

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra ochrany rostlin



**Studium faktorů ovlivňujících návštěvnost opylovačů
v porostu slunečnice**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Martin Král

Vedoucí práce: Ing. Jan Kazda, CSc.

Konzultant: Ing. Martina Volková

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Studium faktorů ovlivňujících návštěvnost opylovačů v porostu slunečnice" jsem vypracoval 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. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne: 13. dubna 2017

.....

podpis autora práce

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Janu Kazdovi, CSc. za poskytnutí příležitosti podílet se na tomto výzkumu a za konzultace a odborné rady. Dále bych velice rád poděkoval Ing. Martině Volkové za četné konzultace a odborné rady v průběhu realizace této diplomové práce.

Studium faktorů ovlivňujících návštěvnost opylovačů v porostu slunečnice

Souhrn

Do porostu olejnin je během roku aplikováno velké množství pesticidních přípravků na ochranu rostlin, aby se zabránilo ztrátám způsobených škůdci. Mnoho studií se v minulosti zabývalo toxicitou a nebezpečím účinných látek na opylovače, avšak málo studií se věnuje jejich potencionální atraktivitě či repelenci.

Hlavním cílem této práce bylo ověřit na odrůdových a pesticidních pokusech se slunečnicí roční, zda je možné pozorovat rozdíly v distribuci vybraných opylovačů (čmeláci, včela medonosná, samotářské včely) v závislosti na pěstování rozdílných odrůd, nebo aplikaci rozdílných pesticidů. Do odrůdového pokusu byly zařazeny hybridní odrůdy: ES Biba, Gonzalo, Drake, Vellox, NK Neoma a P63LE10. Do pesticidního pokusu byly zařazeny tyto pesticidy (s účinnými látkami): Bumper Super (prochloraz, propiconazol), Pirimor 50 WG (pirimicarb), Pictor (boscalid, dimoxystrobin), Mospilan 20 SP (lambda cyhalotrin) a Topsin® 500 SC (thiophanate-methyl).

V odrůdovém pokusu bylo zjištěno, že nejatraktivnější hybridní odrůdou u čmeláků byla odrůda NK Neoma a nejméně atraktivní odrůda Gonzalo. U medonosných včel nejatraktivnější odrůdou byla odrůda P63LE10 a nejméně atraktivní byla odrůda NK Neoma. Odrůda P63LE10 byla také nejatraktivnější pro samotářské včely, pro které byla nejméně atraktivní odrůda Vellox.

V pesticidním pokusu bylo zjištěno, že nejatraktivnější variantou byla pro čmeláky varianta ošetřená Pictorem a nejméně atraktivní varianta ošetřená Mospilanem 20 SP. V případě medonosných včel byla naopak nejatraktivnější varianta ošetřená Mospilanem 20 SP a nejméně atraktivní varianta ošetřená Karatem Zeon 5 CS. Pro samotářské včely byla nejatraktivnější varianta ošetřená Topsinem M® 500 SC a nejméně atraktivní varianta ošetřená Pictorem. V rámci pesticidního pokusu byl v práci hodnocen vztah mezi poklesem účinných látek a návštěvností čmeláků.

Klíčová slova: slunečnice roční, pesticidy, včela medonosná, čmeláci, samotářská včela

The study of factors affecting visiting pollinators in sunflower crop

Summary

Large amounts of pesticides are applied to oilseed plants throughout the year to prevent losses caused by pests. Many past studies focused on risk and toxicity of active substances to pollinators whereas very few looked into pesticide's potential attractivity or repellency.

The main goal of this study was to verify possible differences in the distribution of specific pollinators (bumblebees, honeybee and solitary bees) making use of different varieties of sunflower and using various kinds of pesticides. The following varieties of sunflower were used for the variety experiment: ES Biba, Gonzalo, Drake, Vellox, NK Neoma and P63LE10. The following pesticides (with active substances) were used for the pesticide experiment: Bumper Super (prochloraz, propiconazol), Pirimor 50 WG (pirimicarb), Pictor (boscalid, dimoxystrobin), Mospilan 20 SP (lambda cyhalotrin) a Topsin ® 500 SC (thiophanate-methyl).

The variety experiment revealed that the most attractive hybrid variety for bumblebees was NK Neoma and the least attractive was Gonzalo. For honeybees the most attractive variety was P63LE10 and the least attractive was NK Noema. The P63LE10 variety was also the most attractive for solitary bees, for which the least attractive was the Vellox variety.

The pesticide experiment revealed that for bumblebees, the most attractive was variant with application of Pictor and the least attractive was variant with Mospilan 20 SP. For honeybees the most attractive was variant with application of Mospilan 20 SP and the least attractive was variant with application of Karat Zeon 5 CS. In the case of solitary bees, Topsin M ® 500 SC has proven to be the most attractive pesticide application and the least attractive was variant with Pictor. For this experiment, the relationship between the decrease of active substances and the number of visiting bumblebees was evaluated.

Key words: sunflower, pesticides, honeybee, bumblebees, solitary bee

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	9
2.1	Hypotéza	9
2.2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Olejníny.....	10
3.2	Slunečnice roční.....	10
3.2.1	Historie a rozšíření	10
3.2.2	Botanická a biologická charakteristika	11
3.2.3	Typy slunečnice	12
3.2.4	Hospodářský význam.....	12
3.2.5	Vývoj šlechtění	13
3.2.5.1	Hybridy slunečnice	13
3.2.6	Agrotechnika slunečnice	15
3.2.6.1	Výživa slunečnice	16
3.2.7	Choroby a škůdci v době květu.....	16
3.2.8	Vztah slunečnice a opylovačů.....	18
3.3	Opylovači	20
3.3.1	Včely (<i>Apoidea</i>)	21
3.3.1.1	Samotářské včely	22
3.3.2	Čmeláci (<i>Bombini</i>)	22
3.3.3	Přízpůsobení opylovačů na opylení rostliny	23
3.3.4	Volba rostliny	25
3.3.4.1	Stáří rostliny	25
3.3.4.2	Pohlaví rostliny	26
3.3.4.3	Barva květu	26
3.3.4.4	Tvar květu	27
3.3.4.5	Velikost květu	27
3.3.4.6	Vůně	27
3.3.4.7	Kvalita pylu.....	28

3.4	Pesticidy	28
3.4.1	Legislativa	29
3.4.2	Fungicidy	30
3.4.3	Insekticidy	33
3.4.4	Vliv pesticidů na opylovače	36
3.4.5	Vliv pesticidů na rostliny	38
4	Metodika	40
4.1	Popis lokality a průběh počasí	40
4.2	Sledování opylovačů na odrůdových a pesticidních pokusech	40
4.3	Chemické rozborů	42
5	Výsledky	43
5.1	Vliv odrůd slunečnice roční na návštěvnost opylovačů	43
5.2	Vliv pesticidních přípravků na návštěvnost opylovačů	46
5.3	Korelace mezi návštěvností opylovačů na pesticidně ošetřených variantách a množstvím reziduí v květu	53
6	Diskuse	57
6.1	Odrůdový pokus	57
6.2	Pesticidní pokus	57
6.2.1	Změna množství účinných látek pesticidů	60
7	Závěr	61
8	Seznam použité literatury	62
9	Seznam grafů	80
10	Seznam tabulek	81
11	Přílohy	82

1 Úvod

Slunečnice roční (*Heliantus annuus* L.) je v rámci České republiky po řepce olejce (*Brassica napus* L. subsp. *napus*) druhou nejvýznamnější olejninou. Mnohostranný užitek této plodiny umožňuje velice široké uplatnění, avšak pěstební plochy oproti minulým rokům značně klesly a dosahovaly v marketingovém roce 2015/16 15,5 tis. ha. V České republice je slunečnice roční pěstována jako okrajová olejнина.

Do porostu olejnin je během roku aplikováno velké množství pesticidních přípravků na ochranu rostlin, aby se zabránilo ztrátám způsobených škůdci. Slunečnice roční je plodinou citlivou na aplikaci pesticidních přípravků zejména v období květu, kdy je navštěvována na opylujícím hmyzem, zejména pak čmeláky a medonosnými včelami.

Aplikace pesticidů je v současné době ožehavým tématem, kdy se největší úhyn včelstev přisuzuje právě nesprávnému použití pesticidních přípravků, ať už se jedná o špatnou manipulaci, nebo aplikaci v nevhodné době. Prioritou je provádět všechna dostupná ochranná opatření a dodržovat legislativní předpisy tak, aby se zamezilo nepříznivým vlivům pesticidům na necílové organismy, mezi které patří hlavně žádoucí opylovači. Vzhledem ke škodlivosti pesticidů vůči opylovačům, se obecně stále stává zajímavější myšlenka, přidávat repelentní sloučeniny do přípravků, čímž by došlo k odrazení opylovačů od ošetřených plodin.

V současné době existuje mnoho studií, které se zabývají vlivem pesticidů na necílové organismy s největším zájmem o vliv na opylovače, zejména pak na včelu medonosnou. Studie se ve valné většině případů zabývají nebezpečím a toxicitou účinných látek obsažených v přípravcích, avšak studií ohledně atraktivity a repelence těch účinných látek, je v současné době velice málo, a jedná se vesměs o málo prostudované téma. V rámci kontroly hmyzu, včetně včel, jsou zvláště žádoucí kromě insekticidních repelentů také netoxické repelenty.

Předmětem této diplomové práce bylo ověřit v polních podmínkách atraktivitu jednotlivých hybridů slunečnice roční. Druhým úkolem bylo zjistit, zda pesticidní ošetření mohou na opylovače působit jako atraktanty nebo repelenty.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Hypotéza

Opylovači (včely, čmeláci, samotářské včely) při opylování slunečnice vyhledávají přednostně některé odrůdy. Rovněž aplikace pesticidů ovlivňuje návštěvnost porostů a opylování slunečnice včelami, čmeláky a samotářskými včelami.

2.2 Cíl práce

Cílem práce je ověřit na maloparcelkových odrůdových a pesticidních pokusech se slunečnicí rozdíly v distribuci včel.

3 Literární rešerše

3.1 Olejníny

Olejníny jsou plodiny, které obsahují olej v semenech nebo v plodech, popřípadě v jiných orgánech, který je možné průmyslově extrahovat v rentabilním množství. Zbytky semen, které zůstávají po extrakci oleje, lze využít ke krmným účelům ve formě extrahovaných šrotů nebo výlisků (Zimolka, 2000). Celkový počet olejin lze odhadovat na několik tisíc, z nichž praktický význam má zhruba 100 druhů. Mezi nejvýznamnější světové olejníny se řadí sója (*Glycine max* L.), řepka (*Brassica napus* L.), podzemnice olejná (*Arachis hypogaea*), slunečnice (*Helianthus* L.), palma olejná (*Elaeis guineensis*), či bavlník (*Gossypium*), z hlediska Evropy to pak jak je především řepka, slunečnice, nebo sója. V České republice mezi hlavní olejníny patří druhy rodu *Brassica*, především řepka ozimá a řepka jarní, hořčice bílá (*Sinapis alba* L.), hořčice sareptská (*Brassica juncea* L.), mák setý (*Papaver somniferum* L.) a slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.).

3.2 Slunečnice roční

3.2.1 Historie a rozšíření

Pěstování slunečnice má dlouhou a náročnou historii počínající v severní Americe a posléze postupující dále do Evropy, odkud se na konci 19. století znovu navrátila do Ameriky. Její počátky můžeme datovat v dobách 3000 let před n. l., kdy byla pravděpodobně využívána pro svůj dekorativní vzhled, různou barvu semen, chuť semen a také pro své velké množství biomasy, která se využívala jako stavební materiál. Španělé zavezli slunečnici do Evropy okolo roku 1500 jako dekorativní rostlinu používanou i v medicíně. V roce 1716 byl udělen anglický patent na lisovaný olej ze slunečnice a její význam dále rostl v 18. století, a to díky Petru Velikému. Poté dochází v roce 1830 k velké produkci oleje, s čímž začala růst také popularita slunečnice a ke konci 19. století jí ruští farmáři pěstovali na více než 810 tisíc hektarech. Tou dobou se ‚ruská‘ slunečnice vlivem migrujících lidí dovezla zpátky do Ameriky, kde došlo k jejímu komerčnímu využití na siláž pro drůbež, a v roce 1926 vznikl první závod na výrobu oleje, který byl následován počátkem šlechtitelských programů, kvůli významným nutričním hodnotám. Zájem o slunečnicový olej vedl k nárůstu pěstovaných ploch a v polovině 70. let minulého století díky novým hybridům narůstají výnosy, olejnatost a také rezistence k chorobám. Ke konci 70. let narůstají požadavky na nutričně kvalitní slunečnicový olej i v Evropě, což vyžaduje nutnost vlastní produkce (Zukalová *et al.*, 2009). Největšími světovými

producenty slunečnice v letech 2015/2016 byli Ukrajina, Rusko, Argentina, Spojené státy Americké a Čína. V rámci Evropské unie je to pak Rumunsko, Bulharsko a Maďarsko. Mezi další výrazné Evropské pěstitele patří Francie, Španělsko, Itálie, Řecko a Slovensko.

3.2.2 Botanická a biologická charakteristika

Slunečnice patří do čeledi hvězdnicovité (*Asteraceae*). Rod *Helianthus* je zastoupen zhruba 260 druhy po celém světě a to jak jednoletými, tak i víceletými. Nejrozšířenějším zástupcem tohoto rodu je uváděn kulturní jednoletá slunečnice roční a slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), které mají v našich podmínkách největší význam pro zemědělství (Salunkhe, 1992). Slunečnice je řazena mezi rostliny jednoleté. Jedná se o bylinu s hrubými chlupy, mohutným kulovým kořenem a s velmi větvenou kořenovou soustavou, která běžně sahá do hloubky 2 – 3 metrů (Málek *et al.*, 2005), což zvyšuje její odolnost vůči suchu. Lodyha slunečnice je značně široká s proměnlivou výškou v závislosti na typu odrůdy. Olejné typy mají charakteristickou délku lodyhy 40 – 200 cm, u okrasných a silážních typů může dosahovat až 5 metrů. Větvení lodyhy je jednoduchá s možným výskytem řídkého větvení na vrcholu. Stonková báze se pohybuje mezi 3 – 7 cm. (Kováčik, 2000).

Listy jsou dlouze řapíkaté bez palistů a jsou střídavého charakteru s výjimkou spodních listů, které jsou formovány vstřícně. Čepel listů je srdčitě vejčitá až do trojúhelníkovitého tvaru se špičkou na konci. Počet listů s pilovitým okrajem se pohybuje mezi 20 – 30. Lodyhy a listy mají schopnost heliotropismu, což je schopnost rostliny otáčet se za světlem. Tento jev vede k tomu, že se lodyha v období mezi založením poupěte a začátkem kvetení, obrací svým vrcholem za sluncem. Takovýto pohyb je pozorován také u listů, které stácejí největší část čepele ke slunci, což přispívá také k omezení růstu plevelů. Heliotropismus je pozorován pouze u mladých částí rostliny, které tento pohyb vykazovat přestanou po vstupu do fáze kvetení (Baranyk *et al.*, 2010).

Květy vytvářejí květenství ve tvaru úboru s průměrem mezi 5 – 75 cm. Úbor je umístěn na lůžku, které má rozmanité tvary. Pro slunečnici jsou typickým znakem dva druhy květů. Ve středu se tvoří oboupohlavné trubkovité květy, jejichž počet se odhaduje mezi 500 – 8000 s proteandrickým charakterem. Na okraji se nacházejí jazykovité sterilní květy, které lákají opylovače (Málek *et al.*, 2005). Pro začátek kvetení je zapotřebí krátkého dne, při čemž k otevření všech květů dochází z pravidla za 5 – 10 dní. Kvetení u hybridních odrůd je velmi jednotné, kdy se u 80 – 90 % květy otevírají do 3 – 4 dnů (Cerkal *et al.*, 2011). Plodem je jednosemenná nepukavá nažka. Do konečné velikosti dorůstá 14 dní po oplození. Nažka je složena z perikarpu, pod kterým je uloženo olejnaté semeno. Největší nažky vyrůstají na kraji

úboru a ve středu se pak nachází nažky nejméně vyvinuté (Baranyk *et al.*, 2010). Semeno, které vyplňuje vnitřní prostor nažky, je složeno z osemení, endospermu a embrya (Kováčik, 2000).

3.2.3 Typy slunečnice

Slunečnice roční se postupem let způsobem šlechtění formoval do několika typů, které se v současnosti dělí následujícím způsobem:

1. Formu semennou
 - a. Typ olejný
 - i. S vysokým obsahem kyseliny olejové
 - ii. S vysokým obsahem kyseliny linolové
 - b. Typ cukrářský
2. Formu silážní
3. Formu okrasnou
 - a. Typ plnokvětý (ornamentální) (Tauférová *et al.*, 2014)

Pro olejný typ jsou charakteristické nažky střední velikosti se slabou slupkou s vyšším obsahem oleje. Jedná se o celosvětově nejrozšířenější typ slunečnice, který se pěstuje za účelem lisování kvalitního oleje. Pod olejný typ spadají hybridy se zvýšeným podílem kyseliny olejové, tzv. *high oleic*, jež dosahují až 95% obsahu. Typ cukrářský má větší nažky s vyšší slupkatostí (28 – 32 %), nižším obsahem oleje (32 – 38 %) a zároveň vyšším obsahem cukrů i bílkovin (až 38 %). Jedná se o méně rozšířený typ slunečnice, který se využívá pro přímý konzum, či jako přídatek do pečiva. Silážní typ je v současné době používán omezeně, ale dříve měl svůj význam jako krmivo pro hospodářská zvířata. (Úroda, 3/2006).

3.2.4 Hospodářský význam

Význam slunečnice roční spočívá především v získávání vysoce kvalitního, dieteticky hodnotného oleje, využívaného jako technického nebo stolního oleje. Hlavním produktem pěstování slunečnice jsou nažky, které jsou v celosvětovém měření druhým nejvýznamnějším zdrojem pro výrobu oleje, vynikajícího výbornými dietetickými vlastnostmi. Užitek slunečnice je však mnohostrannější. Slunečnice se pěstuje také jako krmná plodina (např. extrahované šrotky), nebo plodina na zelené hnojení. Opodstatnění pěstování slunečnice zvyšuje i vhodnost jejího použití jako náhradní plodiny při plošných zaorávkách vymrzlých ozimů a ozimé řepky (Syngenta, 2012).

Hlavními komponenty vytváření výnosu slunečnice roční je počet nažek na rostlinu, váha jedné nažky a procentuálně podíl oleje v suché nažce.

V současnosti slunečnice podobně jako ve světovém měřítku je i v ČR druhou nejvýznamnější olejninou s vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin, významným zdrojem mnoha vitaminů, minerálů a antioxidantů, které jsou potřebné pro udržení zdraví a na druhé straně poměrně nepatrným obsahem antinutričních látek. V současné době je velmi zajímavý a žádaný olejový typ s obsahem kyseliny olejové nad 82 % a se středním obsahem kyseliny olejové (Zukalová *et al.*, 2009).

3.2.5 Vývoj šlechtění

Za posledních sto let přineslo šlechtění zvýšení produktivity rostlinné produkce přibližně o 50 %. V posledních dekadách se zvýšil význam šlechtění a to především v rozvinutých zemích, kde již není možné výrazně zvyšovat vstupy (Smutná, 2016). Vysoký výnosový potenciál mnoha současných odrůd byl dosažen pomocí hybridního šlechtění. Hybridní odrůdy vznikají řízeným křížením 2, 4 nebo více rodičovských komponent s dobrou kombinační schopností, kdy dojde k dosažení heteroze. Heterozní efekt, který byl objeven v roce 1763 německým botanikem J. G. Kölreuterem, je biologický jev, projevující se vyšší zdatností, vitalitou a produkční schopností F1 hybridů po zkřížení geneticky vzdálených rodičovských komponent s dobrou kombinační schopností. Hybridní odrůdy je možné rozdělit následujícím způsobem

- a. Meziodrůdové
- b. Meziliniové
- c. Odrůdoliniové, linioodrůdové
- d. Směsi F1 hybridů

Meziodrůdové hybridy vznikají křížením odrůd s dosažením heteroze 10 – 15 %. Meziliniové hybridy jsou nejčastějším typem hybridů, které vznikají po křížení linií s ověřenou kombinační schopností a heterozním efektem dosahujícím 25 – 40 % v závislosti na kvantitativním znaku. Odrůdoliniové a linioodrůdové hybridy vznikají křížením odrůd a linií. Využití smíšených F1 hybridů je především jako okrasné rostliny (Skupinová *et al.*, 2003).

3.2.5.1 Hybridy slunečnice

Oproti běžným odrůdám slunečnice dosahují hybridy vlivem heterozního efektu vyššího výnosu o 30 – 40 % a vyššího obsahu oleje, při vysoké morfologické vyrovnanosti. Morfologicky se hybridy liší v podílu slupky (22 – 29 %) s výjimkou cukrářského typu, který má slupkovitost vyšší (32 – 38 %) a zároveň bílé nebo pruhované nažky. Dále se hybridy liší ve výšce porostu, velikosti a postavení úboru, hmotnosti nažky. Rannější hybridy mají

vzhledem ke kratší vegetační době nižší produktivitu, oproti hybridům polopozdním. K nevýhodám hybridů patří náročnější způsob udržování a množení odrůd a pro pěstitele také nutnost používat pouze první generaci finálního hybridu (Smutná, 2016).

K roku 1999 bylo v České republice registrováno v listině povolených odrůd celkem 27 hybridů slunečnice (Kováčik, 2000) a v současnosti je ve Státní odrůdové knize zapsáno 26 dvouliniových hybridů. Výnosy hybridů se běžně pohybují od 1,5 - 4 t/ha v závislosti na podmínkách prostředí a technologické kázní. Při pokusech Povolného a Hampla (2015) v letech 2012 – 2014 dosahovaly průměrné výnosy nažek u velmi raných hybridů 4,28 t/ha, u raných hybridů 4,39 t/ha a u středně raných hybridů 3,93 t/ha. Výnos oleje u velmi raných hybridů byl 2,01 t/ha, u raných hybridů 2,02 t/ha a u středně raných hybridů 1,81 t/ha.

Pěstitelské plochy dosahovaly v marketingovém roce 2014/15 v České republice 18,6 tis. ha s průměrným výnosem nažek 2,27 t/ha, v roce 2015/16 dosahovaly 15,5 tis. ha s průměrným výnosem nažek 2,11 t/ha.

Mezi přední trendy šlechtění patří odolnost slunečnice k plísní slunečnicové (Prugar, 2010). Nejpěstovanějším hybridem v České republice byl v roce 2015 hybrid ES Biba. Šlechtění nových hybridů dává perspektivu úspěšného pěstování slunečnice i v dalších oblastech České republiky. Mezi dnes běžně pěstované hybridy patří:

Drake

Jedná se o velmi raný hybrid vhodný do všech oblastí s velmi vysokým výnosovým potenciálem. Rostliny dosahují střední výšky, jsou velmi odolné k poléhání a lámání úborů, k padlí a ke všem kmenům zárazy. Hybrid se projevuje velmi dobrým zdravotním stavem, vysokým a vysokým obsahem oleje (Štěpánek, 2017).

ES Biba

ES Biba je raný hybrid vhodný pro pěstování v intenzivních oblastech (především řepařské a kukuřičné) s vysokým výnosovým potenciálem a vynikajícím obsahem oleje. Rostliny vykazují nízký vzrůst a nepoléhavost a vyrovnaný vývoj v průběhu celé vegetace. Hybrid dobře zvládá suché podmínky během celé vegetace a vykazuje velmi dobrý zdravotní stav. ES Biba je rezistentní k novým rasám *Plasmopary* (Štěpánek, 2017).

NK Neoma (Clearfield)

NK Neoma (Clearfield) je imazamox rezistentní verze hybridu NK Brio s normálním typem oleje, který je vhodný pro pěstování v systému Clearfield s použitím herbicidu Listego. Jedná se o středně ranou odrůdu s velmi vysokým výnosem a olejnatostí. Rostliny jsou nižšího vzrůstu a velmi dobře reagují na intenzifikaci a standardní fungicidní ošetření. Hybrid je

tolerantní ke všem dosud známým rasám *Plasmopara halstedii*, s dobrou odolností k bílé plísni slunečnice a červenohnědé skvrnitosti slunečnice (*Diaporthehelianthi*) (Štěpánek, 2017).

P63LE10

Jedná se o raný velmi výnosný hybrid slunečnice vyznačující se velmi vysokým obsahem oleje a výbornou pevností kořenové soustavy. P63LE10 je pěstovaný v typicky teplých oblastech pěstování slunečnice, ale vzhledem k ranosti se také zařazuje do okrajových a chladnějších regionů. Hybrid dosahuje vysoké odolnosti proti sklerotiniové hnilobě stonku a úboru a odolností k hnědočervené skvrnitosti (*Phomopsis*) a dále disponuje výbornou odolností proti herbicidům (Štěpánek, 2017).

Vellox

Vellox je raný, velmi výnosný hybrid s nadprůměrným obsahem oleje (nad 50 %) a vynikajícím zdravotním stavem. Hybrid je odolný vůči 7 rasám plísně slunečnicové, hnědočervené skvrnitosti a dobře odolný vůči bílé hnilobě slunečnice v úboru. Vellox je dále také odolný vůči suchu (Štěpánek, 2017).

3.2.6 Agrotechnika slunečnice

Slunečnice roční je jednou z nejdůležitějších olejnin na světě a to protože nabízí výhodné postavení v osevních postupech z hlediska vysoké adaptability, vhodnosti pro mechanizaci a nízké potřebě opracování. Slunečnice je světově čtvrtá nejrozšířenější olejнина a je kategorizována jako nízká až středně citlivá na suchu (Stone *et al.*, 1996). Záznamů o přesných efektech agronomických technik a zavlažování na kvalitu oleje slunečnic a výnosu nažek je málo, nebo jsou považovány za kontroverzní.

Jedná se o teplomilnou, světlomilnou a suchovzdornou plodinu, jejíž klimatické požadavky jsou srovnatelné s nároky středně raných hybridů kukuřice na zrno, čímž se liší od nejvýznamnější olejnin – řepky. Od druhé poloviny června, až do poloviny září má slunečnice roční největší teplotní požadavky, díky kterým se jí nejlépe daří v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti, pro které jsou charakteristické průměrné roční teploty nad 8 °C a roční srážky 450 – 500 mm. Celkový požadavek slunečnice na teplotní sumu je v rozmezí 1600 – 1700 °C za vegetační dobu 120 – 150 dnů (Kováčik, 1993).

Vysévá se hybridní, kalibrované a mořené osivo, dodávané na výsevní jednotky, kdy jedna výsevní jednotka obsahuje asi 150 tisíc nažek. Pokud slunečnici v osevním postupu předcházela obilnina, pak je provedena podmínka s následnou orbou na 20 – 30 cm, kterou ošetřujeme drobiči hrud, smyky a těžkými branami. Po oschnutí na jaře se provádí smykování a vláčení, kyprá půda se rychle prohřeje, což umožňuje slunečnici rychlé a jednotné vzejití. Před setím dochází často k aplikaci předset'ových herbicidních přípravků. Termín setí má být z pravidla co nejranější, ale s přihlédnutím na optimální požadavky slunečnice pro klíčení (8 – 10 °C) se vysévá v období 10. – 20. dubna, zpravidla po setí cukrové řepy, ale před setím kukuřice. Setí

se provádí do řádků přednostně ve směru sever. Sklizeň slunečnice se provádí tehdy, když nažka dostane charakteristické zabarvení a ztvrdne, tedy od poloviny září do počátku října, kdy se používají mlátičky s upraveným žacím ústrojí (Málek, 2001; Baranyk *et al.*, 2010).

3.2.6.1 Výživa slunečnice

Slunečnice je olejinou velmi náročnou na živiny (Gholamhoeini *et al.*, 2012), a proto ji zařazujeme na půdy úrodné s dostatečnou zásobou humusu, se slabě kyselou až zásaditou půdní reakcí a dobrým obsahem přístupných živin. Výhodou této plodiny je mohutný kořenový systém a dobrá osvojovací schopnost, což umožňuje část živit obstarat i z méně přístupných vazeb. Hlavními prvky, které slunečnice odčerpává, jsou především N, P, zatímco většina Mg, K a Ca se vrací zpět do půdy v podobě slámy a posklizňových zbytků. Dusíkem se nesmí přehnojovat, protože by docházelo ke snižování olejnatosti, zvyšování náchylnosti na choroby a omezoval by se výnos nažek v důsledku bujného vegetativního růstu. Možné je také hnojení chlévským hnojem na podzim v dávkách 20 – 40 t/ha. Slunečnice je velmi citlivá na zasolení půdy, a proto se P, K hnojiva aplikují před podmítkou, nebo se přímo na podzim zaorávají podle předplodiny na hloubku 20 - 30 cm.

Kontrolu výživného stavu porostu provedeme listovou analýzou. Odběr listů provádíme na počátku kvetení (5. - 6. pár listů). K rozboru odebereme 50 - 70 listů pro získání 50 g sušiny. Analyzujeme zvláště listy zdravé a listy "nemocné" (se skrytou nebo mírnou deficiencí) (Richter, 2000).

3.2.7 Choroby a škůdci v době květu

Vysoké riziko z hlediska chorob pro úspěšné pěstování slunečnice představuje bílá hniloba slunečnice (*Sclerotinia sclerotiorum*) a plíseň šedá (*Botrytis cinerea*). Je třeba využít fungicidních postřiků, které jsou z pohledu výnosu, a především kvality zcela nepostradatelné. Česká republika má velmi rozmanité složení mikroklimatu i půd, a proto jsou v porostech slunečnice zjišťovány významné rozdíly mezi výskyty jednotlivých patogenů a v jejich rozdílném infekčním tlaku jak v oblasti Moravy, tak i v oblasti Čech (Málek *et al.*, 2016).

Sclerotinia sclerotiorum

Jedná se o nejběžnější *Sclerotinii* na slunečnici, která je označována jako omnivorní patogen s širokým spektrem hostitelů (Purdy, 1979). *Sclerotinia* napadá všechny části rostliny, ve všech vývojových fázích. Příznaky se liší podle části rostliny, které byla infikována. Pokud dojde k infekci v půdě, dochází k odumírání vzházejících rostlin. Z nadzemních částí nejčastěji askospory infikují listy v úžlabí, při infekci čepele dojde k prorostení řapíkem až do

stonku. Na stonku jsou nejčastějším počátečním příznakem změkklá pletiva se světle žlutou a postupně hnědnoucí skvrnou, která se šíří z místa infekce a při vlhkých podmínkách může být pokryta bílým myceliem. Před počátkem kvetení se projevují primární příznaky v podobě vadnutí. Choroba dále prorůstá lodyhou, kde tvoří bílé mycelium prorůstající i na povrch. Úbory ve vytvořeném květenství jsou malé a často s drobnými, hluchými nažkami. V úboru se později tvoří sklerocia, která dosahují neobvyklé délky 5 cm i více.

Sclerotinia sclerotiorum patří k hospodářsky nejvýznamnějším chorobám slunečnice a v České republice způsobuje vysoké ztráty na výnose i kvalitě produkce. I když se v řadě porostů vyskytují napadené rostliny pouze ojediněle, v některých letech je zaznamenána u 30 – 70 % rostlin v porostu. Fungicidní ochrana se provádí ve fázi 4 – 6 listů (BBCH 14 – 19) a v plném květu (BBCH 65), popřípadě na konci kvetení (BBCH 67 – 69) (Kazda *et al.*, 2008). Registrované fungicidy mají širokospektrální účinek a omezují tedy i ostatní choroby slunečnice s výjimkou plísně slunečnice. Mezi účinné látky proti *Sclerotinii* patří pikoxystrobin, prochloraz, propikonazol, boskalid, dimoxystrobin, prothiokonazol, pyraklostrobin, iprodion, cyprokonazol, thiofanát-methyl. V rámci biologické ochrany je také možné ke snížení zamoření pozemku využít houbu *Coniothyrium minitans*, nebo *Pythium oligandrum*.

***Botrytis cinerea* (anam.) - *Botryotinia fuckeliana* (teleom.)**

Botrytis cinerea je polyfágní patogen, který napadá primárně jemná, poškozená pletiva mnoha druhů rostlin. *Botrytis* napadá všechny části rostliny, ve všech vývojových stádiích. Na semenáčcích a mladých rostlinách do fáze 6 listů, způsobuje měkkou hnilobu listů a stonků, což vede k odumírání rostlin. Při napadení vegetačního vrcholu, nebo poupěte dochází k jejich vyhnití a zaschnutí. Na poškozené rostlině se tvoří boční květenství. V pozdějších vývojových fázích napadení lodyh nezničí za suchého počasí rostlinu celou, ale pouze způsobí zaschnutí částí vodivých svazků. Napadení se projevuje mokravou šedo zelenou skvrnou, která hnědne. Pokud je vlhké počasí, vytváří na napadených částech šedý porost patogenu. Nejčastějším projevem plísně šedé na slunečnici jsou hnědé skvrny na zadní straně květenství, které se můžou vyskytovat po celém povrchu. Pokud k infekci došlo brzy na jaře a vytrvá vlhké počasí, tak se v pokročilém stádiu vytváří sklerocia, která ulpívají na nažkách i na zbytcích napadených rostlin. Na rozdíl od sklerotiniové hniloby slunečnice, nedochází při napadení plísní šedou k úplnému rozpadu květenství. Napadené úbory v závislosti na podmínkách uhnívají, nebo trouchnivějí a opadávají (Kazda *et al.*, 2008).

Botrytis cinerea může u slunečnice způsobit značné škody během častého chladného a vlhkého počasí (Kolte, 1985). Zaznamenané ztráty na výnosu se mohou pohybovat mezi

5 – 36 % a může docházet ke změnám v rovnováze komponentů obsažených v mastných kyselinách. Výnos slunečnice je méně ovlivněn, pokud k infekci dojde blíže ke sklizni, protože houba napadne pouze povrchová pletiva.

Vzhledem k nerentabilitě cílené fungicidní ochrany se rozvoj a šíření choroby omezuje fungicidními postřiky, které jsou aplikované proti jiným houbovým patogenům, a to ve fázi 4 – 6 listů (BBCH 14 – 19), v plném květu (BBCH 65), nebo na konci kvetení (BBCH 67 – 69). Proti plísní šedé jsou registrovány tyto účinné látky azoxystrobin, cyprokonazol, pythium oligandrum, prothiokonazol, tebukonazol, bacillus subtilis kmen QST 713, trifloxystrobin. Doporučuje se nepřehnojovat jednostranně dusíkem a nepřehušťovat porosty.

Škůdci u slunečnice obvykle nepředstavují větší problém. V období květu doznívají příznaky způsobené posátím savých škůdců, jako jsou mšice a klopšky. Ve fázích od počátku květu se proti mšicím doporučuje ošetřovat až při výskytu 50 – 100 mšic/rostlinu, později pak v případě silného výskytu (několik set mšic/rostlinu). Úbor v době květu může napadat také zavíječ slunečnicový, jehož mladé housenky škodí vyžíráním květného lůžka, zatímco starší housenky (3. vývojového stupně) vyžírají nažky v období mléčné zralosti a tím podporují rozvoj houbových chorob. V rámci omezení výskytu je třeba udržovat nezapevlený porost, drtit posklizňové zbytky a jejich následná zaorání. V České republice je tento škůdce velice málo rozšířený, vyskytuje se pouze ojediněle v nejteplejších oblastech (Málek *et al.*, 2016). Proti ptactvu jsou ochranou velké hony a vhodné umístění slunečnice mimo oblasti úkrytu a hnízdění ptáků, tedy ne v oblasti remízků a břehových porostů, zahrad, sadů, křovišť a podobných stanovišť.

3.2.8 Vztah slunečnice a opylovačů

Slunečnice je převážně cizosprašná a je vysoce hmyzosnubná. Opylení včelami je pro produkci nažek velice důležité. Shein *et al.* (1980) ve svých pokusech zjistili, že návštěvnost slunečnice včelami byla ovlivněna genotypem slunečnice, zatímco pyl nebyl vyhodnocen jako významný atraktant. Behaviorální interakce mezi včelami medonosnými a divokými včelami vedly ke zvýšení efektivity opylení včel medonosných na hybridní slunečnici celkově až pětinašobně, což vedlo k celkovému zdvojnásobení opylovacích procesů. Toto nepřímé přispívání způsobené mezidruhovými interakcemi mezi včelami divokými a medonosnými byly až pětikrát důležitější než samotné opylení, které provádějí divoké včely přímo na slunečnici (Greenleaf a Kremen, 2006).

Ačkoliv Maurizio a Schaper (1994) uvádějí, že produkce nektaru a pylu je v průměru velice dobrá, nutriční hodnoty slunečnicového pylu jsou nízké (Oudoux *et al.*, 2004;

Wille *et al.*, 1985), což může mít velice negativní vliv na vývoj hltanových žláz a vaječnicků nově vylíhnutých včel, které byly živěny pouze slunečnicovým pylem (Pernal a Currie, 2000). Chamer *et al.* (2015) udávají, že výnos slunečnice může být omezen kvalitou opylovacích procesů. Zaměřili se na kvalitu pylu a jeho množství, jakožto významné faktory přispívající k opylení a jako první demonstrovali, že množství pylu a jeho kvalita, které se dostanou k blizně, mají symbiotický efekt při tvorbě nažek. Andrada *et al.* (2004) zjistili v jižní Argentině, že medonosné včely sbíraly pyl a nektar primárně z rostlin, které rostly na krajích slunečnicového pole, což by mohlo být zapříčiněno chutí, barvou, nebo stavbou slunečnicového pylu (Schmidt, 1982). Pernal a Currie (2001) tvrdí, že opylovači nejsou ovlivněni kvalitou proteinů v pylu a Singh *et al.* (1999) dále dodávají, že jsou to právě lipidy obsažené v pylu, které ovlivňují preferenci opylovačů.

Sekrece nektaru se velmi liší v závislosti na odrůdě slunečnice, půdních podmínkách a klimatu (Hedtke, 1998; Ion *et al.*, 2008). V několika evropských zemích včelaři hlásili oslabení včelích kolonií poblíž slunečnicových polí v květu, ale jako příčina byly určeny použité insekticidy (neonikotinoidy, fipronil) (Anonym, 1999). Ve Švýcarsku oproti tomu nejsou tyto látky povoleny ke slunečnici a oslabení včelstev poblíž slunečnice zde také docházelo. Charrière *et al.* (2010) tedy založili pokus, kde porovnávali dvě skupiny včelstev, testovaná včelstva na okraji slunečnicového pole a včelstva kontrolní ve vzdálenosti 3 km od pole. Zjistili, že se početnost kontrolního včelstva měla tendence zvyšovat, oproti tomu testované včelstvo bylo silnější a odolnější, i když s menším množstvím jedinců. V pokusech se jim však nepodařilo potvrdit zmíněné pozorování včelařů. Se stejným zjištěním přišel také Hedtke (1998) v Německu, který dále udává, že vliv na sekreci nektaru slunečnicí by mohlo mít několik faktorů, včetně písčité půdy, sucha a vysoké teploty. Pozoroval, že pouze 16 % včel se aktivně zaměřilo na sběr pylu, zatímco ostatní včely sbíraly aktivně pouze nektar. Největší distribuce pylu slunečnicí byla ve dnech, kdy se včely přesunovaly na okraj pole. Poté se množství včel na slunečnici rapidně snížilo ve prospěch okolních zdrojů, jako byl jetel plazivý a další rostliny, i když slunečnice stále poskytovala dostatečné množství pylu.

V letech 2004 – 2005 byl založen polní experiment v Keni za účelem identifikace diverzity opylovačů a jejich vlivu na výnos semene u slunečnice roční. Bylo zjištěno, že na opylení slunečnice se podílelo 14 druhů, 6 z řádu motýli, 5 z řádu blanokřídlí, 2 z řádu dvoukřídlí a 1 z řádů brouci. Včela medonosná byla nejčastějším opylovačem s nejvyšším indexem účinného opylení. V průměru vzrostl výnos semene o 53 % na pozemcích, kde byly opylovači přítomni oproti těm, kde měly omezený přístup (Nderitu *et al.*, 2008). Charrière *et al.* (2010) přišli na to, že kultivace slunečnice v oblastech, které poskytovaly

alternativní zdroje potravy, nebyla rozvoji včelí populace nijak škodlivá ani během kvetení, ani během následných zimních měsíců, ačkoliv potvrzují nízký zájem včel o nektar slunečnice.

Pisanty *et al.* (2014) ve svém pokusu v Izraeli, kdy porovnávali opylení slunečnice včelou medonosnou a dvěma druhy divokých včel rodu *Lasioglossum* zjistili, že medonosné včely značně převýšily svoji návštěvnost a příspěvkem k opylení divoké včely. Z toho vyvozují závěr, že slunečnice roční je v Izraeli naprosto závislá na opylení včelou medonosnou, neboť divoké včely zde nijak výrazně slunečnici neopylovávají.

Hoffman a Chambers (2006) použili deset autogamních kultivarů slunečnice, kde hodnotili tvorbu semen při vystavení rostlin včelám a bez vystavení. V první variantě byl počet včel menší, než v druhé a tvorba semen se u většiny kultivarů nijak výrazně nelišila u těch, které byly obalené sítí a těch, které byly volně přístupné opylovačům. V druhé variantě měly kultivary mnohem více semen, když byl květ volně přístupný a váha jednotlivých semen byla také značně vyšší. Zároveň dodávají, že na semena mělo také vliv prostředí, což dokazují na porovnání zasítovaných slunečnic, kdy se lišil počet semen v závislosti na teplotě. Při první variantě se výrazněji lišil rozdíl minimální a maximální teploty v porovnání s variantou druhou a při první byl počet semen výrazně nižší. Dále ovšem dodávají, že při vysokých teplotách některé volně přístupné kultivary vyprodukovaly až 4x více semen než ty, které přístupné nebyly.

3.3 Opylovači

Opylovači poskytují značný ekologický a ekonomický prospěch kvetoucím rostlinám, životnímu prostředí a lidem (Buchmann a Ascher, 2005), přesto došlo v posledních 4. – 6. letech k velkému celosvětovému poklesu včelstev (Johnson *et al.*, 2009; Neumann a Carreck, 2010) a to jak včel medonosných, tak k poklesu také přirozeně se vyskytujících opylovačů (Biesmeijer *et al.*, 2006) a zároveň začíná být zřejmý i nedostatek opylení pěstovaných rostlin (Richards, 2001; Potts *et al.*, 2010). Podle Greenleaf a Kremen (2006) udávají, že je opylovačů zapotřebí k produkci 15 – 30 % zásoby lidské potravy. Mezi hmyz, který opylování provádí, se řadí včely, mouchy, motýli, brouci a jiný blanokřídlí hmyz příbuzný včelám, jako jsou včely samotářky, vosy, čmeláci a mravenci (Tautz, 2008).

Opylování je vzájemně prospěšná interakce mezi rostlinou a opylovačem. Za opylení rostliny je opylovač „odměněn“ nutričním produktem v podobě nektaru, pylu, olejů, nebo pryskyřic (Buchmann, 1985). Mnoho rostlin musí vyprodukovat značné množství pylu, aby umožnily opylení, například Schindwein *et al.* (2005) vyzorovali, že pouze 3,7 % pylu zvonku řepky (*Campanula rapunculus*) přispělo k opylení a celých 95,5 % bylo sebráno a

včelami zkonsumováno. Nedávné studie prokázaly, že hmyz je přitahován na rostliny, které produkují pyl o vysoké kvalitě. Například rostliny z čeledi bobovitých (*Fabaceae*) produkují pyl s vyšším množstvím proteinu než rostliny, které jsou schopné se samoopylit a z toho důvodu jsou více navštěvovány opylovači (Hanley *et al.*, 2008). Mnoho opylovačů je oportunistických (Olesen a Jordano, 2002) a proto vyžadují mnoho dalších rostlinných zdrojů, aby dokončili svůj životní cyklus (Memmott *et al.*, 2004).

Mnoho užitečných organismů je v dospělém stádiu života závislé na rostlinné stravě. Kvetoucí rostliny hrají velice důležitou roli především v poskytnutí potravy v podobě nektaru a pylu, a to i pro parazitoidy, kteří potřebují ke svému životu v dospělosti rostlinnou stravu (Winkler *et al.*, 2006).

3.3.1 Včely (*Apoidea*)

Včely jsou na Zemi zastoupeny přibližně 430 rody a dosud bylo popsáno kolem 16 500 druhů. Hlavní místo rozšíření této skupiny je soustředěno do aridních a semiaridních oblastí tropického a subtropického pásma. Většina z našich druhů je teplomilná, řadu z nich tvoří druhy se severní hranicí rozšíření právě v oblasti výběžku panonských stepí na jižní Moravě a Slovensku. V České republice a na Slovensku se dohromady vyskytuje 680 druhů včel (Straka *et al.*, 2007). Včely jsou ve většině oblastí na Zemi, kde se vyskytují kvetoucí rostliny, nejdůležitějšími opylovači. Seznam kvetoucích rostlin, které jsou opylovávány včelami, zahrnuje asi 170 000 druhů, z nichž je 40 000 druhů přímo odkázáno na opylení včelami.

Mezi naše nejvýznamnější opylovače patří včela medonosná (*Apis mellifera*). Včely medonosné vykazují malou druhovou rozmanitost, na celém světě je známo pouze devět druhů rodu *Apis*, které se spolu se čmeláky řadí k čeledi včelovitých (*Apidae*). Na světě je opylováno asi 80 % všech kvetoucích rostlin hmyzem, z čehož 85 % včelami medonosnými (Tautz, 2008). Dělnice se zaměřují především na nejvydatnější zdroje snůšky na daném stanovišti a jsou florokonstantní (jedna dělnice navštěvuje pouze jeden druh květu), což snižuje konkurenci s čmeláky a samotářskými druhy včel (Holý, 2012). Studie, zabývající se dynamikou pylu v systémech produkce semen hybridních slunečnic poukazují, že včely pocházející ze subtropického pásu s výraznějším obranným chováním posbírají mnohem větší množství pylu než včely pocházející z pásu Evropského, dále zjistili, že včely mohou získat pyl ze slunečnice pro kolonii předáním ze včely na včelu (Basualdo *et al.*, 2000). Podle Tautze (2008) dokáží včely v optimálních podmínkách navštívit až 3000 květů za den.

3.3.1.1 Samotářské včely

Včely samotářky tvoří druhově nejbohatší skupinu včel. U nás žije více než 600 druhů a poněvadž jde o vesměs teplomilný hmyz, přibývá tak druhové i absolutní početnosti směrem k jihovýchodu (Veselý *et al.*, 2009). Samotářské včely se vyskytují v každém regionu po celém světě a navštěvují široké spektrum rostlin (Wcislo a Cane, 1996). Jsou považovány za jedny z nejvýznamnějších opylovačů podílejících se na opylení ovocných stromů (Abel a Wilson, 1998), ořechů (Bosch a Blas, 1994), kávovníku (Klein *et al.*, 2003), nebo například také slunečnice (Greenleaf a Kremen, 2006). Druhy, které se vyskytují v České republice, hnízdí jednotlivě a nasbíraný nektar a pyl ukládají do předem připravených komůrek v hníždě. Výskyt samotářských včel omezuje nejen nedostatek potravy, ale i zánik vhodných lokalit ke zbudování hnízda (např. druhy vázané na volné plochy písku), (Holý *et al.*, 2012). Na jaře je možné vidět velké samičky, které přezimovaly zahrabány jednotlivě v půdě. Po probuzení hledají nejbližší zdroj nektaru, kde se živí, vyhřívají se na slunci a začnou vybudovávat hnízdo. Samička sama nejprve vychová první pokolení dělnic, které se pak účastní na dalším rozvoji kolonie. Samotářské včely nemají pravé dělnice, dělí se na samičky a samce, kdy se samičky po oplození věnují stavbě hnízda a samečci v okolí hledají další samičky a mezitím se živí na květech. Aktivita některých druhů je závislá na rozkvětu určitých rostlin, které pro ně a další druhy opylující široký okruh rostlin, slouží jako primární zdroj potravy (Ptáček, 2012).

Samotářské včely se liší druhem sběru pylu. U nohosběrných druhů mají samičky chloupky, které jsou uzpůsobené k transportu pylu na zadních holeních např. drvodělky (*Xylocopa*), hedvábnice (*Coletes*), chluponožky (*Dasypoda*), trubčice (*Meliturga*), pelonosky (*Anthophora*), pískorypky (*Andrena*), ploskočelky (*Halictus*), stepnice (*Eucera*), šedosrstky (*Rhopitoides*). Druhou skupinou jsou druhy, které mají tělesné ochlupení přizpůsobené ke shromažďování pylu do kartáček na břišní straně zadečku např. čalounice (*Megachile*), dřevobytky (*Heriades*), valchářky (*Anthidium*) a zednice (*Osmia*) (Ptáček, 2012).

3.3.2 Čmeláci (*Bombini*)

Čmeláci patří do čeledi včelovití a jsou jednou z mnoha skupin v řádu blanokřídlých. Na světě se vyskytuje přes 300 druhů čmeláků s největším rozšířením v Asii (Valterová a Urbanová, 1997), vyskytují se v podstatě ve všech prostředích, včetně Alp a Himalájí až do výšek 5 600 metrů nad mořem (Williams, 1985). Na území bývalého Československa se vyskytuje téměř 30 druhů čmeláků, které se obecně dělí do rodu *Bombus* a pačmeláci patřící do rodu *Psithyrus* (Valterová a Urbanová, 1997). Čmeláci jsou často

popisování jako eusociální, protože se jejich sociální organizace považuje za mnohem jednodušší než organizace včel medonosných. Na rozdíl od ostatních včelovitých, většina druhů čmeláků má roční cykly, během nichž královna sama založí hnízdo, které v polovině léta může mít až 200 jedinců (Garófalo, 1974). Výrazně větší velikost těla oproti většině ostatních včelovitých a husté ochlupení povrchu těla umožňuje endotermii, čímž jsou dobře přizpůsobeni k aktivitě v chladných podmínkách (Heinrich, 1993) a Corbet *et al.* (1993) zjistili, že dokonce i v dešti. V Severní Americe byly pozorovány královny sbírající pyl při teplotách vzduchu pod 0 °C, což jim umožňuje opylovávat rostliny v mnohem delším časovém úseku, díky čemuž jsou považováni za spolehlivý zdroj opylení. Čmeláci jsou také schopni opylovat větší množství rostlin, protože sbírají pyl rychleji (Stanghellini *et al.*, 2002). Hobbs *et al.* (1961) uvádějí, že díky jejich jazykům, které jsou delší než u včel, jsou mnohem lepší při opylování rostlin s hlubokým okvětím.

3.3.3 Přizpůsobení opylovačů na opylení rostliny

Již Darwin (1876) přišel s myšlenkou, že angiospermní rostlinné druhy si spolu navzájem konkurují o hmyz, jakožto vektory pro přenos pylu. Většina rostliny navštěvujícího hmyzu jsou specialisté na nektar, pyl, nebo obojí, neboť představují hlavní zdroj potravy, a proto jsou náležitě morfologicky vybaveni prodlouženým sacím ústním ústrojím a/nebo chloupky, či váčky uzpůsobenými k chytání pylu (Gilbert, 1981). Včely dále mají v zadečku rozšířenou část jícnu, ve které může být uschováno při 90 miligramech tělesné váhy včely až 40 miligramů nektaru (Tautz, 2008). Vztah mezi barvou rostliny a schopností opylovače vnímat určité spektrum rostliny je podle Menzel a Backhaus (1991) evolučně adaptovaným systémem, který umožňuje přesné rozpoznání rostliny. Chittka a Menzel (1992) ve své studii uvádějí, že trichromata blanokřídlých obsahují podobné sestavy receptorů ultrafialového, modrého a zeleného světla s nejintenzivnějšími projevy v oblastech 330 – 350 nm, 430 – 450 nm a 520 – 540 nm. Spektrum nad 600 nm, je zaznamatelné pouze pro hmyz s receptory červeného světla neboli opylovače s tetrachromatickými systémy, jako jsou brouci, motýli a velice málo druhů z řádu blanokřídlých. Myšlenka, že včely upřednostňují modrou barvu, je již zastaralá, neboť bylo dokázáno, že navštěvují rostliny všech barev a v případě, že se pohromadě nachází několik rostlin s různými barvami květů, tak včely neprojevují výraznou preferenci. Je sice pravda, že modré, fialové a nafialovělé květy jsou častěji opylovány, ale to se dává jako příčina struktury květu, který je častěji uzpůsoben právě včelám např. *Pedicularis*, nebo *Trifolium* (Kevan a Baker, 1983). Někteří nespécializovaní opylovači, jako jsou brouci, dvoukřídlí a motýli, mohou vykazovat preferenci vůči rostlinám se žlutými květy (Kevan, 1980), zatímco

červená je často spojována s opylováním ptactvem. Michener (1953) zjistil, že *Megachile brevis* sbírali pyl z rostlin bobovitých a hvězdicovitých s preferencí modré, nebo fialové barvy. Méně důležité zdroje měly barvu bílou, nebo nazelenalou s ojedinělými žlutými květy.

Plateau (1897, 1907) zdůrazňoval důležitou roli vůně, kterou rostlina pro opylovací hmyz vytváří. Hmyz zaznamenává pachy pomocí receptorů, které jsou velmi senzitivní na pach potravy, potenciačních partnerů a pářících míst (Hallem *et al.*, 2006). Barth (1985) popisuje pomocí experimentu, že včely mají na svých tykadlech desetitisíce pórových talířků, pomocí které slouží k rozpoznávání pachů. Dále popisuje přítomnost sensorických chloupků na nohách, které slouží k prvotnímu chemickému testu jakékoliv látky, se kterou přijdou do kontaktu, což umožňuje hmyzu nepozřít zdraví škodlivé látky, druhý test probíhá na konci jazyka, kde se také nacházejí sensorické chloupky. Rayment (1935) vyzoroval, že australské čajovníky (*Leptospermum* spp.) jsou atraktivní pro *Eurylossa fasciatella* ještě před otevřením květu, což se přikládá právě vůni, kterou čajovníky vydávají. Leclercq (1945) zjistil, že samotářské včely, které navštěvovaly čemeřici zelenou (*Helleborus viridis* L.), sbíraly pyl z rostliny i přesto, že barva květu je zelená. Zároveň dodává, že nemá žádnou detekovatelnou vůni, a přesto byla pravidelně navštěvována *Andrena albicans*, *Osmia cornuta*, *O. rufa*, *Halictus calceatus* a *Bombus hypnorum*, i když se v okolí vyskytovaly barevně výrazné a vonící violky trojbarevné (*Viola tricolor* L.). Čemeřice byla však přehlížena okolními včelami medonosnými. Leclercq poukazuje na fakt, že čemeřice vydává specifickou vůni, na kterou jsou včely schopné reagovat, a zároveň je člověkem nezaznamenatelná. Von Frisch (1919) však namítá, že receptory pachu jsou u člověka a včel podobné a včely se tedy spíše orientují podle ultrafialového světla. Lotmar (1933) udává, že mák (*Papaver*) je rozpoznán právě pomocí ultrafialového světla a Hertz (1929) dále dodává, že rostliny, které se nám ukazují jako bílé, jsou pro včely barevné a vidí je jako modrozelené.

Strukturální modifikace těla spojované s oligolecty jsou velice početné. Obecně se jedná o adaptace, které napomáhají při extrakci a transportaci pylu, nektaru, popřípadě obojího. Rod *Verbenapis* mají na přední končetině zvlhčené štětiny, které jim umožňují získávat potravu z *Verbena*, jejíž okvětní lístky trubkovitého tvaru znemožňují přístup neadaptovaným včelám (Linsley, 1958). Adaptace na extrakci nektaru z rostlin se většinou projevuje délkou jazyka (Taniguchi, 1954), což se většinou týká druhů, které sbírají pyl z rostlin s hlubokou korunou, zejména se jedná o včely. Z žahadlovitých mají pouze včely prodloužený sosák a jsou nejvíce adaptovaným druhem k živení se na rostlinách (Kevan a Baker, 1983).

3.3.4 Volba rostliny

Opylovači si obecně vybírají svůj zdroj potravy na základě několika různých faktorů, které jsou primárně vizuálně orientované, ale zaujímají i ostatní smyslové receptory. I když je současný mutualismus mezi rostlinou a opylovačem založen na 100 milionech letech koevoluce, extrémní specializace je velice neobvyklá. (Waser *et al.*, 1996). Je pouze malé množství rostlin, které jsou specificky závislé na konkrétních opylovačích, příkladem mohou být zástupci z rodu *Yucca* (Bogler *et al.* 1995), fiky (*Ficus sp.*) (Wiebes 1979), různé druhy orchidejí jako je *Ophrysspeculum* (Nilsson 1992). Příklady, kdy některé druhy hmyzu jsou výhradně závislé na jednom druhu rostlin, jsou zastoupeny ještě řidčeji (Waser *et al.*, 1996). V současnosti je však dokumentováno pár druhů včel (Westrich, 1989), ale také tři druhy čmeláků, které jsou výhradně závislé na jednom konkrétním hostiteli; *Bombus consobrinus* na *Aconitum septentrionale*, *B. gerstaeckeri* na *Aconitum spp.* a *B. brodmannicus* na *Cerintho spp.* (Løken, 1973). Všechny tři druhy jsou druhy horské a s krátkou životností kolonie, což jim podle předpokladů umožňuje specializovat se.

3.3.4.1 Stáří rostliny

Opylovači se mohou naučit být selektivní vzhledem ke věku rostliny, kterou navštěvují. Množství nektaru, které rostliny produkují, se může výrazně lišit v rámci stáří (Boetius, 1948), ale neexistuje žádné obecné schéma změny produkce nektaru se stářím, některé rostliny s věkem produkci zvyšují (Pyke, 1978), zatím co jiné rostliny nevykazují žádnou spojitost (Bertsch, 1983). Nejčastěji produkce nektaru postupem času ubývá (Voss *et al.*, 1980), nebo dosáhne brzkého vrcholu a poté klesá (Carpenter, 1976). Je známo, že čmeláci, včely medonosné i samotářské, pestřenky a motýli jsou schopni rozlišovat mezi věkovými kategoriemi jednotlivých květů pomocí zraku a na tom základě jsou schopni vybrat více odměňující květy (Lex, 1954), což může být iniciováno rostlinou samotnou, například změnou barvy květu, což se děje u většiny květů (Gori, 1983). Takové změny byly dosud popsány u 78 rodů rostlin. Například květy *Pulmonaria spp.* se mění z červené na modré, což umožňuje opylovačům vybrat si červené květy s větší odměnou (Müller 1883). Tyto věkově závislé preference se mohou měnit; medonosné včely si vybírají třídní hlávky bodláku obecného (*Carduus acanthoides*) brzy z rána a přecházejí na dvoudenní hlávky později stejného dne, čímž zachytí čas maximální produkce nektaru, která je právě v této době (Giurfá a Núñez, 1992a). Tyto změny barvy jsou často spouštěné opylovači, čímž prospívají rostlině, protože se přeorientují na květy, které jsou ještě neopylené (Gori, 1983), avšak není jisté, proč některé

neopylené, staré květy vydávají signály naznačující, že produkují málo odměny (Oberrath *et al.*, 2005).

3.3.4.2 Pohlaví rostliny

Reprodukční úspěch samčích rostlin, nebo samčích fází rostliny, je pravděpodobně více variabilní než u samičích rostlin. Samčí rostliny „investují“ více času do lákání opylovačů, nicméně pokud by samčí rostliny produkovaly více nektaru, než samičí a pohlaví by byla snadno rozlišitelná, pak by se dalo předpokládat, že by opylovači létali jenom na jedno pohlaví, čímž by rostlina škodila sama sobě. Vyšší množství produkce nektaru bylo prokázáno v několika případech (Bell *et al.*, 1984), například hadinec obecný (*Echium vulgare*) produkuje v samčí fázi více nektaru, což jí zajišťuje vyšší návštěvnost opylovači, než ve fázi samičí (Klinkhamer a de Jong, 1990), nicméně samčí rostliny neposkytují vždy vyšší odměnu. *Digitalis purpurea* naopak má vyšší odměny ve fázi samičí (Best a Bierzychudek, 1982).

V produkci hybridní slunečnice musí být pyl přenesen ze samčí rostliny na rostlinu samičí, a to prostřednictvím včel, k čemuž jsou pěstители využívány především včely medonosné, avšak většina jejich dělnic se specializuje buď na nektar, nebo na pyl. Sběrači nektaru primárně navštěvují pouze samičí rostliny, kdežto sběrači pylu pouze rostliny samčí. Oproti včelám medonosným, většina divokých včel sbírá nektar i pyl, čímž dochází k opylení samičích rostlin. Divoké včely činí opylení včelami medonosnými až desetkrát účinnější, neboť dochází ke konkurenci na rostlinách, což vede k přesunu včel medonosných i na rostliny, na které se primárně specializují (Kremen *et al.*, 2008).

3.3.4.3 Barva květu

Pro opylovače, stejně tak jako pro další druhy hmyzu, hraje velkou roli barva květu. Pro vyšší rostliny jsou charakteristické pestré barvy, které se po staletí interpretují jako adaptace, pomocí kterých vysílají rostliny opylovačům signály (Darwin, 1876). Včely lokalizují svého potenciačního hostitele z dálky podle sytých barev květů na zeleném pozadí a dále se orientují podle pachu, když se k rostlině blíží (Shepherd *et al.*, 2003). Mladé včely mají vrozenou preferenci barvy květů o vlnových délkách 400 – 420 nm a 510 – 520 nm, ale jejich preference se rychle mění se zkušenostmi (Lunau, 1990). Shein *et al.* (1980) zjistili, že tmavší pigmentace byla spojována s nižší návštěvností včel, přestože tyto genotypy měly také méně preferované dlouhé korunní lístky, nedá se jistotou říci, že je barva pigmentu v rámci slunečnice významným faktorem. Vzhledem k tomu, že tmavší pigment je stejný, jako má odkvétající slunečnice, tak může docházet k matení včel.

3.3.4.4 Tvar květu

Tvar květu hraje roli v obtížnosti dosažení potravy. Čas, který stráví čmelák sběrem potravy z květů je vysoce závislý na morfologii květu, od jedné vteřiny u jednoduše stavěných květů, až do deseti vteřin u komplexnějších květů (Pyke, 1979). Všechny květy vykazují buď radiální, nebo bilaterální symetrii, ačkoliv tyto symetrie nejsou vždy perfektní, pokud se měří přesně (Neal *et al.*, 1998). V nedávné době se zjistilo, že hmyz využívá květní symetrii při rozpoznávání a výběru mezi méně, či více odměňujícími květy. Jak medonosné včely, tak čmeláci vykazovali vrozenou preferenci pro symetrické tvary, což může být dále zesíleno učením se (Giurfa *et al.*, 1992b). Møller (1995) při svých pokusech zjistil, že čmeláci více navštěvovali větší symetrické květy vrbovky úzkolisté (*Epilobium angustifolium*), oproti menším asymetrickým a také, že v symetrických rostlinách byla produkce nektaru mnohem větší, což by vysvětlovalo zájem čmeláků a zároveň poukazovalo na spjatost symetrie květu s produkcí nektaru. Vzhledem k faktu, že slunečnice svým květem nevytváří žádné bariéry, které by musel opylovač překonat, je energetická spotřeba opylovače značně snížena, což umožňuje navštívit větší množství rostlin v daném intervalu (Abrol, 2011).

3.3.4.5 Velikost květu

Pokud není zajištěn přímý přístup k odměně v květu, opylovači se musejí orientovat podle jiných vlastností rostliny. Předpokládalo se, že čmeláci například preferují rostliny, které mají velké květy, i když Cresswell a Robertson (1994) nezjistili žádný vztah mezi velikostí květu a četností návštěv. Vyšší návštěvnost může být tedy jednoduše vysvětlena větším květem, který je pro hmyz zřetelnější, ale neexistuje žádný důkaz, že velikost květu je v korelaci s produkcí pylu, nebo nektaru, a proto se předpokládá, že preference velkých květů může být posílena učením (Duffield *et al.*, 1993).

Shein *et al.* (1980) ve svých pokusech zjistili, že návštěvnost slunečnice včelami byla ovlivněna délkou korunních lístků slunečnice, což potvrzuje tvrzení Cirnu *et al.* (1974), že opylení slunečnice může být pro opylovače mnohem náročnější u genotypů s dlouhými korunními lístky.

3.3.4.6 Vůně

Většina prací rozděluje rostliny podle vizuálních vlastností, kterými působí na opylovače jako je velikost, tvar, nebo barva, protože to jsou snadno zaznamatelná data. Mnoho opylovačů však bezpochyby využívá také vůně, které rostliny produkují a jedná se také o hlavní zdroj sensorických informací, a to především na krátkou vzdálenost (von Frisch, 1967). Využití moderních analytických technik odhalilo, že mnoho rostlin vykazuje intraspecifické

variace kvality a kvantity rostlinných vůní (Tollsten a Bergstorm, 1993). Dvě studie, které se zabývaly otázkou, zda opylovači rozlišují mezi rostlinami stejného druhu v závislosti na pachu, které rostliny produkují, zjistily, že variace vůní *Cimicifuga simplex* určovala, zda byly včely a motýli lákáni (Pellmyr, 1986), zatímco Galen a Newport (1988) přišli na fakt, že rostliny *Polemonium viscosum* produkovaly buď zapáchající vůni, která přitahovala dvoukřídlé, nebo nasládlou vůni, kterou preferovali čmeláci.

3.3.4.7 Kvalita pylu

Spousta studií sběracích preferencí květy navštěvujícího hmyzu se zaměřila na vliv kvality a kvantity nektaru, ale je málo známé jak a jestli má také dostupnost a kvalita pylu vliv na výběr rostliny. U zoofilních rostlin je značná variace v množství nabízeného pylu. (Roulston *et al.*, 2000). Předpokládá se však, že vysoce kvalitní pyl má velký vliv na selekci u včel, jak je demonstrováno ve studiích Génissel *et al.* (2002), kteří použili kolonie čmeláka zemního (*Bombus terrestris*), zjistili, že růst a reprodukce byly silně ovlivněny různými druhy pylu, kterými byli krmeni. Například kolonie krmené pylem pampelišky (*Taraxacum officinale*) nedokázali vychovat potomky. Množství studií poukazuje na fakt, že v přírodních podmínkách jsou čmeláci vybíraví a že mají úzké spektrum rostlin, z nichž sbírají pyl než ty, ze kterých sbírají nektar (Goulson *et al.*, 2005).

Mnoho druhů rostlin, které jsou abundantní a často navštěvovány čmeláky, jako jsou hvězdicovité (*Asteraceae*) a hluchavkovité (*Lamiaceae*) jsou jen vzácně použity jako zdroj pylu, i když se jejich pyl zdá být kvalitní. Rozbor pylového proteinu a složení aminokyselin poskytuje jasné vysvětlení, proč jsou bobovité rostliny preferovány tolika druhy čmeláků. Analýza prokázala, že je pyl bohatší na proteiny a esenciální aminokyseliny v porovnání s ostatními rostlinami (Hanley *et al.*, 2008).

3.4 Pesticidy

Komise Kodex Alimentarius (Codex Alimentarius Commission) formulovala mezinárodní definici, podle které se jako pesticidy označují látky používané při prevenci, ničení, přilákání, odpuzování, nebo kontrolování škůdců včetně necílových druhů rostlin a živočichů během produkce, skladování, transportu, distribuce a zpracování potravin, zemědělských komodit, nebo krmiv včetně látek užívaných u zvířat proti ektoparazitům (Anonym, 2010).

Pesticidy tvoří signifikantní podíl v udržení světové produkce potravin. Předpokládá se, že bez použití přípravků na ochranu rostlin by celkové ztráty způsobené škůdci vzrostly až o 10 %, přičemž by se ztráty jednotlivých druhů plodin pohybovaly v rámci 0 – 100 %

(Pimentel *et al.*, 1992). Při ochraně rostlin proti škodlivým organismům je používáno široké spektrum pesticidů. Jako alternativa k těmto metodám, které škodí necílovým organismům i člověku, se vyvíjí nové strategie, které snižují negativní efekt chemických strategií a zároveň jsou ekologicky šetrné. Mezi tyto biologické metody se řadí použití mikrobiálních patogenů, jako jsou viry, bakterie a houby (Alaux *et al.*, 2010). Společná synergie entomopatogenních hub a chemických pesticidů signifikantně zvyšuje úmrtnost kontrolních škodlivých organismů (Carruthers a Soper, 1987). Neonikotinoid imidacloprid je jedním z neefektivnějších v synergické interakci s entomopatogenní houbou a jeho využití v integrované ochraně jsou používány proti širokému spektru škůdců (Ramakrishan *et al.*, 1999; Al Mazraawi, 2007).

3.4.1 Legislativa

Základní právní předpis zabývající se ochranou rostlin v České republice je zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Při ošetřování porostu řepky a slunečnice v době květu je povinností dodržovat vyhlášku č. 327/2012 Sb., o ochraně včel, zvěře, vodních organismů a dalších necílových organismů při použití přípravků na ochranu rostlin, ve znění pozdějších předpisů (Krejčík, 2015). Podle této vyhlášky dělíme přípravky podle označení následujícím způsobem:

- Přípravek, který je podle rozhodnutí o jeho povolení označen jako zvlášť nebezpečný pro včely, nesmí být aplikován na porost navštěvovaný včelami a na stromy a keře v květu, při výskytu medovice nebo mimokvětního nektaru, které navštěvují včely (vyhláška 327/2012 Sb., 2012). Tyto přípravky se nesmí aplikovat do kvetoucích porostů slunečnice.
- Přípravek, který je podle rozhodnutí o jeho povolení označen jako nebezpečný pro včely, smí být aplikován na porost navštěvovaný včelami pouze po ukončení denního letu včel, a to nejpozději do dvacáté třetí hodiny příslušného dne (vyhláška 327/2012 Sb., 2012). Aplikace do kvetoucích porostů slunečnice v brzkých ranních hodinách je zakázána.
- Přípravky včely neohrožující mohou být používány po schválení přípravku, kdy včely nejsou ohroženy (např. ochrana zásob, moření semen) (Pistorius, 2014).

- Přípravky na ochranu rostlin, které nejsou nebezpečné pro včely, jsou zařazeny mezi bezpečné i při maximálním množství nebo v nejvyšší koncentraci. Předávkování však může včely poškodit (Pistorius, 2014).

Dne 1. září 2008 vstoupilo v platnost nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 396/2005 o maximálních limitech reziduí pesticidů v potravinách jak rostlinného, tak i živočišného původu, a krmivech, kterým byla stanovena harmonizovaná pravidla pro rezidua pesticidů na úrovni EU. Nařízení (ES) č. 396/2005 se přímo dotýká veřejného zdraví, kdy stanovením harmonizovaných maximálních limitů reziduí pesticidů v produktech rostlinného a živočišného původu, které jsou podloženy hodnocením rizika, a s přihlédnutím ke správné zemědělské praxi bude naplněn požadavek zajištění vysoké úrovně ochrany konečného spotřebitele, která bude na stejné úrovni ve všech členských státech Evropské unie. Maximálním limitem reziduí označuje nejvyšší úroveň obsahu těchto látek, jež jsou přítomné v plodině, potravině nebo v krmivu, které je ze zdravotního hlediska stále přípustné (Ministerstvo zdravotnictví, 2015).

3.4.2 Fungicidy

Fungicidy mohou mít fungistatický účinek, kdy dochází k omezení růstu plísně, ne však jejímu zničení, nebo mohou mít také baktericidní vlastnosti, které slouží k ochraně proti bakteriálnímu napadení (Pichler, 1992). Podle účinku dělíme fungicidy na kontaktní a systémové, které pronikají do ošetřené rostliny a chrání ji po dobu perzistence účinné látky v rostlině. Fungicidy se používají ve formě postřiků a mořidel (Kizlink, 2005).

Ke květnu 2016 bylo v České republice registrováno 12 přípravků do slunečnice roční: Acanto (picoxystrobin), Amistar Top (azoxystrobin, difenoconazole), Amistar Xtra (azoxystrobin, cyproconazole), Bumper Super / Apel (prochloraz, propiconazole), Pictor (dimoxystrobin, boscalid), Prosaro 250 EC (prothioconazole, tebuconazole), Retengo (pyraclostrobin), Rovral Aquaflo (iprodione), Sfera 535 SC (trifloxystrobin, cyproconazole), Topsin M 500 SC (thiofanát-methyl), Contans WG (*Coniothyrium minitans*) a Polyversum (*Pythium oligandrum*) (Málek *et al.*, 2016).

Příklady některých fungicidních přípravků:

Bumper Super

Jedná se o postřikový kombinovaný fungicidní přípravek se systémovým a lokálně systémovým účinkem ve formě emulgovatelného koncentrátu k ochraně cukrové a krmné řepy, ječmene, pšenice, řepky olejky a slunečnice roční proti houbovým chorobám. Širokospektrální

účinek proti *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*. Účinné látky jsou prochloraz 400 g/l a propiconazole 90 g/l. Riziko vyplývající z použití přípravku je pro včely přijatelné. Ve slunečnici roční se přípravek používá preventivně, nebo při výskytu prvních příznaků choroby v období fáze těsně před květem do plného květu plodiny (BBCH 59 – 65) (Anonym, 2017).

	Alternativní název	Registrované účinné látky	Registrovaný přípravek	Registrovaný do slunečnice
České republika	-	Ano	Ano	Ano
Rumunsko	-	Ano	Ne	Ne
Bulharsko	-	Ano	Ano	Ne
Maďarsko	-	Ano	Ano	Ne
Francie	Bumper P	Ano	Ano	Ne
Španělsko	-	Ne	Ne	Ne
Itálie	-	Ano	Ne	Ne
Řecko	-	Ne	Ne	Ne
Slovensko	Apel, Greenper Super, Chloraz Super	Ano	Ano	Ano

Tabulka 1. Přípravek Bumper Super v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.

Pictor

Fungicidní přípravek ve formě suspenzního koncentrátu k ochraně řepky proti bílé hnilobě a fomovému černání kořenového krčku a slunečnice roční před bílou hnilobou slunečnice. Přípravek také dosahuje významné vedlejší účinnosti proti alternáriové skvrnitosti slunečnice a plísní šedé na slunečnici. Účinné látky v přípravku jsou dimoxystrobin 200 g/l a boskalid 200 g/l. Z hlediska rizika pro včely nebyl přípravek klasifikován. Aplikace se provádí preventivně, nebo co nejdříve během životního cyklu houby, maximálně dvakrát (při vysokém infekčním tlaku) a to ve fázi BBCH 51 a/nebo ve fázi BBCH 61. Přípravek nelze použít v množitelských porostech slunečnice (Anonym, 2017).

	Alternativní název	Registrovaná účinná látka	Registrovaný přípravek	Registrovaný do slunečnice
České republika	-	Ano	Ano	Ano
Rumunsko	-	Ano	Ne	Ne
Bulharsko	Piktor SC	Ano	Ano	Ano
Maďarsko	-	Ano	Ano	Ano
Francie	Filan SC	Ano	Ano	Ano
Španělsko	-	Ne	Ne	Ne
Itálie	-	Ne (dimoxystrobin)	Ano (boskalid)	Ne
Řecko	-	Ne	Ne	Ne
Slovensko	Dimoxalid 400	Ano	Ano	Ano

Tabulka 2. Přípravek Pictor v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.

Topsin M ® 500 SC

Postřikový systémový fungicidní přípravek s kurativní a protektivní účinností, který je určený k ochraně ječmene ozimého a pšenice ozimé proti stéblolamu, pšenice, ječmene, žita, ovesa a tritikale proti fuzariózám klasů, cukrovky a řepy krmné proti cercosporióze, řepky olejky proti černi, fómové hnilobě, plísni šedé a slunečnici proti bílé hnilobě slunečnice. Je formulován jako suspenzní koncentrát. Účinnou látkou přípravku je thiofanát-methyl 500 g/l (50%). Z hlediska ochrany včel nevyžaduje přípravek specifická opatření. Aplikace proti bílé hnilobě slunečnice se provádí maximálně jednou za vegetaci, a to ve fázi BBCH 15 – 19, BBCH 51 – 61, nebo nejpozději ve fázi BBCH 61. Při použití ve slunečnici je přípravek vyloučen z použití v ochranném pásmu II. st. zdrojů povrchové vody (Anonym, 2017).

	Alternativní název	Registrovaná účinná látka	Registrovaný přípravek	Registrovaný do slunečnice
České republiky	-	Ano	Ano	Ano
Rumunsko	-	Ano	Ano	Ano
Bulharsko	-	Ano	Ne	Ne
Maďarsko	Don-Q	Ano	Ano	Ne
Francie	-	Ano	Ano	Ne
Španělsko	-	Ne	Ne	Ne
Itálie	-	Ano	Ne	Ne
Řecko	Neotopsin 50 SC	Ne	Ano	Ne
Slovensko	-	Ano	Ano	Ne

Tabulka 3. Přípravek Topsin M® 500 SC v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.

3.4.3 Insekticidy

Insekticidy jsou účinné látky nebo přípravky proti škodlivému hmyzu. Insekticidní účinnost mají některé přírodní látky, anorganické látky i organické látky. Mechanismus působení insekticidu je kontaktní, požerový, nebo vdechový jed. (Macháček *et al.*, 2005). Nejvyšší účinek vykazují insekticidy s hlubokým účinkem, kdy dochází k pronikání insekticidu do rostlinných pletiv do dané vzdálenosti. Tím dochází k proniknutí z líce listu až k jeho rubu, čímž je zasažen na této straně sající hmyz. Insekticidy se systémovým účinkem pronikají do rostlinných tekutin, které jsou rozváděny po celé rostlině (Pichler, 1992).

Průměrná ošetřená plocha slunečnice v České republice proti škůdcům za posledních 16 let se pohybuje okolo 28 %. Problémem zůstává velmi omezený výběr registrovaných insekticidů. V rámci posledních 6 let byl v České republice nejpoužívanějším insekticidem ve slunečnicových porostech Mospilan 25 SP, který byl použit téměř na 60 % celkové ošetřené plochy. Do slunečnice roční byly ke květnu 2016 v České republice proti škůdcům v období květu registrovány 4 přípravky: Biscaya 240 OD (thiacloprid), Karate se Zeon technologií 5 CS (lambda-cyhalothrin), Mospilan 20 SP (acetamiprid), Pirimor 50 WG (pirimicarb) (Málek *et al.*, 2016).

Příklady některých insekticidních přípravků:

Karate se Zeon technologií 5 CS

Insekticid na bázi syntetického pyrethroidu ve formě stabilní suspenze kapsulí v kapalině k hubení savého a žravého hmyzu v obilninách, hrachu, bobu, řepce olejce, hořčici

bílé, bramboru, kukuřici seté, kukuřici seté na siláž a na zeleno, cukrovce, řepě krmné, vojtěšce, jeteli, chmelu otáčivém, jádrovinách, peckovinách, révě vinné, lnu, jahodníku, čočce, brukvovité zelenině, rajčeti, mrkvi, petrželi, pastináku setém, fenyklu řapíkovém, kopru vonném, salátu, slunečnici roční, ředkvi olejné pro produkci osiva pro strniskové směsky na zelené hnojení, okrasných rostlinách a skladištních škůdců v prázdných skladech, silech a provozech. Účinná látka je 50 g/l lambda-cyhalothrin (4,8%). Z hlediska ochrany včel nevyžaduje přípravek specifická opatření. Cílovými škůdci v porostech slunečnice jsou třásněnky, klopšky, mšice a žraví škůdci. Ošetření se provádí maximálně jednou za rok, u salátu a slunečnice maximálně dvakrát za vegetaci, a to v době zjištění výskytu škůdce (BBCH 10 – 51) (Anonym, 2017).

	Alternativní název	Registrovaná účinná látka	Registrovaný přípravek	Registrovaný do slunečnice
České republika	-	Ano	Ano	Ano
Rumunsko	Ninja	Ano	Ano	
Bulharsko	-	Ano	Ano	Ne
Maďarsko	-	Ano	Ano	Ano
Francie	-	Ano	Ne	Ne
Španělsko	-	Ne	Ne	Ne
Itálie	-	Ano	Ne	Ne
Řecko	-	Ne	Ne	Ne
Slovensko	-	Ano	Ano	Ne

Tabulka 4. Přípravek Karate se Zeon technologií 5 CS v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.

Pirimor 50 WG

Jedná se o postřikový selektivní systémový insekticid s hloubkovým a dlouhodobým účinkem ve formě ve vodě dispergovatelného granulátu na ochranu rostlin proti mšicím v obilninách, bramboru, cukrovce, krmné řepě, slunečnici roční, řepce olejce, luskovinách, máku setém, množitelských porostech cibule a česneku, vojtěšce, jeteli, máte peprné, náprstníku vlnatém, hrachu polním, fazolu, tabáku, jádrovinách, peckovinách, bobulovinách, rajčeti, paprice, okurce, zelenině brukvovité a kořenové, salátu, špenátu setém, okrasných rostlinách a lesních dřevinách. Účinná látka v přípravku je 500 g/kg pirimikarb (50%). Přípravek je zvláště nebezpečný pro včely. Za účelem ochrany včel a jiných hmyzích opylovačů se nesmí aplikovat na kvetoucí rostliny. V případě výskytu kvetoucích plevelů na pozemku je aplikace také

zakázána. Přípravek lze aplikovat po ukončení denního letu včel, a to nejpozději do dvacáté třetí hodiny. V porostech slunečnice se přípravek aplikuje proti mšici slivové, a to ve fázi BBCH 51 – 59 maximálně dvakrát za vegetaci s intervalem mezi aplikacemi minimálně 7 – 10 dní (Anonym, 2017).

	Alternativní název	Registrovaná účinná látka	Registrovaný přípravek	Registrovaný do slunečnice
Česká republika	-	Ano	Ano	Ano
Rumunsko	-	Ne	Ne	Ne
Bulharsko	-	Ne	Ne	Ne
Maďarsko	-	Ano	Ano	Ano
Francie	Pirimor G	Ano	Ano	Ne
Španělsko	-	Ne	Ne	Ne
Itálie	Pirimor M.G.F.	Ano	Ano	Ano
Řecko	-	Ne	Ano	Ne
Slovensko	-	Ano	Ano	Ne

Tabulka 5. Přípravek Pirimor 50 WG v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.

Mospilan 20 SP

Systémově účinný selektivní insekticid ve formě ve vodě rozpustného prášku určený k hubení širokého spektra živočišných škůdců v ochraně rostlin. Účinkuje jako kontaktní a požerový jed ve velmi nízkých dávkách. Účinná látka obsažená v přípravku je acetamiprid 200 g/kg (20%). Z hlediska ochrany včel nevyžaduje přípravek specifická opatření. Škůdci, proti kterým se přípravek ve slunečnici používá, jsou potěmnik písečný, klopušky a třásněnky ve fázi BBCH 10 – 39, nebo podle signalizace a mšice střemchová, proti které se provádí aplikace na základě monitoringu po ukončení přeletu ze zimních hostitelů (5 % napadení), nebo při sekundárních výskytech (červen) při napadení 15 – 20 % rostlin. Maximální počet ošetření plodiny v průběhu vegetačního období je jednou za rok. Před ošetřením mospilanem se v porostu slunečnice doporučuje ověřit citlivost na několika rostlinách ošetřované odrůdy, neboť druhová a odrůdová citlivost není známa (Anonym, 2017).

	Alternativní název	Registrovaná účinná látka	Registrovaný přípravek	Registrovaný do slunečnice
České republiky	-	Ano	Ano	Ano
Rumunsko	Gazelle	Ano	Ano	Ne
Bulharsko	-	Ano	Ano	Ano
Maďarsko	-	Ano	Ano	Ne
Francie	Supreme 20 SG, Horeme V200	Ano	Ano	Ne
Španělsko	-	Ne	Ne	Ne
Itálie	-	Ano	Ano	Ne
Řecko	-	Ne	Ano	Ne
Slovensko	Aceta 20, Green Mospil, Zonna	Ne	Ano	Ne

Tabulka 6. Přípravek Mospilan 20 SP v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.

3.4.4 Vliv pesticidů na opylovače

V současné době dochází k obavám z nedostatku opylovačů vzhledem k jejich postupnému poklesu, což je přikládáno působení pesticidů (Brittain *et al.*, 2010). Nedávné studie zjistily, že pesticidy mají na včely rozdílné subletální účinky. Insekticidy a fungicidy mohou měnit u hmyzu a pavouků aktivitu jejich enzymů, vývoj, rozmnožovací chování, poměr narozených samců a samic, pohyb, navigaci a orientaci v prostoru, stravovací chování, učení a imunitní funkce (van Engelsdorp *et al.*, 2010; Alaux *et al.*, 2010). Snížení imunitní funkce je v popředí zájmu kvůli nedávnému poklesu populací včel medonosných (van Engelsdorp *et al.*, 2010). Všechny tyto negativní změny byly prokázány u několika druhů hmyzu včetně včel medonosných a jsou spojovány s alteracemi imunitního systému způsobenými insekticidy (Boncristiani *et al.*, 2012; George a Ambrose, 2004).

Negativní působení pesticidů na zdraví včel medonosných je především přisuzováno dvěma třídám systémových pesticidů, a to neonikotinoidům a fenylpyrazolům (Vidau *et al.*, 2011). Celosvětově používaný imidacloprid je systémový insekticid, který je považován za příčinu značné ztráty včelstev ve Francii (Doucet-Personeni *et al.*, 2003), ale podle Schmuck *et al.* (2001) a Nguyen *et al.* (2009) i přes fakt, že z každých dvou úlů minimálně jeden obsahuje vysoké procento rezidua imidaclopridu (s podílem 30 % v medu a 26 % ve včelách) (Chauzat *et al.*, 2009), nevykazuje toto subletální množství žádné zřejmé smrtící účinky. V Americe od roku 1958 způsobuje carbaryl často úmrtí včel na rostlinách v květu (Atkins, 1981; Anderson a Glowa, 1984). Ve Velké Británii byl carbaryl spojován

s velkým množstvím uhynulých včel v sadech již od roku 1958 (Stevenson *et al.*, 1978). Některé ze současných formulací carbarylu mají pro včely nižší toxicitu, oproti původní formulaci (Atkins, 1981; Kevan *et al.*, 1984), čímž nabízí částečné omezení nebezpečí, avšak ne úplné odstranění.

Brittain *et al.* (2010) zjistili, že insekticid fenitrothion, který je používán ve vinicích, je toxický pro včely a nebezpečný pro další opylovače. V rámci jejich pokusu porovnávali výskyt divokých včel a motýlů ve vinicích bez použití přípravku s vinicemi s použitým přípravkem. Ve vinicích bez fenitrothionu se průměrné množství divokých včel zvyšovalo. Autoři udávají, že ve vinicích s insekticidním ošetřením měla druhá a třetí aplikace vysoce negativní dopad na druhovou rozmanitost divokých včel. Množství druhů čmeláků a motýlů nebylo aplikací fenitrothionu nijak ovlivněno.

Expozice včely medonosné pesticidům a toxinům zvyšuje náchylnost na choroby včetně endoparazita *Nosema* spp, což může vést až k úhynu včel (Pettis *et al.*, 2012; Vidau *et al.*, 2011). Alaux *et al.* (2010) vyzorovali, že neonikotinoid (imidacloprid) znatelně oslabil medonosné včely, které byly nakažené parazitem *Nosema*. Kombinace těchto dvou faktorů způsobila největší individuální mortalitu a energetický stres. Pettis *et al.* (2013) zjistili, že na schopnost odolat parazitické infekci včel měly vliv dva fungicidy (chlorothalonil a pyraclostrobin) a dva akaricidy (amitraz a fluvalinate).

Woodrow *et al.* (1965) porovnávali účinky atraktantů a repelentů na medonosné včely. Celkem použili 195 složek, z nichž 4 byly vyhodnoceny jako slabě atraktivní a 19 středně až silně atraktivních. Tři z nejatraktivnějších látek byly alkoholy a jedna mastná kyselina se čtyřmi atomy uhlíku. Ze všech pozorovaných složek repelenty vyvolávaly konstantnější reakce oproti atraktantům.

Jedním z možných prostředků, jak omezit nebezpečí způsobené pesticidy včelám, je aplikace chemických repelentů, které odradí včely sbírat potravu na plodinách v intervalu, kdy byly aplikovány pesticidy. Na repelenci proti včelám bylo testováno již několik stovek chemikálií (Woodrow *et al.*, 1965; Gupta a Mohla, 1986). Mnoho syntetických pyrethroidních insekticidů se ukázalo, jako silně repelentní pro včely, a i přes to, že jsou vnitřně silně toxické, tak nepředstavují v praxi velký problém (Solomon a Hooker, 1989). Atkins *et al.* (1978) a Pike *et al.* (1982) poukazují na repelentní efekt permethrinu, další významné repelentní pyrethroidy jsou např. cypermethrin (Shires a Debray, 1982; Delabie *et al.*, 1985), deltamethrin (Bos a Masson, 1983; Pastre *et al.*, 1984) a fenvalerate (Gerig, 1974; Stark, 1984). Smart a Stevenson (1982) tvrdí, že nízké hodnoty, v jakých jsou syntetické pyrethroidy

aplikovány na plodiny, přispívají k objevení faktu, že jsou mnohem méně nebezpečné pro včely v polních podmínkách, oproti podmínkám laboratorním.

Extrakt ze semen zederachu indického (*Azadirachha indica*) vykazuje velký potenciál z hlediska důležitého zdroje pro pesticidní ochranu rostlin. Nejdůležitější složkou je pro regulaci škůdců je tetranortriterpenoid (součást azadirachtinu). Mezi pozitivní vlastnosti této látky patří repelence, odrazení od krmení a kladení vajec, regulace růstové aktivity hmyzu, nízká toxicita vůči savcům a rychlá degradace (Koul *et al.*, 1992; Schmutterer, 1990).

3.4.5 Vliv pesticidů na rostliny

Fungicidy v rostlinách mohou podporovat projevy biochemické ochrany proti patogenům. Brzké studie Reilly a Klarman (1972) demonstrovaly, že několik fungicidů může vyvolat zvýšení produkce fytoalexinu hydroxyphaseollinu u sóji. Zjistili, že maneb, benomyl a nabam stimulovaly vyšší stupně fenolického fytoalexinu, ačkoliv nemohli potvrdit, že je zde přímá vazba mezi tímto efektem a aktivitou fungicidu. Fungicid DDCC (WL 28325; 2,2 dichloro-3,3-dimethylcyklopropan-karboxylová kyselina) byl prvním fungicidem, u kterého bylo zjištěno, že podporuje vyšší produkci fytoalexinu. Cartwright *et al.* (1980) tvrdí, že DDCC také podporuje tvorbu momilaktonů A a B ve tkáních rýže. Zavedení těchto terpenoidů se shodovalo s inhibicí houbového růstu *Pyricularia oryzae*.

Probenazole je znatelně efektivnější fungicid při použití *in vivo*, oproti použití *in vitro* (Watanabe *et al.*, 1981; Sekizawa a Mase, 1981). Tento fungicid podporuje dřevnatění infikovaných tkání a způsobuje akumulaci α -linolové kyseliny, což je látka toxická pro houby (Lydon, 1989). Stejně tak i fenyl-thio-karbamid, který byl také efektivnější při použití *in vivo*, než při použití *in vitro* a silně stimuloval dřevnatění ve tkáních, které byly postižené houbovou infekcí (Sijpesteijn, 1969). Paclobutrazol byl označen jako fungicid, který pozměňuje metabolismus uvnitř hostitelské rostliny, avšak nebyla zjištěna žádná spojitost se sekundárním metabolismem (Cohen *et al.*, 1987).

Fungicidy také mohou působit na metabolismus vyšších rostlin, které nemají velkou roli v jejich mechanismu účinku. Například několik fungicidů působí na metabolismus sterolů v rostlině. Triadimenol, nuarimol, tridemorph a fenpropimorph snížily celkovou syntézu sterolu ve výhonkách ječmene o 45 - 88 %, dále došlo také ke změně relativních poměrů sterolů. Tyto vlivy dobře korelovaly s inhibovaným růstem (Burden *et al.*, 1987).

Ohledně nepřímých vlivů insekticidů na rostliny je známo pouze málo informací. Jedním z efektů insekticidu na sekundární metabolismus rostlin byl zjištěn u methomyly na

fenolické složky vlnovníku. Methomyl způsoboval skoro trojnásobné zvýšení kyanid-3-glykosidu a zvýšení obsahu taninů v dospělých listech o 50 % (Parrott *et al.*, 1983).

4 Metodika

V roce 2016 byly založeny maloparcelkové pokusy za účelem zkoumání vlivů faktorů na návštěvnost běžně se vyskytujících žahadlovitých opylovačů (včela medonosná, čmeláci a samotářské včely) v porostech slunečnice.

4.1 Popis lokality a průběh počasí

Pokusy probíhaly na dvou lokalitách České zemědělské univerzity v Praze, a to na demonstračním pozemku, kde se porovnával vliv odrůdy na návštěvnost opylovačů a na Starém Suchdole, kde se porovnával vliv pesticidního ošetření na návštěvnost opylovačů.

Hlavní genetický půdní představitel této oblasti je modální hnědozem a modální slabě oglejená hnědozem, se slabě kyselým až neutrálním pH půdy. V rámci kategorie sklonitosti spadají pozemky do kategorie úplná rovina až rovina. Klimatický region lokality je 2, pro který je charakteristické hodnocení teplý, mírně suchý, suma teplot nad 10 °C se pohybuje 2600 – 2800, s průměrnou roční teplotou 8 – 9 °C a průměrným úhrnem srážek 500 – 600 mm.

Podle měření meteorologické stanice České zemědělské univerzity v Praze byla za sledované období odrůdového pokusu průměrná teplota 19,8 °C, průměrná rychlost větru byla 1,74 m/s a průměrné množství srážek bylo 0,17 mm. V období pesticidního pokusu byla průměrná teplota 19,9 °C, průměrná rychlost větru byla 1,60 m/s a průměrné množství srážek bylo 0,16 mm.

4.2 Sledování opylovačů na odrůdových a pesticidních pokusech

Monitorování opylovačů se provádělo pozorováním slunečnicových květů v oblasti do 2 m² z kraje jednotlivých parcel po dobu 20 vteřin, následně se napočítané množství hmyzu zaneslo do archu. Základní podmínkou pro zahájení monitorování opylovačů na slunečnici byly vhodné podmínky pro let opylovačů, což znamená teplota vyšší než 20 °C, žádný až mírný vítr a beze srážek. Pozorování na obou pokusech probíhalo od začátku květu první odrůdy do konce květu poslední odrůdy.

Maloparcelkový pokus s odrůdami slunečnice v areálu ČZU byl založen 18.4.2016, kdy se slunečnice manuálně sela do sponu 75 x 25 cm do hloubky 10 cm. Pokus se skládal z hybridních odrůd ES Biba, Gonzalo, Drake, Vellox, NK Neoma a P63LE10. Velikost parcely byla určena na 10 m² s každou variantou zařazenou ve 4 opakování. Pokus s hybridními odrůdami probíhal v období 11.7.2016 – 27.7.2016. Celkem bylo provedeno 48 pozorování na

jednotlivých parcelách. Níže je uveden plán s umístěním jednotlivých hybridních odrůd v parcelách.

Číslo	Odrůda	Ranost	Udržovatel
1	Gonzalo	Středně raný	Strube
2	Drake	Velmi raný	SAATBAU ČR s. r. o.
3	Vellox	Raný	VP AGRO, s. r.o.
4	ES Biba	Raný	Euralis Semences
5	NK Neoma	Středně raný	Syngenta Czech s.r.o.
6	P63LE10	Velmi raný	DuPont Pioneer

Tabulka 7. Přehled hybridů použitých v odrůdovém pokusu.

3	4	1	5	6	2
5	2	6	3	1	4
4	1	5	2	3	6
1	2	3	4	5	6

Tabulka 8. Plán odrůdového pokusu.

V maloparcelkovém pokusu s pesticidy byl 12.7.2016 porost slunečnice za pomoci zádového postřikovače ošetřen různými pesticidními přípravky Karate Zeon 5 CS, Bumper Super, Topsin M® 500 SC, Mospilan 20 SP, Pictor a Pirimor 50 WG. Kontrola je varianta bez pesticidního ošetření. Použitým hybridem v tomto pokusu byl hybrid P63LE10. Velikost jednotlivých parcel byla stanovena na 10 m² s každou variantou zařazenou ve 3 opakování. Pesticidní pokus probíhal v období 12.7.2016 – 27.7.2016. Celkem zde bylo provedeno 54 pozorování. Níže je uveden plán s místy použití jednotlivých pesticidů v parcelách.

Číslo	Výrobek	Účinná látka	Registrant
1 (Kontrola)	-	-	-
2	Mospilan 20 SP	Acetamiprid	Nisso Chemical Europe GmbH
3	Karate Zeon 5 CS	Lambda-cyhalotrin	Syngenta Czech s.r.o.
4	Pirimor 50 WG	Pirimicarb	Syngenta Limited
5	Bumper Super	Prochloraz, Propiconazol	Makhteshim-Agan Ltd.
6	Pictor	Dimoxystrobin, Boscalid	BASF AG, Agricultural Products
7	Topsin M ® 500 SC	Thiophanate-methyl	Sumi Agro Czech s.r.o.

Tabulka 9. Přehled přípravků použitých v pesticidním pokusu.

3	5	7	2	6	1	4
6	4	1	5	3	7	2
1	2	3	4	5	6	7

Tabulka 10. Plán pesticidního pokusu.

4.3 Chemické rozborý

V pesticidním pokusu byly dále vykonány odběry vzorků ze všech variant ošetřených slunečnic za účelem analýzy reziduí účinných látek z pesticidního ošetření, které bylo vykonáno 12.7.2016. První odběr proběhl 14.7.2016 (okraj terčiku + okvětní lístky) a druhý odběr 30.7.2016 (okraj terčiku + okvětní lístky).

Vzorky byly poslány na analýzu reziduí do Ústavu analýzy potravin a výživy na VŠCHT v Praze. Cílové látky byly extrahovány metodou QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe) a stanoveny byly pomocí kapalinové chromatografie spolu s hmotnostně spektrometrickou detekcí, pro což byl využit kapalinový chromatograf Waters Acquity UPLC s hmotnostním detektorem Waters Xevo TQ-S; (US).

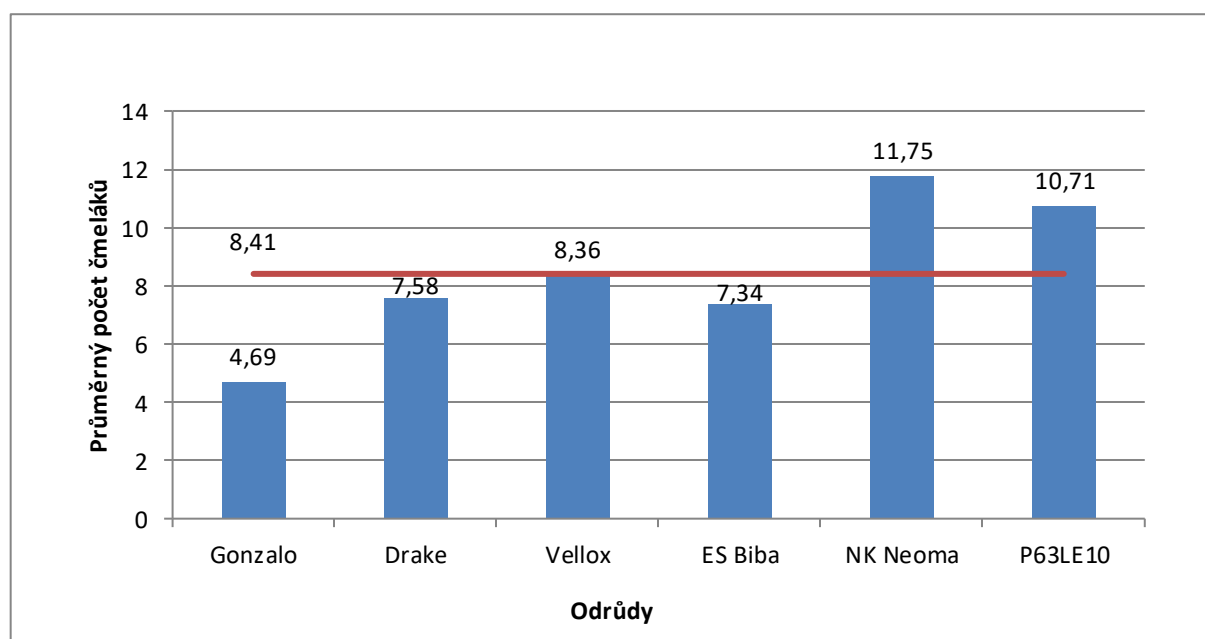
5 Výsledky

5.1 Vliv odrůd slunečnice roční na návštěvnost opylovačů

Dle výsledků z vykonaných měření zde bude vyhodnocen vliv odrůd slunečnice na návštěvnost opylovačů. Výsledky byly vyhodnoceny v programu STATISTICA 12 a dále znázorněny v programu MS Excel. Data byla vyhodnocena ANOVA testem (graf 2 a tabulka 11).

Grafy 1, 3 a 4 jsou vyobrazeny s přímkou referenční hodnoty, která udává průměr z celkového počtu napočítaných opylovačů v daných variantách.

V grafu 1 můžeme vidět průměrné množství čmeláků na odrůdách za celé pozorování. Nejnavštěvovanější odrůdou byla odrůda NK Neoma. Odrůda P63LE10 také překročila referenční hodnotu 8,41. Odrůda Vellox byla průměrně navštěvována. Odrůdy Drake a Biba byly čmeláky navštěvovány podprůměrně a nejméně navštěvovanou odrůdou byla odrůda Gonzalo.

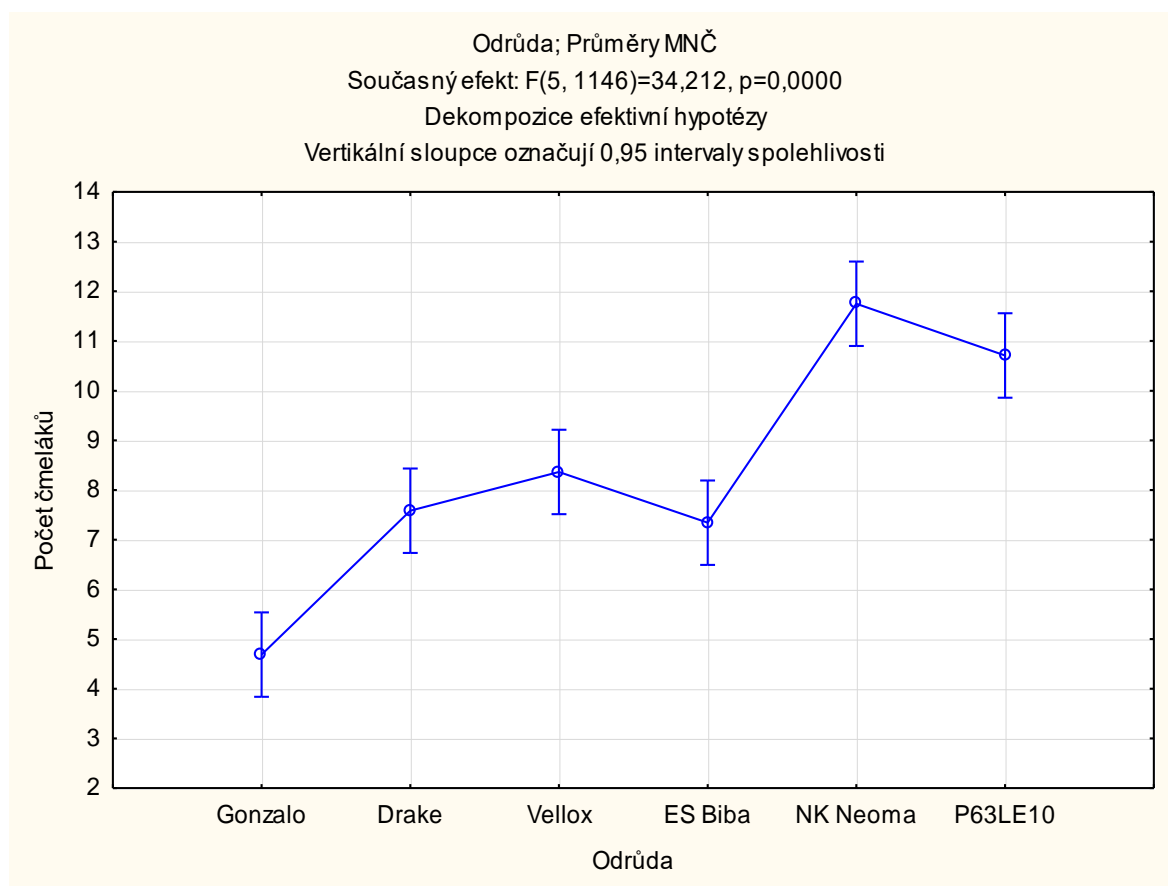


Graf 1. Počet čmeláků na odrůdách slunečnice roční.

V grafu 2 můžeme vidět, že statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % v počtu čmeláků jsou skoro mezi všemi odrůdami. Statisticky neprůkazné rozdíly jsou v tomto případě pouze mezi odrůdami:

- Drake a Vellox, Drake a ES Biba;
- Vellox a ES Biba;

- NK Neoma a P63LE10.

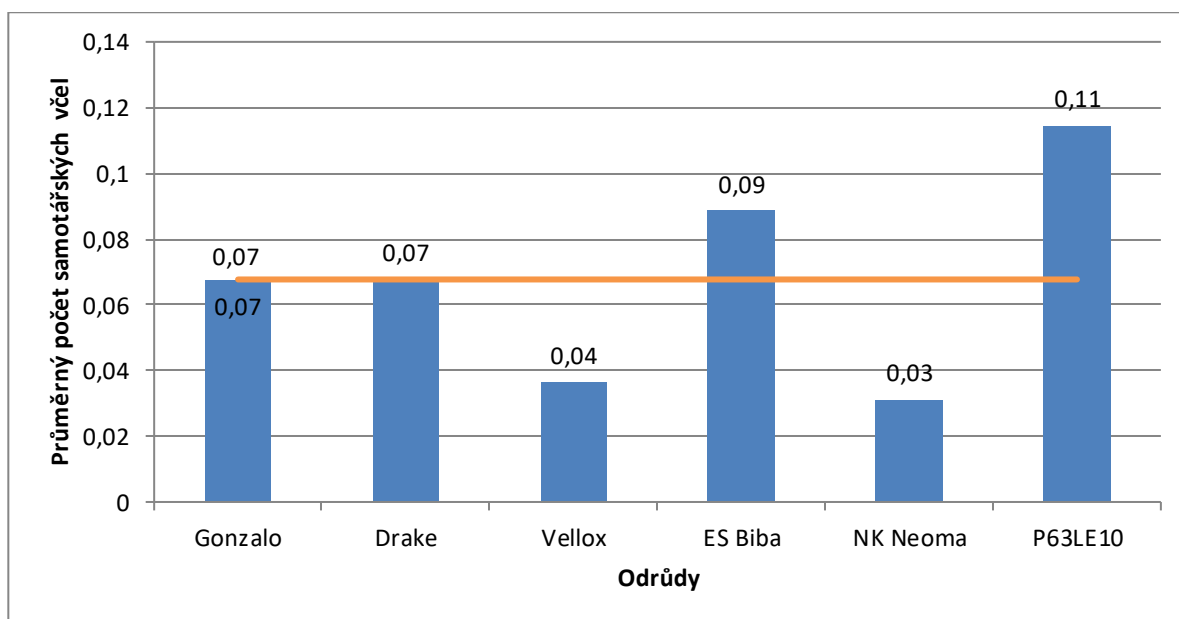


Graf 2. Analýza variace počtu čmeláků na odrůdách slunečnice roční.

LSD test; proměnná Počet čmeláků (Tabulka 1)							
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy							
Chyba: meziskup. PČ = 36,048, sv = 1146,0							
Č. buňky	Odrůda	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		4,6875	7,5833	8,3646	7,3438	11,750	10,708
1	Gonzalo		0,000003	0,000000	0,000016	0,000000	0,000000
2	Drake	0,000003		0,202596	0,695888	0,000000	0,000000
3	Vellox	0,000000	0,202596		0,096007	0,000000	0,000138
4	ES Biba	0,000016	0,695888	0,096007		0,000000	0,000000
5	NK Neoma	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,089422
6	P63LE10	0,000000	0,000000	0,000138	0,000000	0,089422	

Tabulka 11. LSD test počtu čmeláků na odrůdách slunečnice roční.

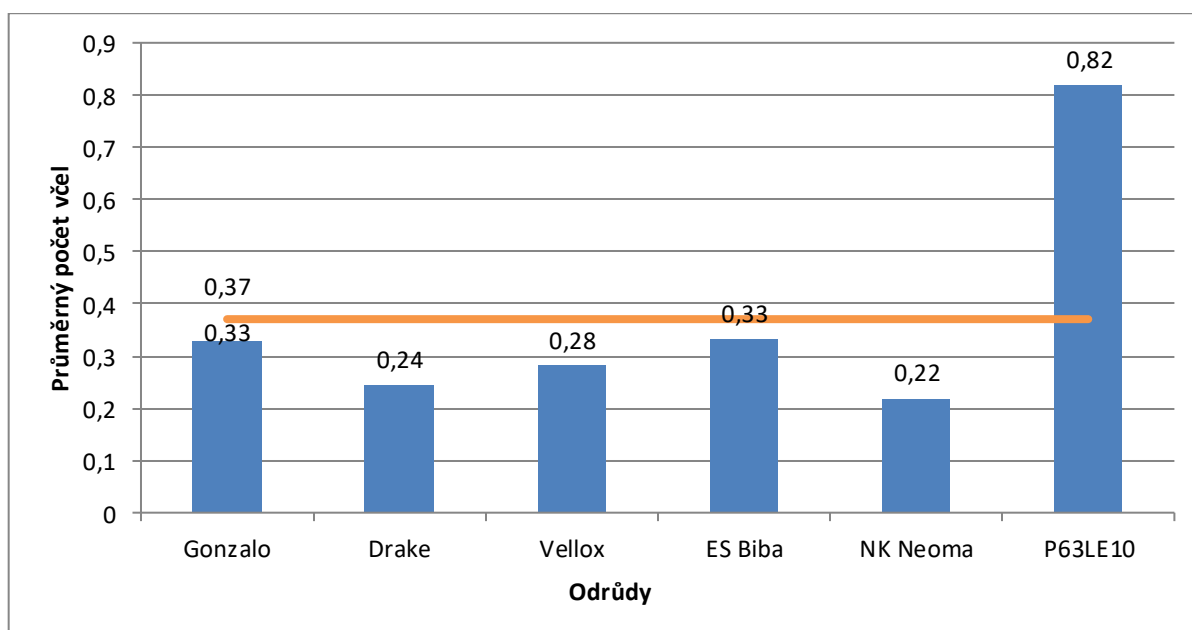
Graf 3 znázorňuje celkový průměrný výskyt samotářských včel za všechna pozorování. Nejnavštěvovanější odrůdou byla v tomto případě opět odrůda P63LE10, ale také ES Biba, Drake a Gonzalo překročily referenční hodnotu 0,07 a jsou tedy hodnoceny jako nadprůměrně navštěvovány samotářskými čmeláky. Odrůda Vellox byla navštěvována podprůměrně a nejméně navštěvovanou odrůdou byla NK Neoma.



Graf 3. Počet samotářských včel na odrůdách slunečnice roční.

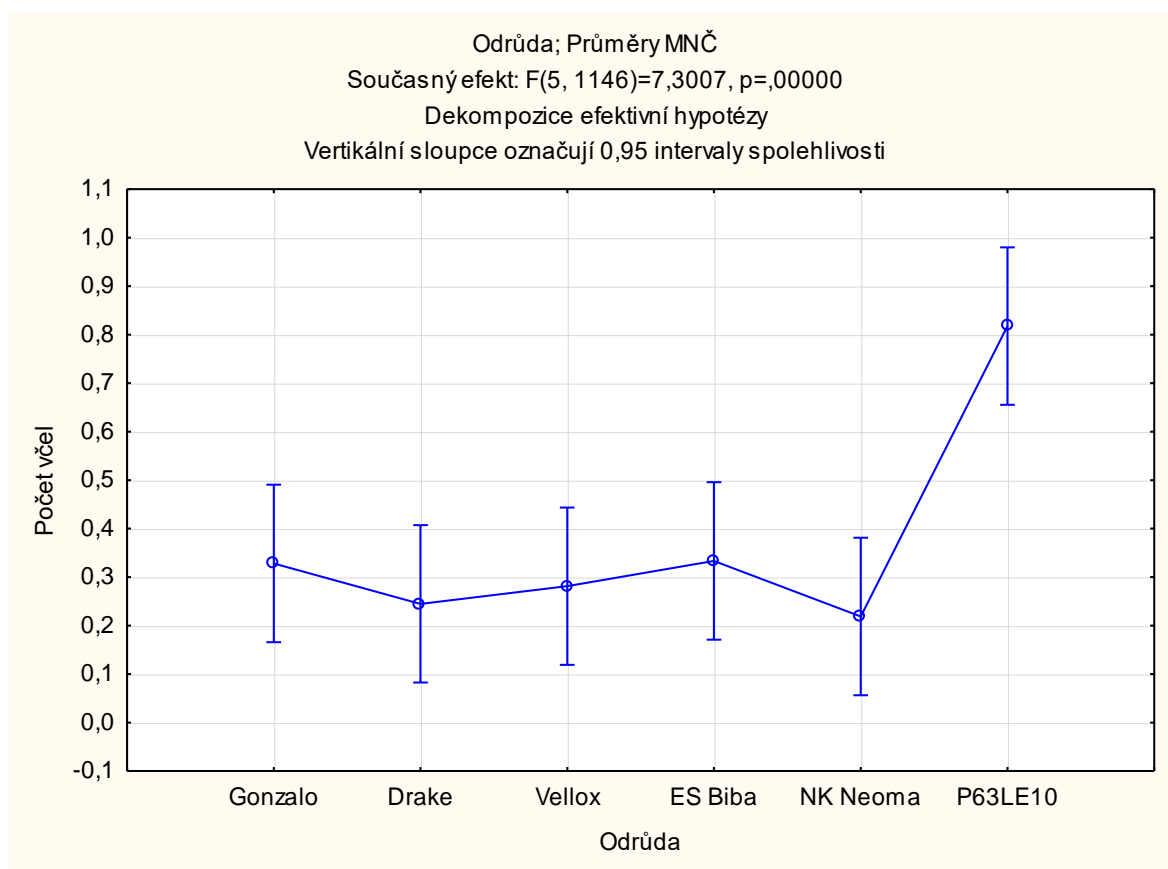
Pro statistické vyhodnocení závislosti počtu samotářských včel na odrůdách bylo získáno nedostatečné množství dat.

Graf 4 ukazuje průměrné množství včel na odrůdách za celé pozorování. Nejnavštěvovanější odrůdou v tomto případě byla odrůda P63LE10, která jako jediná překročila referenční hodnotu 0,37 a to dvojnásobně. Odrůdy Gonzalo, Drake, Vellox a ES Biba měly podprůměrnou návštěvnost včelami. Nejméně navštěvovanou odrůdou byla NK Neoma.



Graf 4. Počet včel na odrůdách slunečnice roční.

Z grafu 5 je zřejmé, že statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % v počtu včel jsou mezi všemi odrůdami a odrůdou P63LE10. Mezi ostatními 5 odrůdami jsou rozdíly statisticky neprůkazné.



Graf 5. Analýza variace počtu včel na odrůdách slunečnice roční.

		LSD test; proměnná Počet včel (Tabulka1) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,3148, sv = 1146,0					
Č. buňky	Odrůda	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		,32813	,24479	,28125	,33333	,21875	,81771
1	Gonzalo		0,476561	0,688830	0,964510	0,350189	0,000031
2	Drake	0,476561		0,755451	0,449455	0,823945	0,000001
3	Vellox	0,688830	0,755451		0,656368	0,593404	0,000005
4	ES Biba	0,964510	0,449455	0,656368		0,327733	0,000037
5	NK Neoma	0,350189	0,823945	0,593404	0,327733		0,000000
6	P63LE10	0,000031	0,000001	0,000005	0,000037	0,000000	

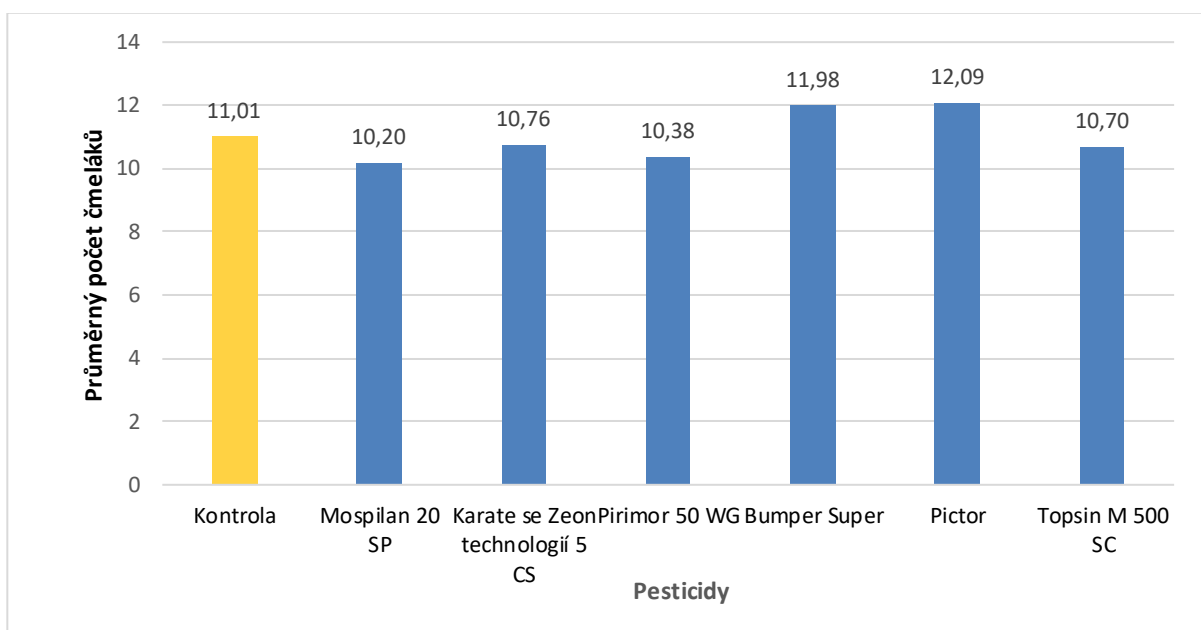
Tabulka 12. LSD test počtu včel na odrůdách slunečnice roční.

5.2 Vliv pesticidních přípravků na návštěvnost opylovačů

Dle hodnot získaných z vykonaných měření zde bude vyhodnocen vliv pesticidů použitých v porostech slunečnice na návštěvnost opylovačů, nebo li závislost počtu přítomných opylovačů na rostlinách s konkrétním pesticidním ošetřením. Výsledky v této podkapitole byly

získány stejným způsobem jako v podkapitole předchozí pomocí programu STATISTICA 12 a programu MS Excel.

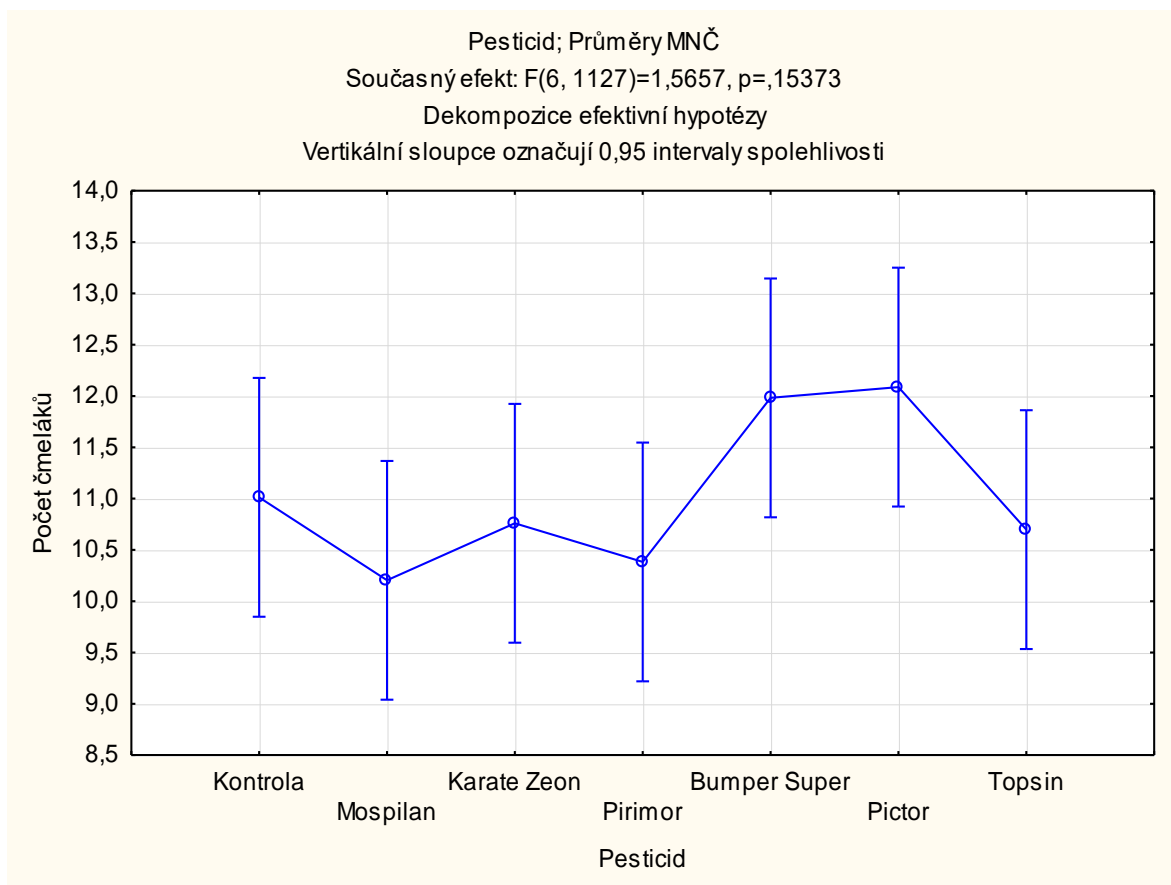
Z grafu 6 můžeme vyčíst, že průměrné hodnoty čmeláků byly v rámci všech postřiků podobné. Nejnavštěvovanější odrůdou byla varianta s pesticidem Pictor. Kontrolní varianta měla po zaokrouhlení průměrný počet 11 čmeláků. Oproti kontrole měla vyšší návštěvnost pouze varianta s pesticidem Bumper Super. Varianty s pesticidy Karate Zeon 5 CS, Topsin M ® 500 SC, Pirimor 50 WG a Mospilan 20 SP měly oproti kontrole nižší návštěvnost a nejméně navštěvovanou byla varianta s pesticidem Mospilan 20 SP.



Graf 6. Počet čmeláků na pesticidních variantách.

Z grafu 7 je patrné, že statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % v počtu čmeláků v závislosti na přítomnosti konkrétního pesticidu jsou pouze ve třech případech, a to u přípravků:

- Mospilan 20 SP a Bumper Super, Mospilan 20 SP a Pictor;
- Pirimor 50 WG a Pictor.

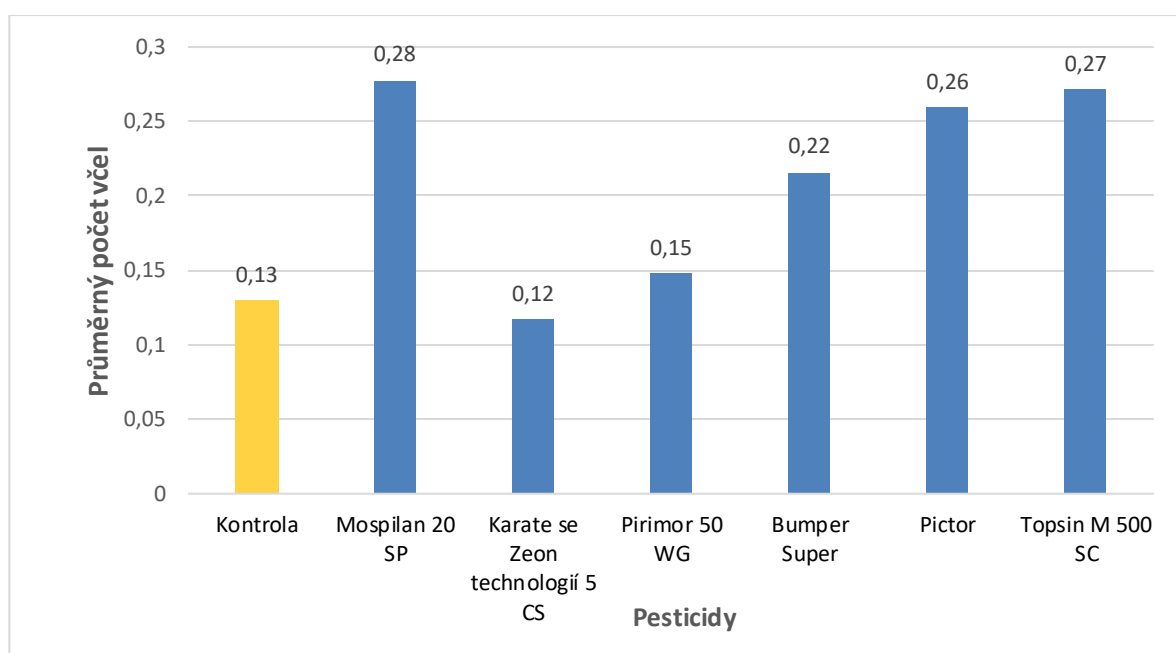


Graf 7. Analýza variace počtu čmeláků na variantách s rozdílným pesticidem.

LSD test; proměnná Počet čmeláků (Tabulka1)								
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = 57,015, sv = 1127,0								
Č. buňky	Pesticid	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		11,012	10,204	10,759	10,383	11,981	12,086	10,698
1	Kontrola		0,335334	0,762968	0,453129	0,248281	0,200734	0,707557
2	Mospilan	0,335334		0,507992	0,831078	0,034311	0,025023	0,556246
3	Karate Zeon	0,762968	0,507992		0,653655	0,145452	0,113960	0,941361
4	Pirimor	0,453129	0,831078	0,653655		0,056956	0,042522	0,707557
5	Bumper Super	0,248281	0,034311	0,145452	0,056956		0,900484	0,126206
6	Pictor	0,200734	0,025023	0,113960	0,042522	0,900484		0,098113
7	Topsin	0,707557	0,556246	0,941361	0,707557	0,126206	0,098113	

Tabulka 13. LSD test počtu čmeláků v závislosti na použitých pesticidech.

Průměrný počet včel (graf 8) byl nejvyšší u varianty ošetřené pesticidem Mospilan 20 SP. Kontrolní varianta měla průměrný počet včel. Varianty s pesticidy Topsin M ® 500 SC, Pictor, Bumper Super a Pirimor 50 WG měly oproti kontrole vyšší návštěvnost (v případě Topsin M ® 500 SC až dvakrát). Nejméně navštěvovaná byla varianta s pesticidem Karate Zeon 5 CS. Celkové napočítané množství včel bylo oproti čmelákům zřetelně nižší.

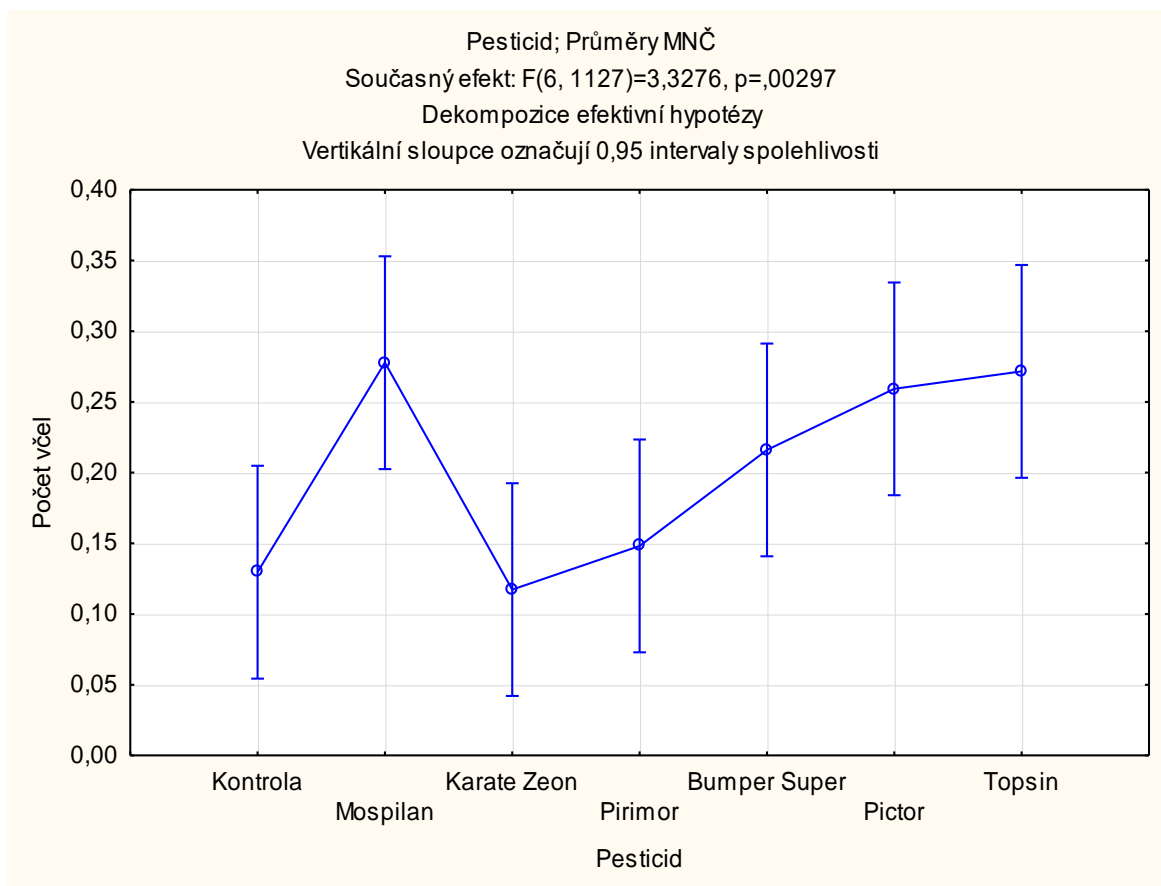


Graf 8. Počet včel na pesticidních variantách.

Z grafu 9 je zřejmé, že statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % v počtu včel v závislosti na přítomnosti konkrétního pesticidu byly zjištěny u těchto přípravků:

- Mospilan 20 SP a Karate Zeon 5 CS, Mospilan 20 SP a Pirimor 50 WG;
- Karate Zeon 5 CS a Pictor, Karate Zeon 5 CS a Topsin M ® 500 SC;
- Pirimor 50 WG a Pictor, Pirimor 50 WG a Topsin M ® 500 SC.

Dále byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly oproti kontrolní variantě u přípravků Mospilan 20 SP, Pictor a Topsin M ® 500 SC.

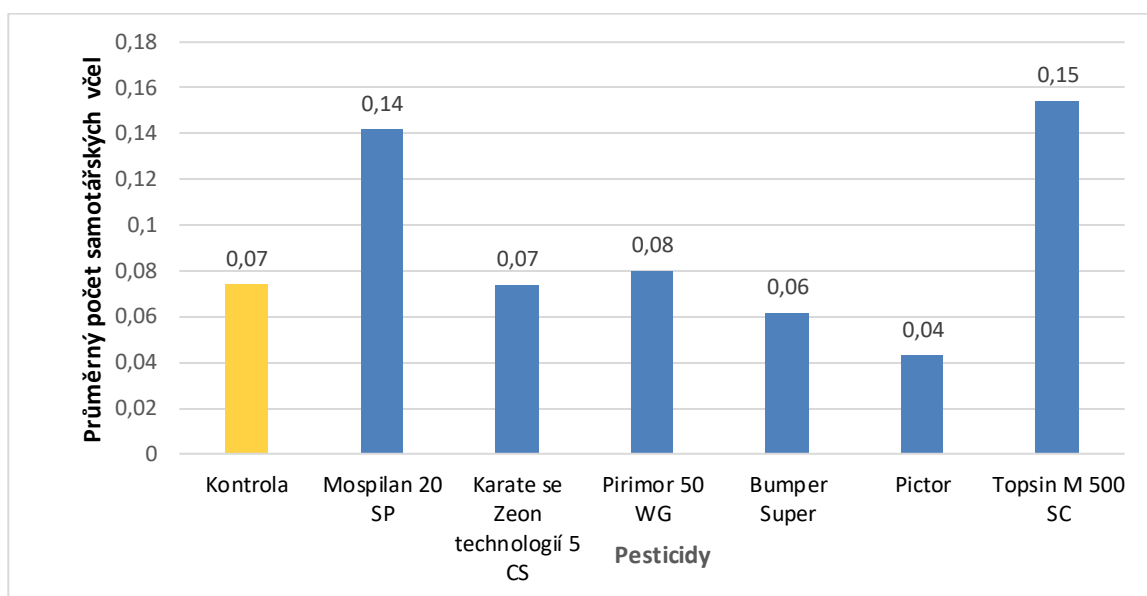


Graf 9. Analýza variace počtu včel na variantách s rozdílným pesticidem.

LSD test; proměnná Počet včel (Tabulka1)								
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = ,23833, sv = 1127,0								
Č. buňky	Pesticid	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		,12963	,27778	,11728	,14815	,21605	,25926	,27160
1	Kontrola		0,006409	0,819998	0,732866	0,111396	0,017021	0,008979
2	Mospilan	0,006409		0,003153	0,017021	0,255362	0,732866	0,909417
3	Karate Zeon	0,819998	0,003153		0,569469	0,068902	0,008979	0,004521
4	Pirimor	0,732866	0,017021	0,569469		0,210902	0,040752	0,023033
5	Bumper Super	0,111396	0,255362	0,068902	0,210902		0,425851	0,305960
6	Pictor	0,017021	0,732866	0,008979	0,040752	0,425851		0,819998
7	Topsin	0,008979	0,909417	0,004521	0,023033	0,305960	0,819998	

Tabulka 14. LSD test počtu včel v závislosti na použitých pesticidech.

Podle grafu 10 je zřejmé, že samotářské včely navštěvovaly nejvíce variantu s pesticidem Topsin M ® 500 SC. Kontrolní varianta měla průměrný počet samotářských včel 0,07. Oproti kontrole dosahovaly vyšší (nebo stejné) návštěvnosti samotářskými včelami varianty s pesticidy Mospilan 20 SP, Pirimor 50 WG a Karate Zeon 5 CS. Nižší návštěvnosti dosahovaly varianty s pesticidy Bumper Super a Pictor, což byla nejméně navštěvovaná varianta byla varianta. Stejně tak jako v předchozím případě se včelami i zde bylo oproti čmelákům napočítáno výrazně nižší množství.

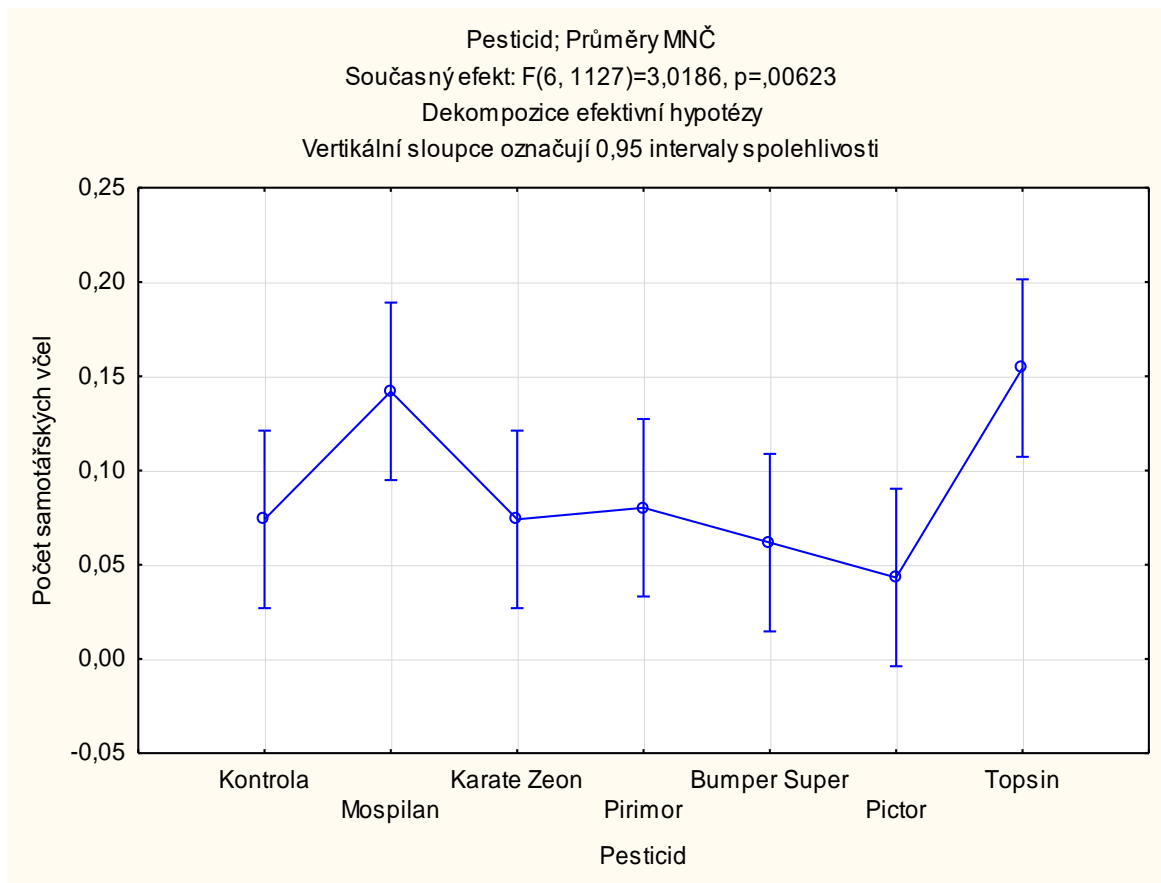


Graf 10. Počet samotářských včel na pesticidních variantách.

Z grafu 11 je patrné, že statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % v počtu samotářských včel v závislosti na přítomnosti konkrétního pesticidu byly zjištěny u těchto přípravků:

- Mospilan 20 SP a Karate Zeon 5 CS, Mospilan 20 SP a Bumper Super, Mospilan 20 SP a Pictor;
- Topsin M ® 500 SC a Karate Zeon 5 CS, Topsin M ® 500 SC a Pirimor 50 WG, Topsin M ® 500 SC a Bumper Super, Topsin M ® 500 SC a Pictor.

Dále byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl oproti kontrolní variantě u přípravků Mospilan 20 SP a Topsin M ® 500 SC.



Graf 11. Analýza variace počtu samotářských včel na variantách s rozdílným pesticidem.

LSD test; proměnná Počet samotářských včel (Tabulka 1)								
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = ,09329, sv = 1127,0								
Č. buňky	Pesticid	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
1	Kontrola	,07407	0,045652	1,000000	0,855700	0,716087	0,363301	0,018218
2	Mospilan	0,045652		0,045652	0,069189	0,018218	0,003682	0,716087
3	Karate Zeon	1,000000	0,045652		0,855700	0,716087	0,363301	0,018218
4	Pirimor	0,855700	0,069189	0,855700		0,585396	0,275351	0,029263
5	Bumper Super	0,716087	0,018218	0,716087	0,585396		0,585396	0,006464
6	Pictor	0,363301	0,003682	0,363301	0,275351	0,585396		0,001092
7	Topsin	0,018218	0,716087	0,018218	0,029263	0,006464	0,001092	

Tabulka 15. LSD test počtu samotářských včel v závislosti na použitých pesticidech.

5.3 Korelace mezi návštěvností opylovačů na pesticidně ošetřených variantách a množstvím reziduí v květu

kód vzorku	analyt	1. odběr - 14.7.2016 (mg/kg)	2. odběr - 30.7.2016 (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	popis vzorku	
1	—	—	—		Kontrola	—
2	Acetamiprid	0,144	0,006	0,004	Mospilan 20 SP	acetamiprid
	Difenoconazole	0,005	<LOQ	0,004		
	Thiophanate methyl	0,006	<LOQ	0,004		
	Carbendazim	0,013	<LOQ	0,004		
3	Acetamiprid	0,008	<LOQ	0,004	Karate se Zeon technologií 5 CS	lambda cyhalotrin
	Thiophanate methyl	0,012	<LOQ	0,004		
	Lambda cyhalotrin	0,164	0,124	0,040		
	Carbendazim	0,014	<LOQ	0,004		
4	Desmethyl-pirimicarb	0,099	0,006	0,004	Pirimor 50 WG	pirimicarb
	Pirimicarb	0,177	0,012	0,004		
5	Boscalid	0,004	<LOQ	0,004	Bumper Super	prochloraz, propiconazole
	Dimoxystrobin	0,006	<LOQ	0,004		
	Difenoconazole	0,004	<LOQ	0,004		
	Prochloraz	0,380	0,006	0,004		
	Propiconazole	0,324	0,017	0,008		
6	Boscalid	0,216	0,154	0,004	Pictor	dimoxystrobin, boscalid
	Dimoxystrobin	0,452	0,137	0,004		
	Prochloraz	0,004	<LOQ	0,004		
7	Boscalid	0,025	0,013	0,004	Topsin M [®] 500 SC	thiophanate-methyl
	Dimoxystrobin	0,036	0,009	0,004		
	Thiophanate-methyl	2,320	2,360	0,004		
	Carbendazim	1,560	0,760	0,004		

Tabulka 16. Laboratorní výsledky množství reziduí v květech slunečnice.

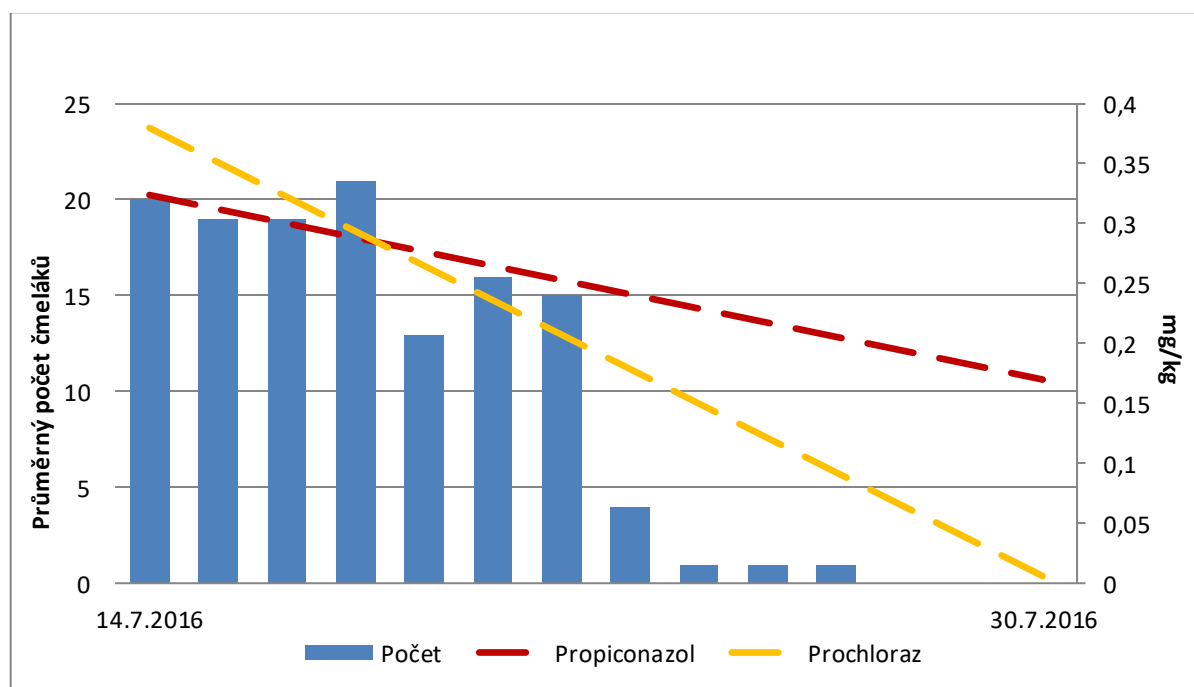
V tabulce 17 můžeme vidět ve většině případů pokles účinné látky mezi 1. odběrem a 2. odběrem (rozdíl 16 dnů).

- Prochloraz (Bumper Super) poklesl o **98,42 %**.
- Acetamiprid (Mospilan 20 SP) poklesl o **95,83 %**.
- Propiconazol (Bumper Super) poklesl o **94,75 %**.
- Pirimicarb (Pirimor 50 WG) poklesl o **93,22 %**.
- Dimoxystrobin (Pictor) poklesl o **69,69 %**.
- Boscalid (Pictor) poklesl o **28,7 %**.
- Lambda cyhalotrin (Mospilan 20 SP) poklesl o **24,39 %**.
- Thiophanate-methyl (Topsin M® 500 SC) se **navýšil o 1,72 %**.

V posledním případě došlo k navýšení obsahu reziduí, z čehož můžeme vyvodit, že účinná látka ve slunečnici setrvává. Vyšší hodnotu bylo možné naměřit, neboť se při druhém odběru použil jiný vzorek.

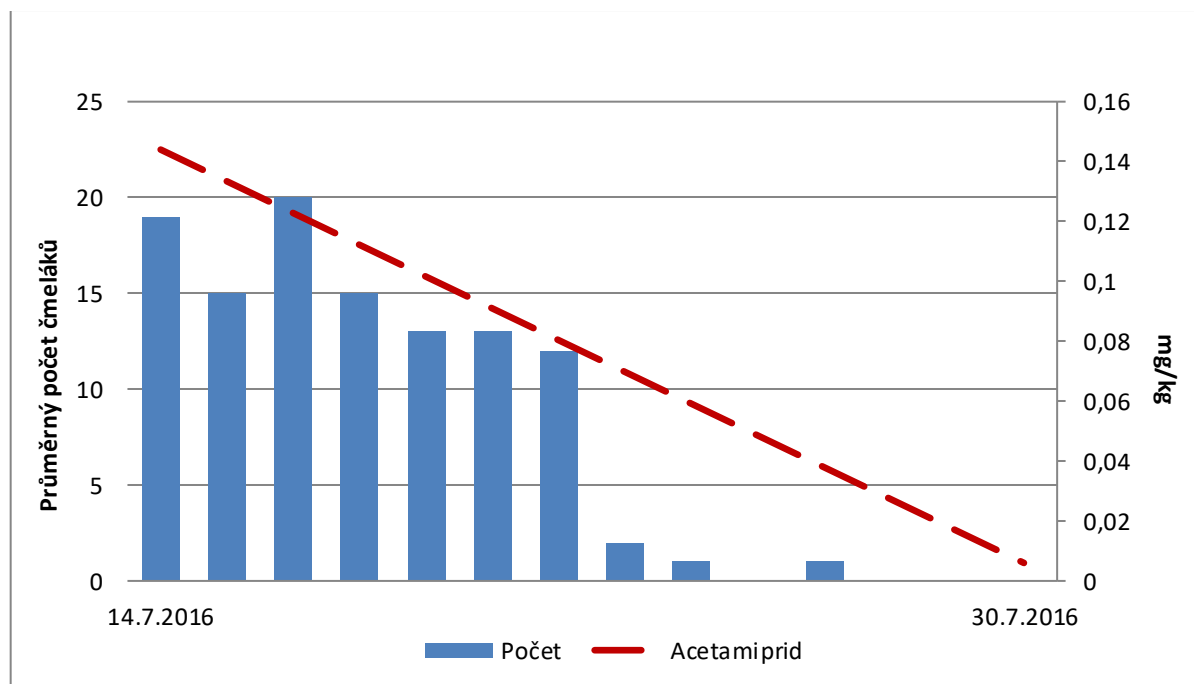
K největšímu poklesu došlo tedy u účinné látky prochloraz, dále pak acetamiprid, propiconazol a pirimicarb. K nejmenšímu poklesu došlo u thiophanate-methylu.

Graf 12 ukazuje pokles průměrného počtu čmeláků na variantě s pesticidem Bumper Super v průběhu květu slunečnice. Ke konci květu došlo k výraznému snížení počtu čmeláků. Současně je v grafu znázorněn pokles množství účinných látek propiconazol a prochloraz v závislosti na čase, který uběhl od termínu aplikace.



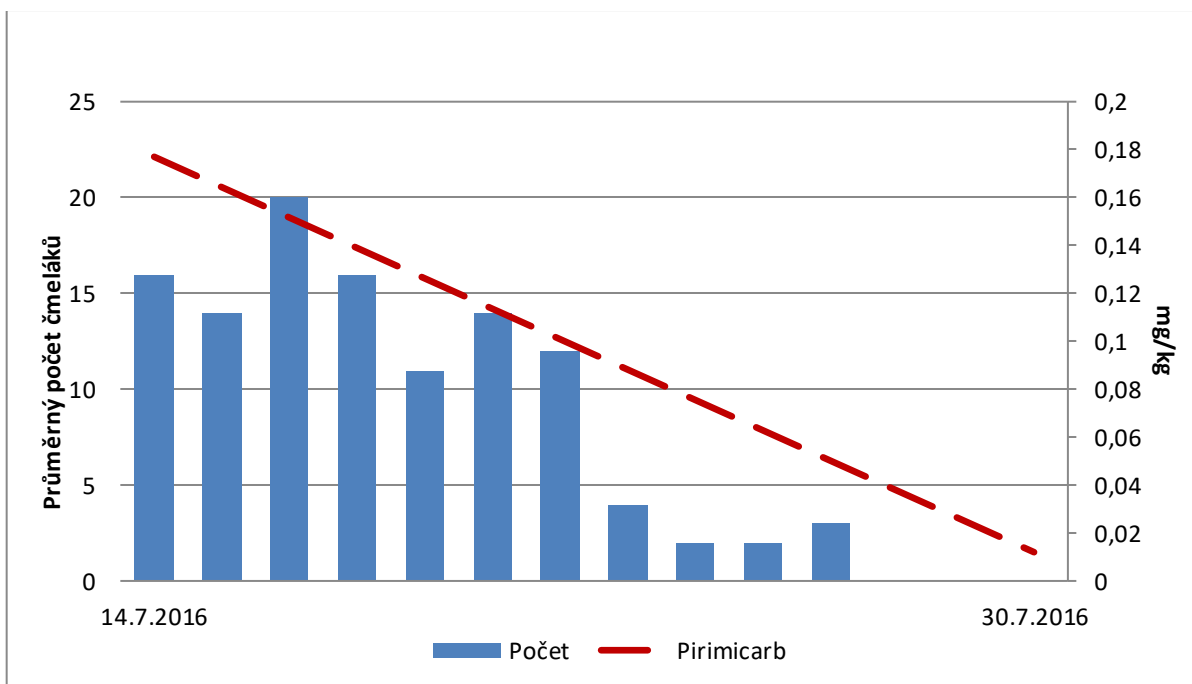
Graf 12. Počet čmeláků na variantě s pesticidem Bumper Super.

V grafu 13 můžeme vidět pokles průměrného počtu čmeláků na variantě s pesticidem Mospilan 20 SP v průběhu květu slunečnice. K výraznému snížení počtu čmeláků došlo ke konci květu slunečnice. V grafu můžeme také vidět pokles množství účinné látky acetamidrid v závislosti na čase, který uběhl od termínu aplikace pesticidu.



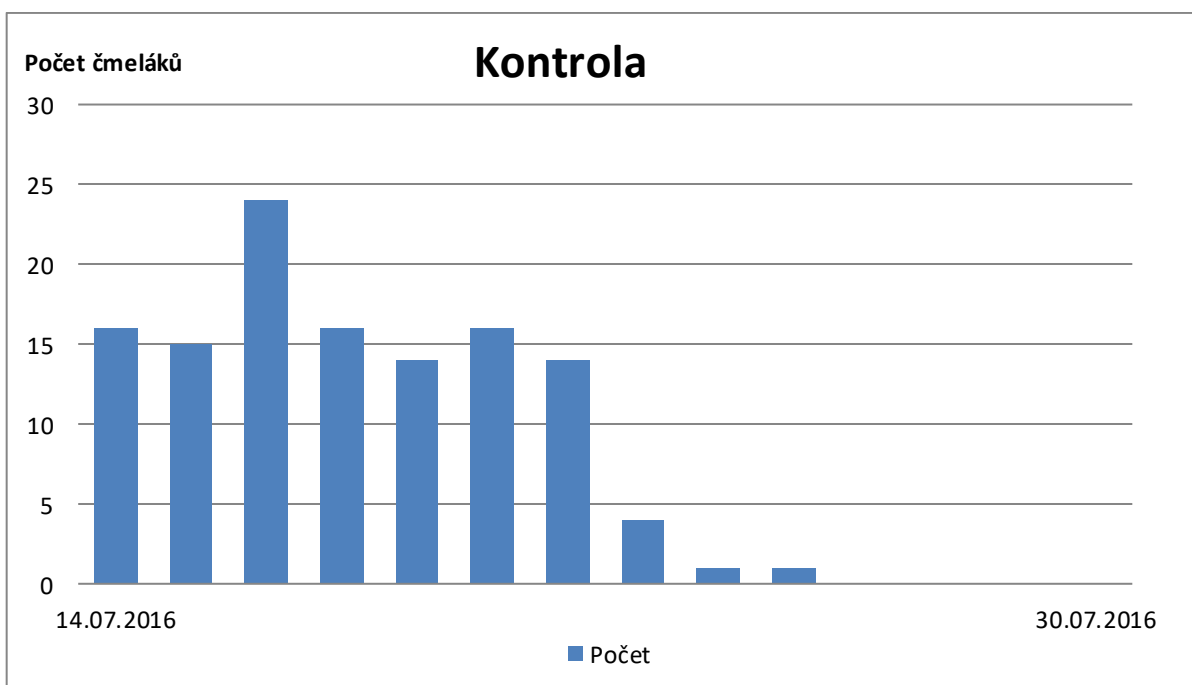
Graf 13. Počet čmeláků na variantě s pesticidem Mospilan 20 SP.

Graf 14 ukazuje pokles průměrného počtu čmeláků na variantě s pesticidem Pirimor 50 WG v průběhu květu slunečnice. Výrazný pokles v počtu čmeláků je možné pozorovat ke konci květu slunečnice. Dále je v grafu znázorněn pokles množství účinné látky pirimicarb v závislosti na čase, který uběhl od termínu aplikace pesticidu.



Graf 14. Počet čmeláků na variantě s pesticidem Pirimor 50 W.

Graf 15 ukazuje kontrolní variantu, kde můžeme pozorovat nárůst v počtu čmeláků během třetího pozorování.



Graf 15. Počet čmeláků na kontrolní variantě.

6 Diskuse

V rámci této práce byly vykonány dva pokusy, odrůdový pokus a pesticidní pokus. Účelem těchto pokusů bylo posoudit v prvním případě preferenci opylovačů z hlediska výběru hybridů slunečnice roční a v případě druhém zhodnotit, zdali pesticidy po aplikaci působí na opylovače atraktivně, nebo repelentně.

6.1 Odrůdový pokus

Odrůdové polní pokusy se slunečnicí roční vykazovaly značné rozdíly v návštěvnosti jednotlivých pozorovaných opylovačů. V rámci odrůdového pokusu byla u opylovačů na slunečnici roční zjištěna návštěvnost: čmeláci 95 %, medonosné včely 4,2 % a samotářské včely 0,8 %, je tedy zřejmé, že nejvíce pozorovanou a hodnocenou skupinou byli čmeláci. Tento odrůdový pokus byl předcházen pokusem Volkové a Kazdy (2015), kteří uvádí na hybridních pokusech celkovou návštěvnost 97 % čmeláků, 2 % včel medonosných a 1 % včel samotářských.

V mém pokusu vyšel u čmeláků jako nejnavštěvovanější hybrid NK Neoma a nadprůměrně navštěvovaný hybrid P63LE10. Ostatní odrůdy byly navštěvovány čmeláky průměrně či podprůměrně. Výrazně nejméně navštěvovaným hybridem byl hybrid Gonzalo. S podobným zjištěním přišli i Volková a Kazda (2015), kteří vyhodnotili za nejnavštěvovanější hybrid P63LE10 a za nadprůměrně navštěvovaný hybridem NK Neoma. Za nejméně navštěvované hybridy čmeláky však uvádí hybridy Drake a ES Biba.

NK Neoma se od ostatních hybridů liší svojí Clearfield technologií, která jí umožňuje snášet herbicidní ošetření s účinnou látkou imazamox. Je možné, že tato technologie je důvod, proč samotářské včely tento hybrid navštěvovaly znatelně méně než většinu ostatních odrůd s výjimkou Velloxu. Je však nutné podotknout, že v mém pokusu nebylo pozorováno dostatečné množství jedinců, aby se toto tvrzení mohlo s jistotou potvrdit.

6.2 Pesticidní pokus

Pro pesticidní pokus byly vybrány běžně používané pesticidní přípravky v České republice. V pokusu se použily pesticidy na bázi neonikotinoиду (acetamiprid – Mospilan 20 SP), pyretroidu (lambda cyhalotrin – Karate Zeon 5 CS), karbamátu (pirimicarb – Pirimor 50 WG), inhibitoru biosyntézy sterolů – inhibitoru demetylace (prochloraz, propiconazole –

Bumper Super), inhibitoru biosyntézy sterolů – inhibitoru sukcinát dehydrogenázy a quinoneoutside inhibitoru (boscalid, dimoxystrobin - Pictor) a thiophanate-methylu (Topsin M ® 500 SC). Poměr opylovačů v mém pokusu byl 97,4 % čmeláků, 1,8 % medonosných včel a 0,8 % samotářských včel, a stejně jako v odrůdovém pokusu byli čmeláci nejpočetnější a nejvíce hodnocenou skupinou. Podobný pokus provedli v roce 2015 Volková a Kazda, kteří ve slunečnici použili přípravky Mospilan 20 SP, Decis 15 EC, Pirimor 50 WG, Bumper Super, Pictor a Sfera 535 SC, v jejich pokusu byla celková návštěvnost 97 % čmeláků, 2 % včel medonosných a 1 % samotářských včel.

Nejvyšší návštěvnost čmeláky na jednotlivých pesticidních variantách nebyla jednoznačná. Nejnavštěvovanější variantou byla varianta ošetřená Pictorem, což udávají ve svých výsledcích také Volková a Kazda (2015), kteří dále uvedli přípravek Sfera 535 SC jako vysoce atraktivní pesticid. V mém pokusu vyšla pro čmeláky nejméně atraktivní varianta s ošetřením Mospilan 20 SP. Se stejným pozorováním přišli také Volková a Kazda (2015).

Při porovnávání skupin čmeláci × medonosné a samotářské včely můžeme vidět, že ačkoliv čmeláci neměli žádnou silnou preferenci ve výběru pesticidní varianty, obě dvě skupiny včel vykazovaly silnou preferenci vůči Mospilanu 20 SC s účinnou látkou acetamiprid. Můžeme se tedy domnívat, že pro obě tyto skupiny včel je tato látka atraktivní, avšak vzhledem k tomu, že acetamiprid se nacházel v malém množství také na variantě ošetřené Karate Zeon 5 CS, je možné, že je zapotřebí určité množství acetamipridu, neboť tato varianta byla preferována méně než varianta kontrolní. Volková (2015) ve svých pokusech s pesticidy a řepkou ozimou při porovnání Mospilanu 20 SP a Mospilanu 20 SP + Spartan zjistila, že včely preferovaly variantu ošetřenou Mospilanem 20 SP se smáčedlem. Domnívá se tedy, že smáčedlo jako nebezpečná látka nemá pro včely repelentní účinky.

Neonikotinoidy jsou pro včely vysoce rizikové látky, které na ně působí neurotoxicky (Di Prisco *et al.*, 2013). V současné době se používají méně toxické neonikotinoidy s účinnými látkami thiacloprid a acetamiprid, a to při foliárních aplikacích. Ve slunečnici jsou to nejčastěji používané přípravky na bázi těchto účinných látek (Volková a Kazda, 2015). Kessler *et al.* (2015) dále poukazují na fakt, že včela medonosná, ani čmelák zemní se nevyhýbají nektaru s obsahem neonikotinidů (imidacloprid, thiomethoxam a clothianidin). Dále udávají, že čmeláci a včely medonosné naopak preferují konzumaci kontaminovaného sacharózového roztoku s těmito látkami. Domnívají se, že včely nejsou schopny neonikotinoidy rozpoznat, a proto pro ně nejsou repelentní. Můj pokus toto tvrzení, vzhledem k preferenci varianty s ošetřením Mospilan 20 SC, potvrzuje.

U všech skupin však vyšel velice dobře přípravek Topsin M® 500 SC, kde u čmeláků (i když podprůměrně oproti kontrole) měla varianta ošetřená tímto pesticidem srovnatelné množství čmeláků a u obou skupin včel byla mezi nejatraktivnějšími variantami. Můžeme tedy říci, že oproti ostatním účinným látkám (s výjimkou již zmíněného acetamipridu) působí thiophanate-methyl na medonosné a samotářské včely atraktivně.

Karate Zeon 5 SC s účinnou látkou lambda cyhalotrin v případech včel medonosných i včel samotářských vykazovala oproti kontrole podprůměrnou preferenci. Jak poukazují Atkins *et al.* (1978) a Pike *et al.* (1982) ve svých studiích, pyrethroidy jsou pro včely silně repelentní, můžeme tedy předpokládat, že i v tomto případě tomu tak je, neboť tato varianta u čmeláků nezaznamenala zřejmý pokles v návštěvnosti. Z hlediska pyrethroidů je často používanou účinnou látkou cypermethrin, který je (stejně jako lambda cyhalotrin) vysoce toxický pro včely. Delabie *et al.* (1985) zjistili, že cypermethrin sám o sobě repelentní není, avšak repelentní účinek u něj vyvolávají přídavné složky formulace přípravku (Q Cymbush). Volková (2015) ve svém pokusu s pesticidy a řepkou ozimou použila pyrethroid Trebon OSR, který vyhodnotila jako nejatraktivnější variantu.

S výjimkou samotářských včel byl Pirimor 50 WG s účinnou látkou pirimicarb navštěvován velice nadprůměrně. Shires *et al.* (1984) ve svých pokusech s ozimou pšenicí zjistili, že po použití pirimicardu se sběrací aktivity včel značně snížily po celou dobu účinku pirimicardu. Tento repelentní efekt Pirimoru 50 WG se v mém pokusu u včel medonosných nepotvrdil, avšak na samotářské včely působil velice repelentně. Výsledky Volkové a Kazdy (2015) ukazují, že pesticid Bumper Super byl čmeláky, oproti kontrole, navštěvován nadprůměrně a stejně tak i v případě medonosných včel. V mém pozorování se tedy potvrdily jejich výsledky pouze u čmeláků, nikoliv v případě včel medonosných.

Bumper Super s účinnými látkami prochloraz a propiconazol byl v případě čmeláků i v případě medonosných včel navštěvován nadprůměrně. Podprůměrnou návštěvnost zaznamenal u samotářských včel. Elston *et al.* (2013) ve své studii uvádějí, že použití propiconazole na směs vody s medem se její konzumace čmeláky zemními značně snížila. Tento jev v mém pokusu pozorovaný nebyl, což mohl zapříčinit fakt, že pokus Elston *et al.* (2013) byl proveden v laboratorních podmínkách. Z výsledků Volkové a Kazdy (2015) je patrné, že Bumper Super byl u čmeláků i u včel medonosných nadprůměrně navštěvovaný oproti kontrole, což se v mém pokusu potvrdilo. Můžeme tedy konstatovat, že Bumper Super působil na čmeláky a medonosné včely spíše atraktivně.

Pesticidní ošetření Pictorem bylo u všech opylovačů nadprůměrné s výjimkou samotářských včel, které tuto variantu navštěvovaly podprůměrně. Volková a Kazda (2015) ve

své práci uvádějí, že Pictor byl u čmeláků nejnavštěvovanější variantou, což se v mém pokusu potvrdilo. Dále uvádějí, že byla tato varianta oproti kontrole navštěvována nadprůměrně, což se v mém pokusu také potvrdilo.

V případě čmeláků nemělo pesticidní ošetření takový vliv na návštěvnost, jako měla volba odrůdy, což pozorovali také Volková a Kazda (2015). U medonosných včel a samotářských včel mělo pesticidní ošetření a možnost volby odrůdy větší vliv na jejich návštěvnost.

6.2.1 Změna množství účinných látek pesticidů

V této práci jsem se dále zabýval postupným klesáním účinných látek v jednotlivých pesticidních přípravcích.

Celkově největší pokles bylo možné pozorovat u přípravku Bumper Super, jehož účinné látky prochloraz a propiconazol klesly o 98,42 % a 94,75 %. Druhý nejvyšší pokles byl zaznamenán u přípravků Mospilan 20 SP (acetamiprid) o 95,83 % a Pirimor 50 WG (pirimicarb) o 93,22 %. Při prvním pozorování po aplikaci bylo zjištěno, že ve všech třech variantách se zmíněnými přípravky došlo k poklesu počtu čmeláků.

Při porovnání návštěvnosti čmeláků na pesticidních variantách s neošetřenou kontrolou však nebyly zjištěny výraznější rozdíly. Na rozdíl od včel v ozimé řepce (Volková a Kazda, 2015) nepůsobí aplikace pesticidů na čmeláky repelentně či atraktivně. Množství čmeláků na kontrolní variantě zůstávalo po většinu času stejné s výjimkou třetího pozorování, kdy došlo k nárůstu počtu. Tento nárůst byl pozorován u všech zmíněných variant a můžeme se tedy domnívat, že byl způsoben velice vhodnými podmínkami pro let čmeláků a nikoliv účinnými látkami. Ke konci květu došlo k znatelnému snížení počtu čmeláků patrně v souvislosti s odkvétáním.

Můžeme se domnívat, že nízké množství čmeláků v posledních třech pozorováních bylo zapříčiněno poklesem účinných látek, avšak vzhledem k relativně podobné preferenci všech variant s různými ošetřeními není možné s jistotou říci, že tomu tak skutečně je. Dále můžeme předpokládat, že rostliny slunečnice roční vzhledem k dokvětu pro čmeláky již nepředstavovaly dostatečný zdroj potravy.

7 Závěr

Hlavním cílem této práce, bylo provést odrůdové a pesticidní pokusy na slunečnici roční a ověřit možnost atraktivity u hybridních odrůd, možnost atraktivity či repelence u variant s různým pesticidním ošetřením, a to při výskytu čmeláků, medonosných včel a samotářských včel.

Z výsledků sledování opylovačů na odrůdovém pokusu vyplývá, že:

- Pro čmeláky nejatraktivnější hybrid byl NK Neoma, dalším hybridem, který překročil celkový průměr, byl P63LE10.
- Pro medonosné včely byl nejatraktivnější hybrid P63LE10, žádný z dalších hybridů nepřekročil celkový průměr.
- Pro samotářské včely byl nejatraktivnější hybrid P63LE10, další hybridy, které překročily celkový průměr (nebo se mu rovnaly) byly ES Biba, Drake a Gonzalo.

Z výsledků sledování opylovačů na pesticidním pokusu vyplývá, že:

- Pro čmeláky byla nejatraktivnější varianta ošetřená Pictorem, oproti kontrole byla nadprůměrně navštěvována také varianta ošetřená Bumperem Super.
- Pro včely byla nejatraktivnější varianta ošetřená Mospilanem 20 SP, oproti kontrole byly nadprůměrně navštěvovány také varianty ošetřené Topsinem M 500 SC, Pictorem a Bumperem Super.
- Pro samotářské včely byla nejatraktivnější varianta ošetřená Topsinem M 500 SC, oproti kontrole byly nadprůměrně (nebo stejně) navštěvovány také varianty Mospilan 20 SC, Pirimor 50 WG a Karate Zeon 5 CS.

Z těchto výsledků je patrné, že mou prací byly potvrzeny stanovené hypotézy, že opylovači při opylování slunečnice vyhledávají přednostně některé odrůdy. Stejně tak se potvrdilo, že aplikace pesticidů ovlivňuje návštěvnost porostů a opylování slunečnice pozorovanými opylovači.

Vzhledem k celosvětově nedostatečnému množství studií a informací ohledně repelence a atraktivity různými účinnými látkami, je zapotřebí se tomuto tématu důkladněji věnovat.

8 Seznam použité literatury

Abel, C. A., Wilson, R. L. 1998. The use of diverse plant species for increasing *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: *Megachilidae*) in field cages, *Journal of the Kansas Entomological Society*, 71, p. 23–28.

Abrol, D. P. 2011. *Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production*, Springer Science, Business Media.

Al Mazraáwi, M. 2007. Interaction effects between *Beauveria bassiana* and imidacloprid against *Thrips tabaci* (Thysanoptera: *Thripidae*), *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.*, 72, p. 549–555.

Alaux C., Brunet J-L., Dussaubat C., Mondet F., Tchamitchan S. 2010. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*), *Environmental Microbiology*, 12, p. 774–782.

Anderson, J. F., Glowa, W. 1984. Insecticidal poisoning of honey bees in Connecticut. *Environmental entomology*, 13(1), p. 70-74.

Andrada, A., Valle, A., Paoloni, P., Gallez, L. 2004. Pollen and nectar sources used by honeybee colonies pollinating sunflower (*Helianthus annuus*) in the Colorado River Valley, Argentina, *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 39(1/2), p. 75-82.

Anonym. 1999. *Motion des apiculteurs Français, Abeilles et Fleurs*, (591), p. 21.

Anonym. 2010. *Codex alimentarius commission - Procedural manual*, Secretariat of the Codex Alimentarius Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italy, p. 183.

Anonym. 2009-2017. *Registr přípravků na ochranu rostlin*, eAGRI, Dostupné z <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx>.

Atkins, E. L. 1981. Repellents reduce insecticidal kills of honeybees. In Proceedings of the 28th International Congress of Agriculture, p. 305-310.

Atkins, E. L., Kellum, D., Atkins, K. W. 1978. Integrated pest management strategies for protection honeybees from pesticides. American bee journal.

Baranyk, P., Balík, J., Hájková, M., Havel, J., Kazda, J., Lošák, T., Málek, B., Markytán, P., Plachká, E., Richter, R., Soukup, J., Strašil, Z., Šaroun, J., Škeřík, J., Šmirous, P., Štranc, P., Volf, M., Vrbovský, V., Zehnálek, P., Zelený, V., Štranc, J., Štranc, D. 2010. Olejniny, Profi Press s.r.o., Praha, 206 s.

Barth, F. G. 1985. Insects and flowers: the biology of a partnership. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Basualdo, M., Bedascarrasbure, E., De Jong, D. 2000. Africanized honey bees (Hymenoptera: *Apidae*) have a greater fidelity to sunflowers than European bees, J. Econ. Entomol., 93, p. 304–307.

Bell, G., Lefebvre, L., Geraldeae, L. A., Weary, D. 1984. Partial preference of insects for the male flowers of an annual herb, Oecologia, 64, p. 287–294.

Bertsch, A. H. 1987. Flowers as food sources and the cost of outcrossing, Ecological Studies, 61, p. 277–293.

Best, L. S., Bierzychudek, P. 1982. Pollinator foraging on foxglove (*Digitalis purpurea*): a test of a new model, Evolution 36, p. 70–79.

Biesmeijer, J., Roberts, S., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A., Potts, S., Kleukers, R., Thomas, C., Settele, J., Kunin, W. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands, Science, Vol. 313, No. 5785, p. 351-354.

Boetius, J. 1948. Über den Verlauf der Nektarabsonderung einiger Blütenpflanzen, Beihefte Schweizerische Bienenzeitung, 2, s. 257–317.

- Bogler, D. J., Neff, J. L., Simpson, B. B. 1995. Multiple origins of the yucca-yucca moth association, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 92, p. 6864–6867.
- Boncristiani, H., Underwood, R., Schwarz, R., Evans, J. D., Pettis, J. 2012. Direct effect of acaricides on pathogen loads and gene expression levels in honey bees *Apis mellifera*, *Journal of Insect Physiology*, 58(5), p. 613-620.
- Bos, C., Masson, C. 1983. Analyse des effets, en particulier de la répulsivité, d'un pyréthrinnoïde de synthèse, la deltaméthrine, sur les abeilles, *Agronomie*, 3(6), p. 545-553.
- Bosch, J., Blas, M. 1994. Foraging behavior and pollinating efficiency of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* on almond (Hymenoptera, *Megachilidae* and *Apidae*), *Applied Entomology and Zoology*, 29, p. 306–306.
- Brittain, C. A., Vighi, M., Bommarco, R., Settele, J., Potts, S. G. 2010. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales, *Basic and Applied Ecology*, 11(2), p. 106-115.
- Buchmann, L., Ascher S. 2005. The plight of pollinating bees, *Bee World*, 86, p. 71-74.
- Buchmann, S. L. 1985. Bees use vibration to aid pollen collection from non-poricidal flowers. *Journal of the Kansas Entomological Society*, p. 517-525.
- Burden, R. S., Clark, T., Holloway, P. J. 1987. Effects of sterol biosynthesis-inhibiting fungicides and plant growth regulators on the sterol composition of barley plants, *Pesticide biochemistry and physiology*, 27(3), p. 289-300.
- Carpenter, F. L. 1976. Plant-pollinator interactions in Hawaii: pollination energetics of *Metrosideros collina* (*Myrtaceae*), *Ecology*, 57, p. 1125–1144.
- Carruthers, R. I., Soper, R. S. 1987. Fungal diseases, In *Epizootiology of Insect Diseases*, Fuxa, J. R., and Tanada, Y. (eds), New York, USA, Wiley, p. 357–416.

- Cartwright, D. W., Langcake, P., Ride, J. P. 1980. *Physiol. Plant Pathol.*, 17, p. 259-47.
- Cirnu, I., Dumitrache, V., Hociota, E. 1974. La pollinisation du tournesol (*Helianthus annuus* L.) a l'aide des abeilles-un facteur important pour l'augmentation de la production, Proc. 6 th Int. Sunflower Conf., Bucharest.
- Cohen, R., Yarden, O., Katan, J., Riov, J., Lisker, N. 1987. *Plant Pathol.*, 36, p. 558-64.
- Corbet, S. A., Fussell, M., Ake, R., Fraser, A., Gunson, C., Savage, A., Smith, K. 1993. Temperature and the pollinating activity of social bees, *Ecological Entomology*, 18(1), p. 17-30.
- Cresswell, J. E., Robertson, A. W. 1994. Discrimination by pollen-collecting bumblebees among differentially rewarding flowers of an alpine wildflower, *Campanula rotundifolia* (*Campanulaceae*), *Oikos*, p. 304-308.
- Darwin, C. 1876. The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom, J. Murray.
- Delabie, J., Bos, C., Fonta, C., Masson, C. 1985. Toxic and repellent effects of cypermethrin on the honeybee: Laboratory, glasshouse and field experiments, *Pestic. Sci.*, 16, p. 409-415.
- Doucet-Personeni, C., Halm, M. P., Touffet, F., Rortais, A., Arnold, G. 2003. Imidaclopride utilisé en enrobage de semences (Gaucho®) et troubles des abeilles, Comité Scientifique et Technique de l'Etude Multifactorielle des Troubles des Abeilles (CST).
- Duffield, G. E., Gibson, R. C., Gilhooly, P. M., Hesse, A. J., Inkley, C. R., Gilbert, F. S., Barnard, C. J. 1993. Choice of flowers by foraging honey bees (*Apis mellifera*): possible morphological cues, *Ecological entomology*, 18(3), p. 191-197.
- Elston, C., Thompson, H. M., Walters, K. F. 2013. Sub-lethal effects of thiamethoxam, a neonicotinoid pesticide, and propiconazole, a DMI fungicide, on colony initiation in bumblebee (*Bombus terrestris*) micro-colonies. *Apidologie*, 44(5), p. 563-574.

- Galen, C., Newport, M. E. A. 1988. Pollination quality, seed set, and flower traits in *Polemonium viscosum*: complementary effects of variation in flower scent and size, *American Journal of Botany*, 75, p. 900–905.
- Garófalo, C. 1974. Aspectos evolutivos da biologia da reprodução em abelhas (*Hymenoptera, Apoidea*), Dissertation thesis, Universidade de São Paulo, Ribeirão Prêto, Brazil.
- Génissel, A., Aupinel, P., Bressac, C., Tasei, J. N., Chevrier, C. 2002. Influence of pollen origin on performance of *Bombus terrestris* micro-colonies, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 104, p. 329–336.
- George P. J. E., Ambrose D. P. 2004. Impact of insecticides on the haemogram of *Rhynocoris kumarii* Ambrose and Livingstone (Hem., *Reduviidae*), *Journal of Applied Entomology*, 128, p. 600–604.
- Gerig von, L. 1979. Bienengiftigkeit der Synthetischen Pyrethrine. *Schweiz. Bienenztg*, 102, s. 228–236.
- Gholamhoseini, M., Ghavaland, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A. 2012. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching, *Soil and Tillage Research*, 126, p. 193-202.
- Gilbert, F. S. 1981. Foraging ecology of hoverflies: morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species. *Ecological Entomology*, 6, p. 245 – 262.
- Giurfá, M., Núñez, J. A. 1992. Honeybees mark with scent and reject recently visited flowers, *Oecologia*, 89(1), p. 113-117.
- Giurfá, M., Núñez, J. A. 1992a. Foraging by honeybees on *Carduus acanthoides*—pattern and efficiency, *Ecological Entomology*, 17, p. 326–330.
- Gori, D. F. 1983. Post-pollination phenomena and adaptive floral changes, In: *Handbook of Experimental Pollination Biology* (eds Jones, C. E., Little R. J.), p. 31–49.

Goulson, D., Hanley, M. E., Darvill, B., Ellis, J. S., Knight, M. E. 2005. Causes of rarity in bumblebees, *Biological Conservation*, 122, p. 1–8.

Greenleaf, S. S., Kremen, C. 2006. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), p. 13890-13895.

Hallem, E. A., Dahanukar, A., Carlson, J. R. 2006. Insect odor and taste receptors, *Annu. Rev. Entomol.*, 51, p. 113-135.

Hanley, M. E., Franco, M., Pichon, S., Darvill, B., Goulson, D. 2008. Breeding system, pollinator choice and variation in pollen quality in British herbaceous plants, *Functional Ecology* 22, p. 592–598.

Hedtke, C. 1998. Die Sonnenblume–ihre Bedeutung als Bienenweide, *Deutsches Bienen Journal*, 6(11), p. 19-22.

Heinrich, B. 1993. *The Hot-Blooded Insects*. Springer-Verlag, New York.

Hertz, M. 1929. Die Organisation des optischen Feldes bei der Biene. I. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 8(5), s. 693-748.

Hobbs, G. A., Nummi, W. O., Virostek, J. F. 1961. Food-gathering behaviour of honey, bumble, and leaf-cutter bees (*Hymenoptera: Apoidea*) in Alberta, *The Canadian Entomologist*, 93(06), p. 409-419.

Hoffman, G., Chambers, M. 2006. Effects of honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) foraging on seed set in self-fertile sunflowers (*Helianthus annuus* L), *Environmental Entomology*, 35(4), p. 1103-1108.

Holý, K., Falta, V., Vávra, R. 2012. Vliv kvetoucí rostlin na výskyt užitečných organismů v jabloňovém sadu. *Zahradnictví*, 11(10), 14–17 s.

Chamer, A. M., Medan, D., Mantese, A. I., Bartoloni, N. J. 2015. Impact of pollination on sunflower yield: Is pollen amount or pollen quality what matters?, *Field Crops Research*, 176, p. 61-70.

Charrière, J. D., Imdorf, A., Koenig, C., Gallmann, S., Kuhn, R. 2010. Do sunflowers influence the development of honey bee, *Apis mellifera*, colonies in areas with diversified crop farming?, *Journal of Apicultural Research*, 49(3), p. 227-235.

Chauzat, M. P., Carpentier, P., Martel, A. C., Bougeard, S., Cougoule, N., Porta, P. 2009. Influence of pesticide residues on honey bee (Hymenoptera: *Apidae*) colony health in France, *Environ. Entomol.*, 38, p. 514–523.

Chittka L, Menzel R. 1992. The evolutionary adaptation of flower colours and the insect pollinators' colour vision, *Journal of Comparative Physiology A*, 171,171–181.

Ion, N., Ion, V., Stefan, V., Fota, G., Coman, R. 2008. Preliminary data on the meliferous capacity of some foreign sunflower hybrids, *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 41(2), p. 296-301.

Johnson, R. 2009. Managed pollinator CAP Coordinated Agricultural Project: a national research and extension initiative to reverse pollinator decline when varroacides interact, *American Bee Journal*, 149, p. 1157–1159.

Kazda, J., Jursík, M., Veverka, K. 2008. Slunečnice roční, *Metodika ochrany rostlin proti chorobám, škůdcům a plevelům*, Česká zemědělská univerzita a Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha, Státní rostlinolékařská správa Brno, 20 s.

Kessler, S. C., Tiedeken, E. J., Simcock, K. L., Derveau, S., Mitchell, J., Softley, S., Wright, G. A. 2015. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides, *Nature*, 521(7550), p. 74-76.

Kevan, P. G. 1980. Pollination in the alpine. In *Second International Congress of systematic and evolutionary biology*, the University of British Columbia, Vancouver, Canada (Vol. 58).

- Kevan, P. G., and H. G. Baker. 1983. Insects as flower visitors and pollinators, *Annual review of entomology*, 28.1, p. 407-453.
- Kevan, P. G., Otis, G. W., Coffin, R. H., Whitford, M. F., Elder, L. A. 1984. Hazards of carbaryl formulations to caged honeybees (*Apis mellifera*) foraging on flowering canola (*Brassica napus*) in Ontario. In *Proc. Entomol. Soc. Ont.*, Vol. 115, p. 49-54.
- Kizlink, J. 2005. *Technologie chemických látek*. Rektorát Masarykovy university, VUT, Brno, 3. přeprac. vyd., 282 s.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T. 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management, *Journal of Applied Ecology*, 40, p. 837–845.
- Klinkhamer, P. G. L., de Jong, T. L. 1990. Effects of plant density and sex differential reward visitation in the protandrous *Echium vulgare* (*Boraginaceae*), *Oikos*, 57, p. 399–405.
- Kolte, S. J. 1985. Diseases of annual edible oilseed crops, Vol. III: Sunflower, safflower and nigerseed diseases, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Koul, O., Isman, M. B., Ketkar, C. M. 1990. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. *Canadian Journal of Botany*, 68(1), p. 1-11.
- Kováčik, A. 1993. *Základy pěstování slunečnice*, 1.vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 46 s.
- Kováčik, A. 2000. *Slunečnice*, Praha: Agrospoj, 108 s.
- Krejčík, P. 2015. *Situační a výhledová zpráva – Včely*, Ministerstvo zemědělství, Praha. 24 s.
- Kremen, C., Williams, N., Greenleaf, S., Thorp, R. 2008. Native Bee Pollination of Hybrid Sunflowers[online], Xerces Society for Invertebrate Conservation, [cit. 2017-04-10]. Dostupné z <http://www.xerces.org/wpcontent/uploads/2008/10/factsheet_sunflower_pollination.pdf>.

- Leclercq, J. 1945. Les Butineurs de l'Hellebore verte, *Lambillionea*, 45, p. 28-29.
- Lex, T. 1954. Duftmale an Blüten, *Zeitschrift für Vergleichende Physiologie*, 36, s. 212–234.
- Linsley, E. 1958. The ecology of solitary bees, *California Agriculture*, 27(19), p. 543-599.
- Løken, S. 1973. Studies on Scandinavian bumble bees (Hymenoptera, *Apidae*), *Norsk Entomologisk Tidsskrift*, 20, p. 1–218.
- Lotmar, R. 1933. Neue Untersuchungen über den Farbensinn der Bienen, mit besonderer Berücksichtigung des Ultravioletts, *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 19(4), s. 673-723.
- Lunau, K. 1990. Colour saturation triggers innate reactions to flower signals: flower dummy experiments with bumblebees, *Journal of Comparative Physiology A*, 166, p. 827–834.
- Lydon, J., Duke, S. O. 1989. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants, *Pest Management Science*, 25(4), p. 361-373.
- Macháček, V., Panchartek, J., Pytela, O. 2005. *Organická chemie*, Univerzita Pardubice, Pardubice, 2. část. vyd., 300 s.
- Málek, B. 2001. *Agrotechnika slunečnice*, Úroda 2 (12), Profi Press s. r. o., Praha.
- Málek, B., Kazda, J. 2005. *Metodika pěstování slunečnice*, Praha: Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejin, s. 66.
- Málek, B., Jursík, M., Říha, K. a kol. 2016. *Stanovisko k pesticidům - slunečnice 2016*, Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejin, Praha, 68 s.
- Maurizio, A., Schaper, F. 1994. *Das Trachtpflanzenbuch. Nektar und Pollen—die wichtigsten Nahrungsquellen der Honigbiene*, Ehrenwirth; München, Germany, s. 334.

- Memmott J., Waser N. M., Price M. V. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions, *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, 271, p. 2605–2611.
- Menzel, R., Backhaus, W. 1991. Colour vision in insects. *Vision and visual dysfunction*, 6, p. 262 - 293.
- Michener, C. D. 1953. The biology of a leafcutter bee (*Megachile brevis*) and its associates. *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 35, p. 1659-1748.
- Ministerstvo zdravotnictví ČR. 2015. Víceletý kontrolní plán pro rezidua pesticidů 2016 – 2018, Praha, 39 s.
- Møller, A. P., Sorci, G. 1998. Insect preference for symmetrical artificial flowers, *Oecologia*, 114, p. 37–42.
- Müller, H. 1883. The effect of the change of colour in the flowers of *Pulmonaria officinalis* upon its fertilizers, *Nature*, 28, p. 81.
- Nderitu, J., Nyamasyo, G., Kasina, M., Oronje, M. L. 2008. Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District, Eastern Kenya, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(2), p. 271-278.
- Neal, P. R., Dafni, A., Giurfa, M. 1998. Floral symmetry and its role in plant-pollinator systems: terminology, distribution, and hypotheses, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, p. 345– 373.
- Neumann, P., Carreck, N. 2010. Honey bee colony losses, *Journal of Apicultural Research*, 49, p. 1– 6.
- Nguyen, B. K., Saegerman, C., Pirard, C., Mignon, J., Widart, J., Thirionet, B. 2009. Does imidacloprid seed-treated maize have an impact on honey bee mortality?, *Journal of Economic Entomology*, 102(2), p. 616–623.

- Nilsson, L. A. 1992. Orchid pollination biology, *Trends in Ecology and Evolution*, 7, p. 255–259.
- Oberrath, R., Zanke, C., Bohninggaese, K. 1995. Triggering and ecological significance of floral color-change in lungwort (*Pulmonaria spec*), *Flora*, 190, p. 155–159.
- Odoux, J. F., Lamy, H., Aupinel, P. 2004. L'abeille récolte-t-elle du pollen de maïs et de tournesol. *La Santé de l'abeille*, 201, p. 187-193.
- Olesen J. M., Jordano P. 2002. Geographic patterns in plant-pollinator mutualistic networks, *Ecology*, 83, p. 2416–2424.
- Parrott, W. L., McCarty Jr, J. C., Lane, H. C., Jenkins, J. N., Hedin, P. A. 1983. Effect of methomyl on the concentration of anthocyanin, tannin, and chlorophyll in cotton leaves, *Southwest Entomology*.
- Pastre, P., Bocquet, J. C., Baumeister, R. 1984. Bilan de cinq années d'études de l'effet de la deltaméthrine sur abeilles en conditions naturelles, *Proc. 5th int. Symp. Pollination*, Versailles, Paris, 1983, p. 187–194.
- Pellmyr, O. 1986. Three pollination morphs in *Cimicifuga simplex*; incipient speciation due to inferiority in competition, *Oecologia*, 68, p. 304–307.
- Pernal, S., Currie, R. 2002. Discrimination and preferences for pollen-based cues by foraging honeybees, *Apis mellifera* L. *Animal Behaviour*, 63(2), p. 369-390.
- Pernal, S., Currie, R. 2000. Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.), *Apidologie*, 31(3), p. 387-409.
- Pettis J. S., van Engelsdorp D., Johnson J., Dively, G. 2012. Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*, *Naturwissenschaften*, 99, p. 153–158.

- Pettis, J. S., Lichtenberg, E. M., Andree, M., Stitzinger, J., Rose, R. 2013. Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen *Nosema ceranae*, PloS one, 8(7), e70182.
- Pichler, J. 1992. Chemie ve společnosti, Rektorát Masarykovy university, Brno, 1. vyd., 199 s.
- Pike, K. S., Mayer, D. F., Glazer, M., Kious, C. 1982. Effects of permethrin on mortality and foraging behavior of honey bees in sweet corn. Environmental Entomology, 11(4), p. 951-953.
- Pimentel, D., Acquay, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., D'amore, M. 1992. Environmental and economic costs of pesticide use, BioScience, 42(10), p. 750-760.
- Pisanty, G., Klein, A. M., Mandelik, Y. 2014. Do wild bees complement honeybee pollination of confection sunflowers in Israel?, Apidologie, 45(2), p. 235-247.
- Pistorius, J. 2014. Bienenvergiftungen – Einheitliche Regeln in der EU, Risikobewertung und Zulassung, Imkerfreund/Biene, 63 (4), s. 16-17.
- Plateau, F. 1897. Comment les fleurs attirent les insectes. Recherches expérimentales. V. Acad. Roy. Belgique Bul., 34, p. 847-80.
- Plateau, F. 1907. Les insectes et la couleur des fleurs. Année Psychol., 13, p. 67-79.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers, Trends in ecology, evolution, 25(6), p. 345-353.
- Povolný, P., Hampl, B. 2015. Slunečnice - Výsledky zkoušek užitné hodnoty ze sklizně 2014, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrudový úřad, Brno, 34 s.
- Prugar, Jaroslav. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí, Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV.
- Ptáček, V. 2012. Znovuobjevená skupina opylujícího hmyzu, Včelařství 65 (4), 120 – 121 s.

- Pyke, G. H. 1978. Optimal foraging in bumblebees and coevolution with their plants, *Oecologia*, 36, p. 281–293.
- Pyke, G. H. 1979. Optimal foraging in bumblebees: rules of movement between flowers within inflorescences. *Animal Behaviour*, 27, p. 1167–1181.
- Ramakrishnan, R., Suiter, D. R., Nakatsu, C. H., Humber, R. A., Bennett, G. W. 1999. Imidacloprid-enhanced *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: *Rhinotermitidae*) susceptibility to the entomopathogen *Metarhizium anisopliae*, *Journal of Economic Entomology*, 92(5), p. 1125-1132.
- Rayment, T. 1935. A cluster of bees, Endeavour Press, Sydney, Australia, p. 75.
- Reilly, J. J., Klarman, W. L. 1972. *Phytopathology*, 62, p. 1113-15.
- Richards, A. J. 2001. Does low biodiversity resulting from modern agriculture practice affect crop pollination and yield, *Annals of Botany*, 88, p. 165–172.
- Richter, R. 2000. Výživa a hnojení slunečnice. In: Metodika pěstování slunečnice, SPZO Praha, 54 s.
- Roulston, T. H., Cane, J. H., Buchmann, S. L. 2000. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny?, *Ecological Monographs*, 70, p. 617–643.
- Salunkhe, D. K., Chavan, J. K., Adsule, R. N., Kadam, S. S. 1992. Sunflower. *World oilseeds: chemistry, technology and utilization*, p. 97-139.
- Sekizawa, Y., Mase, S., J. 1981. *Pestic. Sci*, 6, p. 914.
- Shein, S. E., Sargent, S. J., Miko, J. 1980. An evaluation of differential attractiveness of sunflower genotypes to honeybees, *Proceedings of the 9th International Sunflower Conference*, Torremolinos, Spain.

Shepherd M. D., Buchmann S. L., Vaughan M., Black S. H. 2003. Pollinator Conservation Handbook, Portland, OR, Xerces Society.

Shires, S. Debray, P. 1982. Pyrethroids and the bee problem. Shell Agriculture, p. 1–3

Shires, S. W., Blanc, J. L., Debray, P., Forbes, S., Louveaux, J. 1984. Field experiments on the effects of a new pyrethroid insecticide WL-85871 on bees foraging artificial aphid honeydew on winter wheat, Pest Management Science, 15(6), p. 543-552.

Schlindwein C., Wittmann D., Martins C. F., Hamm A., Siqueira J. A., Schiffler D., Machado I. C. 2005. Pollination of *Campanula rapunculus* L. (*Campanulaceae*): how much pollen flows into pollination and into reproduction of oligolectic pollinators?, Plant Systematics and Evolution, 250, p. 147–156.

Schmidt, J. O. 1982. Pollen foraging preferences of honey bees, Southwestern Entomol., 7, p. 255-259.

Schmuck, R., Schoning, R., Stork, A., Schramel, O. 2001. Risk posed to honeybees (*Apis mellifera* L., Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers, Pest. Manag. Sci., 57, p. 225–238.

Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annual review of entomology, 35(1), p. 271-297.

Sijpesteijn, K., J. 1969. Sci. Food Agric., 20, p. 403-5.

Singh, S., Saini, K., Jain, K. L. 1999. Quantitative comparison of lipids in some pollens and their phagostimulatory effects in honey bees, Journal of Apicultural research, 38(1-2), p. 87-92.

Skupinová S., Vejl, P., Sedlák P. 2003. Hybridní odrůdy – současný trend ve šlechtění rostlin, Osivo a sadba, sborník referátů VI. odborného a vědeckého semináře s mezinárodní účastí, ČZU v Praze, p. 74–79.

Smart, L. E., Stevenson, J. H. 1982. Laboratory estimation of toxicity of pyrethroid insecticides to honeybees: relevance to hazard in the field, *Bee World*, 63(4), p. 150-152.

Solomon, M. G., Hooker, K. J. M. 1989. Chemical repellents for reducing pesticide hazard to honeybees in apple orchards. *Journal of Apicultural Research*, 28(4), p. 223-227.

Stanghellini, M. S., Ambrose, J. T., Schultheis, J. R. 2002. Diurnal activity, floral visitation and pollen deposition by honey bees and bumble bees on field-grown cucumber and watermelon. *Journal of Apicultural Research*, 41(1-2), p. 27-34.

Stark, D. J. 1984. Sumicidin and its effects on pollinating insects, *Proc. 5th int. Symp. Pollination*, Versailles, Paris, p. 181-186.

Stevenson, J. H., Needham, P. H., Walker, J. 1978. Poisoning of honeybees by pesticides: investigations of the changing pattern in Britain over 20 years, *Rothamsted Experimental Station Report*, p. 55-72.

Straka, J., Bogusch, P., Přidal, A. 2007. *Apoidea: Apiformes (včely)*, Annotated checklist of the *Aculeata* (Hymenoptera) of the Czech Republic and Slovakia. Komentovaný seznam žahadlových blanokřídých (Hymenoptera: *Aculeata*) České republiky a Slovenska, *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, Supplementum*, 11, 1-300 s.

Štěpánek, P. Nabídka hybridů slunečnice pro rok 2017 [online]. *Agromanual*, 28.1.2017 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/nabidka-hybridu-sluncecnice-pro-rok-2017>>.

Taniguchi, S. 1954. Biological studies on the Japanese bees I, Comparative studies of glossa, *Sci. Repts. Hyogo Univ. Agric., Series Agric. Biol.*, 1, p. 81-89.

Tautz, J. 2008. *The buzz about bees: biology of a superorganism*, Springer Science, Business Media.

Tollsten, L., Bergstrom, L. G. 1993. Fragrance chemotypes of *Platanthera* (*Orchidaceae*) the result of adaptation to pollinating moths, *Nordic Journal of Botany*, 13, p. 607–613.

Valterová, I., Urbanová, K. 1997. Chemical signals of bumblebees. *Feedback*, p. 91.

van Engelsdorp D., Meixner M. D. 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them, *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, p. 80–95.

van Engelsdorp D., Speybroeck N., Evans J. D., Nguyen B. K., Mullin C. 2010. Weighing risk factors associated with bee colony collapse disorder by classification and regression tree analysis, *Journal of Economic Entomology*, 103, p. 1517–1523.

Veselý, V., Bacílek, J., Čermák, K., Drobníková, V., Haragsim, O., Kamler, F., Krieg, P., Kubišová, S., Peroutka, M., Ptáček, V., Škrobal, D., Titěra, D. 2009. *Včelařství*, Brázda s.r.o., Praha, 272 s.

Vidau C., Diogon M., Aufauvre J., Fontbonne R., Vignes B. 2011. Exposure to sublethal doses of fipronil and thiacloprid highly increases mortality of honeybees previously infected by *Nosema ceranae*, 6, p. 21550.

Volková, M. 2015. Ovlivnění distribuce včel v porostech ozimé a jarní řepky aplikací pesticidů a výběrem odrůd, Diplomová práce, ČZU v Praze. Fakulta agrobiologie přírodních a potravinových zdrojů, Praha, 76 s.

Volková, M., Kazda, J. 2015. Faktory ovlivňující návštěvnost včel v porostech slunečnice, Sborník z konference „Prosperující olejniny“, Praha, 146-149 s.

von Frisch, K. 1967. *The Dance Language and Orientation of Bees*, Harvard University Press, Cambridge, MA.

Voss, R., Turner, M., Inouye, R., Fisher, M., Cort, R. 1980. Floral biology of *Markea neurantha* Hemsley (*Solanaceae*), a bat-pollinated epiphyte, *American Midland Naturalist*, 103, p. 262–268.

Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N. M., Ollerton, J. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, 77, p. 1043–1060.

Watanabe, T., Sekizawa, Y., Shimura, M., Suzuki, Y., Matsumoto, K., Iwata, M., Mase, S., J. 1979. *Pestic. Sci.*, 4, p. 53-9.

Wcislo, W. T., Cane, J. H. 1996. Floral resource utilization by solitary bees (Hymenoptera: Apoidea) and exploitation of their stored foods by natural enemies, *Annual Review of Entomology*, 41, p. 257–286.

Westrich, P. 1989. *Die Bienen Baden-Württembergs*, Ulmer Verlag, Stuttgart, Vol. 1, p. 431.

Wiebes, J. T. 1979. Co-evolution of figs and their insect pollinators, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10, p. 1–12.

Wille, H., Wille, M., Kilchenmann, V., Imdorf, A., Buhlmann, G. 1985. Pollenernete und Massenwechsel von drei *Apis millefera*-Völkern auf demselben Bienenstand in zwei aufeinanderfolgenden Jahren, *Revue suisse de zoologie*, 92(4), s. 897-914.

Williams, P. 1985. A preliminary cladistic investigation of relationships among the bumble bees (*Hymenoptera, Apidae*), *Systematic Entomology* 10, p. 239–255.

Winkler, K., Wäckers, F., Bukovinszky-Kiss, G., van Lenteren, J. 2006. Nectar resources are vital for *Diadegma semselausum* fecundity under field conditions, *Basis and Applied Ecology*, 7, p. 133-140.

Woodrow, A. W., Green, N., Tucker, H., Schonhorst, M. H., Hamilton, K. C. 1965. Evaluation of chemicals as honey bee attractants and repellents, *Journal of Economic Entomology*, 58(6), p. 1094-1102.

Zimolka, Josef. 2000. Speciální produkce rostlinná - rostlinná výroba: polní a zahradní plodiny, základy pícninářství, 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 245 s.

Zukalová, H., Škarpa, P., Kunzová, E. 2009. Slunečnice – druhá nejvýznamnější olejnina v ČR,
In Collection of konference, Prosperující olejniny, p. 104-107.

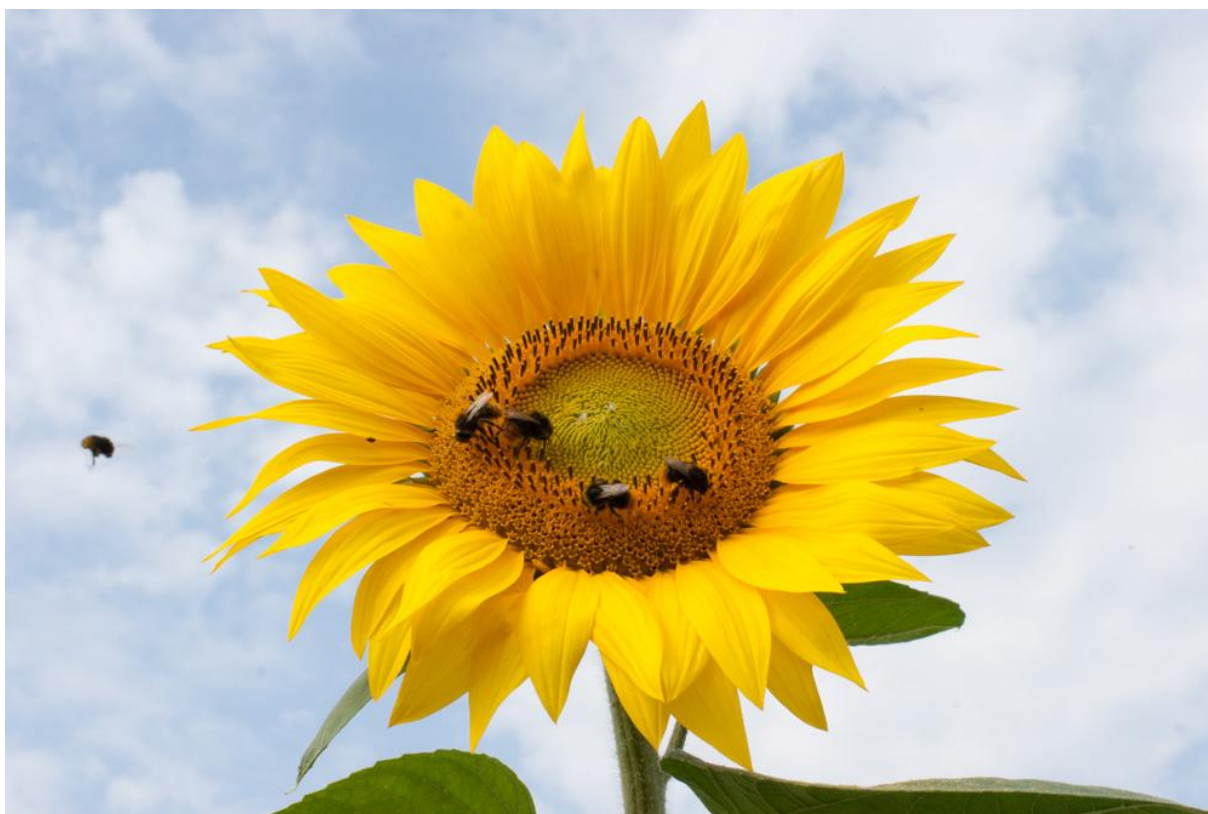
9 Seznam grafů

Graf 1. Počet čmeláků na odrůdách slunečnice roční.	43
Graf 2. Analýza variace počtu čmeláků na odrůdách slunečnice roční.	44
Graf 3. Počet samotářských včel na odrůdách slunečnice roční.	45
Graf 4. Počet včel na odrůdách slunečnice roční.	45
Graf 5. Analýza variace počtu včel na odrůdách slunečnice roční.	46
Graf 6. Počet čmeláků na pesticidních variantách.	47
Graf 7. Analýza variace počtu čmeláků na variantách s rozdílným pesticidem.	48
Graf 8. Počet včel na pesticidních variantách.	49
Graf 9. Analýza variace počtu včel na variantách s rozdílným pesticidem.	50
Graf 10. Počet samotářských včel na pesticidních variantách.	51
Graf 11. Analýza variace počtu samotářských včel na variantách s rozdílným pesticidem.	52
Graf 12. Počet čmeláků na variantě s pesticidem Bumper Super.	54
Graf 13. Počet čmeláků na variantě s pesticidem Mospilan 20 SP.	55
Graf 14. Počet čmeláků na variantě s pesticidem Pirimor 50 W.	56
Graf 15. Počet čmeláků na kontrolní variantě.	56

10 Seznam tabulek

Tabulka 1. Přípravek Bumper Super v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.	31
Tabulka 2. Přípravek Pictor v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.	32
Tabulka 3. Přípravek Topsin M ® 500 SC v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.	33
Tabulka 4. Přípravek Karate se Zeon technologií 5 CS v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.	34
Tabulka 5. Přípravek Pirimor 50 WG v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.	35
Tabulka 6. Přípravek Mospilan 20 SP v zemích předních pěstitelů slunečnice v Evropě.	36
Tabulka 7. Přehled hybridů použitých v odrůdovém pokusu.	41
Tabulka 8. Plán odrůdového pokusu.	41
Tabulka 9. Přehled přípravků použitých v pesticidním pokusu.	42
Tabulka 10. Plán pesticidního pokusu.	42
Tabulka 11. LSD test počtu čmeláků na odrůdách slunečnice roční.	44
Tabulka 12. LSD test počtu včel na odrůdách slunečnice roční.	46
Tabulka 13. LSD test počtu čmeláků v závislosti na použitých pesticidech.	48
Tabulka 14. LSD test počtu včel v závislosti na použitých pesticidech.	50
Tabulka 15. LSD test počtu samotářských včel v závislosti na použitých pesticidech.	52
Tabulka 16. Laboratorní výsledky množství reziduí v květech slunečnice.	53

11 Přílohy



Obrázek 1. Opylování slunečnice – čmeláci. Foto: Martin Král



Obrázek 2. Detail opylovače slunečnice – čmeláka. Foto: Martin Král