová diverzita žahadlových (Hymenoptera: Aculeata) v nektarodárném biopásu: srovnání tří entomologických metod, 22 s.: Blanokřídli v českých zemích a na Slovensku XII. Sborník abstraktů z konference konané 10. až 12. června 2016 v Horce nad Moravou*.
- Tuck, S., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L., Bengtsson, J. & McKenzie, A. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, vol. 51(issue 3), 746-755.
- Tuell, J. & Isaacs, R. (2009). Elevated pan traps to monitor bees in flowering crop canopies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 131(issue 1), 93-98.
- Upton, M., Hastings, A. & Mantle, B. (2010). *Methods for Collecting, Preserving and Studying Insects and Other Terrestrial Arthropods*. Canberra: Australian Entomological Society.
- van der Sluijs, J., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L., Bijleveld van Lexmond, M., Bonmatin, J., Chagnon, M. et al. (2015). Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22(issue 1), 148-154.
- Walther-Hellwig, K. & Frankl, R. (2000). Foraging distances of *Bombus muscorum*, *Bombus lapidarius* and *Bombus terrestris* (Hymenoptera, Apidae). *Journal of Insect Behavior*, (13), 239-246.
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. (2006). Bumblebees experience landscapes at different spatial scales: possible implications for coexistence. *Oecologia*, vol. 149(issue 2), 289-300.

Whitehorn, P., O'Connor, S., Wackers, F. & Goulson, D. (2012). Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science*, vol. 336(issue 6079), 351-352.

Williams, P. H., & Osborne, J. L. (2009). Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*, 40(3), 367-387.

Willmer, P., Bataw, A. & Hughes, J. (1994). The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to raspberry flowers. *Ecological Entomology*, vol. 19(issue 3), 271-284.

Wilson, J., Griswold, T. & Messinger, O. (2008). Sampling Bee Communities (Hymenoptera: Apiformes) in a Desert Landscape. *Journal of the Kansas Entomological Society*, vol. 81(issue 3), 288-300.

Winfree, R. (2008). Pollinator-Dependent Crops: An Increasingly Risky Business. *Current Biology*, 18(20), R968-R969.

7. Internetové zdroje

ub: OOP k územnímu plánu Bánov: Textová část - odůvodnění. (2012) [Internet]. Retrieved 2018-04-06, from <http://www.ub.cz/dokumenty/3259>

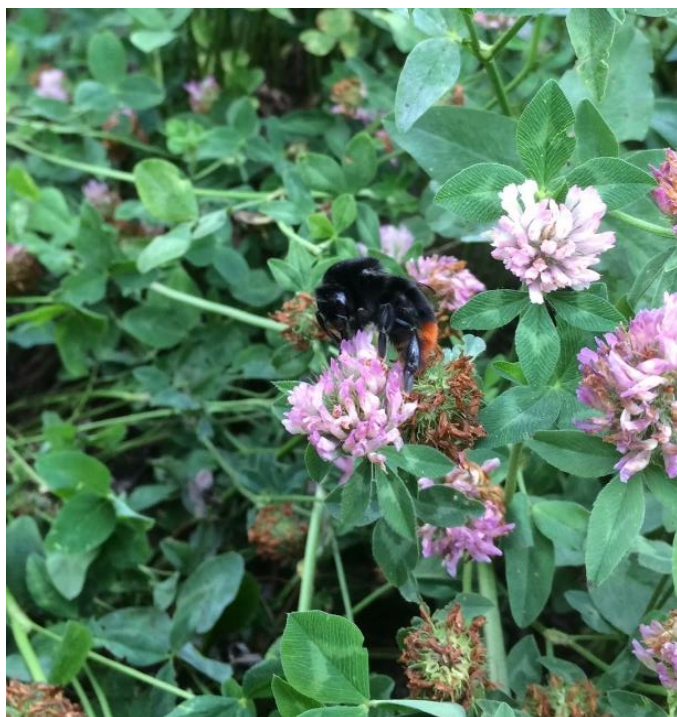
8. Přílohy

Příloha 1: Hodnoty výnosu jetele [g] na jednotlivých částech transektu

Transekt	Bod transektu	Výnos [g]	Transekt	Bod transektu	Výnos [g]
TA	1	20,9	TB	1	37,9
TA	2	22	TB	2	23,2
TA	3	23,3	TB	3	22,1
TA	4	28,1	TB	4	17,1
TA	5	28	TB	5	20,5
TA	6	28	TB	6	19,3
TA	7	22,2	TB	7	18
TA	8	20,5	TB	8	28,6
TA	9	18,6	TB	9	43,5
TA	10	9,7	-	-	-
TA	11	32,7	-	-	-
TA	12	25,3	-	-	-
TA	13	19,8	-	-	-
TA	14	33,9	-	-	-
TA	15	33,7	-	-	-
TA	16	37,3	-	-	-
TA	17	32,9	-	-	-
TA	18	28,2	-	-	-



Příloha 2: Moerickeho miska instalovaná na kvetoucí kultuře jetele lučního



Příloha 3: Čmelák skalní (*B. lapidarius*) sedící na hlávce jetele lučního



Příloha 4: Sušení vzorků jetele ve vzdušných půdních prostorech rodinné chaty



Příloha 5: Prosívání semen jetele na jemném sítu v podniku DLF-TRIFOLIUM Hladké Životice, s.r.o.