

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra ochrany rostlin



**Vliv reziduí pesticidů v květech řepky na návštěvnost
opylovačů**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Pavlína Rejchrtová

Obor studia: Rostlinolékařství

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Kazda, CSc.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv reziduí pesticidů v květech řepky na návštěvnost opylovačů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5. dubna 2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Janu Kazdovi, CSc. a Ing. Martině Stejskalové za vedení mé diplomové práce a jejich cenné odborné rady a poznámky při uskutečňování pokusu, ale i při psaní této práce. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za podporu po celou dobu studia, především pak svému otci, který mi doplnil teoretické poznatky získané na škole praktickými zkušenostmi.

Vliv reziduí pesticidů v květech řepky na návštěvnost opylovačů

Souhrn

Včela medonosná patří mezi nejvýznamnější opylovače zemědělských plodin, ale i divoce rostoucích rostlin. Bez jejího přispění by se nebyla řada rostlin schopná rozmnožovat a byla by tak ohrožena existence mnoha rostlinných, ale potažmo i živočišných druhů.

Cílem mé práce bylo ověřit v maloparcelkových pokusech atraktivitu sedmi pesticidů, v praxi běžně aplikovaných do kvetoucích porostů řepky ozimé, pro včely, čmeláky a samotářské včely. Dále prověřit, jak návštěvnost opylovačů ovlivňuje množství reziduí pesticidních přípravků v květech.

V literární rešerši bylo popsáno pěstování řepky ozimé, byly představeny jednotlivé skupiny opylovačů a škodlivé organismy, proti kterým se v našich podmínkách v době květu této plodiny běžně zasahuje. Dále byly popsány jednotlivé skupiny používaných pesticidů a jejich vliv na opylovače. Poslední část byla věnována otravám včel.

Do pokusu bylo vybráno pět insekticidů – Avaunt 15 EC, Biscaya 240 OD, Nurelle D, Mospilan 20 SP a Trebon OSR a dva fungicidy – Pictor a Prosaro 250 EC. Dále byla zařazena neošetřená kontrolní varianta.

V pokusu bylo zjištěno, že největší zastoupení ze všech tří skupin opylovačů měli zástupci včely medonosné. Atraktivita či naopak repelence přípravků se lišila i mezi jednotlivými skupinami opylovačů. Včely medonosné před neošetřenou kontrolní variantou preferovaly návštěvu varianty ošetřené Biscayou 240 OD. U čmeláků nebyl zjištěn žádný statisticky průkazný rozdíl v návštěvnosti jednotlivých variant. U samotářských včel byla zjištěna preference Avauntu 15 EC a Mospilanu 20 SP před insekticidem Nurelle D.

Bylo zjištěno, že obsah reziduí jednotlivých pesticidů v květech řepky ozimé rovněž návštěvnost opylovačů ovlivňuje. To bylo potvrzeno zejména u včel, kdy bezprostředně po aplikaci pesticidů došlo k repelenci, poté, když začaly koncentrace účinných látek klesat, se atraktivita zvýšila a následně díky postupnému odkvétání porostu začala návštěvnost, stejně jako u kontrolní neošetřené varianty, klesat.

Klíčová slova: návštěvnost opylovačů, ozimá řepka, pesticidy, rezidua pesticidů v květech

The effect of pesticide residues in rape seeds blossoms on pollinators attendance

Summary

The honey bee is one of the most important pollinators of agricultural crops, but also of wild plants. Without her contribution, many plants would not be able to reproduce and existence of many plants, but also animal species, would be endangered.

The aim of this theses was to verify in tiny-scale experiments the attractiveness of seven pesticides, in practice commonly applied to blooming oilseed rape, for honey bees, bumblebees and solitary bees. It has been to verify how the pollinators attendace is affected by the volume of pesticide residues in blossoms.

The cultivation of oilseed rape was described in the literature review, individual groups of pollinators and damaging organisms were introduced. It is normally attended in the period of blooming oilseed rape against them under our conditions. In addition, individual groups of used pesticides and their influence on pollinators were described. The final part of review was devoted to poisoning bees.

There were five insecticides selected - Avaunt 15 EC, Biscaya 240 OD, Nurelle D, Mospilan 20 SP and Trebon OSR and two fungicides - Pictor and Prosaro. In addition, an untreated control variant was included.

There has been found out in the experiment that the largest representation of all three groups of pollinatos had honey bees. Atractivenees on the contrary repellency was diferrent among individual groups of pollinators. Honey bees preferred the Biscaya 240 OD treated variety to the examined control varinat. Bumblebees did not statistically significant preferred any variant. Solitary bees preferred Avaunt 15 EC and Mospilan 20 SP before the insecticide Nurelle D.

It has been found out the volume of residues of pesticides in rape blooms also affect the pollinators attendance. That has been confirmed especially with honey bees, where repellency occured immediately after the aplication of pesticides, when the concentration of active substances began to decrease, the attractiveness increased and after because of

gradual going out of bloom attendance, just as the examined untreated variant, started to decrease.

Keywords: Pollinators attendance, Oilseed rape, Pesticides, Pesticide residues in rape seeds blossoms

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	3
2.1	Vědecká hypotéza	3
2.2	Cíl práce	3
3	Literární rešerše	4
3.1	Řepka ozimá.....	4
3.1.1	Biologie	4
3.1.2	Nároky na pěstování	5
3.1.3	Agrotechnika	5
3.1.4	Choroby a škůdci řepky ozimé	6
3.1.4.1	Choroby vyskytující se v době květu řepky ozimé.....	7
3.1.4.2	Škůdci vyskytující se v době nakvétání a květu řepky ozimé	9
3.2	Opylovači	10
3.2.1	Rod včela	11
3.2.1.1	Včela medonosná.....	12
3.2.1.2	Čmeláci.....	15
3.2.1.3	Solitérní včely.....	17
3.3	Pesticidní ochrana řepky ozimé.....	17
3.3.1	Vybrané skupiny fungicidů a účinné látky použité v pokusech	18
3.3.1.1	Látky ovlivňující dýchání hub.....	18
3.3.1.2	Látky způsobující C4 demetylázu v biosyntéze sterolů - podskupina triazoly.....	18
3.3.2	Vybrané skupiny insekticidů a účinné látky použité v pokusech.....	18
3.3.2.1	Neonikotinoidy.....	19
3.3.2.2	Pyretroidy.....	21
3.3.2.3	Organofosfáty.....	22
3.3.2.4	Blokátory sodíkového kanálu závislého na napětí.....	22
3.4	Vliv pesticidů na opylovače.....	23
3.4.1	Testování vlivu pesticidů na včely – jedna z podmínek pro povolení přípravku	24
3.5	Otravy včel	25
3.5.1	Otravy podle skupin pesticidů	27
3.5.2	Klinické příznaky otrav a první pomoc.....	27
3.6	Legislativní ochrana včel	28
4	Materiál a metody	30
4.1	Charakteristika stanoviště	30
4.2	Výsev – maloparcelkové pokusy	30

4.3	Chemické ošetření – maloparcelkové pokusy	31
4.4	Analýzy reziduí pesticidů v květech řepky	32
4.5	Zjišťování návštěvnosti včel v ošetřených porostech a kontrolní variantě ...	32
4.6	Vyhodnocení výsledků.....	33
5	Výsledky	34
5.1	Vliv pesticidního ošetření na návštěvnost opylovačů v porostu řepky ozimé	34
5.2	Vliv reziduí pesticidů na návštěvnost opylovačů v porostech řepky ozimé....	38
5.2.1	Vliv reziduí pesticidů na návštěvnost včel v porostech řepky ozimé	38
5.2.2	Vliv reziduí pesticidů na návštěvnost čmeláků v porostech řepky ozimé	44
6	Diskuze	47
7	Závěr	51
7.1	Doporučení	52
8	Zdroje	53
9	Samostatné přílohy (grafy, tabulky, fotografie, aj.).....	61
9.1	Tabulky	61
9.2	Obrázky.....	63
10	Seznam příloh.....	66
10.1	Tabulky.....	66
10.2	Obrázky.....	66

1 Úvod

Včela medonosná, samotářské včely a čmeláci patří celosvětově mezi nejvýznamnější opylovače kulturních i divoce rostoucích rostlin. Bez jejich pomoci by nemohla být zachována druhová diverzita rostlin, potažmo i na nich závislých živočichů, nebylo by možné zajistit dostatek potravin pro obyvatele naší planety Země. Tito drobní nedocenitelní tvorové to však v současné době nemají vůbec jednoduché, a to hned z několika důvodů, mezi něž lze zařadit scelování lánů do velkých celků, ničení mezí a remízků, podporu monokulturního způsobu hospodaření v krajině, úbytek květinové pastvy, nedostatek vody v krajině, znečištění životního prostředí těžkými kovy, organickými látkami a radionuklidy, šíření chorob a v neposlední řadě také aplikaci pesticidů. Koktejl všech těchto aspektů způsobuje vymírání včelstev i ostatních opylovačů, které by pro nás mělo být varováním.

Je třeba brát v potaz i fakt, že se zdokonalováním detekčních a výzkumných metod se u řady látek, které se dříve jevily jako bezpečné, v současnosti ukazuje opak, a to nejen u škodlivosti pro necílové organismy, mezi něž patří včely. Problémem jsou i tzv. „staré zátěže“, které nám v prostředí zůstaly jako dědictví minulé generace. Pesticidy je tedy třeba užívat v rozumné míře, zaměřit se na integrovanou ochranu, výzkum možných negativních účinků, brát při jejich aplikaci ohledy na necílové organismy a vyvarovat se používání nepopsaných tankmixů a kombinací, které mohou být pro opylovače nebezpečné. I když menším, tak jistým rizikem, jsou také postřiky prováděné zahrádkáři, neboť ti často aplikují chemické látky zbytečně nebo ve vyšší koncentraci, než je stanoveno, rovněž je někdy aplikují i na kvetoucí porosty a plevele, jež jsou opylovači hojně navštěvovány. Osvěta a kontrola v této oblasti bohužel není dostatečná.

Mezi intenzivně chemicky ošetřované plodiny patří mimo jiné i řepka ozimá, která se u nás pěstuje na téměř 400 000 hektarech. Veřejnosti zpravidla jiné plodiny nevadí, avšak sytě žlutě kvetoucí řepka provokuje už jen svým vzezřením. Tato plodina má široké využití, působí jako přerušovač obilních sledů, brání erozi půdy, obohacuje ji o organickou hmotu a olej, který je z jejích semen získáván, má vynikající nutriční vlastnosti. To však laická veřejnost často nechce slyšet a zajímají ji pouze nepodložené senzace o tom, že díky jejímu pěstování zemědělci otravují vodu, životní prostředí i opylovače. Pokud je však hospodář rozumný, aplikuje pouze povolené přípravky, ve

stanovené koncentraci a podle návodu k použití, je toto riziko minimalizováno. Na trhu se objevuje široká škála přípravků a pěstitel si vždy může vybrat, jaký zvolí. Díky množství pracovních operací a vstupů nutných pro zajištění ekonomické rentability je však téměř nemožné chemickou ochranu vynechat a řepku pěstovat v ekologickém režimu.

Použití přípravků nebezpečných a zvláště nebezpečných pro včely je ukotveno v legislativě a pěstitel musí jejich aplikaci dopředu hlásit všem okolním včelařům. Riziko je tedy minimalizováno, k akutním otravám dochází v poslední době v naší zemi jen minimálně, horší následky má však dlouhodobá expozice velkému množství různých toxických látek a jejich metabolitů, neboť se ví velmi málo o tom, co jejich kombinace a případný synergismus v úlech způsobí.

Jednou z možností, jak by zemědělci i široká veřejnost mohli pomoci, je vysazování stromořadí a remízků, které nebudou chemicky ošetřovány, výsev květnatých biopásů a meziplodin, vhodná druhová skladba luk a pastvin. Dojde ke zvýšení pestrosti potravinové nabídky pro opylovače, kteří tak nebudou nuceni navštěvovat pouze kulturní ošetřované plodiny, jež jsou pro ně v krajině často hlavním potravním zdrojem. Pomoci mohou i zahrádkáři, a to tím, že nebudou na svých malých plochách zbytečně aplikovat pesticidy a raději upřednostní jinou metodu ochrany. Významným řešením je podpora integrované ochrany rostlin, která bohužel v řadě zemí světa není samozřejmostí.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Vědecká hypotéza

Rezidua insekticidů i fungicidů v květech řepky významně ovlivňují návštěvnost opylovačů (včely, čmeláci a samotářské včely) v porostech ozimé řepky. Některé pesticidy mohou působit repelentně jiné atraktivně a tyto vlastnosti se mohou v období květu měnit v souvislosti s množstvím reziduí pesticidů v květech.

2.2 Cíl práce

Cílem práce je ověřit, zda aplikace pesticidů v období květu ozimé řepky působí na opylovače atraktivně nebo repelentně v souvislosti s množstvím reziduí pesticidů v květech.

3 Literární rešerše

3.1 Řepka ozimá

Řepka ozimá je naší nejvýznamnější olejninou, je ji možné využít pro potravinářské účely, výrobu krmiv, paliv a v chemickém průmyslu (Zehnálek, 2017). V naší zemi má dlouholetou tradici, od roku 1990 došlo k navýšení pěstebních ploch a mnoho zemědělců ji začalo brát jako základní součást osevního postupu a nezbytný zdroj financí (Baranyk et al., 2005). V roce 2016 bylo v naší zemi řepkou oseto celkem přibližně 393 000 ha. V Evropské unii jí bylo v roce 2016 přibližně 6 370 000 hektarů (Liška, 2016). Taxonomicky ji lze zařadit do rodu *Brassica* a čeledi Brassicaceae (Vašák et al., 2000).

Dle Bečky et al. (2013) došlo za posledních 50 let k výrazné změně způsobu pěstování. Dříve se pěstovala v širokých řádcích, plečkovala se a úroveň hnojení a chemické ochrany byly minimální. Nyní ji lze zařadit mezi jednu z nejvíce intenzifikovaných plodin. Ještě po roce 1980 se ošetřovala proti škůdcům pouze jedenkrát ročně, nyní jsou prováděny zpravidla tři až čtyři aplikace insekticidu, rovněž se začalo plošně ošetřovat proti houbovým chorobám.

Mezi její přednosti lze zařadit zabránění erozi půdy, zvýšení půdní úrodnosti a antifytopatogenní působení rozkladných produktů glukosinolátů v půdě. V zimě také zabránění vyplavování dusíku do vod (Vašák et al., 2000).

3.1.1 Biologie

Řepka ozimá pravděpodobně nemá žádného planého předka, vznikla křížením brukve zelné a brukve řepáku (vodnice), a to v oblasti středomořského genového centra. Řadí se mezi dlouhodobní rostliny, v našich zeměpisných šířkách má vegetační dobu 300 až 340 dní. Životní cyklus probíhá ve dvou vegetačních obdobích (Baranyk et al., 2005; Baranyk et al., 2007; Vašák et al., 2000).

Rostlina tvoří silný kulový kořen a mnoho postranních kořínků. Lodyha dosahuje výšky od 120 do 220 centimetrů. Při hustotě 60 rostlin na jeden m² nasazuje jedna rostlina 300 až 500 květů, z nichž se obvykle vyvine 80 až 120 šešulí. (Baranyk et al., 2005)

Plodina vytváří hroznovitá květenství (Baranyk et al., 2007). Květ je vystavěn dle čísla čtyři, nejčastěji má jasně žlutou barvu, existují však i odrůdy kvetoucí světle žlutě či bíle. Zralé prašníky uvolňují sytě žlutý přilnavý pyl. V jednom květu vznikne až 100 000 pylových zrn. Řepka je převážně fakultativně cizosprašná, avšak patří mezi včelomilné rostliny. Kvetे od poslední dekády dubna či počátku května, a to přibližně po dobu 20 až 25 dní. K otevírání

květů dochází před devátou hodinou ranní, na noc dochází k jejich přivírání. Kvetení jednoho květu trvá dva až tři dny (Baranyk et al., 2005; Vašák et al., 2000).

V květu se nachází dva páry nektarií – vnější a vnitřní. Opylovači, především včela medonosná, odebírají nektar většinou přímo z vnitřních nektarií. Atraktivnost porostu závisí na množství vyloučeného cukru v nektaru na jeden květ. K polím s kvetoucí řepkou je vhodné přisunovat dvě až tři včelstva na hektar (Vašák et al., 2000). Řepka je pro včely velmi atraktivní plodinou, navštěvují ji hojně také motýli, mouchy a polokřídli (Delaplane and Mayer, 2000).

3.1.2 Nároky na pěstování

Pro řepku jsou ideální stanoviště s roční průměrnou teplotou okolo 8 °C a ročním úhrnem srážek 500 až 750 milimetrů. Nejvíce vhodnými jsou tedy bramborářská a řepařská výrobní oblast. Nejlépe jí vyhovují hluboké, provzdušněné, písčitohlinité až hlinitopísčité půdy. Půdní reakci preferuje neutrální až slabě kyselou (Baranyk et al., 2005; Vašák, 2000).

3.1.3 Agrotechnika

Při výběru vhodné odrůdy lze volit z pěti skupin – liniové odrůdy, pylově sterilní hybridy/ sdružené odrůdy, pylově fertillní hybridy, topcross hybridy a tříliniové hybridy (Zehnálek, 2017). Agrotechnická lhůta termínu výsevu je od druhé do třetí dekády srpna. Liší se dle výrobní oblasti a ročníkových odlišností (Baranyk et al., 2007).

Řepka ozimá patří mezi plodiny náročné na živiny, na jednu tunu semene potřebuje na hektar 50 - 60 kg dusíku, 11 - 15 kg fosforu, 50 - 58 kg draslíku, 28 - 50 kg vápníku, 4 - 7 kg hořčíku a 18 - 22 kg síry (Baranyk et al., 2005).

Největší škody způsobují svízel přitula a heřmánkovité plevely, v podzimním období může významně škodit výdrol předplodiny (Baranyk et al., 2005; Vašák, 2000).

Základem herbicidní ochrany je aplikace předseťových nebo preemergentních herbicidů. Preemergentní herbicidy musí být aplikovány do tří dnů po zasetí a jejich předností je, že odstraní konkurenty ihned od počátku vegetace. Rovněž zajistí prostor pro případné opravné zásahy. Jarní aplikace herbicidů je pouze doplňkovým opatřením, zaměřuje se na plevely, které by mohly konkurovat i v druhé polovině vegetace. Mezi ně patří zejména heřmánkovité plevely, svízel, někdy i výdrol (Baranyk et al., 2005).

Na podzim lze aplikovat regulátory růstu, které zajistí tvorbu většího množství listů, jež budou mít krátké řapíky a malou plochu listových čepelí, dojde k lepšímu růstu

kořenového systému, který zajistí lepší ukotvení v půdě a příjem živin. Výsledný efekt sníží riziko vyzimování porostů. V případě využití přípravků na bázi azolů je rovněž částečně omezeno napadení houbovými chorobami. V jarním období je vhodné pro zvýšení počtu větví a zkrácení výšky rostlin aplikovat azolové růstové regulátory. Vždy je však třeba zohlednit aktuální stav porostu i povětrnostní podmínky, aby nedošlo k nadměrnému stresu rostlin (Baranyk et al., 2005; Bečka et al., 2013; Vašák et al., 2000).

Před sklizní lze provést regulaci dozrávání nebo desikaci. Obojí však představuje další ekonomický náklad, který je třeba pečlivě uvážit. Regulace je šetrnější a vhodná pro výnosově nadějně porosty, které nejsou zaplevelené, poškozené šešulovými škůdci a houbovými chorobami. Desikaci je lepší zvolit v případě zaplevelení či zmlazení porostů. Důležité je vhodně načasovat termín aplikace (Baranyk et al., 2005).

3.1.4 Choroby a škůdci řepky ozimé

Řepka ozimá je potenciálním hostitelem více než 71 druhů mikroorganismů, avšak pouze deset z nich lze označit za významné a nebezpečné. Nejvíce rozšířeným onemocněním je fomové černání stonků řepky. Mezi významné choroby lze dále zařadit bílou hnilobu řepky, verticiliové vadnutí řepky, plíseň šedou, plíseň brukvovitých a alternáriovou skvrnitost brukvovitých. Lokálně mohou také škodit nádorovitost kořenů brukvovitých a cylindrosporióza řepky (Bečka et al., 2013; Prokinová, 2014).

Mezi možné škůdce řepky lze zařadit plže, dřepčíky, krytonosce zelného, osenici polní, pilatku řepkovou, květilku zelnou, hraboše polního, krytonosce řepkového, krytonosce čtyřzubého, blýskáčka řepkového, krytonosce šešulového, bejlmorku kapustovou a mšici zelnou. (Baranyk et al., 2007).

Řepka může být rovněž napadena virovými chorobami, které jsou přenášeny savým hmyzem. V posledních letech dochází k nárůstu výskytu. Proti chorobě se neošetřuje přímo, je však možné provést aplikaci insekticidu při prvním náletu přenašečů (Prokinová, 2014).

V roce 1930 se řepka ozimá v celém Československu pěstovala pouze na 1 073 ha, o 16 let později na ploše přibližně 38 000 ha, z toho 4 000 ha bylo na území dnešního Slovenska (Baranyk et al., 2007). Ve čtyřicátých letech minulého století bylo chemické ošetřování velmi sporadické a často k ochraně stačilo využít pouze vhodná pěstitelská opatření. Nejdůležitějšími chorobami byly tehdy černě a *Oplidium brassicae*, dále škodila plíseň brukvovitých. Po roce 1960 došlo k nárůstu využívání umělých hnojiv a pesticidů,

posléze i ke změnám v zastoupení a významu chorob. Hlavní chorobou byla stále čerň, dále se hojněji vyskytovala plíseň brukvovitých. Ojedinele škodily plíseň šedá a bílá sklerociová hniloba. Původce fomového černání stonků se dosud v Evropě nevyskytoval. Od roku 1968 došlo k opětovnému nárůstu výměr jednotlivých polí, zvýšila se úroveň hnojení a od roku 1977 začala éra bezerukových odrůd. Hlavní škody nadále způsobovaly černě, především *Alternaria circinans*, zvýšil se výskyt plísně šedé a bílé sklerociové hniloby, ojedinele už byl popsán i výskyt *Phomy lingam*. Dále se v malé míře prosazovaly plíseň brukvovitých a nádorovitost brukvovitých. Začátkem 90. let došlo k velkému nárůstu ploch, k registraci dvounulových odrůd a k poklesu úrovně agrotechniky. Tlak škůdců a chorob začal stoupat (Baranyk et al., 2005).

Obdobně tomu bylo i u škůdců, až do poloviny 80. let byl jediným významným škůdcem porostů řepky blýskáček řepkový. Od devadesátých let se začali rozšiřovat krytonosec řepkový a čtyřzubý. Od roku 1995 se nebezpečnými škůdci stali rovněž plži. V roce 1998 se poprvé objevily závažné škody způsobené osenící polní. Od roku 2000 začal výrazně stoupat význam bejlmorky kapustové, více se začaly vyskytovat i pilatka řepková či květilka zelná (Baranyk et al., 2005).

3.1.4.1 Choroby vyskytující se v době květu řepky ozimé

Plíseň brukvovitých

Původcem této choroby je *Hyaloperonospora parasitica* ze třídy Peronosporomycetes. Mezi hostitele patří rostliny z čeledi Brassicaceae. První výskyt může nastat už u vzcházejících rostlin, druhé období pak při příhodných podmínkách přichází od fáze kvetení až do fáze tvorby zelených šešulí. Její výskyt podporují vysoká vlhkost v porostu a teploty pod 18 °C. Chemická ochrana se proti ní cíleně neprovádí (Prokinová, 2014).

Alternáriová skvrnitost brukvovitých

Původcem této choroby je *Alternaria brassicaceae* ze třídy Dothideomycetes. Jejími hostiteli jsou rostliny z čeledi Brassicaceae. Choroba může napadat už vzcházející rostliny a způsobit jejich odumírání. Příznaky se mohou objevit i na generativních orgánech, šešule poté bývají deformované a předčasně pukají. K rozvoji choroby napomáhají dlouhodobé ovlhčení rostlin a teploty pohybující se v rozmezí od 18 °C do 25 °C, dále přehnojení dusíkem a velká hustota porostu. Chemická ochrana se přímo neprovádí, tlumivý účinek na její rozvoj

však mají fungicidy aplikované ve fázi kvetení proti jiným houbovým chorobám (Zehnálek, 2017; Kazda et al., 2010; Prokinová, 2014).

Verticiliové vadnutí řepky

Původcem této choroby jsou *Verticillium longisporum* a *Verticillium* spp. ze třídy Sordariomycetes. Hostitelem *Verticillium longisporum* jsou rostliny z čeledi Brassicaceae, rod *Verticillium* napadá velmi široký okruh rostlin. K rozvoji choroby napomáhají utužená půda a její vyšší teplota v jarním období, dále nedostatek organické hmoty, deficit vláhy a nedodržení dostatečného odstupů v osevním sledu. Chemická ochrana se cíleně neprovádí (Prokinová, 2014).

Fomové černání stonků řepky

Původcem je *Leptosphaeria maculans* ze třídy Ascomycetes. Jejimi hostiteli jsou rostliny z čeledi Brassicaceae. Houba může rostlinu napadnout ve všech vývojových stádiích. Primárním zdrojem infekce jsou infikované posklizňové zbytky, umí se šířit i osivem. Rozvoji choroby napomáhají mírné zimy s dostatkem až nadbytkem srážek a dlouhotrvající chladné deštivé jaro. Může způsobit ztráty až 40 %. Chemickou ochranu lze provádět preventivně na podzim, výskyt tlumí i morforegulátory s fungicidním účinkem. Jarní ošetření se případně provádí dle aktuálního stavu porostu ve fázi počátku dlouhivého růstu (Zehnálek, 2017; Kazda et al., 2010; Prokinová, 2014, Baranyk et al., 2005).

Šedá plísnovitost brukvovitých

Původcem je *Botryotinia fuckeliana* ze třídy Ascomycetes. Ta napadá řadu kulturních i planých druhů rostlin. Podmínkami pro rozvoj choroby jsou dlouhodobější ovlhčení rostlin, přehnojení dusíkem, přehoustlý porost, poškození pletiv. Chemická ochrana se cíleně neprovádí, vedlejší tlumivý účinek však mají fungicidy aplikované proti ostatním chorobám (Kazda et al., 2010; Prokinová, 2014).

Bílá hniloba řepky

Původcem je *Sclerotinia sclerotiorum* ze třídy Ascomycetes. Jejimi hostiteli jsou všechny byliny s výjimkou rostlin z čeledi Poaceae. Houba přezívá volně v půdě až deset let, zdrojem infekce však může být i osivo s příměsí sklerocií. K rozvoji choroby napomáhají vysoká vlhkost v porostu v průběhu dubna a první polovině května, dále přehnojení dusíkem a velký výskyt sklerocií na pozemku. Při silném napadení dojde k propadu výnosu až o 60 %.

Chemická ochrana se provádí v době kvetení, ideálně pak na jeho počátku. (Zehnálek, 2017; Kazda et al., 2010; Prokinová, 2014; Vašák, 2000).

3.1.4.2 Škůdci vyskytující se v době nakvétání a květu řepky ozimé

Krytonosec řepkový

Dospělci tohoto brouka přezimují v půdě a při teplotách vzduchu 10 - 12 °C nalétávají na pole osetá řepkou. Samice kladou vajíčka do stonku. Mezi hostitelské rostliny patří nejen řepka, ale i další rostliny z čeledi Brassicaceae. Hospodářsky významné škody způsobují apoidní eucephální larvy, a to od dubna do května, kdy provádějí žír uvnitř stonků. Při překročení prahu škodlivosti, či sedm až deset dní po prvním jarním oteplení, kdy teploty dosáhnou 10 - 12 °C se doporučuje chemické ošetření. To je třeba provést, než samice vykladou vajíčka. Někdy je ve druhé polovině dubna nutné udělat ještě jedno chemické ošetření, které bývá současně účinné i proti dalším škůdcům (Kazda et. al., 2010; Kazda, 2014).

Krytonosec čtyřzubý

Brouk přezimuje ve stádiu dospělého v listí nebo půdě a při jarním oteplení na 12 - 14 °C přelétá na pole s řepkou. Samice kladou vajíčka do řapíků listů. Larvy poté zapříčiňují deformace a praskání stonků, v nichž škodí žírem v období květu. Samice kladou vajíčka v období od března do května. Hostiteli tohoto škůdce jsou i další rostliny z čeledi Brassicaceae. Poškozené rostliny jsou náchylnější k napadení houbovými chorobami. Aplikaci insekticidu je nutné provést v době, než dojde k naklazení vajíček. Pokud dojde k ošetření porostu velmi brzy na jaře, je často třeba provést chemický zásah znovu ve druhé polovině dubna. Ten je současně účinný i proti dalším škůdcům (Kazda et al., 2010; Kazda, 2014; Vašák, 2000).

Krytonosec šešulový

U tohoto škůdce přezimují dospělci, které lze v porostu řepky objevit v začátku hlavního období květu, nalétávat však mohou už od 13 °C. Apoidní eucephální larvy se vyvíjejí v šešuli, kde se živí semeny. Mezi hostitelské rostliny patří i další zástupci z čeledi Brassicaceae. Tento druh většinou nezpůsobuje významné přímé hospodářské škody, avšak může docházet k častějšímu napadení šešulí houbovými chorobami. K cílené aplikaci insekticidů zpravidla nedochází, neboť je účinně huben při zásazích proti blýskáčkovi

řepkovému a později proti bejlmorce kapustové (Baranyk et al., 2005; Kazda et al., 2010; Kazda, 2014, Kocourek and Stará, 2014).

Blýskáček řepkový

Dospělci přezimují převážně mimo zemědělské pozemky, a to v půdě nebo pod listím či zbytky rostlin. Škody však způsobují pouze na řepce a ostatních plodinách z čeledi Brassicaceae pěstovaných na semeno. Od teploty 15 °C nalétávají do porostů, dochází k nakusování a částečnému vyžírání pupat, do nichž jsou nakladena vajíčka. Cílená chemická ochrana se obvykle provádí ve fázi BBCH 50 - 60, a to proti dospělcům. Škůdce však mohou zahubit i přípravky využívané pro ošetření proti krytonosci řepkovému a čtyřzubému, a poté aplikace insekticidu proti škůdcům vyskytujících se v době tvorby a růstu šešulí (Baranyk et al., 2005; Kazda et al., 2010; Kazda, 2014).

Bejlmorka kapustová

Na přelomu dubna a května dochází k výskytu dospělců první generace. Samice kladou vajíčka do šešulí, přičemž přednost dávají těm nejmladším. Larvy rozpouštějí pomocí enzymů stěnu šešulí a tento obsah následně vysávají. V naší republice může mít škůdce až šest generací za rok, nejškodlivější jsou však první a druhá. Nebezpečí silného výskytu výrazně navyšují sucho, slunečno a teplo v období květu řepky. Proti škůdci se provádí cílená chemická ochrana, jejíž termín z velké míry závisí i na výběru přípravku. Často je nutné provést i více jak jeden chemický zásah, neboť škůdce se v porostu řepky nachází od května téměř nepřetržitě. (Baranyk et al., 2005, Kazda et al., 2010; Kazda, 2014). Seidenglanz and Poslušná (2014) uvádějí, že bejlmorka je schopná na poli způsobit vyšší výnosovou ztrátu než stonkovi krytonosci a blýskáček, při silném napadení porostu může dojít až k třicetiprocentní výnosové depresi.

3.2 Opylovači

Ve většině oblastí planety Země, kde se vyskytují kvetoucí rostliny, jsou nejdůležitějšími opylovači včely. Kromě nich se na opylení rostlin však podílejí i zástupci motýlů, brouků, much a dalšího blanokřídlého hmyzu. Sem lze zařadit například včely samotářky, vosy, čmeláky a mravence. Celkově je hmyzem opylováno asi 80 % kvetoucích rostlin, z toho 85 % včelami medonosnými. Tento druh celkem opyluje asi 170 000 druhů kvetoucích rostlin. Ty cíleně produkují nektar, který slouží jako potrava (Tautz, 2009).

Celkově v opylení rostlin hraje roli asi 200 000 živočišných druhů, které zajišťují zachování 250 000 druhů divoce rostoucích rostlin na naší planetě. Mimo ně tuto funkci zastává přibližně 1 500 druhů obratlovců, mezi něž patří například ptáci a savci (Devillers and Pham – Delègue, 2002).

Na opylení jsou nejvíce závislé ty druhy rostlin, které mají odděleně samičí a samčí květy. Ty mohou být na téže rostlině nebo na dvou samostatných rostlinách. Proces opylení je přenosem pylu z prašníků jednoho květu na bliznu stejného či jiného květu, zde je však podmínkou, že musí být kompatibilní. Mnoho druhů opylovačů sbírá pyl jako potravu. Tím, že přelétávají z květu na květ, dochází k opylení rostlin (Delaplane and Mayer, 2000; Goulson, 2010).

Při dobrém opylení může u řepky ozimé dojít ke zvýšení výnosu až o 50 %. Běžně při přísunu tří až čtyř včelstev na hektar dojde k navýšení přibližně o 30 %. Mezi jednotlivými odrůdami se však mohou vyskytnout rozdíly (Veselý et al., 2013). Abrol (2017) uvádí, že mezi včelami a plodinami z čeledi brukvovitých existuje mutualistický vztah. Při opylení hmyzem lze výnos řepky zvýšit dvojnásobně až třínásobně. Woodcock et al. (2013) uvádějí, že nejlepšími opylovači pro řepku jsou samotářské včely. Při svých výzkumech zjistili, že při návštěvách včel medonosných je pravděpodobnost přenosu pylu z těla opylovače na bliznu 34 %, u čmeláků 35,1 % a u samotářských včel 71,3 %. U včely medonosné je často však zase větší počet jedinců, kteří porost navštíví, a tak se procento opylení rovněž zvýší.

3.2.1 Rod včela

Z archeologických nálezů z roku 2006 je zřejmé, že včela medonosná se na naší planetě objevila před více než sto miliony let. Z toho však vyplývá, že tento druh svou evoluci zahájil již dávno předtím. Teorií vědců je, že se tyto tvory vyvinuli z dravých vos majících ústní ústrojí umožňující nasávat nektar (Cramp, 2014). V současné době se vyskytují na všech kontinentech kromě Antarktidy (Evans, 2010).

Do dnešní doby bylo popsáno přibližně 25 000 druhů včel, které se zabývají sběrem pylu, ty se ještě dělí do 11 čeledí. Jejich seznam se stále rozšiřuje. Nejznámějším druhem je pro svůj nedocenitelný hospodářský význam včela medonosná. Včely mají 80% podíl na opylování všech rostlin, a to jak u pěstovaných, tak u volně rostoucích druhů, u nichž by se jinak nedokázala vyvinout semena (Cramp, 2014; Devillers and Pham - Delègue, 2002). Včely opylují téměř 400 zemědělských plodin (Delaplane and Mayer, 2000).

Přibližně 85 % druhů včel žije více či méně samotářským způsobem života, přesto však některé druhy vytvářejí hnízda blízko sebe (Evans et al., 2010).

V posledních letech došlo celosvětově k poklesu populací včel a dalších opylovačů. Tento stav zapříčinila řada stresorů, mezi něž patří i pesticidy (Krupke et al., 2012). Brown and Paxton (2009) uvádějí, že tito zástupci v současné době čelí velmi mnoha hrozbám, které mohou zapříčinit pokles jejich diverzity. Mezi největší problémy řadí úbytek přirozených stanovišť, dále choroby, invazivní druhy, aplikace pesticidů a klimatické změny. Dle Goulsona et al. (2015) je dalším problémem úbytek početnosti i druhové rozmanitosti kvetoucích rostlin. Jako jedno z řešení vidí výsev květnatých biopásů na zemědělské půdě.

Pokles početnosti včel je vzhledem k jejich úloze v opylování rostlin alarmující, jejich ztráty jsou velkou hrozbou pro zajištění potravinové bezpečnosti a stabilitu ekosystémů (Connolly, 2016).

3.2.1.1 Včela medonosná

Včela medonosná má velmi malou druhovou rozmanitost. Celosvětově je známo pouze devět druhů rodu *Apis*, které se společně se čmeláky řadí k čeledi Apidae. V Evropě však žije pouze jediný druh, a to včela medonosná (*Apis mellifera*). Ta však tvoří četná zeměpisná plemena, mezi nimiž může docházet ke křížení (Tautz, 2009). Tento druh se původně vyskytoval pouze na územích Evropy, Afriky a Asie, dnes je však rozšířen po celém světě (Cramp, 2014). Včela medonosná je jedním z velmi důležitých prvků ekosystému, na němž záleží udržení biodiverzity, bez ní by rovněž nebyla možná trvale udržitelná zemědělská produkce. Její zdravotní stav je ukazatelem stavu celého životního prostředí (Tautz, 2009).

Dle údajů Českého statistického úřadu bylo v České republice v roce 2016 celkem 662 000 kmenových včelstev, oproti předchozím rokům došlo tedy k výraznému nárůstu (Anon, 2017c).

Včelí společenstvo

Když je včelstvo nejvíce rozvinuté, tvoří ho jedna matka, padesát až šedesát tisíc dělnic a 300 až 600 trubců, v plástech se dále nachází ještě vajíčka a plod v různém stupni vývoje (Veselý et al., 2013). Každá tato skupina plní jiný úkol, avšak žádná z nich by nemohla existovat samostatně. Matka, lidově nazývaná královna, musí zajistit kladením vajíček dostatek potomků a obvykle se dožívá až čtyř let. Dělnice nejsou schopné rozmnožování. Jejich vývoj trvá 21 dní, a poté první dva dny po vylíhnutí zahřívají plod a čistí buňky, další tři

dny krmí starší plod, 6. - 11. den se starají o krmení nejmladších larev, následně pět dní staví plásty a přenášejí zásoby, 18. - 21. den drží stráž na česně a poté vylétají z úlu sbírat pyl. V létě žijí přibližně 15 až 38 dní, v zimě až 140 dní. Jediným úkolem trubců je páření. Na konci jara a začátkem léta se shromažďují na tzv. trubčích shromaždištích, na nichž čekají na přilet matky. Šesti až dvanácti se s ní při snubním letu podaří spářit. Při tomto aktu však umírají (Cramp, 2014). Samci mají pouze jednu sadu chromozomů a jsou haploidní, zatímco samice mají jeden pár chromozomů, jsou tedy diploidní (James and Pitt - Singer, 2008).

Vyhledávání potravy

Včela medonosná patří mezi nevybíravé a univerzální opylovače, všechny květy u ní mají tedy téměř stejnou šanci. Za optimálních podmínek může za den navštívit až 3 000 květů. Maximální doletová vzdálenost je při přímočarém letu přibližně 10 až 12 km, jedno včelstvo je tedy teoreticky schopné shánět potravu na ploše velké až 400 km². Létavky se však za běžných podmínek vydávají pouze do vzdálenosti asi čtyř kilometrů, a to třikrát až desetkrát denně (Devillers and Pham – Delègue, 2002; Tautz, 2009). Při svých cestách za snůškou jsou včely rozděleny na sběračky nektaru a sběračky pylu, obojí dohromady sbírá maximálně 15 % létavek. V každém včelstvu ještě existuje zhruba pět až 20 % včel, které se zabývají hledáním nových zdrojů potravy (Tautz, 2009).

Ke sběru nektaru mají včely vyvinuté speciální ústní ústrojí a dále rozšířenou část jícnu v zadečku, ta se nazývá medný váček. V něm může být shromážděno až 40 miligramů nektaru, tedy asi polovina váhy dospělé včely (Tautz, 2009).

Včely mají vysoce vyvinutý čichový smysl, jsou schopné rozeznávat barvy, přičemž pokud si mohou vybrat, upřednostňují modrou a žlutou. Tyto všechny dovednosti jim pomáhají rozeznat květy, jejich různé druhy, stav, stanovit denní dobu, v níž má daný květ nejvydatnější produkci, určit jeho zeměpisnou polohu v krajině, sdělit vše ostatním kolegyním a rovněž od nich takováto sdělení přijmout a zdroj potravy podle nich najít. Zrak a čich jim rovněž pomáhají při orientaci v krajině. Umějí se však řídit i podle postavení slunce (Tautz, 2009). Rostliny bohaté na nektar včely primárně lákají svou barvou, když opylovač doletí blíže, tak i vůní a po usednutí na květ i strukturou povrchu (Evans et al., 2010).

Včely jsou mezi sebou schopné komunikace a dokážou si tudíž sdělit, kde se nachází příhodný zdroj snůšky. V prostoru jsou schopny orientace podle slunce a významných bodů v krajině. Pokud včela pátračka objeví příhodný zdroj, vrátí se s jeho vzorkem zpět do úlu,

kde ostatním včelám předvádí, dle vzdálenosti, v které se zdroj nachází, „taneček“. Aby věděly, co mají hledat, dá jim také zároveň ochutnat. Když je objeven zdroj, který se nachází do sto metrů od úlu, předvádí včela „kruhový taneček“. Pokud se zdroj snůšky nachází ve větší vzdálenosti, předvádí „osmičkový taneček“, jehož úkolem je sdělit přesnější informace o směru zdroje. Schopnost řeči tance mají pouze ty druhy hmyzu, které mají ve svých hnízdech svíslé plochy, tento druh komunikace tedy nenalezneme u čmeláků, vos ani tropických bezříhadelových včel (Cramp, 2014; Tautz, 2009).

Sběr pylu a pryskyřice

Pyl z květů včely neodebírají násilím, neboť jim sám ulpívá na hustém a rozvětveném obrvení. Při výrobě pevných pylových balíčků spolupracují všechny páry nohou a na konci procesu mají v oblasti holeně na zadních nohách vytvořeny velké pylové hrudky zvané „rouscky“ (Tautz, 2009). Tím, jak se včela v květu pohybuje v okolí tyčinek či přímo po prašnicích, dochází k nabalení pylu na její tělo (Veselý et al., 2013).

Dalším produktem, který včela využívá, jsou rostlinné pryskyřice, které jsou v úlu zpracovávány na propolis. Může je nasbírat nejen na květech, ale i na pupenech, plodech či listech. Ročně jich nanosí včely do úlu několik set gramů (Tautz, 2009).

Hlavní včelí produkty

Med obsahuje více než 181 chemických látek, které se mohou lišit v závislosti na zdroji nektaru a konkrétním úlu. Převážnou část tvoří fruktóza (přibližně 38 %) a glukóza, která tvoří přibližně 31 % ze všech látek (Evans et al., 2010).

Ke vzniku dochází v plástech, a to tak, že probíhá odpařování vody z nasbíraného nektaru. Ten je pro včely zdrojem vody a cukrů. Jedno včelstvo je schopné za rok vytvořit až 300 kilogramů medu, avšak převážnou většinu využije pro svou potřebu. Aby nedocházelo k napadení zásob mikroorganismy, přidávají včely k nektaru velké množství antibakteriálních a antimykotických peptidů a enzymů. (Dettli and Hradil, 2011; Goulson, 2010; Tautz, 2009). V samotném nektaru jsou nejvíce obsaženy cukry a poté aminokyseliny (Gardener and Gillman, 2002). Každá rostlina musí obsahovat dostatečné množství nektaru na to, aby včelu přilákala, avšak současně i takové, které donutí včely navštívit i jiné květy, a tak samotné rostlině zajistí opylení (Delaplane and Mayer, 2000).

Tautz (2009) uvádí, že k produkci 300 kg medu je zapotřebí, aby bylo podniknuto asi sedm a půl milionů letů, jejichž celková délka je odhadována na 20 milionů letových

kilometrů. V převážné části naší republiky se v jedné sezóně vyskytují dvě až tři hlavní snůšky medu. Mezi hlavní snůšky lze zařadit řepkovou, akátovou, medovicovou a slunečnicovou (Švamberg, 2015).

Pyl se vytváří v prašnicích rostlin a je složen z jednotlivých zrn, ta jsou tvořena samčí pohlavní buňkou a slouží k přenosu genetické informace během pohlavního rozmnožování (Čermák et al., 2016). Ročně jedno včelstvo nashromáždí v úle přibližně 20 až 30 kilogramů pylu, přičemž k tomu je zapotřebí provést asi jeden až dva miliony výletů. Pyl slouží především k výrobě sesterského mléka (Tautz, 2009). Tento produkt je velmi bohatým zdrojem bílkovin (Goulson, 2010). Spolu s pylem může na včele ulpět i prach složený z cizorodých částic, které s ním mohou být zaneseny do úlu (Titěra and Kamler, 2013).

Včela jako bioindikátor toxických látek v životním prostředí

Včela medonosná a její produkty jsou potencionálními bioindikátory přítomnosti kontaminantů v životním prostředí, a to na velkých plochách, neboť včely mají poměrně široký okruh, v němž pyl a nektar sbírají. K testování reziduí pesticidů v životním prostředí je vhodné využít rozbory pylu (Oliveira et al., 2016). Včela je také jedním z klíčových organismů, které se používají při hodnocení rizik pesticidů na necílové organismy (Erban et al., 2016).

Díky několika etologickým a morfologickým vlastnostem je včela ideálním ekologickým detektorem výskytu toxických látek v životním prostředí. Je celkem snadno chovatelná, vyskytuje se téměř všude, je nenáročná na potravní zdroje, její tělo je pokryto chloupky, na něž se snadno zachytávají materiály a látky, s nimiž včela přijde do kontaktu. Včelstvo má vysokou reprodukční schopnost, relativně krátkou průměrnou délku života, schopnost rychlé a kontinuální regenerace, vysokou citlivost na pesticidy, vysoký stupeň mobility a široký letový okruh, který umožní sledovat výskyt toxických látek z poměrně široké oblasti. Výhodou také je, že včely do úlu přinášejí nejrůznější materiály – pyl, nektar, medovici, propolis a vodu. Díky nim může být zjišťována nejen přítomnost pesticidů v životním prostředí, ale také výskyt těžkých kovů, radionuklidů, škodlivin organického původu, patogenních bakterií a geneticky modifikovaných organismů (Bodganov, 2006; Porrini et al., 2003).

3.2.1.2 Čmeláci

Čmeláci jsou jedni z nejdůležitějších opylovačů mnoha kulturních i planých rostlin rostoucích v mírném pásmu severní polokoule. Za poslední desítky let však došlo k velkému

úbytku mnoha druhů, který je z velké míry přisuzován nedostatku trvalých zdrojů díky pěstování monokultur, intenzifikaci zemědělské výroby a nárůstu používání chemických látek (Krieg et al., 2009). Dle vyhlášky Ministerstva životního prostředí České republiky č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (1992) se zástupci rodu *Bombus* spp. považují za ohrožený druh. Celkem se u nás vyskytuje 28 druhů, avšak nejběžnější jsou *Bombus terrestris*, *Pyrobombus lapidarius* a *Mebabombus pascuorum* (Krieg et al., 2009; Přidal, 2004).

Celosvětově je známo přibližně 250 až 300 druhů čmeláků, avšak předpokládá se, že většina druhů ještě nebyla objevena (Goulson, 2010; Veselý et al., 2013). Většina z nich je koncentrována v mírném klimatickém pásu, stejně jako včely však byli dovezeni i do dalších zemí, jako jsou Austrálie, Nový Zéland, Filipíny a Jižní Afrika (Delaplane and Mayer, 2000).

Čmeláci se řadí mezi společenský hmyz, který vytváří kasty. Nalezneme u nich dokonalé samičky (matky), dělnice a samečky. Na rozdíl od včel však žijí eusociálním způsobem života. Po většinu roku v našich podmínkách žijí ve fázi soliterní, v době zakládání hnízda pak ve fázi subsociální. Matka v soliterní fázi opustí své zimoviště a nalezne vhodné místo pro založení hnízda. Postupně naklade vajíčka, z nichž vzniknou dělnice, poté samci a mladé samičky. Zimu poté zase přežijí pouze mladé oplozené samice. Po čtyřech týdnech od založení plodové buňky se líhnou první dělnice. Poté se hnízdo postupně rozšiřuje a může dosáhnout počtu až několika set jedinců. (Delaplane and Mayer; Čermák et al., 2016; Goulson, 2010; Krieg et al., 2009).

Význam čmeláka jako opylovače

Čmeláci jsou velmi významnými opylovači, neboť mohou opylovat rostliny i v době, kdy včely nejsou schopné letu. Včela medonosná může vylétnout opylovat rostliny až od 12 °C, zatímco čmeláci jsou schopni letu už při teplotě 7 °C (Tautz, 2009).

Dále jsou schopni opylovat i dlouhotrubké květy, které mají například jetel luční nebo bob obecný. Nezastupitelnou roli mají i při vymření včelstev v určité oblasti, neboť díky nim krajina nezůstane po nějakou dobu úplně bez opylovačů. Využívání jsou také pro cílené opylování rostlin ve sklenících či fóliovnících, a to například u rajčat, paprik a dalších druhů zeleniny. Dále i pro opylování léčivých, aromatických a kořeninových rostlin určených přednostně pro produkci osiva. Čmeláci jsou na rozdíl od jiných opylovačů tolerantnější

k nepříznivému počasí. Výhodou je i to, že se v rámci jedné kolonie vyskytují různě velké dělnice, ty tak mohou opylovat rozličné typy a druhy květů (Delaplane and Mayer, 2000; Čermák et al., 2016; Krieg et al., 2009). Jejich užitečnost je však omezena jednoletým vývojovým cyklem, malou velikostí kolonie a malým stupněm domestikace (Delaplane and Mayer, 2000).

3.2.1.3 Solitérní včely

Včely samotářky, odborně nazývané jako solitérní včely, jsou druhově nejbohatší skupinou včel. U nás lze nalézt více jak 600 druhů, přičemž jejich početnost vzrůstá směrem k jihovýchodu (Veselý et al., 2013). V našich zeměpisných šířkách nalezneme nejvíce zástupců v rodě ploskočelka (*Halictus* sp.), a poté v rodě pískorypka (*Andrena* sp.). Pískorypky vypadají jako zmenšená kopie včely medonosné, ploskočelky mají delší zadeček a užší tělo (Švamberský, 2015).

Solitérní včely jsou považovány za předky sociální včel. Mají nejčastěji jednu, někdy ale až několik generací za rok. Nejprve dochází k líhnutí samic a samců, a to v době kdy začínají kvést rostliny, jež daný druh samotářských včel využívá jako svůj zdroj pastvy. U těchto druhů včel chybí dělnice, existují u nich totiž pouze dokonalé pohlavní formy (Švamberský, 2015; Veselý et al., 2013).

U samotářských včel je pozoruhodné, že jsou často úzce specializovány pouze na opylování několika málo druhů krytosemenných rostlin. To u některých druhů vyústilo ve vznik specifických anatomických struktur, jež je zvýhodňují oproti dalším potencionálním opylovačům daného druhu rostliny (Švamberský, 2015).

3.3 Pesticidní ochrana řepky ozimé

Dle údajů ÚKZÚZ pocházejících z roku 2012 bylo na řepku aplikováno celkem 173 801 kg účinných látek obsažených v insekticidech a 230 764 kg účinných látek obsažených ve fungicidech (Kazda, 2014b).

Obecně platí, že insekticidy by neměly být aplikovány v době květu porostu, avšak někdy je to nevyhnutelné. Dále také platí, že granulované přípravky a roztoky jsou méně nebezpečné než smáčitelné prášky a prášky rozpustné ve vodě. Uživatelé by se měli rovněž vyhnout aplikaci netestovaných tank mixů, protože zde může dojít k nepředvídatelným účinkům. Tyto směsi mohou být často toxičtější, než kdyby byly látky aplikovány samostatně (Delaplane and Mayer, 2000).

3.3.1 Vybrané skupiny fungicidů a účinné látky použité v pokusech

Během jarního období se do řepky aplikují jeden až dva fungicidy (Kazda, 2014b).

3.3.1.1 Látky ovlivňující dýchání hub

Pyridinkarboxamidy, do nichž lze zařadit účinnou látku boscalid obsaženou v přípravku Pictor, působí na Komplex II, konkrétně na sukcinátdehydrogenázu. Látka má systémové působení a aplikuje se postřikem na listy. V řepce působí proti houbám z rodů *Alternaria* spp., *Sclerotinia* spp. a *Botrytis* spp. (Šenoldová and Lokaj, 2008d).

Boscalid patří mezi fungicidy tzv. „nové generace“ ze skupiny karboxamidů, které u hub způsobují blokadu dýchání, a to tím, že blokují vazebná místa ubichinonu v mitochondriálním komplexu II účastnícího se Krebsova cyklu (Aveno and Michailides, 2007; Jabot et al., 2016).

Jabot et al. (2016) při svém výzkumu zjistili, že v tělech včel může být obsažen nejen boscalid, ale i některé jeho metabolity, jejichž hladiny nebyly ve srovnání s rodičovskou molekulou zanedbatelné. U některých jedinců našli pouze samotné metabolity a původní látka boscalid u nich nebyla detekována.

Mezi látky, které inhibují Komplex III – cytochrom bc1, konkrétně do skupiny oxaminoacetamidů, patří i dimoxistrobin, jedna ze dvou účinných látek obsažených v přípravku Pictor. Tato látka působí systémově proti rozvoji houbových chorob na povrchu i v pletivech rostliny. Dá se použít preventivně, kurativně i eradikativně (Šenoldová and Lokaj, 2008d).

3.3.1.2 Látky způsobující C 14 demetylázu v biosyntéze sterolu - podskupina triazoly

Do skupiny triazolů patří účinné látky prothiokonazol a tebukonazol, které jsou obsažené v přípravku Prosaro 250 EC. Prothiokonazol působí systémově, má kurativní, protektivní i eradikativní účinek. Je využíván proti zástupcům ze tříd Ascomycetes, Basidiomycetes a Deuteromycetes. Tebukonazol je rychle absorbován a translokován rostlinou, na řepce účinkuje proti *Sclerotinia sclerotiorum*, *Leptosphaeria maculans*, *Alternaria* spp. a *Pyrenopeziza brassicae* (Šenoldová and Lokaj, 2009).

3.3.2 Vybrané skupiny insekticidů a účinné látky použité v pokusech

Insekticidy jsou přípravky určené na potlačení či likvidaci škodlivého hmyzu. Podle způsobu účinku je lze rozdělit na kontaktní, fumigační, požerové a systémové. Podle chemické klasifikace účinné látky je lze rozčlenit do několika skupin, a to na chlorované insekticidy, které byly v roce 1973 zakázány, organofosfáty, pyrethroidy, neonikotinoidy a

moderní insekticidy zvané pro - insekticidy. Mezi další skupiny látek vykazujících insekticidní účinky patří inhibitory syntézy chitinu, napodobeniny juvenilních hormonů, inhibitory buněčného dýchání a biopesticidy (Čermák et al., 2016). Aktar et al. (2009) uvádějí, že insekticidy jsou obecně nejtoxičtější skupinou pesticidů.

Během jarního období jsou do porostů řepky ozimé aplikovány celkem tři až čtyři insekticidy. Od roku 2014 může však pěstitel tyto zásahy provést až tehdy, když dojde k překročení určitého počtu škůdců, kteří by prokazatelně způsobili hospodářskou škodu (Kazda, 2014b).

3.3.2.1 Neonikotinoidy

Neonikotinoidy patří mezi nejpoužívanější skupinu pesticidů na světě, během posledních dvaceti let se staly nejvíce aplikovanou skupinou látek ze skupiny insekticidů a v této skupině zauímají na celosvětovém trhu více než 25% podíl. Celkově jsou povoleny ve více než 120 státech a jsou aplikovány do více než tisíce různých plodin (Sluijs et al., 2013). Látky z této skupiny se vyznačují systémovým působením, dlouhým reziduálním účinkem a vysokou toxicitou na bezobratlé živočichy. Díky těmto vlastnostem mají široký rozsah využití, avšak jsou kvůli nim také rizikem pro životní prostředí a necílové organismy. Perzistence v půdě, vodních zdrojích a necílových organismech může být velmi variabilní, u některých je však poločas rozpadu až 1 000 dní, v keřích a stromech mohou mít poločas rozpadu přibližně jeden rok. Účinku těchto přípravků a jejich metabolitům jsou vystaveni i opylovači, kteří jimi mohou být zasaženi přímo při aplikaci, prostřednictvím pylu či nektaru nasbíraných z ošetřených plodin nebo i divoce rostoucích kontaminovaných rostlin nacházejících se v blízkosti ošetřených plodin. Do úlu si je mohou zanést i s pryskyřicemi na výrobu propolisu, gutační vodou či vodou ze zdroje, který byl přípravky kontaminován (Bonmatin, 2015).

Tyto látky mohou přetrvávat v půdě, v níž se mohou také hromadit. Jsou dobře rozpustné ve vodě, a tudíž se mohou snadno vyplavovat do vodních zdrojů. Díky systémovému působení se dostávají do nektaru a pylu, a to v takových koncentracích, které mohou ovlivnit reprodukční schopnost čmeláků (Goulson, 2013).

Díky jejich široké škále použití, perzistenci ve vodě a půdě, tudíž i potenciálu pro příjem a transport v následných plodinách i v divoce rostoucích rostlinách se v subletálních koncentracích pro opylovače vyskytují téměř celý rok. Subletální dávky mají za příčinu zhoršení vyhledávání potravních zdrojů, problematický vývoj nových jedinců, zhoršení paměti a schopnosti učení, poškození centrálního nervového systému, zvýšení náchylnosti

k onemocnění, zhoršení hygieny v úlu (Sluijs et al., 2013). Pro přežití včelstva je zásadní dobré zdraví královny. Bylo prokázáno, že pokud je vystavena působení neonikotinoidů, může být vážně postižen její vývoj. Může u ní dojít k narušení fyziologických funkcí a také anatomii ovarií (Williams, 2015).

Neonikotinoidy se řadí mezi neurotoxiny, které interferují s acetylcholinem (Matsuda, 2005). Do skupiny neonikotinoidů patří účinná látka acetamiprid obsažená v přípravku Mospilan 20 SP. Táto látka je systémová a má translaminární, kontaktní a požerový účinek. Nejprve způsobuje ochromení zasaženého hmyzího jedince, později nastává smrt. Je využívána především pro hubení savého a žravého hmyzu, účinkuje například na mšice, třásněnky a housenky motýlů. Dále sem lze zařadit i účinnou látku thiacloprid obsaženou v přípravku Biscaya 240 OD. Ten působí systémově a je toxický při kontaktu a pozření. Způsobuje nefunkčnost nervové soustavy a následnou smrt. Účinkuje na savé i žravé škůdce (Šenoldová and Lokaj, 2008b).

Petr (2017) uvádí, že dosud není plně objasněno, jaké všechny účinky má chronické působení těchto látek na včely a čmeláky. Pokud jsou však opylovači těmito pesticidy trvale vystaveni, dochází k jejich hromadění v nervové soustavě, na nějakou dobu dojde ke zvýšení tvorby nikotinových acetylcholinových receptorů. Když je poté hmyz opětovně vystaven působení těchto látek, jsou nervové buňky o mnoho vnímavější a při expozici stejné dávce jako při předchozím kontaktu dojde k mnohem silnějším účinkům. Jako další problém uvádí, že opylovači se na látce mohou stát závislými a začít upřednostňovat pyl a nektar obsahující neonikotinoidy na úkor neošetřených rostlin. To potvrzují i Kessler et al. (2015), kteří došli ve svých výzkumech k závěru, že opylovači preferují sacharóзовые roztoky kontaminované neonikotinoidy imidaclopridem a thimethoxamem před roztokem čisté sacharózy. Nevyhýbali se ani roztoku obsahujícímu clothianidin. Titěra and Kramler (2013) jednoznačně prokázali, že neonikotinoidy mají na úrovni jedinců vedlejší subletální účinky na včely i další užitečný hmyz.

Největší toxicitu dle Iwasa et al. (2004) vykazují při přímém kontaktu imidacloprid (LD_{50} 18 ng/ včelu), clothianidin (LD_{50} 22 ng/ včelu) a thimethoxam (LD_{50} 30 ng/ včelu). U acetamipridu stanovili LD_{50} 7,07 μ g/ včelu a u thiaclopridu 14,6 μ g/ včelu. Tsvetkov et al. (2017) uvádějí, že akutní toxicita neonikotinoidů pro včely se při jejich kombinaci s běžně používanými fungicidy zvyšuje. Například boscalid aplikovaný spolu s clothianidinem nebo thimethoxamem zvyšuje jejich toxicitu téměř dvojnásobně.

Evropská komise z důvodu nebezpečí pro včely od 1. 12. 2013 zakázala používání neonikotinoidních mořidel s účinnými látkami klothianidin, imidaklopid a thimethoxam do řepky ozimé. A to i přesto, že moření těmito látkami účinkuje maximálně do šesti týdnů od zasetí plodiny. Pozitivní nález na květech řepky, který byl hlavní příčinou zákazu, byl zapříčiněn úletem prachu z insekticidně mořeného osiva kukuřice, které bylo vyséváno na pozemcích sousedících s poli s řepkou ozimou. Zákaz moření neonikotinoidy byl v praxi kompenzován zvýšenou spotřebou foliárních přípravků, a to zejména pyretroidů a organofosfátů. To zapříčinilo poškození biodiverzity, nežádoucí nárůst populací škodlivých organismů, a naopak velké poškození populací necílových organismů (Kazda and Baranyk, 2015).

Mitchell et al. (2017) testovali 198 vzorků medu pocházejících ze všech kontinentů světa kromě Antarktidy na obsah reziduí acetamipridu, klothianidinu, thiaclopridu, imidaclopridu a thiamethoxamu. Celkem 75 % vzorků obsahovalo alespoň jeden neonikotinoid v kvantifikovatelném množství, 45 % vzorků obsahovalo dvě a více těchto látek, 10 % dokonce obsahovalo čtyři nebo všechny testované látky. To potvrdilo domněnku, že včely jsou expozici neonikotinoidů vystaveny celosvětově. Nejvíce byly kontaminovány vzorky pocházející ze Severní Ameriky (86 %), oproti tomu nejméně z Jižní Ameriky (57 %). V Evropě bylo pozitivních 79 % vzorků, přičemž nejvíce v nich dominoval nález thiaclopridu.

3.3.2.2 Pyrethroidy

Pyrethroidy jsou kontaktní požerové jedy, které mají velmi rychlý efekt. Působí na principu narušování rovnováhy mezi sodnými a draselnými ionty, což způsobí porušení axiálního vedení nervových vzruchů a následně opakované depolarizace nervových membrán. Na kutikule hmyzu se uchycují velmi dobře, neboť jsou lipofilní, dokážou hubit larvy i dospělé, některé látky z této skupiny mohou ničit i vajíčka hmyzu. Z důvodu širokospektrálnosti však způsobují i smrt necílových organismů. Do této skupiny lze zařadit cypermethrin, který je složkou přípravku Nurelle D. Cypermethrin má kontaktní a požerový účinek, na rostlinách vykazuje dlouhou reziduální aktivitu. V praxi tato látka účinně hubí housenky motýlů, brouky, dvoukřídlý hmyz, ploštice, ale i ektoparazitický hmyz obtěžující zvířata (Šenoldová and Lokaj, 2008b).

Dále sem patří i etofenprox, látka obsažená v přípravku Trebon. Ta je rovněž využívána na hubení širokého spektra hmyzu a má kontaktní a požerový účinek (Šenoldová and Lokaj, 2008b).

Ingram et al. (2015) uvádějí, že pyrethroidy nejsou díky svým nízkým aplikačním dávkám a předpokládané repelentnosti pro včely v terénu akutně toxické, negativní vliv však může mít subletální expozice, která může vést k narušení chování, horší koordinaci pohybu a sociální dysfunkci.

Riziko také představují některé kombinace pyreteroidů s fungicidy, neboť může dojít k omezení repelence insekticidní látky a zvýšení rizika otravy (Thompson and Wilkins, 2003).

3.3.2.3 Organofosfáty

Tyto látky začaly být vyvíjeny v období druhé světové války v Německu. Organofosfáty patří mezi jedy, které způsobují inhibici acetylcholinesterázy, která štěpí acetylcholin na cholin a acetát. Pokud je tento enzym inhibován, dochází k neustálému předávání nervových vzruchů, zhroucení nervové koordinace, nástupu křečí a uhynutí postiženého organismu. Do této skupiny lze zařadit chlorpyrifos obsažený v přípravku Nurelle D. Chlorpyrifos má kontaktní, respirační a požerové účinky, není systémový a je využíván proti broukům, dvoukřídlým, stejnokřídlým a motýlům (Šenoldová and Lokaj, 2008a).

Tosi et al. (2018) testovali během let 2012 až 2014 v Itálii vzorky pylu včely medonosné a zjistili, že chlorpyrifos byl nejčastěji detekovanou účinnou látkou, byl nalezen u 30 % testovaných vzorků. Zhu et al. (2004) rovněž chlorpyrifos spolu s fluvalinátem, coumaphosem a chlorothalonilem řadí mezi čtyři nejčastější pesticidní látky nejhojněji se vyskytující v pylu a vosku v úlech včel v USA.

Stanley et al. (2015) při laboratorním testování vlivu organofosfátů chlorpyrifosu, dichlorvosu, malathionu, profenofosu, monocrotophosu a methyl demetonu na *Apis cerana* a *Apis mellifera* zjistili, že všechny tyto účinné látky aplikované v doporučené dávce uvedené pro polní aplikaci způsobovaly stoprocentní mortalitu obou výše zmíněných druhů.

3.3.2.4 Blokátory sodíkového kanálu závislého na napětí

Do skupiny těchto látek patří indoxakarb obsažený v přípravku Avaunt 15 EC. Sloučeniny působí kontaktně a požerově, způsobují zablokování přenosu vzruchů v neurosynapsích, dojde k utlumení až ukončení příjmu potravy a hmyz poté uhynie. Přípravek lze použít proti velkému množství hmyzu (Šenoldová and Lokaj, 2008c).

3.4 Vliv pesticidů na opylovače

Velký nástup chemizace zemědělství byl zaznamenán v padesátých letech minulého století, pesticidy byly aplikovány nejen postřikovači, ale také velkoplošně pomocí letadel (Dettli and Hradil, 2011).

K ohrožení včel může dojít převážně aplikací některých přípravků ze skupiny insekticidů, v malé míře pak i herbicidů. Fungicidy registrované do řepky nejsou při samostatné aplikaci nebezpečné. Přípravky mohou působit jako dýchací, tkáňové či nervové jedy. K rychlejšímu průběhu otrav přispívají vyšší teploty (Baranyk et al., 2005).

Tosi et al. (2018) testovali od roku 2012 do roku 2014 v Itálii celkem 554 vzorků pylu od 53 komerčních včelařů na rezidua pesticidů a zjistili, že 24 % vzorků obsahovalo minimálně jednu účinnou látku a 38 % více jak jednu. U 13 % úlů došlo minimálně jedenkrát k překročení prahových hodnot pro bezpečné potraviny. Kiljanek et al. (2017) testovali během let 2014 - 2015 v Polsku celkem 343 vzorků živých včel a 74 vzorků uhynulých otrávených včel na 200 reziduí pesticidů a jejich metabolitů. U 56 % živých včel nenalezli žádné stopy pesticidů, u 20 % jednu látku a u 24 % směs několika účinných látek či jejich metabolitů. U uhynulých včel bylo pouze jedno procento bez reziduí, 85 % vzorků obsahovalo více jak jeden pesticid a 14 % pouze jednu účinnou látku. U živých včel celkem zjistili 48 různých druhů reziduí pesticidů, přičemž nejvíce se vyskytovaly metabolity amitrazu a chlorpyrifos. Ve vzorcích těl mrtvých včel našli celkem 57 pesticidů a jejich metabolitů, nejvíce se vyskytovaly chlorpyrifos, dimethoát a clothianidin. Celkem ve všech vzorcích našli 84 různých pesticidů s 30 různými způsoby účinku.

Větší nebezpečí, než akutní toxicita, může představovat dlouhodobý kontakt s malými dávkami. Subletální účinky mohou být pro včelstvo mnohem nebezpečnější než jednorázový kontakt. Dalším problémem mohou být synergické interakce mezi pesticidy, jejich metabolity a dalšími toxiny (Titěra, 2014). Problémem je také absence znalostí o toxicitě některých rozkladných produktů (Titěra and Kamler, 2013).

Moderní formulace pesticidů, zejména ty, které jsou směsí více účinných látek, obsahují navíc ještě adjuvanty a inertní látky, jež mají za úkol zvýšit celkovou účinnost přípravku proti cílenému škůdci. Bylo prokázáno, že včely jsou citlivé i na některé z těchto látek, jako jsou například organosilikonové surfaktanty, nonylfenolpolyethoxyláty a rozpouštědlo N-methyl-2-pyrrolidon. Všechny tyto sloučeniny se jako přísady agrochemikálií

využívají velmi hojně. Látky způsobují poruchu učení dospělých včel a při podávání takto kontaminované potravy vykazují chronickou toxicitu pro larvy. Obecně jsou však považovány za bezpečné a nejsou pro ně tedy stanoveny žádné limity. Z hlediska bezpečnosti včel je nutné zkoumat nejen vliv účinných látek, ale také dalších přísad, které pesticid obsahuje. V neposlední řadě také to, jak bude na opylovače působit složení produktu jako celku (Mullin et al., 2015).

K výraznému snížení expozice včel pesticidům by mělo přispět dodržování zásad integrované ochrany a vyvarování se preventivním aplikacím pesticidů (Goulson et al., 2015). Volková and Kazda (2016a) uvádějí, že v dokumentaci k jednotlivým pesticidům zcela chybí informace o jejich repelenci či naopak atraktivitě pro opylovače. Tyto údaje by přitom významně mohly přispět k jejich lepší ochraně. Problémem však je, že pro různé skupiny opylovačů se může atraktivita lišit.

Repelenci přípravku mohou zapříčinit látky přímo obsažené v základním složení pesticidu, ale také záměrně přidané přírodní sloučeniny, které mají schopnost odpuzovat opylovače. Mezi ně patří například 1-dodecane, tea tree oil a benzaldehyd (Norris and Liu, 1991; Sackin and Fishman, 1998).

3.4.1 Testování vlivu pesticidů na včely – jedna z podmínek pro povolení přípravku

U všech pesticidů používaných v ochraně rostlin musí být testována jejich odhadovaná ekotoxicita na včely, a to ještě před jejich uvedením na trh (Čermák et al., 2016). Klasickou cestou, jak zjistit akutní toxicitu chemikálie, je určení mediánu letální dávky označovaného jako LD₅₀ (dávka, po jejímž jednorázovém podání dojde k usmrcení 50 % testovaných jedinců) či letální koncentrace LC₅₀ (koncentrace indukující 50% mortalitu testovaných jedinců) v laboratorních testech. Pesticidy jsou přitom podávány orálně a kontaktně, tak aby byly reprezentovány různé typy expozice, která může nastat v polních podmínkách. Mortalita je zaznamenávána po 24 nebo 48 hodinách expozice. Tyto testy jsou nejpohodlnějším způsobem, jak rychle odhadnout toxicitu působení přípravku na včely, avšak neodrážejí plně realitu, která nastává na polích (Devillers and Pham – Delègue, 2002; Linhart, 2014).

Při procesu povolování přípravku se přihlíží i k tomu, zda vůbec včely můžou s daným přípravkem podle navrhovaného návodu na použití přijít do kontaktu, jaké je riziko při použití předepsané dávky, koeficientu rizika a k tomu, jak je plodina, do níž je přípravek určen, pro včely atraktivní. Dále se berou v potaz i perzistence přípravku, čas a způsob

aplikace, v neposlední řadě i to, proti jaké skupině škodlivých činitelů bude pesticid aplikován (Čermák et al., 2016).

Erban et al. (2016) uvádějí, že i když se pesticid při prvotním testování zdá jako relativně bezpečný či málo nebezpečný, při dalším podrobném studiu jeho metabolitů může být prokázán opak.

Většina studií se doposud soustředila pouze na vliv pesticidů na včely, klíčovými opylovači jsou však i čmeláci, je třeba se tedy zabývat i působením pesticidů na tyto živočichy (Gill et al., 2012). Pro čmeláky jsou velkým nebezpečím toxické látky aplikované v době, kdy začínají královny zakládat nové kolonie, tedy od března do dubna. V této době je pro kolonii nebezpečná ztráta každého jedince. Dalším problémem je i to, že čmeláci, na rozdíl od včel, létají také v brzkých ranních hodinách a večer. Například pyrethroidy mohou být do kvetoucí řepky aplikovány pouze mimo dobu letu včel, ale čmeláci jsou v tuto dobu stále aktivní. Je pravděpodobné, že čmeláci jsou v krajině vystaveny stejnému či ještě vyššímu tlaku pesticidů než včely (Thompson, 2001).

3.5 Otravy včel

K otravám včel může docházet, pokud přijdou do styku s přírodními jedovatými látkami z nektaru, medovice nebo pylu rostlin, v podmínkách naší republiky je však toto nebezpečí velmi výjimečné. V úvahu tak připadají otravy včelstev způsobené lidskou činností, a to jak předkládáním nebezpečných látek při krmení, předávkováním či špatnou aplikací léčivých přípravků. Nejvíce významné jsou však otravy způsobené pesticidy (Švampera, 2015; Titěra, 2017). Pokud ztráty přesáhnou 30 %, je populace včel ohrožena (Titěra, 2017). Volková and Kazda (2016a) uvádějí, že se u nás každoročně vyskytují akutní otravy včel, avšak stále větším problémem jsou chronické otravy způsobené konzumací kontaminované potravy.

Vlivem intenzivního pěstování řepky ozimé a dalších kulturních plodin se včela medonosná dostává stále více do kontaktu s pesticidy. Při podezření na otravu včelstva je nutné postupovat dle vyhlášky číslo 327/2012 Sb. ve znění pozdějších předpisů. O celém incidentu je třeba sepsat úřední zápis, kontaktovat inspektory státní správy (ÚKZÚZ a SVS), kteří sepsají protokol a odeberou vzorky, které se zapečetí a odešlou na analýzu. Ve vzorcích musí být minimálně 500 gramů včel a 200 gramů ošetřovaného porostu, u něhož je podezření, že otravu způsobil. To vše musí být umístěno do prodyšného pevného obalu a dle vyhlášky musí k vyšetření dojít do 72 hodin po aplikaci pesticidu. O rozbor vzorků se stará

Státní veterinární ústav s příslušnou akreditací. Pokud není jasné, na kterém poli byl aplikován přípravek, který otravu včel způsobil, odebírají se vzorky z každého pole, kde vzniká podezření, a to pomocí jednorázových rukavic, aby nedošlo k přenosu účinné látky na jiný vzorek. Vše je vhodné doložit ještě fotografiemi (Kazda, 2014b; Staemmler, 2014; Titěra, 2017).

Pesticidy na včely působí jako nervové, dýchací či tkáňové jedy. Můžeme je také rozdělit na jedy požerové a kontaktní, dle rychlosti účinku i na okamžité a reziduálně působící. Kontaktní jedy postihnou většinou pouze včely, které se starají o snůšku, požerové i jedince nacházející se v úlu. Otravu zpravidla signalizuje velké množství uhynulých včel u česna, jedinci zasažení nervovým jedem mají trhavý a vrávoravý pohyb, křeče, jsou dezorientováni a nejsou schopni letu, často mají také vystrčený sosák. Někdy však může být signalizací pouze náhlé oslabení včelstva, neboť nedojde k navrácení otrávených včel zpátky domů do úlu (Cramp, 2014).

Otrava je důsledkem proniknutí jedovaté látky do organismu. Dojde při ní k narušení homeostatické a dynamické rovnováhy fyziologických dějů, k poškození orgánů, a to vše může způsobit až úmrtí daného organismu. Otravy lze rozdělit na akutní, které vznikají po bezprostředním účinku jedné dávky a chronické vznikající účinkem opakovaných dávek či dlouhodobou kontinuální expozicí (Linhart, 2014). Ke kontaktu s pesticidem může dojít přímo, u systemicky působících látek prostřednictvím gutační vody, nejčastěji však prostřednictvím nektaru a pylu (Švamberk, 2015).

K většině otrav dochází, když včely navštíví květy ošetřené insekticidem. Nejvíce nebezpečné jsou přípravky, které mají pomalejší účinek. Včely se tak s kontaminovaným pylem mohou vrátit zpět do úlu, a ten poté vstoupí do potravního cyklu a zabije mnoho nových plodů. Při velké kontaminaci může dojít až k vymření celé kolonie nebo k jejímu výraznému oslabení. Chování včel však mohou změnit i subletální dávky pesticidů (Delaplane and Mayer, 2000; Devillers and Pham – Delègue, 2002).

Jednotlivé včely mohou na stejnou absolutní dávku chemického přípravku reagovat odlišně, ovlivňují to kvalita výživy v larválním stádiu a věku mladušky, případná latentní infekce, teplota, dostupnost vody a předchozí zátěž. Moc se také neví o tom, co v tělech včel způsobují kombinace reziduí jednotlivých přípravků (Titěra, 2017).

Otravu včelstev mohou způsobit i malopěstitelé a zahrádkáři, kteří chemický přípravek použijí v rozporu s návodem k použití. Rozsahy otrav ale v tomto případě nebývají tak velké,

bývá postiženo méně jedinců a potažmo dojde i k nižšímu stupni poškození celého včelstva (Čermák et al., 2016).

3.5.1 Otravy podle skupin pesticidů

Největší podíl na otravách mají látky ze skupiny organofosfátů působící jako dotykové nebo požerové jedy. Většinou jsou zasaženy včely létavky, které hynou ihned v porostu či po několika hodinách. Typickými příznaky otravy těmito látkami jsou nehybnost, převrácené polohy těla, křeče, pokud včela přežije, tak i výrazné zkrácení doby života (Baranyk et al., 2005; Devillers and Pham – Delègue, 2002).

Toxické jsou i látky ze skupiny pyrethroidů, které rovněž působí jako nervové jedy. Různý stupeň toxicity vůči včelám vykazují organochloridy. Schopnost inhibovat cholinesterázu mají i některé pesticidy ze skupiny karbamátů, oproti organofosfátům je zde rozdílný mechanismus působení (Devillers and Pham – Delègue, 2002).

Švamberk (2015) uvádí, že nejvíce akutních otrav u nás za poslední desítky let způsobil fipronil obsažený v pesticidu Regent 800 WG, jehož hodnota LD₅₀ je 0,0059 mg na jednu včelu. Před několika desítkami let bylo nejvíce otrav způsobeno organofosfáty, například malathionem.

Dle Baranyka et al. (2005) způsobují menší podíl otrav i herbicidy, které zpravidla nepůsobí přímo na nervový systém, avšak ovlivňují látkovou výměnu a metabolismus. K úhynu následkem této otravy může dojít až za několik dnů po aplikaci daného herbicidu. Ke škodlivému účinku může dojít tehdy, pokud je látka aplikována v době, kdy se v porostu nacházejí kvetoucí plevele, jež včely navštěvují. Vzácně může dojít k otravě i po aplikaci desikantů s účinnou látkou diquat (přípravek Reglone), a to tím, že opylovači seberou postřikovou jíchou či rosou nacházející se na ošetřeném porostu. Tento typ otravy se projevuje snížením pohyblivosti, po několika dnech i neschopností letu (Baranyk et al., 2005).

3.5.2 Klinické příznaky otrav a první pomoc

Prvním příznakem otravy je výskyt několika málo včel, které nejsou schopné letu, mají nekoordinované pohyby a křeče, někdy jsou také agresivní. Množství takovýchto včel postupně přibývá, na česně a před úlem se začíná objevovat více a více mrtvých jedinců. Při některém typu otravy lze nalézt před úlem včely lezoucí po zemi, které vytvářejí tzv. „mravenčí stezky“ – tyto příznaky nastávají například při otravě paraquatem či diquatem.

V některých případech mohou být otrávené včely ulepené, zčernalé nebo mají nenormální polohu sosáku (Titěra, 2017).

Při podezření na otravu včelstva je vhodné přistavit k blízkosti úlu dostatečné množství vody a případně přikrmit cukerným roztokem. Úly, v nichž došlo k úhynu, je nutné důkladně vyčistit a plásty zničit, neboť mohou obsahovat jedovaté látky. Jako možnou prevenci není možné využít uzavření úlů, neboť by nedocházelo k dostatečné výměně vzduchu a došlo by ke stresu a přehřátí včelstva. Příliš se neosvědčily ani větrací voliéry (Titěra, 2017).

3.6 Legislativní ochrana včel

Ochrana včel je zakotvena ve vyhlášce č. 327/2012 Sb. (Švampera, 2015). Vyhláška č. 327/2012 Sb., o ochraně včel, zvěře, vodních organismů a dalších necílových organismů při použití přípravků na ochranu rostlin ve znění pozdějších předpisů (2012) obsahuje informace o tom, kdy a za jakých podmínek smí být aplikovány přípravky označené jako zvlášť nebezpečné nebo nebezpečné, vymezení pojmu porost navštěvovaný včelami, povinnost chovatele oznámit umístění trvalých nebo přechodných stanovišť včelstev a povinnost farmáře ohlásit aplikaci přípravku dotčeným chovatelům včel a místně příslušnému obecnímu úřadu. Dále jsou v ní definovány způsoby odběrů vzorků při šetření příčin úhynu včel.

Pokud farmář plánuje aplikovat na pole pesticid s označením zvlášť nebezpečný pro včely či nebezpečný pro včely, musí tento záměr oznámit 48 hodin před provedením postřiku všem chovatelům, jejichž včelstva se nacházejí v dosahu pěti kilometrů od hranice ošetřovaného porostu. Povinnosti však mají i chovatelé, ti musí příslušnému obecnímu úřadu každý rok do konce února oznámit umístění trvalých stanovišť včelstev, hlásit přesuny včelstev, a to minimálně pět dní před jejich realizací. Pokud chovatel nemá stanoviště včelstev v zastavěné části obce, musí ho označit, a to tím, že umístí žlutý rovnostranný trojúhelník o délce strany jeden metr v horizontální poloze (Kazda, 2014b).

Přípravky s označením zvlášť nebezpečné pro včely nesmějí být aplikovány v době, kdy porost navštěvují včely, tedy v případě, že jde o kvetoucí porost, v němž lze nalézt více než dvě kvetoucí rostliny na metr čtverečný, a to včetně plevelů. Tento počet je zjišťován v jeden metr širokých a 100 m dlouhých pásech, a to na pěti až deseti místech dle velikosti ošetřovaného pozemku. Kvetoucím porostem je i takový porost, na něhož včely létají

pravidelně sbírat medovici. Na pole s kvetoucí řepkou tyto přípravky není v žádném případě možné aplikovat (Kazda, 2014b; Titěra, 2017).

Přípravky pro včely nebezpečné lze aplikovat na porost navštěvovaný včelami, ale pouze po ukončení doby jejich letu. Ta nastává přibližně 35 minut po tzv. občanském západu slunce (je uveden v tabulkách) nebo při teplotách pod 12 °C (Titěra, 2017). Vašák et al. (2000) uvádějí, že včely mají nízkou letovou aktivitu při teplotách pod 10 °C a v době do osmi hodin ráno a po osmé hodině večerní.

Pokud je přípravek nebezpečný pro včely aplikován spolu s jiným přípravkem či hnojivem, musí se uplatnit stejná opatření jako při použití přípravku zvláště nebezpečného (Titěra, 2017).

Vyhláška č. 327/2012 Sb., o ochraně včel, zvěře, vodních organismů a dalších necílových organismů při použití přípravků na ochranu rostlin ve znění pozdějších předpisů (2012) uvádí, že pokud pěstitel aplikuje směs přípravků nebo přidává do postřikové jíchy, v níž je použito pesticidu označeného jako nebezpečný pro včely, hnojiva, je třeba uplatnit všechny zásady, které je nutné dodržet při aplikaci přípravku zvláště nebezpečného pro včely. Pokud smísí komponenty, které nejsou označeny jako nebezpečné ani zvláště nebezpečné pro včely, musí uplatnit opatření, která jsou uvedena pro použití nebezpečného přípravku pro včely, nemá však oznamovací povinnost.

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanoviště

Maloparcelkové pokusy byly prováděny na Demonstračním a experimentálním pracovišti (DEP) v Praze Suchdole, které je součástí Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze. Celková rozloha pokusných pozemků je sedm hektarů, místo pokusu je označeno na obrázku č. 1. Pokusné pozemky se nachází v městském obvodu Praha 6 (kraj Hlavní město Praha), řepařské výrobní oblasti a pšeničné podoblasti. Pokus byl založen na černozemi v nadmořské výšce 280 m. n. m. Na tomto stanovišti je průměrná roční teplota 9 °C a průměrný roční úhrn srážek je průměrně 500 mm.

Obrázek 1 Umístění maloparcelkových pokusů v prostorách DEP v Praze Suchdole



Základní organizace Českého svazu včelařů Praha 6 uvádí, že k datu 29. 1. 2014, bylo na Praze 6 celkem 68 včelařů, kteří celkem chovají 523 včelstev. Zavčelení v oblasti pokusné plochy tedy činí přibližně 12,59 včelstev na jeden km². Přímo ke stanovišti byla navíc přistavena dvě včelstva, která byla umístěna v úlech se dvěma nástavky (obrázek 6).

4.2 Výsev – maloparcelkové pokusy

Pesticidní pokus byl vyset 19. srpna na parcely s rozměry 8 x 1,25 m (plocha 10 m²), výsevek byl 60 semen na m². K osevu byla využita hybridní odrůda Sherpa, vzdálenost mezi řádky byla 12,5 cm. Na každé pokusné parcele se nacházelo deset řádků plodiny. Experiment

byl založen pro osm variant ve třech opakováních, a to prostřednictvím náhodných randomizovaných bloků.

4.3 Chemické ošetření – maloparcelkové pokusy

Celkem bylo testováno sedm pesticidních přípravků, z toho pět přípravků patřilo do skupiny insekticidů a dva do skupiny fungicidů (tabulka 1). Dále byla založena kontrolní varianta K, která nebyla ošetřena žádným přípravkem. Všechny varianty měly tři opakování.

Tabulka 1 Seznam použitých přípravků a jejich použití v řepce ozimé

Název přípravku	Zařazení do skupiny pesticidů	Použití v řepce
Avaunt 15 EC	insekticid	blýskáček řepkový
Biscaya 240 OD	insekticid	krytonosec řepkový, krytonosec čtyřzubý, krytonosec šešulový, bejlmorka kapustová, blýskáček řepkový
Nurelle D	insekticid	krytonosec řepkový, krytonosec čtyřzubý
Mospilan 20 SP	insekticid	krytonosec řepkový, krytonosec čtyřzubý, krytonosec šešulový, bejlmorka kapustová, blýskáček řepkový
Pictor	fungicid	fomové černání stonků řepky, bílá hniloba řepky
Prosaro 250 EC	fungicid	fomové černání stonků řepky, bílá hniloba řepky
Trebon OSR	insekticid	krytonosec řepkový, krytonosec čtyřzubý, krytonosec šešulový, bejlmorka kapustová, blýskáček řepkový

Pesticidy byly aplikovány v období počátku květu řepky ozimé, a to konkrétně 10. května. V tabulce 2 jsou zobrazeny aplikované dávky jednotlivých přípravků a účinné látky, které obsahují.

Tabulka 2 Účinné látky a aplikované dávky přípravků

Přípravek	Dávka na 1 ha	Účinné látky	Termín aplikace
Avaunt 15 EC	0,17 l	indoxakarb (150 g/l)	10.5.2017
Biscaya 240 OD	0,3 l	thiaklopid (240 g/l),	10.5.2017
Nurelle D	0,6 l	cypermethrin (50 g/l), chlorpyrifos (500 g/l)	10.5.2017
Mospilan 20 SP	0,1 kg	acetamiprid (200 g/kg)	10.5.2017
Pictor	0,5 l	boskalid (200 g/l), dimoxystrobin (200 g/l)	10.5.2017
Prosaro 250 EC	0,75 l	prothiokonazol (125 g/l), tebukonazol (125 g/l)	10.5.2017
Trebon OSR	0,2 l	etofenprox (287,5 g/l)	10.5.2017

Tabulka 3 Maloparcelkové pesticidní pokusy - binomické schéma pro rok 2017

7	1	5	3	8	2	6	4
3	6	8	2	1	4	7	5
1	2	3	4	5	6	7	8
1 - Kontrola, 2 - Nurelle D, 3 - Biscaya 240 OD, 4 - Trebon OSR, 5 - Mospilan 20 SP, 6 - Avaunt 15 EC, 7 - Pictor, 8 - Prosaro 250 EC							

4.4 Analýzy reziduí pesticidů v květech řepky

Z každé varianty pesticidního pokusu bylo po ošetření porostu odebráno v sedmi termínech 200 g květů, které byly uloženy do plastových uzavíratelných sáčků a zamraženy při teplotě -18 °C. Vzorky byly odebrány 11. 5., 13. 5., 15. 5., 17. 5., 19. 5., 24. 5. a 29. 5. 2017, přičemž vždy byla odebírána nově vykvetlá květenství. Analýza materiálu byla prováděna v Ústavu analýzy potravin a výživy na Vysoké škole chemicko – technologické v Praze. Z každého vzorku bylo na analýzu použito 0,5 g rostlinného materiálu. Rezidua pesticidů byla detekována pomocí metody QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe), byla použita kapalinová chromatografie (přístroj Waters Acquity UPLC) doplněná metodou hmotnostně spektrometrické detekce (přístroj Waters Xevo TQ-S). Koncentrace reziduí účinných látek byly poté uvedeny v mg/kg testované hmoty.

4.5 Zjišťování návštěvnosti včel v ošetřených porostech a kontrolní variantě

Od druhého dne chemického ošetření pokusů byla sledována návštěvnost jednotlivých variant třemi skupinami opylovačů (včely, samotářské včely a čmeláci). Bylo zjišťováno, zda

přípravky na opylovače působí repelentně či naopak atraktivně, a také zda se tento trend mění s tím, jak postupně dochází k rozkladu a odbourávání pesticidu. Pozorování bylo prováděno odpočtem na 2 m² každé z pokusných parcelek vždy po dobu 15 sekund, a to ve dnech, kdy byly vhodné podmínky pro let včel. Počítání opylovačů bylo realizováno v 15 dnech (11. 5., 12. 5., 13. 5., 14. 5., 15. 5., 16. 5., 17. 5., 18. 5., 19. 5., 21. 5., 22. 5., 23. 5., 24. 5., 25. 5., 26. 5.), celkem bylo realizováno 72 pozorování. Tabulka 4 ukazuje, jaké riziko jednotlivé zkoušené přípravky pro včely představují.

Tabulka 4 Účinek použitých pesticidů a jejich riziko pro včely

Přípravek	Účinek	Riziko pro včely
Avaunt 15 EC	kontaktní	nebezpečný
Biscaya 240 OD	kontaktní	neklasifikováno
Nurelle D	kontaktní	zvláště nebezpečný
Mospilan 20 SP	systemový	neklasifikováno
Pictor	systemový	neklasifikováno
Prosaro 250 EC	systemový	neklasifikováno
Trebon OSR	kontaktní	nebezpečný

4.6 Vyhodnocení výsledků

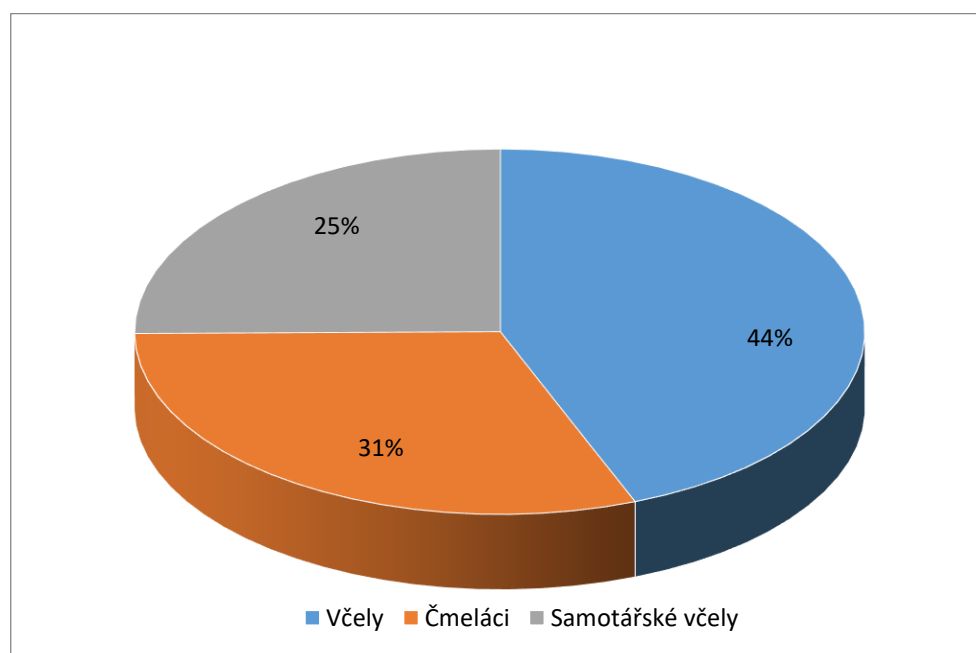
Výsledky byly nejprve zaznamenávány do papírových tabulek, a poté do tabulek a grafů v Microsoft Excell. Ke statistickému vyhodnocení pokusu byl využit program STATISTICA 12. Vyhodnocení bylo provedeno na hladině významnosti 95 % metodou analýzy rozptylu ANOVA.

5 Výsledky

Testování vlivu pesticidů a jejich reziduí v květech řepky ozimé na návštěvnost opylovačů probíhalo na Demonstračním a experimentálním pracovišti v Praze Suchdole. V maloparcelkových pokusech bylo testováno celkem sedm pesticidů, z toho pět insekticidních přípravků a dva fungicidy. Dále byla založena kontrolní varianta, která byla v době květu bez ošetření. Vše bylo založeno ve třech opakováních, pro pokus byla využita odrůda Sherpa. Od doby aplikace insekticidu až do odkvětu řepky byla na všech parcelách počítána návštěvnost jednotlivých skupin opylovačů (včely, čmeláci a samotářské včely). Během této doby byly také sedmkrát odebrány vzorky květů sloužící pro stanovení obsahu reziduí aplikovaných přípravků. Řepka začínala rozkvétat až v měsíci květnu, pesticidní ošetření bylo realizováno 11. května, k dokvétání začínalo docházet od 23. května, kdy se začal počet opylovačů v celém porostu výrazně snižovat.

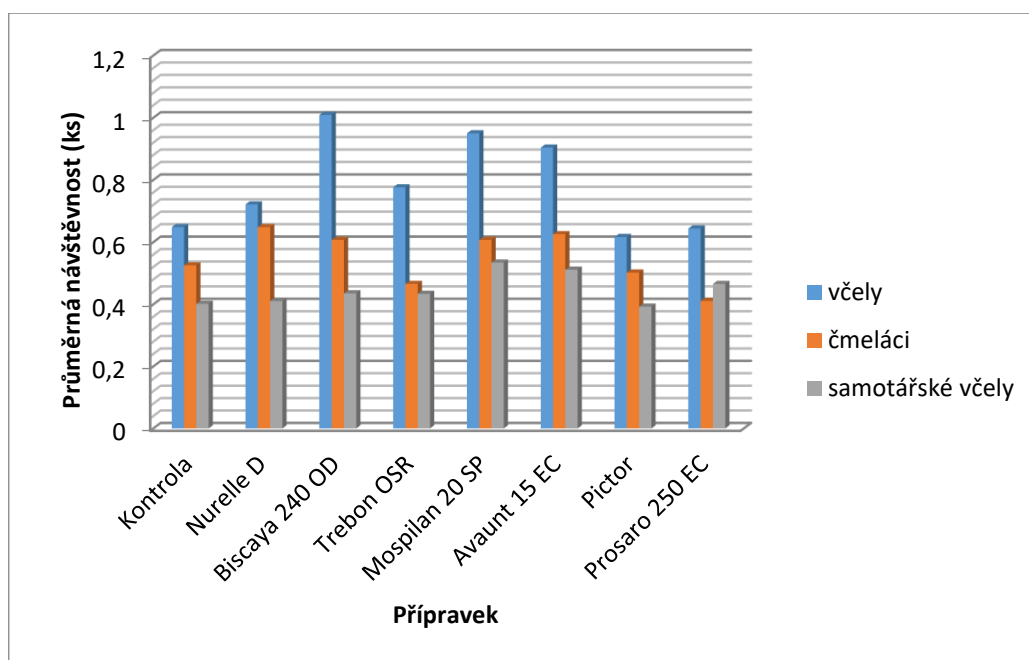
5.1 Vliv pesticidního ošetření na návštěvnost opylovačů v porostu řepky ozimé

Graf 1 Celková návštěvnost jednotlivých skupin opylovačů ve všech maloparcelkových pokusech



Z grafu 1 a tabulky 5 je zřejmé, že nejvíce byl porost řepky ozimé navštěvován včelami, a to ze 44 %. Dále následovali čmeláci s 33 %, nejméně se v maloparcelkových pokusech vyskytovaly samotářské včely, které tvořily pouze čtvrtinu opylovačů ze všech tří skupin. Další vyhodnocení výsledků bude z tohoto důvodu zaměřeno především na čmeláky a včelu medonosnou.

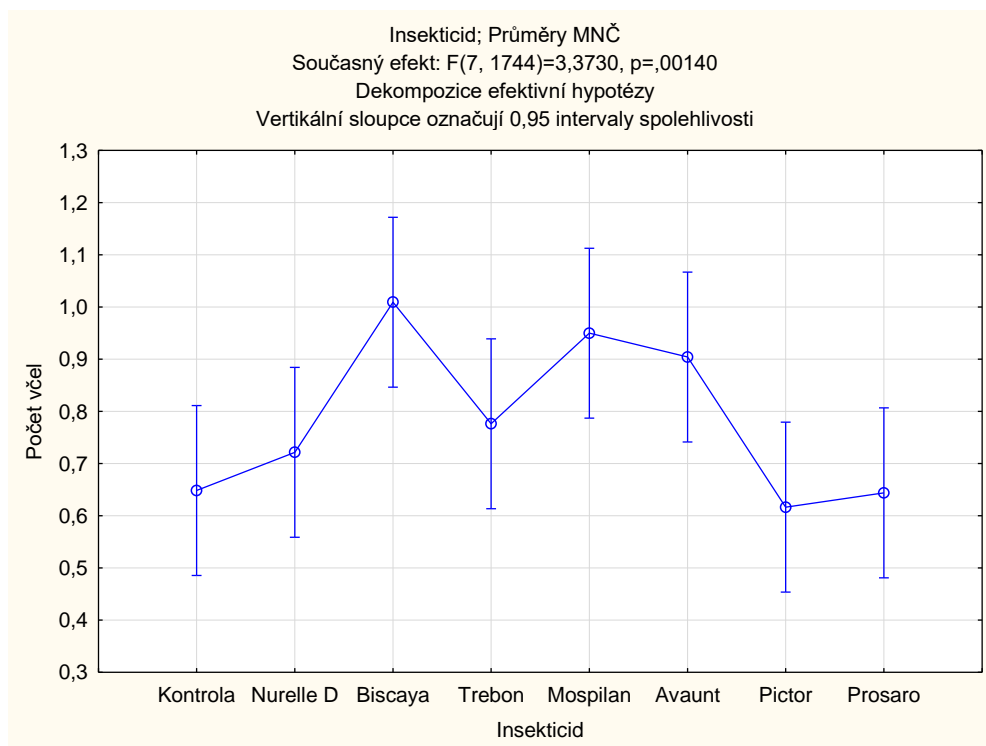
Graf 2 Průměrná návštěvnost jednotlivých variant podle jednotlivých skupin opylovačů



Graf 2 ukazuje, že atraktivita či naopak repelence jednotlivých přípravků se lišila i mezi jednotlivými skupinami opylovačů. Z grafu je dále zřejmé, že obecně varianty ošetřené insekticidy byly včelami a čmeláky navštěvovány o něco více jak kontrolní varianta (Kontrola) a plochy ošetřené fungicidy. Tento trend se nepotvrdil pouze u čmeláků u varianty ošetřené přípravkem Trebon OSR.

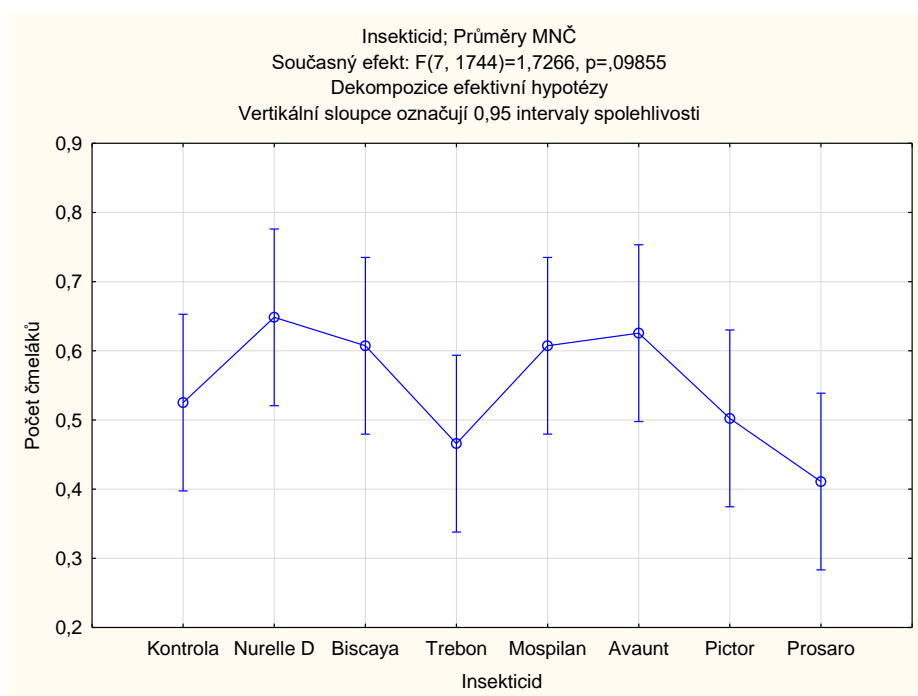
Tabulky 6, 7 a 8 ukazují, že u všech tří skupin opylovačů byla neošetřená kontrolní varianta až ve druhé polovině pořadí seřazeného sestupně podle celkové návštěvnosti. Dále lze vidět, že přípravek Prosaro 250 EC byl pro včely a čmeláky velmi málo atraktivní, naopak u samotářských včel byla varianta ošetřená tímto přípravkem třetí nejnavštěvovanější. Všechny tři skupiny nevyhledávaly variantu ošetřenou fungicidem Pictor.

Graf 3 Vyhodnocení návštěvnosti včel pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA testu)



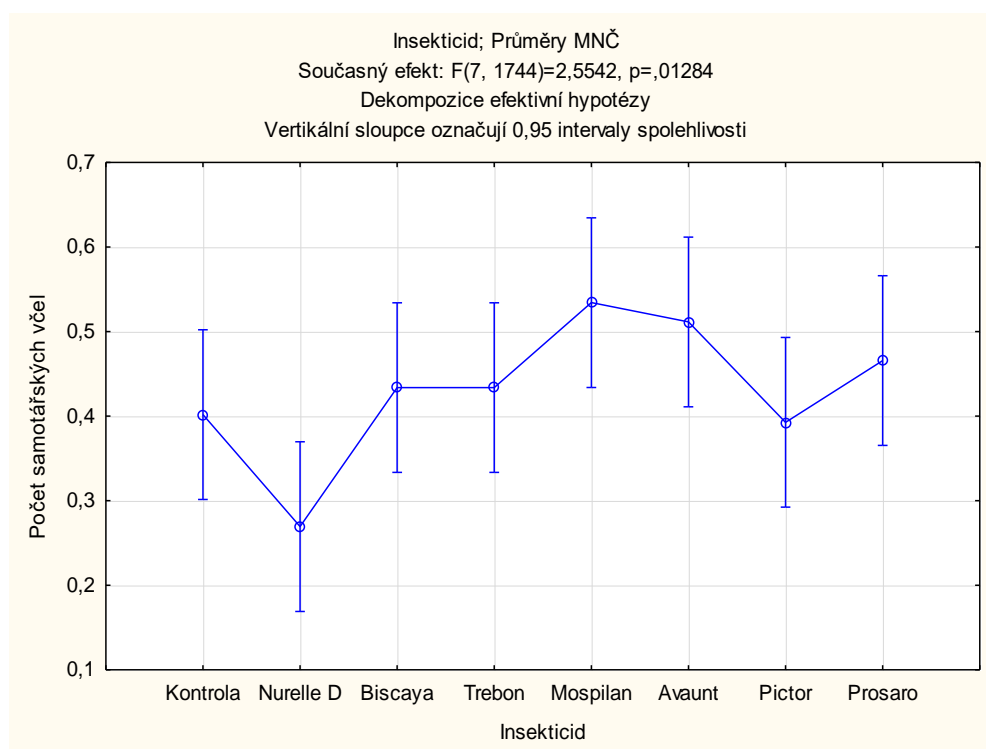
Podle grafu 3 je statisticky průkazný rozdíl v návštěvnosti včel na hladině významnosti 95 % mezi přípravkem Biscaya 240 OD a kontrolní neošetřenou variantou (tabulka 10). Pro hodnocení byla použita analýza rozptylu ANOVA, která byla doplněna Turkeyovým HSD testem. Přípravek Biscaya 240 OD byl včelami vyhledáván nejvíce ze všech testovaných pesticidů. Dále byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi Biscayou 240 OD a fungicidy Pictor a Prosaro 250 EC, které byly včelami navštěvovány nejméně.

Graf 4 Vyhodnocení návštěvnosti čmeláků pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA testu)



Z grafu 4 a tabulky 11 vyplývá, že čmeláci statisticky významně nepreferovali žádnou z variant pokusu. Data byla otestována metodou analýzy rozptylu (ANOVA), šetření však nebylo na hladině významnosti 95 % statisticky průkazné.

Graf 5 Vyhodnocení návštěvnosti samotářských včel pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA testu)



Z grafu 5 byl zjištěn statisticky významný rozdíl v návštěvnosti samotářských včel na hladině významnosti 95 % mezi přípravky Nurelle D a Mospilan 20 SP, a dále mezi Nurelle D a

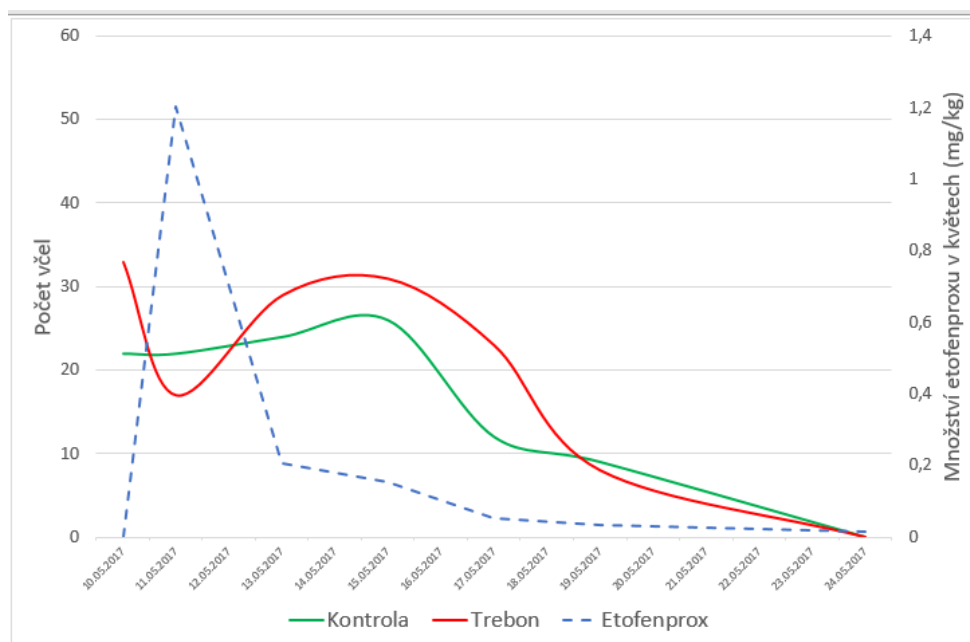
Avaunt 15 EC. Je tedy zřejmé, že včely preferovaly tyto dva přípravky před Nurelle D, které má podle výrobce vykazovat repelentnost a je označeno jako zvlášť nebezpečné pro včely. K testování byla použita metoda analýzy rozptylu (ANOVA), která byla doplněna Turkeyovým HSD testem.

5.2 Vliv reziduí pesticidů na návštěvnost opylovačů v porostech řepky ozimé

Následující grafy znázorňují vliv obsahu účinných látek pesticidů v květech řepky ozimé na návštěvnost včel a čmeláků v maloparcelkových pokusech. Pro každou variantu pesticidního přípravku byl vytvořen samostatný graf, výsledky byly rozděleny zvlášť pro včely a zvlášť pro čmeláky. Levá svislá osa znázorňuje počet dané skupiny opylovačů, pravá svislá osa množství reziduí pesticidů. Pro porovnání je do každého grafu mimo daný přípravek zanesena i návštěvnost kontrolní varianty (Kontrola), která byla bez chemického ošetření

5.2.1 Vliv reziduí pesticidů na návštěvnost včel v porostech řepky ozimé

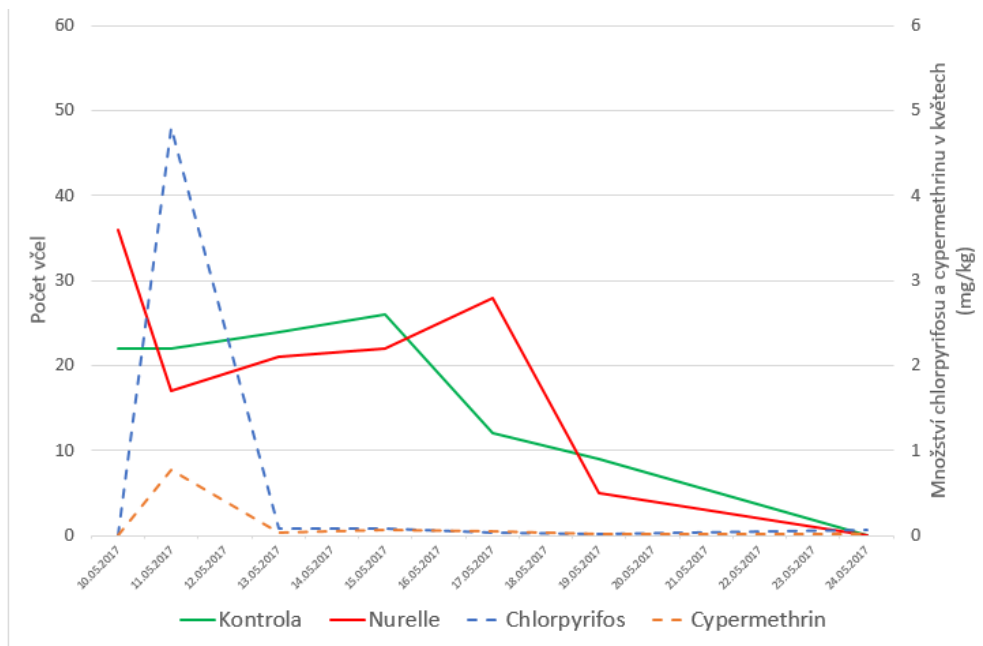
Graf 6 Vliv aplikace přípravku Trebon OSR na návštěvnost porostu řepky včelami



Graf 6 ukazuje, že po aplikaci přípravku Trebon OSR označeného jako nebezpečný pro včely, byla koncentrace účinné látky etofenprox nejvyšší po dobu prvních tří dnů od aplikace. V této době byla návštěvnost ošetřeného porostu nižší oproti kontrolní variantě i následujícím dnům, kdy začalo docházet k prudkému rozkladu účinné látky a ke zvýšení návštěvnosti této varianty pokusu (i oproti Kontrolě). Ke konci období, kdy docházelo

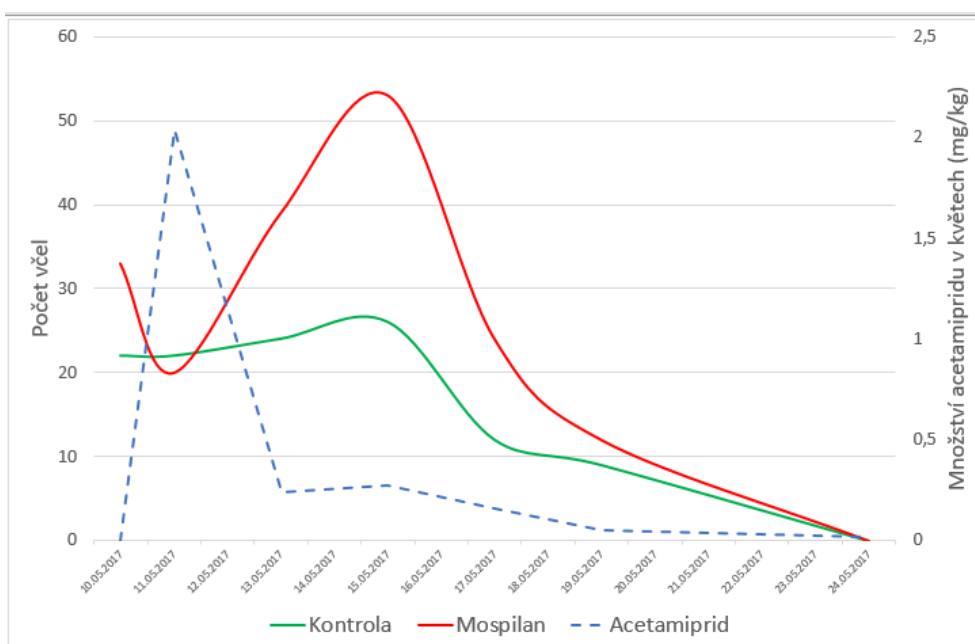
k úplnému rozkladu účinné látky etofenprox až pod limit kvantifikace, docházelo obecně ke snížení návštevnosti u všech porostů, a to i díky tomu, že porost již odkvétal.

Graf 7 Vliv aplikace přípravku Nurelle D na návštevnost porostu včelami



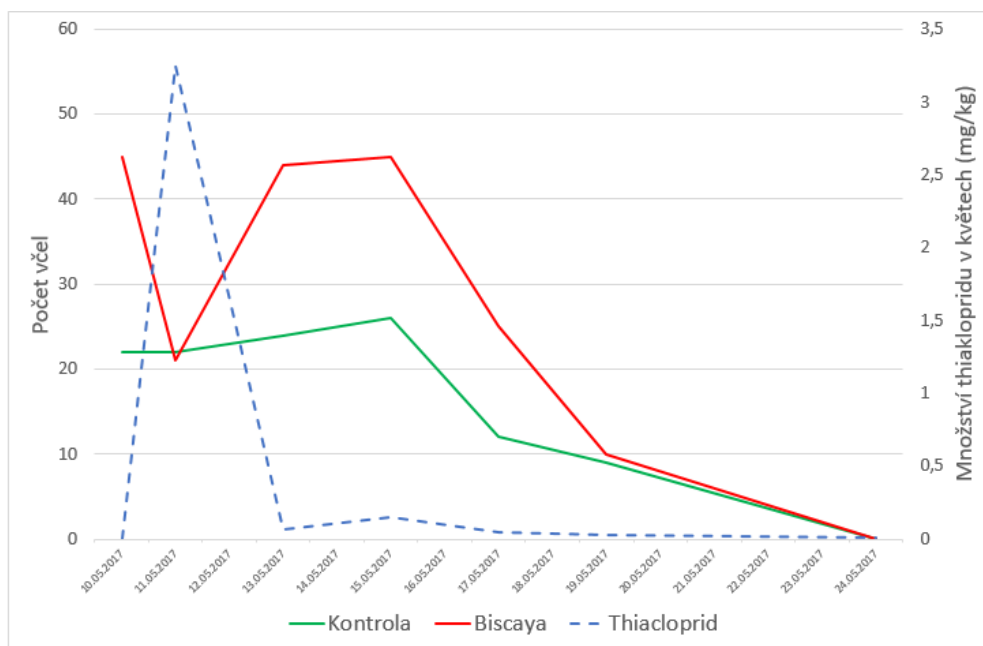
Z grafu 7 vyplývá, že varianta ošetřená přípravkem Nurelle D, označeného jako zvlášť nebezpečný pro včely, byla v prvních dnech po aplikaci včelami navštevována méně než před aplikací, a to i poté, co koncentrace chlorpyrifosu i cypermethrinu začaly postupně klesat. K mírnému zvýšení návštevnosti oproti Kontrolě došlo až sedmý den po aplikaci, poté však nastal opět prudký pokles.

Graf 8 Vliv aplikace přípravku Mospilan 20 SP na návštevnost porostu včelami



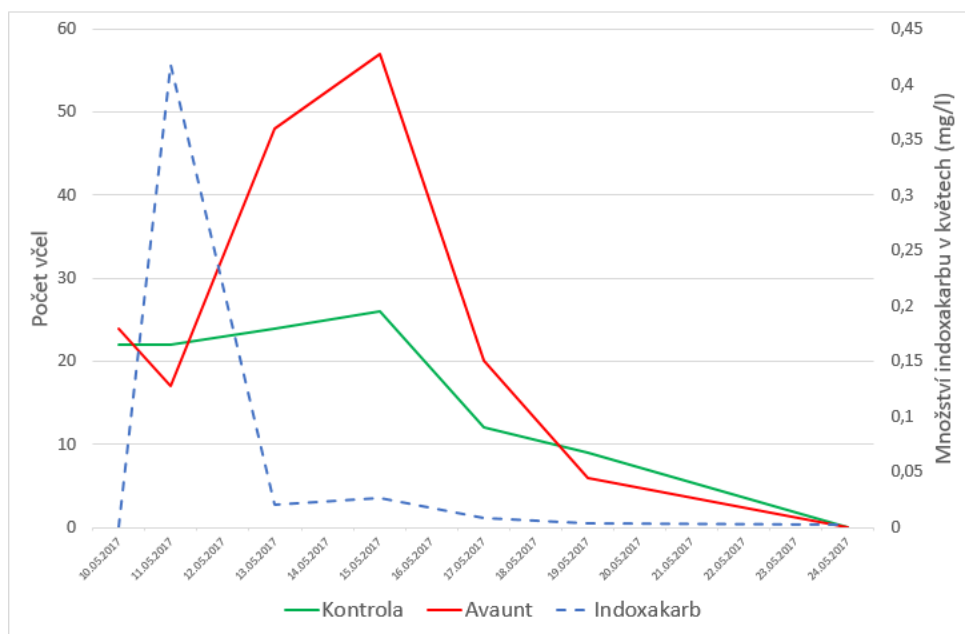
Při aplikaci přípravku Mospilan 20 SP s účinnou látkou acetamiprid byla návštěvnost porostu srovnatelná s kontrolní variantou. Poté, co však došlo k rozkladu účinné látky, jejíž koncentrace byla třetí den po aplikaci pod 0,5 mg/kg, začala návštěvnost oproti kontrolní variantě prudce stoupat. Ke konci vegetace docházelo k úplnému odbourání účinné látky i k poklesu návštěvnosti (stejně jako u kontrolní varianty) spojeného s odkvétáním porostu.

Graf 9 Vliv aplikace přípravku Biscaya 240 OD na návštěvnost porostu včelami



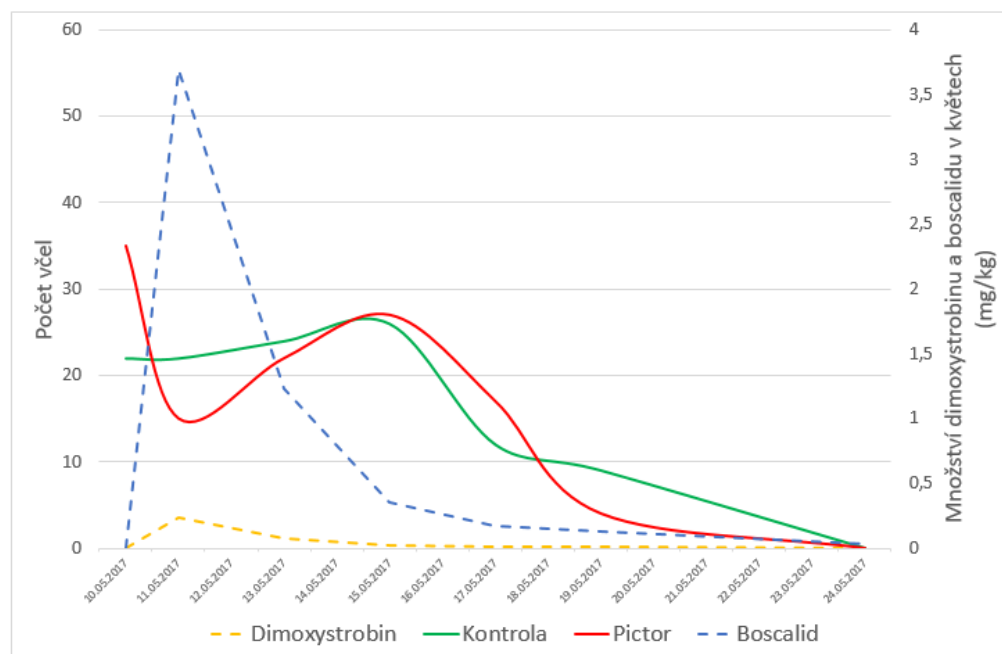
Graf 9 ukazuje, že po aplikaci přípravku Biscaya 240 OD došlo ke krátkodobému snížení návštěvnosti porostu v prvních dvou dnech po aplikaci, poté, jak docházelo k rozkladu účinné látky thiacloprid, nastalo ztraktivnění varianty a návštěvnost včel byla vysoká. Ke snižování počtu opylovačů v porostu začalo docházet od šestého dne po aplikaci, kdy se množství účinné látky začalo blížit minimálnímu limitu kvantifikace.

Graf 10 Vliv aplikace přípravku Avaunt 15 EC na návštěvnost porostu včelami



Po aplikaci přípravku Avaunt 15 EC, označeného jako nebezpečný pro včely, došlo v prvních dvou dnech ke snížení návštěvnosti (graf 10), a to i oproti kontrolní variantě. Od druhého dne však začala návštěvnost porostu prudce stoupat, nejvyšší byla šestý den po aplikaci pesticidu. Po této době začal přípravek ztrácet pro včely na atraktivnosti a devátý den od aplikace byla návštěvnost dokonce nižší než u kontrolní varianty.

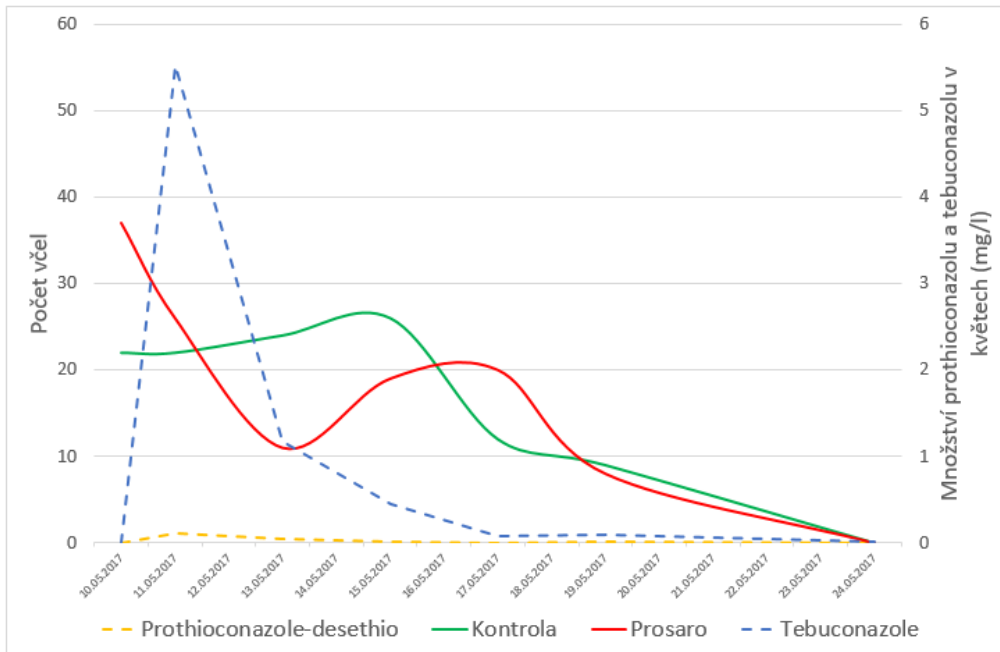
Graf 11 Vliv aplikace přípravku Pictor na návštěvnost porostu včelami



Graf 11 znázorňuje návštěvnost porostu ošetřeného fungicidem Pictor. Zde lze obecně říci, že návštěvnost byla srovnatelná s kontrolní variantou. Po aplikaci přípravku

došlo první dva dny ke snížení počtu včel v porostu, poté návštěvnost začala velmi mírně stoupat, rozdíl však nebyl významný. Postupně docházelo ke snižování návštěvnosti, od dvacátého května porost téměř nebyl navštěvován.

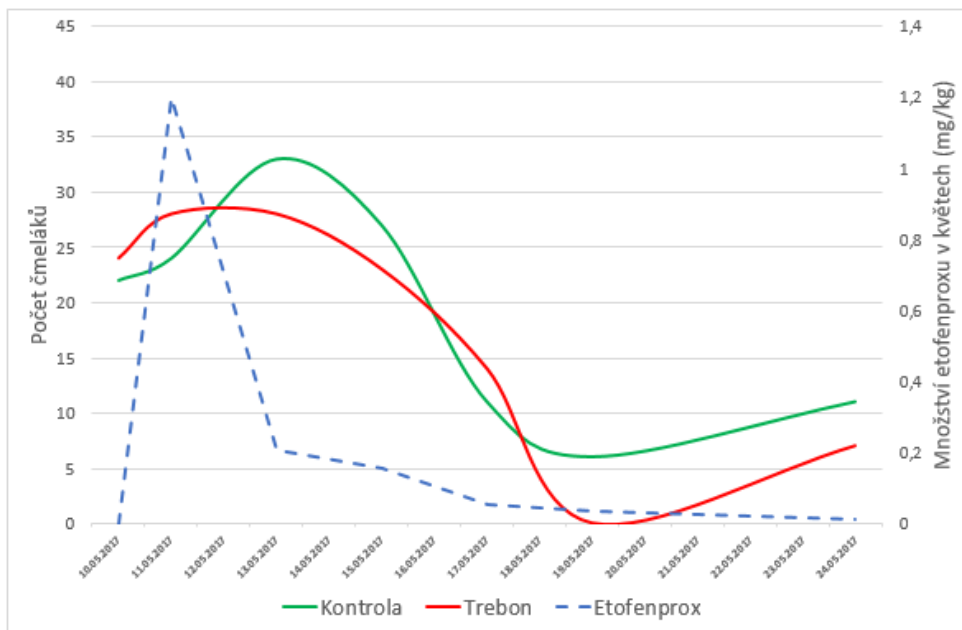
Graf 12 Vliv aplikace přípravku Prosaro 250 EC na návštěvnost porostu včelami



Graf 12 ukazuje, že fungicid Prosaro 250 EC nebyl pro včely celkově atraktivní. Po aplikaci přípravku došlo ke snížení návštěvnosti, a to i oproti kontrolní variantě, poté k nevýznamnému nárůstu a opětovnému snížení. V posledních dnech pokusu nebyl porost, stejně jako kontrolní varianta, téměř navštěvován.

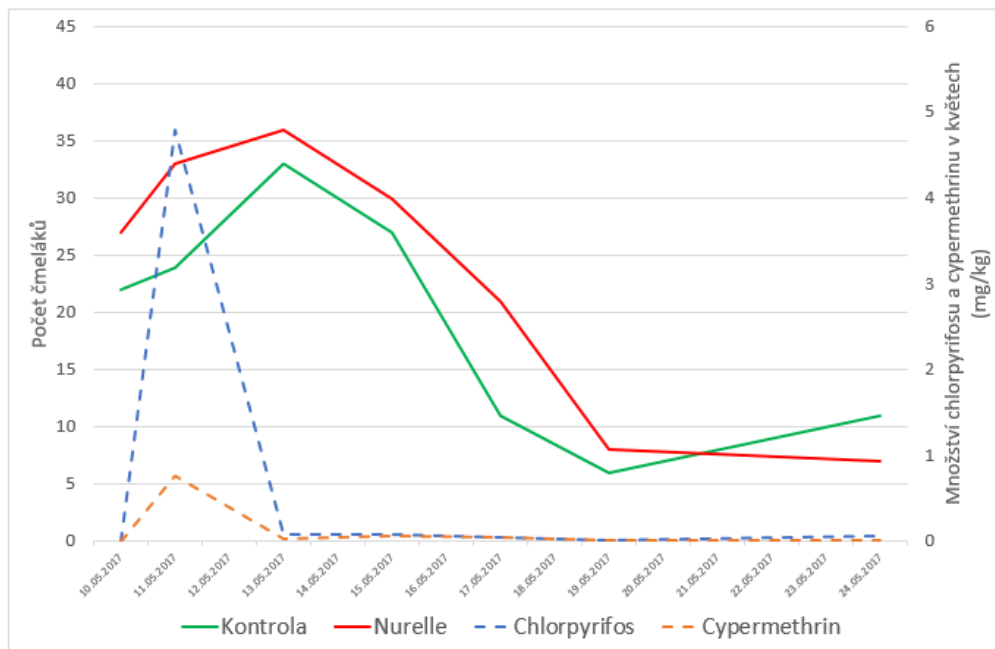
5.2.2 Vliv reziduí pesticidů na návštěvnost čmeláků v porostech řepky ozimé

Graf 13 Vliv aplikace přípravku Trebon OSR na návštěvnost porostu čmeláky



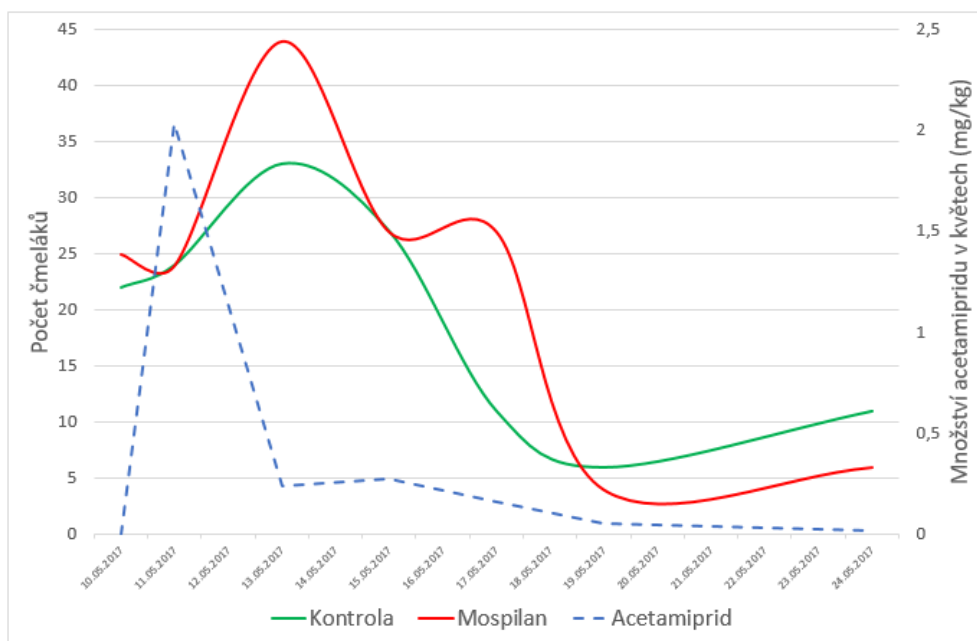
Z grafu 13 je možné vyčíst, že návštěvnost porostu ošetřeného přípravkem Trebon OSR (označeného jako nebezpečný pro včely) se téměř shoduje s návštěvností kontrolní varianty, průměrně je dokonce ještě nižší.

Graf 14 Vliv aplikace přípravku Nurelle D na návštěvnost porostu čmeláky



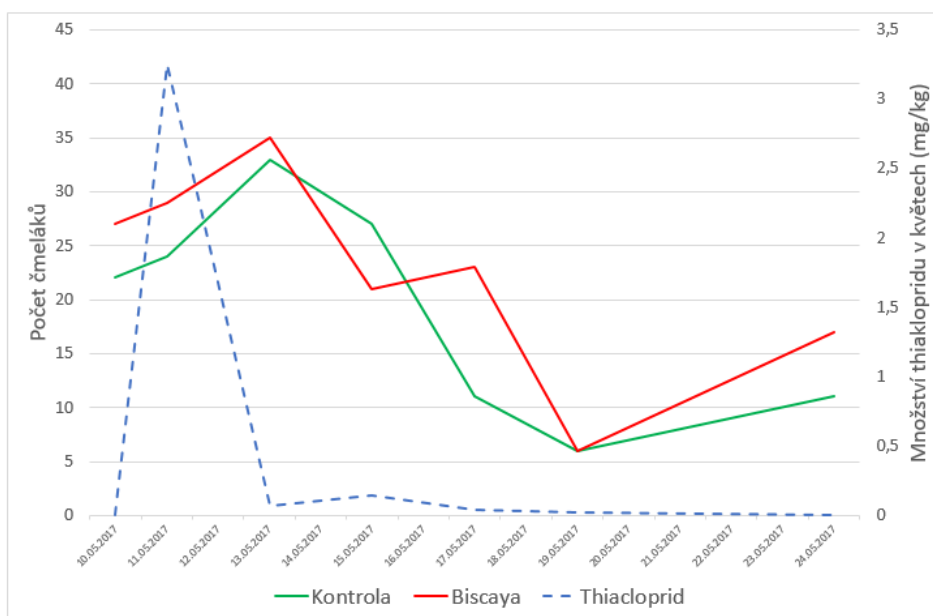
Graf 14 ukazuje, že návštěvnost porostu ošetřeného přípravkem Nurelle D se téměř shoduje s vývojem návštěvnosti porostu u kontrolní varianty. Nelze tedy vyvodit žádné závěry.

Graf 15 Vliv aplikace přípravku Mospilan 20 SP na návštěvnost porostu čmeláky



Graf 15 ukazuje, že po aplikaci přípravku Mospilan 20 SP došlo v prvních dvou dnech ke snížení návštěvnosti a poté, jak se začala rozkládat účinná látka acetamiprid, k prudkému nárůstu počtu čmeláků v porostu. Návštěvnost začala postupně klesat až pátý den. Posledních šest dní měření pak byla nižší než u kontrolní varianty.

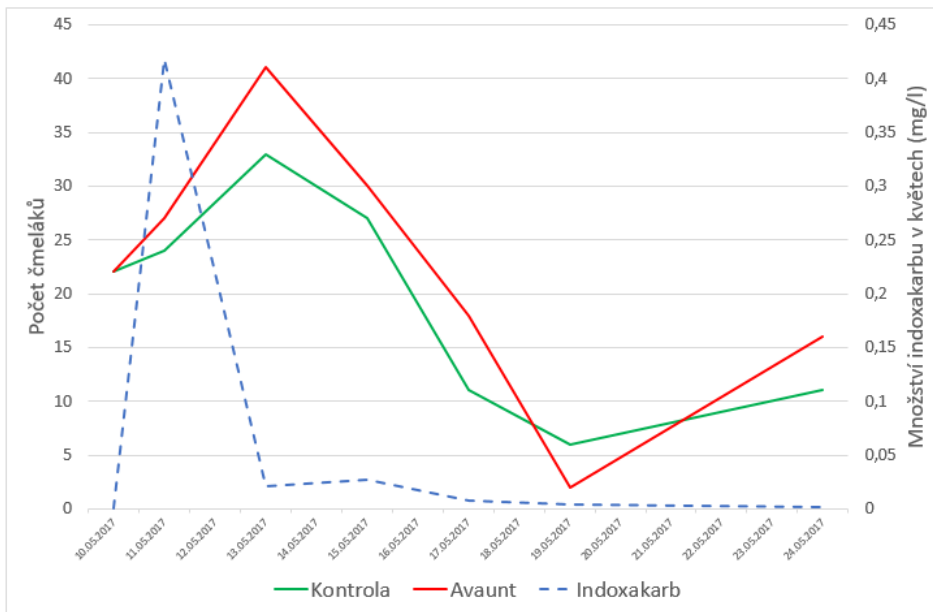
Graf 16 Vliv aplikace přípravku Biscaya 240 OD na návštěvnost porostu čmeláky



Graf 16 ukazuje, že po aplikaci přípravku Biscaya 240 OD došlo k postupnému nárůstu návštěvnosti, která se zastavila čtvrtý den po aplikaci pesticidu, poté došlo k poklesu a opětovnému nárůstu šestý až osmý den po aplikaci, poté opět k poklesu a od desátého dne k opětovnému pozvolnému nárůstu. Nárůst návštěvnosti a opětovný pokles byl tedy

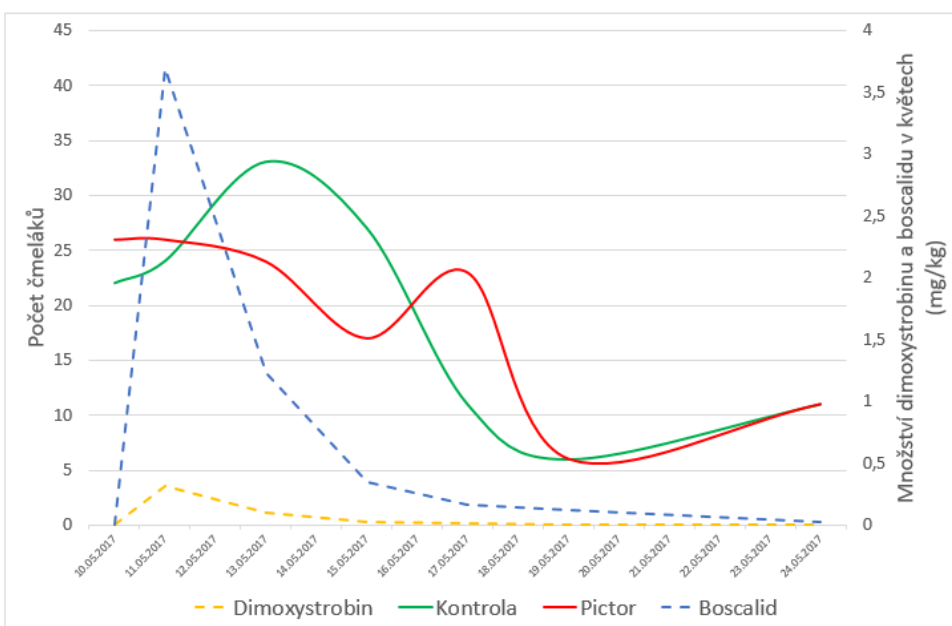
zaznamenán postupně ve třech vlnách, oproti kontrolní variantě však nebyl, kromě druhé vlny, nijak významný.

Graf 17 Vliv přípravku Avaunt 15 EC na návštěvnost porostu čmeláky



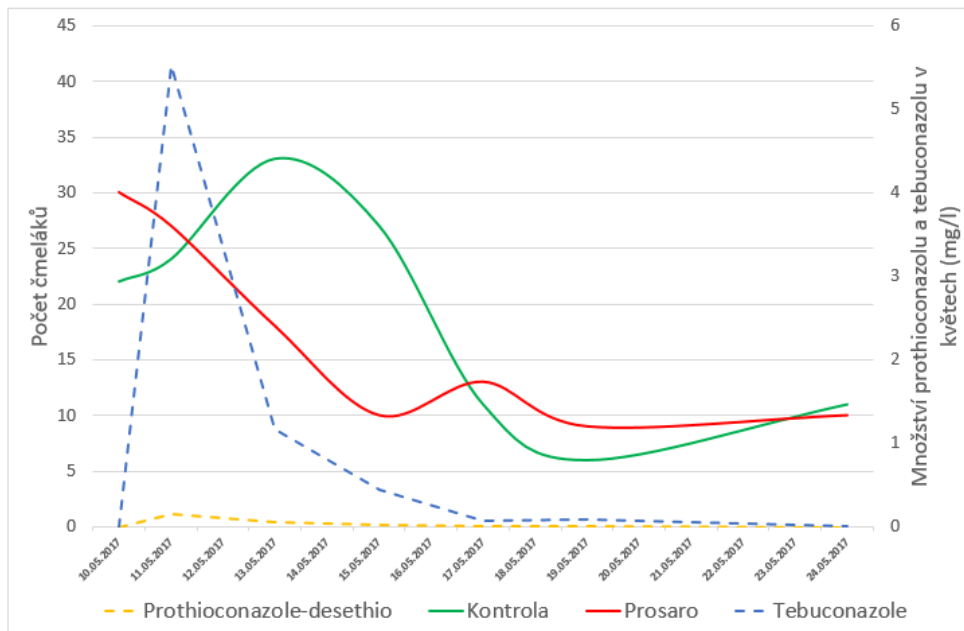
Po aplikaci přípravku Avaunt 15 EC, došlo k postupnému nárůstu návštěvnosti, která trvala i po počátku rozkladu účinné látky indoxakarb. Poté, co došlo k odbourání účinné látky a její koncentrace se začala blížit minimálnímu limitu kvantifikace, začal počet čmeláků v porostu postupně klesat. K poklesu však docházelo i v kontrolní variantě. Lze tedy pouze usoudit, že čtvrtý den po aplikaci byla varianta ošetřená Avauntem 15 EC pro čmeláky atraktivnější jak neošetřená Kontrola.

Graf 18 Vliv aplikace přípravku Pictor na návštěvnost porostu čmeláky



Po aplikaci přípravku Pictor došlo k poklesu návštěvnosti čmeláků, který trval až do šestého dne po aplikaci, poté došlo k drobnému nárůstu a opětovnému prudkému poklesu. Lze tedy soudit, že oproti Kontrole nebyla tato varianta pro čmeláky atraktivní.

Graf 19 Vliv aplikace přípravku Prosaro 250 EC na návštěvnost porostu čmeláky



Graf 19 vykazuje obdobný trend jako graf 18. Je zřejmé, že fungicid Prosaro 250 EC, rovněž jako Pictor, nebyl pro čmeláky atraktivní. Po jeho aplikaci došlo ke snížení návštěvnosti, která byla výrazná až do šestého dne od aplikace. Poté se návštěvnost ustálila téměř na konstantní hladině.

6 Diskuze

Krupke et al. (2012) uvádějí, že mezi potenciální stresory zodpovědné za pokles opylovačů patří i pesticidy používané v zemědělství, neboť včely jim jsou vystaveny po celou dobu vegetačního období. Mezi jednu z nejintenzivněji ošetřovaných plodin na našich polích patří řepka ozimá. Diekötter et al. (2010) uvádějí, že brukev řepka olejka je v současnosti v Evropské unii hlavní pylodárnou a nektarodárnou plodinou pěstovanou v zemědělsky obhospodařované krajině.

Do maloparcelkového pesticidního pokusu byly vybrány takové přípravky, které jsou v polních podmínkách do kvetoucích porostů řepky ozimé zemědělci běžně aplikovány. Záměrně nebyly vybrány pouze insekticidy, ale i dva fungicidy, neboť i tyto přípravky a jejich metabolity mohou na opylovače působit repelentně či naopak atraktivně. Bohužel, současné metody detekce nejsou schopné určit všechny rozkladné produkty pesticidů, nebylo tedy možné zjistit, jaké látky se po rozkladu původní účinné látky v květech řepky vyskytují, potažmo jaké konkrétní látky mohou ovlivňovat návštěvnost porostu opylovači následující dny po aplikaci přípravku.

Erban et al. (2016) uvádějí, že klíčovým organismem využívaným pro hodnocení vlivu pesticidů na necílové organismy je včela medonosná. V posledních letech jsou však snahy hodnotit vliv agrochemikálií a ostatních xenobiotik nejen na včelu medonosnou, ale i na čmeláky a samotářské včely. V tomto pokusu byly hodnoceny všechny tři skupiny opylovačů, a bylo zjištěno, že nejvíce porost navštěvovaly včely medonosné (44 %), zanedbatelný však nebyl ani počet čmeláků (31 %) a samotářských včel (25 %). Je tedy velmi důležité při registraci přípravků hodnotit nejen jejich vliv na včelu medonosnou, ale i na ostatní skupiny opylovačů, které jsou běžnou součástí naší krajiny a v době aplikace přípravků se v porostech polních plodin vyskytují. Procenta ukazující návštěvnost jednotlivých skupin opylovačů však mohla být ovlivněna i faktem, že bezprostředně k porostu byly přistaveny dva úly se včelami medonosnými a dále skutečnost, že se v areálu Demonstračního a experimentálního pracoviště FAPPZ ČZU vyskytuje několik dalších včelstev. Ve skutečnosti může být tedy podíl čmeláků a samotářských včel v porostech klidně i vyšší.

Volková and Kazda (2016a) uvádějí, že atraktivita jednotlivých pesticidů se může lišit i mezi jednotlivými skupinami opylovačů. To potvrdili i výsledky mého pokusu. Z grafu 2 toto lze dokázat například na přípravku Prosaro 250 EC, který včely ani čmeláci ve velkém nenavštěvovali, naopak u samotářských včel byl na třetím místě v pořadí atraktivity. Je tedy

pravděpodobné, že každá skupina opylovačů bude mít více či méně odlišná kritéria pro výběr vhodného zdroje potravy.

Volková and Kazda (2016b) na konferenci Prosperující olejníky 2016 uvedli, že při přidávání pesticidů do včelí potravy docházelo i k rozdílné atraktivitě přípravků patřících do stejné skupiny (např. neonikotinoidy). To podle mých výsledků u včel nelze potvrdit, neboť oba neonikotinoidní přípravky (Biscaya 240 OD a Mospilan 20 SP) byly pro včely atraktivní. U přípravků Trebon OSR a Nurelle D, které oba obsahují pyretroid, byla průměrná návštěvnost také velmi podobná (0, 776 a 0, 721 ks). Obdobně tomu bylo i u fungicidů Pictor a Prosaro, které byly až na posledních dvou místech na pořadí návštěvnosti seřazeném sestupně podle atraktivity. U čmeláků by se s tímto trendem ale dalo souhlasit, neboť nejvíce navštěvovaným přípravkem bylo Nurelle D, naopak nejméně vyhledávaným byl přípravek Trebon OSR. U přípravků Biscaya 240 OD a Mospilan 20 SP byla však průměrná návštěvnost dokonce úplně stejná. Dále uvedli, že kontrolní neošetřená varianta byla v maloparcelkových pesticidních pokusech pro včely nejméně atraktivní, z mého měření však vyplývá, že nejmenší atraktivnost pro včely vykazovaly oba fungicidní přípravky. Výsledek však bohužel není statisticky průkazný. Celkově však lze soudit, že včela medonosná preferuje návštěvu porostů ošetřených insekticidy nad neošetřenou kontrolou a fungicidy. Pro ověření této teorie by však bylo vhodné do dalšího testování zařadit více fungicidních účinných látek a také aplikace insekticidu a fungicidu v tank mixu.

Mitchell et al. (2017) neonikotinoidy označují jako potencionální klíčový faktor, který má za následek úbytek populací opylovačů po celém světě. V maloparcelkovém pesticidním pokusu vyšlo, že včely medonosné preferovaly návštěvnost porostu ošetřeného přípravkem Biscaya 240 OD oproti neošetřené kontrolní variantě, druhou nejvíce navštěvovanou variantou byl porost ošetřený Mospilanem 20 SP, to však bohužel nebylo statisticky průkazné. Petr (2017) v časopise Moderní včelař uvedl, že včely se mohou na neonikotinoidech stát závislé a porosty jimi ošetřené mohou preferovat na úkor těch neošetřených. Je tedy možné, že i v mém pokusu došlo k tomuto jevu a včely cíleně vyhledávaly účinnou látku thiacloprid. Stejně tak tomu mohlo být rovněž v případě samotářských včel, kde byl nejvíce navštěvován porost ošetřený přípravkem Mospilan 20 SP s účinnou látkou acetamiprid. V případě, že by byla závislost na neonikotinoidech při dalším vědeckém testování více neonikotinoidních přípravků potvrzena, dalo by se uvažovat o tom,

že tyto látky mohou být skutečně jedním z nejvíce závažných faktorů majících vliv na snižování stavu opylovačů a jejich zdravotní stav.

Mitchell et al. (2017) testovali vzorky medu na přítomnost reziduí neonikotinoidů a zjistili, že v Evropě byl v 79 % vzorků nejméně jeden pozitivní nále. Nejvíce se vyskytovala účinná látka thiacloprid. V mém pokusu byl přípravek Biscaya 240 OD u včel nejvíce navštěvovanou variantou. Je tedy velice pravděpodobné, že včely tuto látku skutečně cíleně vyhledávají, zanášejí si ji do úlu, a poté nám ji prostřednictvím reziduí v medu vracejí zpět do potravního řetězce.

Volková and Kazda (2016a) v roce 2015 testovali atraktivnost či naopak repelenci pesticidních přípravků pro včely metodou přímého lákání. Zjistili, že pro včely jsou atraktivní přípravky Mospilan 20 SP, Ortiva, Plenum, Pictor a Atonik. Repelenci naopak vykazovaly pesticidy Nurelle D, Horizon 250 EW a Vaztak 10 EC. Toto nelze potvrdit z výsledků mého sledování návštěvnosti opylovačů v porostu řepky ozimé, neboť přípravek Nurelle D byl u čmeláků nejvíce navštěvovaným přípravkem, bohužel oproti kontrolní variantě to však nebylo statisticky průkazné. U Mospilanu 20 SP lze s jeho atraktivitou souhlasit, neboť ho hojně navštěvovali samotářské včely, včely medonosné i čmeláci. Statisticky průkazný rozdíl však byl zjištěn pouze u samotářských včel. Bylo by tedy vhodné provést víceletý pokus a na ověření atraktivnosti tohoto přípravku se více zaměřit. U přípravku Pictor, který byl rovněž v mém maloparcelkovém pesticidním pokusu testován, se výsledky s Volkovou and Kazdou (2016) neshodují, neboť u včel medonosných i samotářských včel byl na posledním místě návštěvnosti seřazené sestupně podle atraktivity.

Volková and Kazda (2017) uvádějí, že v přípravek Biscaya 240 OD vykazoval během testování metody přímého lákání středně vysokou repelenci, v maloparcelkových pokusech do pátého dne od postřiku včely odpuzoval, poté po snížení obsahu reziduí došlo ke zvýšení návštěvnosti porostu, a ta údajně neklesala ani poté, co bylo dosaženo minimálního detekovatelného množství účinné látky. Z mého pokusu rovněž vyplývá, že těsně po aplikaci insekticidního přípravku Biscaya 240 OD došlo k výraznému poklesu návštěvnosti včely medonosné, poté, co začalo klesat množství thiaclopridu v květech, došlo k prudkému nárůstu atraktivity, která však postupně od sedmého dne po aplikaci přípravku začala klesat. Počet opylovačů však ve stejné době začal postupně klesat i u kontrolní neošetřené varianty, lze tedy soudit, že mohly být nepříznivé podmínky pro let včel a navíc porost začal postupně odkvétat, snižovalo se tedy množství potravy pro opylovače.

U přípravku Trebon OSR Volková and Kazda (2017) konstatují, že při testování metodou přímého lákání vykazoval pro včely velmi výrazný repelentní účinek, po aplikaci na maloparcelkové pokusy byl repelentní účinek jen mírný, dokonce devátý den po aplikaci, poté co došlo ke snížení reziduí etofenproxu, návštěvnost porostu výrazně stoupla, později se návštěvnost vyrovnala kontrolní variantě. Tomu odpovídají i výsledky mého pokusu, lze tedy soudit, že účinná látka etofenprox je ve velké koncentraci pro včely repelentní, avšak menší koncentrace a následné rozkladné produkty, které bohužel současná věda není schopná detekovat, mohou být pro opylovače atraktivní.

Johnson et al. (2010) uvádějí, že v Americe se přínosem pro včely stalo rozšíření pěstování transgenních rostlin. Pesticidní látky produkované přímo rostlinami totiž včelám údajně neškodí a díky genetické modifikaci je ušetřeno mnoho aplikací pesticidů. Toto řešení však v podmínkách Evropské unie není možné, neboť tato organizace pěstování geneticky modifikovaných plodin nepodporuje.

7 Závěr

Ve své diplomové práci jsem se zabývala vlivem pesticidů a jejich reziduí na opylovače. Během jednoletého pokusu jsem zkoumala, jak jsou běžně používané přípravky aplikované v době květu řepky pro jednotlivé skupiny opylovačů atraktivní či naopak repelentní. Dále jsem hodnotila, jak návštěvnost kvetoucího porostu ovlivňuje koncentrace účinných látek jednotlivých přípravků.

Z výsledků pozorování vyplývá, že:

- nejpočetnější skupinou, která porost navštivovala byly včely medonosné (44 %), zanedbatelný však nebyl ani počet čmeláků (31 %) a samotářských včel (25 %),
- atraktivita či naopak repelence jednotlivých přípravků se lišila i mezi jednotlivými skupinami opylovačů,
- včely statisticky průkazně oproti neošetřené kontrolní variantě preferovaly přípravek Biscaya 240 OD, který patří do v současnosti velmi diskutované skupiny neonikotinoidů,
- čmeláci statisticky průkazně nepreferovali žádnou z variant pesticidního ošetření,
- samotářské včely statisticky významně preferovaly přípravky Mospilan 20 SP a Avaunt 15 EC (nebezpečný pro včely) před Nurelle D (zvláště nebezpečný pro včely),
- grafy znázorňující vliv obsahu účinných látek pesticidů v květech na návštěvnost včel ukázaly, že obecně po aplikaci přípravku do porostu došlo ke snížení návštěvnosti, poté co se účinné látky začaly intenzivně rozkládat, počet opylovačů v porostu se navýšil a ke konci vegetace začal opět klesat,
- u čmeláků rovněž u několika přípravků docházelo k navýšení počtu opylovačů v porostu v nejbližších dnech po aplikaci, u fungicidů Pictor a Prosaro 250 EC byla však návštěvnost po celou dobu kvetení velmi nízká, u insekticidů Biscaya 240 OD a Mospilan 20 SP docházelo ke zvýšení návštěvnosti a opětovnému mírnému poklesu v několika vlnách.

7.1 Doporučení

Z řady výzkumů je zřejmé, že bez používání pesticidů bychom, my zemědělci, nedokázali uživit neustále rostoucí populaci, avšak bez opylovačů, kteří se zaslouhují o opylení rostlin a rovněž zvýšení výnosů hospodářských plodin, to také nebude možné. Je tedy třeba najít jakýsi kompromis. Nesmíme rovněž zapomínat na to, že chemické látky, které aplikujeme na rostliny, půdu i do včelích úlů se nám mohou vrátit prostřednictvím reziduí zpět do vody, kterou pijeme i do naší potravy. Je tedy v našem zájmu, abychom hospodařili co nejšetrněji a dlouhodobě udržitelně.

Bylo by vhodné se dále více zabývat výzkumem působení pesticidů nejen na včely, ale i na čmeláky a samotářské včely, a tyto výsledky zohlednit při povolování nových přípravků na ochranu rostlin. Rovněž je nutné zkoumat nejen to, jak na opylovače působí jednotlivé účinné látky, ale také jak je ovlivňují jejich rozkladné produkty (metabolity), o kterých se v dnešní době ví jen velmi málo. Dalším důležitým aspektem je vyhodnocování rizik způsobených aplikací několika přípravků v tankmixu nebo použití smáčedel, neboť je zřejmé, že může docházet k synergistickým účinkům a zvýšení negativního vlivu na opylovače.

8 Zdroje

- Abrol, D. P. 2007. Honeybees and Rapeseed: A pollinator – Plant Interaction. *Advances in Botanical Research*. 45. 337-367.
- Aktar, W., Sengupta, D., Chowdhury, A., 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazard. *Interdisciplinary Toxicology*. 2 (1). 1-12.
- Anon. 2017c. Živočišná výroba – Česká republika [online]. Český statistický úřad. 28. února 2017. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z <https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr> .
- Aveno, H. F., Michailides, T. J. 2007. Resistance to boscalid fungicide in *Alternaria alternata* isolates from pistachio in California. *Plant Disease*. 91. 1345-1350.
- Baranyk, P., Bittner, V., Čeřovská, M., Fábry, A., Hřivna, L., Kazda, J., Kroutil, P., Kuchtová, P., Markytán, P., Matula, J., Nerad, D., Pavela, R., Plachká, E., Pospíšil, J., Richter, R., Rožnovský, J., Říha, K., Soukup, J., Sypták, K., Šaroun, J., Šivic, L., Škeřík, J., Volf, M. 2005. Řepka olejka v českém zemědělství – komplexní pěstitelská technologie. Pertýl. Praha. 161 s. ISBN: 80-903464-3-X.
- Baranyk, P., Fábry, A., Balík, J., Dostálová, J., Humpá, J., Kazda, J., Koprna, R., Kuchtová, P., Markytán, P., Nerad, D., Soukup, J., Šaroun, J., Škeřík, J., Volf, M. 2007. Řepka – pěstování – využití – ekonomika. Profi Press. Praha. 208 s., ISBN: 978-80-86726-26-7.
- Bečka, D., Šimka, J., Cihlář, P., Prokinová, E., Mikšík, V., Vašák, J., Zupalová, H. 2013. Řepka ozimá inovace pěstitelské technologie – certifikovaná metodika. Powerprint. Praha. 44 s. ISBN: 978-80-213-2382-7.
- Bodganov, S. 2006. Contaminants of bee products. *Apidologie*. 37. 1-18.
- Bonmatin, J. M., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreuzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., Marzaro, M., Mitchell, E. A. D., Noome, D. A., Simon – Delso, N., Tapparo, A. 2015. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research*. 22. 35-67.
- Brown, M. J. F., Paxton, R. J. 2009. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*. 40. 410-416.

Connolly, Ch. N. 2017. Nerve agents in honey. *Science*. 358. 38-39. Dostupné z <http://science.sciencemag.org/content/358/6359/38>.

Čermák, K., Sládek, K., Bučeková, M., Čermáková, T., Majtán, J., Opatrný, Z., Sedláček, J., Staroň, M., Žďárek, J. 2016. *Ekologie chovu včel*. Pavel Mervart. Červený Kostelec. 291 s. ISBN: 978-80-7465-215-8.

Delaplane, K. S., Mayer, D. F. 2000. *Crop pollination by bees*. CABI. Wallingford. 344 p. ISBN: 0851994482.

Dettli, M., Hradil, R. 2011. *Včely a jejich svět*. FABULA. Hranice. 152 s. ISBN: 978-80-86600-89-5.

Devillers, J., Pham – Delègue M. 2002. *Honey bees: Estimating the environmental impact of chemicals*. Taylor & Francis. New York. 332 p. ISBN: 0-415-27518-0.

Diakötter, T., Kadoya, T., Peter, F., Wolters, V., Jauker, F. 2010. Oilseed rape crops distort plant – pollinator interactions. *Journal of Applied Ecology*. 47. 209-214.

Erban, T., Kamler, M., Šulcová, K., Titěra, D., Seifrtová, M., Riddellová, K., Hubert, J., Hortová, B., Halešová, T. 2016. *Hodnocení vlivu xenobiotik na včely v průběhu ontogeneze metodami proteomické, metabolomické a genomické analýzy – certifikovaná metodika*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 36 s. ISBN: 978-80-7427-210-3.

Evans, E. C., Butler, C. A., Evans, E. 2010. *Why Do Bees Buzz?*. Rutgers University Press. New Brunswick. 257 p. ISBN: 9780813547213.

Gardener, M. C., Gillman, M. P. 2002. The taste of nectar – a neglected area of pollination ecology. *OIKOS*. 98 (3). 552-557.

Gill, R. J., Ramoz – Rodriguez, O., Raine, N. E. 2012. Combined pesticide exposure severely affects individual and colony level traits in bees. *Nature*. 491 (7422). 105-108.

Goulson, D. 2010. *Bumblebees – Behaviour, Ecology and Conservation*. Oxford University Press. New York. 317 p. ISBN: 978-0-19-955306-8.

Goulson, D. 2013. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*. 50 (4). 977-987.

Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E. L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*. 27. Dostupné z <<http://science.sciencemag.org/content/347/6229/1255957>>.

Ingram, E. M., Augustin, J., Ellis, M. D., Siegfried, B. D. 2015. Evaluating sub-lethal effects of orchard – applied pyrethroids using video – tracking software to quantify honey bee behaviors. *Chemosphere*. 135. 272-277.

Iwasa, T., Motoyama, N., Ambrose, J. T., Roe, M. R. 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop protection*. 23. 371-378.

Jabot, C., Daniele, G., Giroud, B., Tchamitchian, S., Belzunces, L. P., Casabianca, H., Vulliet, E. 2016. Detection and quantification of boscalid and its metabolites in honey bees. *Chemosphere*. 156. 245-251.

Johnson, R. M., Ellis, M. D., Mullin, Ch. A., Frazier, M. 2010. Pesticides and honey bee toxicity – USA. *Apidologie*. 41. 312-331.

Kazda, J. 2014a. Škůdci polních plodin. Profi Press. Praha. 108 s. ISBN: 978-80-86726-61-8.

Kazda, J. 2014b. Změny v technologii pěstování ozimé řepky a jejich vliv na včely. *Včelařství*. 67 (148). 116 - 118.

Kazda, J., Baranyk, P. 2015. Důsledky setí převážně nemořené osiva řepky. *Úroda*. 63 (2). 40-44.

Kazda, J., Mikulka, J., Prokinová, E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press. Praha. 399 s. ISBN: 978-80-86726-34-2.

Kessler, S. C., Tiedeken, E. J., Simcock, K. L., Derveau, S., Mitchell, J., Sofley, S., Radcliffe, A., Stout, J. C., Wright, G. A. 2015. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. *Nature*. 521. 74-76.

- Kiljanek, T., Niewiadowska, A., Gawęł, M., Semeniuk, S., Borzęcka, M., Posyński, A., Pohorecka, K. 2017. Multiple pesticide residues in live and poisoned honeybees – Preliminary exposure assessment. *Chemosphere*. 175. 36-44.
- Kocourek, F. 2013. Využití ekonomických prahů škodlivosti v řízení ochrany polních plodin – certifikovaná metodika. Powerprint. Praha. 38 s. ISBN: 978-80-7427-138-0.
- Kocourek, F., Stará, J. 2014. První výskyty rezistentních populací krytonosce šešulového v ČR. *Úroda*. 62 (10). 22-24.
- Krieg, P., Hofbauer, J., Komzáková, O. 2009. Čmeláci a jejich podpora v zemědělské krajině. Výzkumný ústav včelařský Dol. Dol. 80 s. ISBN: 978-80-97196-01-4.
- Krupke, Ch. H., Hunt, G. J., Eitzer, B. D., Andino, G., Given, K. 2012. Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields. *PLoS One*. 7 (1). Dostupné z <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0029268>.
- Laurino, D., Porporato, M., Patetta, A., Manino, A. 2011. Toxicity of neonicotinoid insecticides to honey bees: laboratory tests. *Bulletin of Insectology*. 64 (1). 107 – 113.
- Linhart, I. 2014. Toxikologie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha. 415 s. ISBN: 978-80-7080-877-1.
- Liška, M. 2016. Situační a výhledová zpráva olejnin. Ministerstvo zemědělství. Praha. 63 s. ISBN: 978-80-7434-360-5.
- Matsuda, K., Buckingham, S. D., Kleier, D., Rauh, J. J., Sattelle, D. B. 2005. Neonicotinoids insecticides acting on insect nicotinic acetylcholine receptors. *Trends in Pharmacological Sciences*. 22. 573-580.
- Mitchell, E. A. D., Mulhauser, B., Mulo, M., Mutabazi, A., Glauser, G., Aebi, A. 2017. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science*. 358. 109-111.
- Mullin, Ch. A., Chen, J., Fine, J. D., Frazier, M. T., Frazier, J. L. 2015. The formulation makes the honey bee poison. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 120. 27-35.

- Norris, D. M., Liu, S. H. 1991. Insect repellent containing 1 – dodecane. USA. Patent 5 030 660. 9. 7. 1991.
- Oliviera, R. C., Nascimento Queiroz, S. C., Luz, C. F. P., Porto, R. S., Rath, S. 2016. Bee pollen as a bioindicator of environmental pesticide contamination. *Chemosphere*. 163. 525-534.
- Petr, J. 2017. Světová inventura neonikotinoidů v medu. *Moderní včelař*. 11. 32-33.
- Porrini, C., Sabatini, A. G., Girotti, S., Ghini, S., Medrzycki, P., Grillenzoni, F., Bortolotti, L., Gattavecchia, E., Celli, G. 2003. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta*. 38. 63-70.
- Prokinová, E. 2014. *Choroby polních plodin*. Profi Press. Praha. 90 s. ISBN: 978-80-86726-59-5.
- Sackin, B. M., Fishman, Y. 1998. Honey bee repellent composition comprising tea tree oil. USA. Patent 5 738 863. 14. 5. 1998.
- Seidenglanz, M., Poslušná, J. 2014. Ochrana řepky proti bejlmorce kapustové a krytonosci šesňulovému. *Úroda*. 62 (5). 63-66.
- Sluijs, J. P., Simon-Delso, N., Goulson, D., Maxim, L., Bonmatin, J. - M., Belzunces, L. P. 2013. Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 5. 293-305.
- Staemmler, G. 2014. *Praktický průvodce včelařským rokem*. VÍKEND. Český Těšín. 126 s. ISBN: 978-80-7433-086-5.
- Stanley, J., Khusboo, S., Jain, S. K., Bhatt, J. C., Sushil, S. N. 2015. Evaluation of pesticide toxicity at their field recommended doses to honey bees, *Apis cerana* and *A. mellifera* through laboratory, semi – field and field studies. *Chemosphere*. 119. 668-674.
- Šenoldová, P., Lokaj, Z. 2008a. Taháky z fytofarmakologie – mechanismus zoocidních účinných látek I. *Rostlinolékař*. 19 (1). 26-28.
- Šenoldová, P., Lokaj, Z. 2008b. Taháky z fytofarmakologie – mechanismus zoocidních účinných látek II. *Rostlinolékař*. 19 (2). 34-36.

- Šenoldová, P., Lokaj, Z. 2008c. Taháky z fytofarmakologie – mechanismus zoocidních účinných látek IV. Rostlinolékař 19 (4). 30-32.
- Šenoldová, P., Lokaj, Z. 2008d. Taháky z fytofarmakologie – mechanismus fungicidních účinných látek I. Rostlinolékař 19 (5). 29-32.
- Šenoldová, P., Lokaj, Z. 2009. Taháky z fytofarmakologie – mechanismus fungicidních účinných látek III. Rostlinolékař. 20 (1).
- Švamberk, V. 2015. Prostředí a včely - Ekologie (nejen) pro včelaře. Spolek pro rozvoj včelařství MÁJA. Praha. 223 s. ISBN: 978-80-88045-01-4.
- Tauz, J. 2009. Fenomenální včely. Brázda. Praha. 288 s. ISBN: 978-80-209-0415-7.
- Titěra, D., Kamler, F. 2013. Provedení analýzy rozsahu a vlivu používání vysoce rizikových insekticidů ze skupiny neonikotinoidů pro včely. Závěrečná zpráva o plnění úkolů vyplývajících ze smlouvy o dílo č. 553/2013-17221 k úkolu č. 110048 A uzavřené mezi MZe ČR a VÚVČ v Dole. Dol. Výzkumný ústav včelařský.
- Titěra, D. 2014. Neonikotinoidy a včely. Úroda. 57 (5). 74-76.
- Titěra, D. 2017. Včely zdravé a nemocné. Brázda. Praha. 189 s. ISBN: 978-80-209-0420-1.
- Thompson, H. M. 2001. Assessing the exposure and toxicity of pesticides to bumblebees (*Bombus* sp.). Apidologie. 32. 305-321.
- Thompson, H., Wilkins, S. 2003. Assessment of the synergy and repellency of pyrethroid/fungicide mixtures. Bulletin of Insectology. 56 (1). 131-134.
- Tosi, S., Costa, C., Vesco, U., Quaglia, G., Guido, G: 2018. A 3 – year survey of italian honey bee – collected pollen reveals widespread contamination by agricultural pesticides. Science of total environment. 615. 208-218.
- Tstvetkov, N., Samson – Robert, O., Sood, K., Patel, H. S., Malena, D. A., Gajiwala, P. H., Maciukiewicz, P., Fournier, V., Zayed, A. 2017. Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey-bee health near corn crops. Science. 356. 1395-1397.

Vašák, J., Baranyk, P., Bartoška, J., Bečka, D., Bechyně, M., Filípek, I., Kamler, F., Kuchtová, P., Matula, J., Mikšík, V., Nerad, D., Novák, J., Nozdrovický, L., Pawlica, R., Prášil, I., Prokinová, E., Suškevič, M., Šedivý, J., Tuček, P., Vincenc, J., Zehnálek, P., Zupalová, H. 2000. Řepka. Agrospoj. Praha. 321 s. ISBN: 80-239-4236-0.

Veselý, V., Bacílek, J., Drobníková, V., Kamler, F., Kubišová S., Ptáček, V., Titěra, D. 2013. Včelařství. Brázda. Praha. 257 s. ISBN: 978-80-209-0399-0.

Volková, M., Kazda, J. 2016a. Jak pesticidy ovlivňují návštěvnost opylovačů v porostu. Úroda. 64 (6). 72-75.

Volková, M., Kazda, J. 2016b. Repelence či atraktivita vybraných pesticidních přípravků, aplikovaných do řepky, pro opylovače. In: Švachula, V., Vach, M., Honsová, M. 2016. Prosperující olejniný 2016 – Sborník referátů z konference katedry rostlinné výroby ČZU v Praze. Zemědělská společnost při ČZU v Praze. Praha. 95-99. ISBN: 978-80-213-2693-4.

Volková, M., Kazda, J. 2017. Repelentní účinek insekticidů na včely v kvetoucí řepce. Úroda. 65 (5). 67-72.

Vyhláška č. 327/2012 Sb. ze dne 3. 10. 2012 o ochraně včel, zvěře, vodních organismů a dalších necílových organismů při použití přípravků na ochranu rostlin. In: Sbírka zákonů České republiky. 2012. částka 119/2012. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-2012-327.html.

Vyhláška č. 395/1992 Sb. ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení České republiky. 1992. částka 80/1992. s. 2212. Dostupné z https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/7698185C778DA46FC125654B0044DDBC/%24file/V%20395_1992.pdf.

Williams, G. R., Troxler, A., Retschnig, G., Roth, K., Yañez, O., Shutler, D., Neumann, P., Gauthier, L. 2015. Neonicotinoid pesticides severally affect honey bee queens. Scientific Reports. 5. 1-8. Dostupné z <https://www.nature.com/articles/srep14621>.

Woodcock, B. A., Edwards, M., Redhead, J., Meek, W. R., Nuttall, P., Falk, S., Nowakowski, M., Pywell, R. F. 2013. Crop flower visitation by honeybees, bumblebees and solitary bees: Behavioural differences and diversity responses to landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 171. 1-8.

Zehnálek, P., Kraus, P. 2017. Seznam doporučených odrůd řepky olejky 2017. GILL. Brno. 121 s. ISBN: 978-80-7401-137-5.

Zhu, W., Schmehl, D. R., Mullin, Ch. A., Frazier, J. L. 2014. Four Common Pesticides, Their Mixtures and a Formulation Solvent in the Hive Environment Have High Oral Toxicity to Honey Bee Larvae. *PLoS ONE*. 9 (1). Dostupné z <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0077547>>.

Další použité prameny

Registr přípravků na ochranu rostlin, dostupné z

<<http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/>>.

Rostlinolékařský portál, dostupné z

<http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#ior|met:097a4ac9ec868121c8cd4d6f9a001c54|kap1:plodiny>.

ZO ČSV Praha 6 (Základní organizace Českého svazu včelařů Praha 6), dostupné z

<<http://www.vcelyvpraze.cz/zopraha6/>>.

9 Samostatné přílohy (grafy, tabulky, fotografie, aj.)

9.1 Tabulky

Tabulka 5 Celková návštěvnost jednotlivých skupin opylovačů pro jednotlivé varianty pesticidního pokusu

Varianta	Včely (ks)	Čmeláci (ks)	Samotářské včely (ks)
Kontrola	142	115	88
Nurelle D	158	142	90
Biscaya 240 OD	221	133	95
Trebon OSR	170	102	95
Mospilan 20 SP	208	133	117
Avaunt 15 EC	198	137	112
Pictor	135	110	86
Prosaro 250 EC	141	90	102
celkem	1373	962	785

Tabulka 6 Sestupné pořadí návštěvnosti jednotlivých variant podle průměrné návštěvnosti – včely

Pořadí	Varianta	Průměrná návštěvnost (ks)
1.	Biscaya 240 OD	1,009
2.	Mospilan 20 SP	0,95
3.	Avaunt 15 EC	0,904
4.	Trebon OSR	0,776
5.	Nurelle D	0,721
6.	Kontrola	0,648
7.	Prosaro 250 EC	0,644
8.	Pictor	0,616

Tabulka 7 Sestupné pořadí návštěvnosti jednotlivých variant podle průměrné návštěvnosti - čmeláci

Pořadí	Varianta	Průměrná návštěvnost (ks)
1.	Nurelle D	0,648
2.	Avaunt 15 EC	0,626
3.-4.	Biscaya 240 OD	0,607
3.-4.	Mospilan 20 SP	0,607
5.	Kontrola	0,525
6.	Pictor	0,502
7.	Trebon OSR	0,466
8.	Prosaro 250 EC	0,412

Tabulka 8 Sestupné pořadí návštěvnosti jednotlivých variant podle průměrné návštěvnosti - samotářské včely

Pořadí	Varianta	Průměrná návštěvnost (ks)
1.	Mospilan 20 SP	0,534
2.	Avaunt 15 EC	0,511
3.	Prosaro 250 EC	0,466
4.	Biscaya 240 OD	0,435
5.	Trebon OSR	0,434
6.	Nurelle D	0,411
7.	Kontrola	0,402
8.	Pictor	0,393

Tabulka 9 Vyhodnocení návštěvnosti včel pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA test)

Jednorozměrné testy významnosti, velik. efektů a síly pro Počet včel Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy								
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p	Parciál. éta-kvadr.	Výstřednost	Pozor. síla (alfa=0,05)
Abs. člen	1075,987	1	1075,987	713,1297	0,000000	0,290229	713,1297	1,000000
Insekticid	35,625	7	5,089	3,3730	0,001402	0,013358	23,6111	0,964640
Chyba	2631,388	1744	1,509					

Tabulka 10 Vyhodnocení návštěvnosti včel - Turkeyův HSD test

Turkeyův HSD test; proměnná Počet včel Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PC = 1,5088, sv = 1744,0									
Č. buňky	Insekticid	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
		,64840	,72146	1,0091	,77626	,94977	,90411	,61644	,64384
1	Kontrola		0,998591	0,044136	0,959250	0,167923	0,364854	0,999995	1,000000
2	Nurelle D	0,998591		0,217070	0,999788	0,519651	0,776588	0,986623	0,997922
3	Biscaya	0,044136	0,217070		0,492816	0,999638	0,986623	0,018667	0,039257
4	Trebon	0,959250	0,999788	0,492816		0,819355	0,959250	0,874671	0,950832
5	Mospilan	0,167923	0,519651	0,999638	0,819355		0,999938	0,085450	0,153469
6	Avaunt	0,364854	0,776588	0,986623	0,959250	0,999938		0,217070	0,341138
7	Pictor	0,999995	0,986623	0,018667	0,874671	0,085450	0,217070		0,999998
8	Prosaro	1,000000	0,997922	0,039257	0,950832	0,153469	0,341138	0,999998	

Tabulka 11 Vyhodnocení návštěvnosti čmeláků pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA test)

Jednorozměrné testy významnosti, velik. efektů a síly pro Počet čmeláků Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy								
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p	Parciál. éta-kvadr.	Výstřednost	Pozor. síla (alfa=0,05)
Abs. člen	528,221	1	528,2215	588,4610	0,000000	0,245825	588,4610	1,000000
Insekticid	11,231	7	1,6044	1,7268	0,098548	0,006882	12,0881	0,711828
Chyba	1620,548	1744	0,9292					

Tabulka 12 Vyhodnocení návštěvnosti samotářských včel pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA test)

Jednorozměrné testy významnosti, velik. efektů a síly pro Počet samotářských včel Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy								
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p	Parciál. éta-kvadr.	Výstřednost	Pozor. síla (alfa=0,05)
Abs. člen	324,4954	1	324,4954	588,3390	0,000000	0,245132	588,3390	1,000000
Insekticid	10,2443	7	1,4635	2,5542	0,012839	0,010148	17,8793	0,890787
Chyba	999,2603	1744	0,5730					

Tabulka 13 Vyhodnocení návštěvnosti samotářských včel - Turkeyův HSD test

Č. buňky	Insekticid	Tukeyův HSD test; proměnná Počet samotářských včel Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,57297, sv = 1744,0							
		{1} ,40183	{2} ,26941	{3} ,43379	{4} ,43379	{5} ,53425	{6} ,51142	{7} ,39269	{8} ,46575
1	Kontrola		0,599018	0,999853	0,999853	0,599018	0,799669	1,000000	0,987561
2	Nurelle D	0,599018		0,308859	0,308859	0,006132	0,018652	0,684500	0,118141
3	Biscaya	0,999853	0,308859		1,000000	0,862761	0,962408	0,999221	0,999853
4	Trebon	0,999853	0,308859	1,000000		0,862761	0,962408	0,999221	0,999853
5	Mospilan	0,599018	0,006132	0,862761	0,862761		0,999985	0,511434	0,981381
6	Avaunt	0,799669	0,018652	0,962408	0,962408	0,999985		0,725119	0,998457
7	Pictor	1,000000	0,684500	0,999221	0,999221	0,511434	0,725119		0,973117
8	Prosaro	0,987561	0,118141	0,999853	0,999853	0,981381	0,998457	0,973117	

Tabulka 14 Obsah účinných látek v odebraných vzorcích květů řepky ozimé v mg/kg hmoty

Varianta		11.05.2017	13.05.2017	15.05.2017	17.05.2017	19.05.2017	24.05.2017	29.05.2017
Nurelle D	Chlorpyrifos	4,794	0,088	0,080	0,039	0,011	0,071	<LOQ
	Cypermethrin	0,772	0,036	0,061	0,046	0,021	<LOQ	<LOQ
Biscaya	Thiacloprid	3,249	0,065	0,148	0,045	0,025	0,007	<LOQ
	Trebon	Etofenprox	1,201	0,206	0,154	0,053	0,035	0,014
Mospilan	Acetamidrid	2,036	0,239	0,274	0,162	0,052	0,017	<LOQ
Avaunt	Indoxacarb	0,418	0,021	0,027	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Pictor	Boscalid	3,692	<LOQ	0,353	0,169	0,126	0,029	0,006
	Dimoxystrobin	3,531	<LOQ	0,273	0,110	0,084	0,017	<LOQ
Prosaro	Tebuconazole	5,515	1,171	0,440	0,071	0,093	0,009	<LOQ
	Prothioconazole-desethio	1,140	0,485	0,184	0,045	0,047	<LOQ	<LOQ

9.2 Obrázky

Obrázek 2 Maloparcelkové pokusy na Demonstračním a experimentálním pracovišti FAPPZ ČZU v Praze Suchdole



Obrázek 3 Návštěva včely medonosné v porostu kvetoucí řepky



Obrázek 4 Návštěva čmeláka v porostu kvetoucí řepky



Obrázek 5 Návštěva samotářské včely v porostu kvetoucí řepky



Obrázek 6 Včelí úly přistavené k pokusným parcelám za účelem zvýšení návštěvnosti porostu



10 Seznam příloh

10.1 Tabulky

Tabulka 5 Celková návštěvnost jednotlivých skupin opylovačů pro jednotlivé varianty pesticidního pokusu.....	61
Tabulka 6 Sestupné pořadí návštěvnosti jednotlivých variant podle průměrné návštěvnosti – včely.....	61
Tabulka 7 Sestupné pořadí návštěvnosti jednotlivých variant podle průměrné návštěvnosti - čmeláci.....	61
Tabulka 8 Sestupné pořadí návštěvnosti jednotlivých variant podle průměrné návštěvnosti - samotářské včely.....	62
Tabulka 9 Vyhodnocení návštěvnosti včel pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA test).....	62
Tabulka 10 Vyhodnocení návštěvnosti včel - Turkeyův HSD test.....	62
Tabulka 11 Vyhodnocení návštěvnosti čmeláků pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA test).....	62
Tabulka 12 Vyhodnocení návštěvnosti samotářských včel pomocí analýzy variace rozptylu (ANOVA test).....	62
Tabulka 13 Vyhodnocení návštěvnosti samotářských včel - Turkeyův HSD test.....	63
Tabulka 14 Obsah účinných látek v odebraných vzorcích květů řepky ozimé v mg/kg hmoty.....	63

10.2 Obrázky

Obrázek 2 Maloparcelkové pokusy na Demonstračním a experimentálním pracovišti FAPPZ ČZU v Praze Suchdole.....	63
Obrázek 3 Návštěva včely medonosné v porostu kvetoucí řepky.....	64
Obrázek 4 Návštěva čmeláka v porostu kvetoucí řepky.....	64
Obrázek 5 Návštěva samotářské včely v porostu kvetoucí řepky.....	64
Obrázek 6 Včelí úly přistavené k pokusným parcelám za účelem zvýšení návštěvnosti porostu	65