

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra ochrany rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Letální účinky přípravků využitelných v ekologickém
zemědělství na mšice**

Diplomová práce

Bc. Ivana SMETANOVÁ

**Studijní program Zemědělství a rozvoj venkova
Specializace Ekologické zemědělství**

Vedoucí práce RNDr. Jan Raška, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Letální účinky přípravků využitelných v ekologickém zemědělství na mšice" 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 19.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu RNDr. Janu Raškovi, Ph.D., za vedení této práce, cenné rady, pomoc se psaním a za poskytnutou trpělivost a ochotu v průběhu zpracovávání práce.

Letální účinky přípravků využitelných v ekologickém zemědělství na mšice

Souhrn

u kterých byla v laboratorních podmínkách testována účinnost proti mšici broskvoňové (*Myzus persicae*) na listech krmné řepy (*Beta vulgaris var. rapacea*). Testován byl insekticid Neudosan obsahující draselné soli mastných kyselin, dále přípravek Rock Effect, jehož účinnou látkou je olej z *Pongamia pinnata* a jako poslední byl zvolen výluh z kopřiv.

Mšice byly vystaveny testovaným přípravkům po dobu 24 hodin. Zatímco přípravky Neudosan a Rock Effect prokázaly účinek na mortalitu mšic, což naznačuje jejich potenciální využití v režimu ekologického zemědělství jakožto pomocných látek při chemické ochraně řepy před mšicemi, u výluhu z kopřivy a u konvenčního insekticidu Sanium ultra, zvoleného jako pozitivní kontrola, obsahujícího účinnou látku deltamethrin, nebyl vliv na mortalitu mšic zaznamenán.

Diplomová práce rovněž shrnuje současné poznatky o škodlivosti mšice broskvoňové v porostech řepy a problematiku boje s tímto významným škůdcem.

Klíčová slova: ekologické zemědělství, mšice, pesticidy, řepa

Lethal effects of substances useful in organic agriculture on aphids

Summary

This study focuses on testing the efficacy of insecticide preparations against the green peach aphid (*Myzus persicae*) on leaves of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *rapacea*) under laboratory conditions. The tested insecticides were Neudosan, which contains potassium salts of fatty acids, Rock Effect, which has *Pongamia pinata* oil as its active ingredient, and nettle extract.

Aphids were exposed to the tested products for 24 hours. The experiments have shown that Neudosan and Rock Effect had an effect on aphid mortality, indicating their potential use in organic farming as supplementary substances in chemical control of aphids on beet. However, nettle extract and the conventional insecticide Sanium Ultra, chosen as a positive control containing the substance deltamethrin, had no effect on aphid mortality.

The thesis also summarises the current knowledge on the harmfulness of the green peach aphid in beet crops and the problems associated with controlling this important pest.

Keywords: organic farming, aphids, pesticides, beet

Obsah

1	Úvod	7
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	8
2.1	Cíl práce	8
2.2	Hypotéza	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Insekticidní ochrana	9
3.2	Ochrana plodin v ekologickém zemědělství	10
3.3	Pokusný organismus: Mšice broskvoňová	12
3.3.1	Rezistence	13
3.3.2	Přirození nepřátelé	14
3.4	Pokusná plodina: Řepa obecná	15
3.4.1	Rizika napadení řepy škůdci	16
3.4.2	Ochrana porostů řepy	16
3.5	Testované přípravky	17
3.5.1	Neudosan	17
3.5.2	Rock Effect	18
3.5.3	Kopřivový výluh	19
3.5.4	Sanium ultra	20
4	Metodika	22
4.1	Původ materiálu	22
4.2	Průběh pokusu	23
4.3	Zpracování dat	25
5	Výsledky	26
6	Diskuze	28
7	Závěr	30
8	Literatura	31

1 Úvod

Množství lidí na planetě má stále rostoucí trend a lidstvo se tak potýká s výzvou dostatečné produkce potravin k uživení narůstající populace (Campos et al. 2018). Plocha půdy vhodná pro zemědělství je však omezená a většina jí je pro tyto účely již využívána; produkci potravy je proto třeba navýšit především vyššími výnosy (Campos et al. 2018). Mezi důležité faktory výnosu plodin patří mimo jiné i hmyzí škůdci, kteří škodí nejen přímým poškozením, ale i přenosem chorob, jelikož otevřené rány na rostlině způsobené zkrmováním jsou bránou pro vstup bakterií či hub (Shrivastava et al 2010).

V současnosti je pro kontrolu škůdců v porostech využíváno ve velké míře syntetických chemických látek přetrvávajících v životním prostředí (Ortiz-Hernández et al. 2013), hromadících se v plodině, prostřednictvím kterých se přenáší i do živočichů a lidí (Stepanycheva et al. 2014). Šetrnější způsoby produkce potravin se snažíme nacházet cestou ekologického zemědělství založeného na principech zachování kvality půdy, promyšleném střídání plodin a přirozeném boji proti škůdcům (Reganold & Wachter 2016). Přístup k ochraně plodin je založen na znalostech ekosystémů, především vztahů mezi rostlinami a hmyzem. V boji se škůdci je primárně přistupováno k preventivním opatřením ve spojení s biologickou kontrolou, které jsou následovány chemickou kontrolou za použití povolených přípravků k užití v ekologickém zemědělství (Shrivastava et al 2010).

Ačkoli je mšice broskvoňová považována za jednoho z nejničivějších zemědělských škůdců (Ali et al. 2023) ohrožujícího růst a vývoj široké škály plodin na celém světě, je nabídka účinných přípravků pro chemické ošetření porostů před tímto škůdcem nejen v režimu ekologického zemědělství značně omezená (Letourneau & van Bruggen 2006), i proto je nezbytné hledat látky, které nám pomohou účinně chránit porosty před poškozením adaptabilním druhem *Myzus persicae*, aniž by negativně ovlivňovaly životní prostředí.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Cíl práce

Cílem práce bylo otestovat a zhodnotit účinnosti vybraných látek využitelných v ekologickém zemědělství, které byly vybrány jako potenciálně účinné proti mšici broskvoňové (*Myzus persicae*), která je významným škůdcem řepy (*Beta vulgaris*).

2.2 Hypotéza

Vybrané látky mají při standardních koncentracích letální účinky na mšici broskvoňovou (*Myzus persicae*)

3 Literární rešerše

3.1 Insekticidní ochrana

Jedním z omezujících vlivů produkce plodin jsou škody způsobené chorobami a škůdci (Campos et al. 2018), napadení rostliny škůdcem totiž ovlivní její růst a vývoj, čímž způsobuje ztráty na výnosu plodiny (Berger et al. 2007). Bez použití agrochemikálií by v důsledku působení těchto činitelů bylo možné ztratit až 70 % zemědělské produkce (Campos et al. 2018). Celosvětově ohrožuje či poškozuje úrodu zhruba 9000 druhů hmyzu a možné ztráty v návaznosti na jejich působení se odhadují přibližně na 14 % (Pimentel 1995).

Ačkoli je k zahubení škůdce zapotřebí poměrně malé množství pesticidu (Pimentel 1995), je v zemědělství využíváno velké množství chemických látek (Stepanycheva et al. 2014), a to z důvodu, že nemalé množství aplikovaných pesticidů nikdy nedosáhne svého cíle (Ortiz-Hernández et al. 2013). Pro boj se škůdci se při zemědělské činnosti běžně využívají insekticidy, přípravky sloužící k hubení hmyzu, které jsou aplikovány plošně (Devine & Furlong 2006). Obecně méně než 0,1 % z celosvětově aplikovaných pesticidů dosáhne cílového organismu, velmi však záleží především na způsobu aplikace a způsobu mechanismu, kterým daný pesticid účinkuje (Pimentel 1995). Přitom často využívané syntetické chemické látky aplikované na rostliny setrvávají v životním prostředí, které mohou negativně ovlivnit (Ortiz-Hernández et al. 2013), neboť některé z těchto látek nejsou z prostředí v průběhu času nijak odstraněny (Stepanycheva et al. 2014). Používání syntetických prostředků s sebou přináší poškozování životního prostředí, intenzivní používání agrochemikálií má vliv na jejich delší přetrvávání v půdě, kde negativně ovlivňují mikrobiom, což může následně ovlivnit úrodnost půdy a další růst rostlin (Donatelli et al. 2017). Kontaminace půdy je následována kontaminací povrchových a podzemních vod (Ortiz-Hernández et al. 2013), vysoké dávky aplikovaných chemických látek v zemědělství mají i negativní vliv na znečištění ovzduší a sníženou biologickou rozmanitost (Campos et al. 2018), neboť mezi plodinami a jejich škůdci existuje spousta vzájemných a komplexních interakcí, škůdci jsou přirozenou součástí pěstovaných systémů (Donatelli et al. 2017). K tomu si cílové druhy mohou vůči používaným přípravkům vytvořit rezistenci, přičemž přípravek může ovlivnit pouze necílové organismy, které však mají svou nezastupitelnou funkci v přírodě (Devine & Furlong 2006).

Roční spotřeba přípravků na ochranu rostlin v České republice činila za rok 2022 10852 tun (Ústav zemědělské ekonomiky a informací 2023). V témže roce bylo na zemědělské půdy České republiky aplikováno 56 487 kg insekticidních účinných látek obsažených v přípravcích na ochranu rostlin (Ústřední kontrolní a zkušební ústav 2023). V návaznosti na zakazování užívání konkrétních látek, kdy je pro efektivní ochranu porostů nutné využívat látky jiné, avšak ve více aplikacích, došlo v roce 2022 k mírnému navýšení užitých insekticidních látek, které tvořily přibližně 5,5 % z celkového množství aplikovaných látek v České republice (Ústav zemědělské ekonomiky a informací 2023). Přesto množství

používaných insekticidů v posledních letech v České republice celkově klesá, k největšímu poklesu došlo po roce 2020, kdy došlo k zákazu aplikace přípravků s účinnou látkou chlorpyrifos a chlorpyrifos-methyl, které byly látkami hojně využívanými při pěstování řepky a obilnin, přičemž na trhu není alternativní náhrada těchto zakázaných látek (Cenia 2020). V celosvětovém měřítku však užívání insekticidů na ústupu není, stále jsou hlavní obranou proti škůdcům (Devine & Furlong 2006), neboť jejich používání vede ke zlepšování kvality a výnosů zemědělských produktů (Damalas & Koutroubas 2018). Chemické pesticidy jsou v boji se škůdci upřednostňovány především kvůli jejich dostupnosti, nízké ceně, rychlé a vysoké účinnosti a snadnému použití (Ali et al. 2023).

I když je vzhledem k provázanosti přírodních vztahů těžké přesně určit rizika užívání insekticidů (Devine & Furlong 2006), dochází ke zvýšení povědomí o negativních vlivech pesticidů a jejich reziduí na životní prostředí, živé organismy, ovzduší i vodu (Damalas & Koutroubas 2018). Využívání látek k hubení hmyzu je ale v zemědělství, s ohledem na potřebu uspokojit poptávku po potravinách, nevyhnutelné (Kawaekar 2013), zemědělství s nulovými vstupy pesticidů by nebylo udržitelné (Urech 2000), avšak negativní vlivy využívaných syntetických chemikálií vyvolávají potřebu po alternativních metodách, které zajistí udržitelnost zemědělství bez poškozování životního prostředí. Nalezení vhodných látek chránících rostliny před škůdci může výrazně napomoci ke snížení množství používaných konvenčních pesticidů (Kawaekar 2013).

3.2 Ochrana plodin v ekologickém zemědělství

K zajištění udržitelného zemědělského systému bez intenzivního poškozování životního prostředí je stále zapotřebí hledat inovativní cesty (Reganold & Wachter 2016), o udržitelné využití přírodních zdrojů se snaží ekologická forma zemědělství (Durán-Lara et al. 2020). Ačkoli se množství ekologických farem a nabídka bioproduktů stále zvyšuje, v dnešní době není možné lidskou populaci planety uživit prostřednictvím ekologicky vypěstovaných produktů (Reganold & Wachter 2016). Vzhledem k nižším výnosům oproti konvenčnímu zemědělství, je ekologická produkce často považována za neefektivní, ale je třeba zmínit, že se jedná o šetrnější proces vůči životnímu prostředí a potraviny z ekologického režimu pěstování jsou v některých případech výživnější a obsahují méně pesticidů (Reganold & Wachter 2016).

Výnosová mezera mezi konvenčním a ekologickým způsobem pěstování může být snížena volbou vhodné odrůdy pro podmínky ekologické produkce či používáním správných technik, díky kterým má ekologicky obhospodařovaná půda například větší schopnost zadržet vodu, což může hrát roli při neustále narůstajících problémech sucha, kdy ve finále může ekologická produkce vykazovat větší výnosy než produkce na konvenčně obhospodařované půdě (Reganold & Wachter 2016).

Zatímco v rámci konvenčního zemědělství se záměrně narušují přírodní ekosystémy za účelem produkce potravin, ekologické zemědělství se snaží využít silných stránek ekosystému

a ty rozvíjet (Magdoff 2007). Cílem ekologického zemědělství je kromě produkce potravin i zachování zdrojů (Bernet & Weidmann 2022) a fungujících ekosystémů s velkou biologickou rozmanitostí, která napomáhá ke snížení ohnisek chorob a škůdců (Magdoff 2007). Snahou je dosáhnout dobré souhry rostlin, půdy, hmyzu, vody, hospodářských zvířat a klimatických faktorů (Bernet & Weidmann 2022).

Primární cestou před negativním působením hmyzích škůdců, kteří jsou důležitým faktorem výnosu (Shrivastava et al. 2010), jsou preventivní opatření (Jacobsen 2002) jako volba vhodného stanoviště, rezistentní odrůdy, podpora přirozených nepřátel, vhodný pěstební systém a agrotechnická opatření. V případě kdy preventivní opatření včetně biologické kontroly nejsou efektivní a je v ohrožení výnos nebo kvalita plodiny, přistupuje se nakonec k chemické ochraně rostlin aplikované na omezenou plochu (Benbrook et al. 2021).

Na ekologicky pěstované porosty nesmí být aplikovány přípravky, které nejsou v souladu s principy ekologické produkce, přičemž zásady ekologického zemědělství musí splňovat nejen hlavní účinná látka, ale i veškeré přísady daného přípravku, který musí projít registrací v daném členském státě Evropské unie (Matyjaszczyk 2017).

V rámci chemické kontroly ekologického zemědělství se upřednostňují biologicky odbouratelné pesticidy, které se nehromadí v životním prostředí (Durán-Lara et al. 2020). Povoleno je užívat přípravky na bázi prvků nebo jejich anorganických sloučenin a mikrobiální či biochemické biopesticidy (Hrudová 2015), tyto prostředky na přírodní bázi mají nižší škodlivé dopady na životní prostředí než syntetické prostředky (Benbrook et al. 2021), ale mívají i nižší účinnost (Bernet & Weidmann 2022), přesto jejich použití může pomoci ke zvýšení výnosu. Látky působí na principech odpuzování, prevence, zmírňování nebo zničení škůdce (Durán-Lara et al. 2020), nastavená strategie však vede k udržení škůdce pod prahem ekonomické škodlivosti. Cílem není úplná eradikace škůdce, která by mohla narušit fungující ekosystém (Shrivastava et al. 2010). Využití chemické kontroly v porostech je pouze dočasné řešení, jehož úspěšnost je často závislá na podmínkách konkrétního místa (Haldhar et al. 2017).

V ideálním případě by přípravky užívané v ekologickém zemědělství měly být krátkodobě perzistentní v životním prostředí i plodinách, měly by být selektivní s nízkou toxicitou pro savce a měly by využívat několik mechanismů účinku (Curkovic 2016). Momentálně se využívané přípravky dělí na několik základních typů, především se jedná o mikrobiální a biochemické biopesticidy, botanické pesticidy a anorganické přípravky na bázi prvků nebo sloučenin.

Biopesticidem je látka regulující škůdce netoxickým mechanismem šetrným k životnímu prostředí, vyrobená z přirozeně se vyskytujících látek. Jedná se o rostlinné ochranné látky, biochemické nebo mikrobiální látky (Kumar 2012), jejich výhodou je nízké riziko vytvoření rezistence (Costa et al. 2023) a v některých případech mohou dosahovat stejných účinků při malém množství jako pesticidy chemické (Kumar 2012).

Mikrobiální biopesticidy jsou vyrobené z prospěšných mikroorganismů (bakterií, virů, hub, prvoků) a bývají relativně specifické na cílového škůdce. Biochemickými pesticidy jsou například feromony, rostlinné extrakty používané v pastích apod. (Costa et al. 2023).

Botanické pesticidy jsou produkty získané přímo z rostlin, nejsou chemicky syntetizované (Pimentel 1995) a byly využívány již ve starověké Číně, Egyptě, Řecku, či Indii. Ve dvacátém století se jednalo o hlavní využívané látky před nástupem syntetických chemických insekticidů (Isman 2006). Jedná se o pomalu působící prostředky (Costa et al. 2023), snadno biologicky odbouratelné, levné, a s různými způsoby účinku. Jejich zdroje jsou snadno dostupné a k tomu mívají i nízkou toxicitu pro necílové organismy (Lengai et al. 2020).

Mezi další používané látky se řadí uměle vyrobená mýdla, případně soli mastných kyselin, které jsou využívány především proti škůdcům s měkkým tělem, u nichž dojde k narušení kutikuly. Jejich účinnost je závislá na vnějších podmínkách, jelikož nejúčinnější jsou v případě pomalého zasychání. Neposkytují však dlouhodobou ochranu, jelikož po zaschnutí na povrchu rostlin již nejsou efektivní. Tyto látky nemají vliv na vajíčka hmyzu a nejsou vhodné na fyto toxicky citlivé plodiny (Haldhar et al. 2017).

3.3 Pokusný organismus: Mšice broskvoňová

Mšice broskvoňová se řadí do čeledi Aphididae (Šefrová 2014), vyskytuje se po celém světě a je považována za škůdce polních rostlin, zeleniny, okrasných rostlin i rostlin pěstovaných ve sklenících, též je považována za nejvýznamnějšího přenašeče rostlinných virů na světě (Capinera 2008), neboť je přenašečem až 180 druhů rostlinných virů (Fryč & Rychlý 2014). Pro pěstované rostliny jsou škodlivé především nymfy živící se šťávami z mladých listů a stonků (Capinera 2008). Mšice broskvoňová je polyfágní a využívá velké množství hostitelských rostlin, například z čeledi brukvovitých, bobovitých, tykvoovitých, lipnicovitých, lilkovitých a laskavcovitých (Šefrová 2014).

Samičky *M. persicae* se dokáží množit partenogeneticky, tedy po dosažení dospělosti rodí živé samice bez oplození. Podzimní generace sameček naláká samce a dojde k produkci oplozených vajíček umístovaných nejčastěji do štěrbin kůry ovocných stromů rodu *Prunus*, z nichž se líhnou nymfy. Ve fázi černého lesklého vajíčka eliptického tvaru o délce 0,6 mm a šířce 0,3 mm je mšice schopna přežít i při nevhodných podmínkách a nízkých zimních teplotách (Capinera 2008).

Dospělá samička dorůstá velikosti 2 - 3 mm a za dobu svého života porodí až 80 nazelenalých až nažloutlých nymf (Fryč & Rychlý 2014). Tmavě hnědá tykadla jsou kratší než tělo, které je oválného tvaru. Oči mají hnědočervenou nebo červenou barvu. Sifunkuli jsou stejného zbarvení jako tělo, jsou tenké a dlouhé, mírně zduřelé uprostřed, na konci tmavší (Šefrová 2014). V rámci generací se střídají formy bezkřídle s formami okřídlených jedinců, které se vyvíjí s cílem většího rozptýlení v případě, že dojde k vysoké hustotě mšic na rostlině. Šířit se však mohou i bezkřídlí jedinci a to s pomocí větru (Capinera 2008).

Mšice jsou aktivní již při nižších teplotách (4-10°C), za těchto podmínek ještě nemusí být aktivní přirození nepřítelé, kteří by přirozeně přispěli k redukci mšic a zároveň v období nižších teplot jsou rostliny mladé a tím náchylnější k napadení větším množstvím mšic (Capinera 2008). Přirozeným nepřitelem jsou slunéčka, střevlíci, zlatoočka, pestřenky a parazitické vosičky (Fryč & Rychlý 2014). Používání syntetických a přírodních přípravků nabízí možnost zvýšení ochrany před mšicemi, avšak je třeba zároveň zachovat silnou populaci přirozených nepřátel, neboť jejich likvidace by mohla následně vést ke zvětšení populace mšic. Insekticidy využívané proti mšicím jsou často na kontaktní bázi, kdy je třeba aplikovat přípravek přímo na jedince, avšak mšice se často vyskytují na spodních stranách listů nebo u mladých listů, kde k aplikaci dochází obtížně (Capinera 2008).

3.3.1 Rezistence

Vývoj rezistence na insekticidy je v zemědělství stále větší problém (Silva et al. 2012). Pro regulaci *Myzus persicae* byly po dlouhou dobu intenzivně používány téměř výhradně insekticidy, což vedlo k rozvoji populací, které jsou nyní vůči některým třídám insekticidů odolné (Bass et al. 2014). Vyvinutá rezistence je zjištěna již k více než sedmdesáti syntetickým sloučeninám (Silva et al. 2012) a je hlášena vůči většině tříd syntetických insekticidů - pyretroidy, cyklodieny, neonicotinoidy, karbamáty, organofosfáty (Bass et al. 2014), přitom právě pyretroidy, karbamáty a organofosfáty jsou v současné době nejvíce používané látky pro kontrolu mšic broskvoňových.

Pozoruhodná schopnost rychlé adaptace na insekticidy a vyvíjení rezistence vůči účinnějším sloučeninám než jakýkoli jiný známý hmyz (Silva et al. 2012) řadí *Myzus Persicae* mezi nejodolnější druhy. Mimo to je *Myzus persicae* i velice schopná se adaptovat na nové hostitelské rostliny (Bass et al. 2014).

Potenciálně široká adaptace na používané insekticidy je dána především genotypem mšic, který je citlivý a vykazuje transkripční plasticitu. Vytvořená rezistence mšic je zapříčiněna třemi hlavními mechanismy:

1. snížením absorpce insekticidu snížením permeability kutikuly
2. detoxikačními změnami hladin (enzymové aktivity)
3. necitlivostí způsobenou bodovou mutací v genech kódující proteiny, které jsou cílovým místem insekticidů (Silva et al. 2012).

U jedince může koexistovat více známých mechanismů rezistence, díky čemuž je populace následně rezistentní vůči více druhům insekticidů (Bass et al. 2014). Rezistence však může být spojena se sníženou fyzickou zdatností jedince. Někteří rezistentní jedinci se hůře pohybují mezi hostitelskými druhy plodin, jsou méně schopné přezimovat, jsou méně citlivé na vlastní poplašný feromon nebo zůstávají na již napadených listech a nepřesouvají se na jiné (Devonshire et al. 1998).

Rostoucí genetická diverzita narušuje nabídku účinných insekticidů. Je třeba zajistit dostatečnou chemickou diverzitu, která pomůže v boji s jedinci s již známými mechanismy rezistence a dále je třeba omezit používání nových insekticidů za účelem udržení jejich účinnosti (Foster et al. 2000). Pro účinnou kontrolní strategii je zapotřebí insekticidů působících novými způsoby účinku, které nebudou křížově rezistentní vůči již existujícím mechanismům rezistence. Dlouhodobě bylo spoléháno na omezenou nabídku insekticidů, které zahrnují pouze dva způsoby účinku, nyní je potenciálně dostupných deset chemických tříd s šesti různými způsoby účinku pro použití proti *Myzus persicae*, u poloviny je však riziko narušení účinku již známými mechanismy rezistence. Pro zajištění účinné a udržitelné kontroly škůdce je třeba využívat všechny typy insekticidů, u nichž je známo, že jsou účinné v dané oblasti. To může napomoci udržet poškození mšicemi pod ekonomickým prahem a snížit vytvoření nových mechanismů rezistence takto přizpůsobivého druhu (Bass et al. 2014).

3.3.2 Přirození nepřátelé

V případě aplikace pesticidu je jeho účinkům vystaven nejen cílový škůdce, ale i přirození nepřátelé. Znalost potenciálního vlivu insekticidu na parazitoidy a další přirozené nepřátele je důležitá pro úspěšnou integraci kontrolních opatření (Anjum & Wright 2015), aby nedošlo k narušení populační dynamiky přirozených nepřátel, kteří napomáhají k regulaci populace škůdců (Soundararajan 2012). Určit toxicitu pro přirozené nepřátele je však obtížné, neboť se dá těžko zjistit v laboratorních podmínkách, které jsou natolik rozdílné od podmínek polních (Skouras et al. 2021). V laboratorních podmínkách je například zamezeno možnosti útěku mobilního přirozeného nepřátele z místa aplikace insekticidu (klece, síť).

Náchylnost přirozených nepřátel k aplikovaným insekticidům se liší v návaznosti na způsoby účinku jednotlivých látek a též způsobu aplikace. Listová aplikace má jiný rozsah nepřímých účinku než například aplikace pomocí granulí. Nejvíce škodlivé pro přirozené nepřátele jsou především širokospektré neurotoxické pesticidy, mezi které se řadí organofosfáty, karbamáty či pyrethroidy (Cloyd 2012). Rozdíl vlivu insekticidu může být také důsledkem rozdílu detoxikační schopnosti jednotlivých druhů, zvýšené expozice dospělých parazitoidů reziduí v důsledku vyšší mobility než býložravá kořist či neschopnosti vyvinutí rezistence stejně snadno jako škůdce (Hardin et al. 1995).

Aplikace nevhodné látky má vliv nejen přímo na úmrtnost přirozeného nepřátele, ale je třeba se zaměřit i na účinky subletální, které se projeví na jeho fyziologii či chování (Hardin et al. 1995). Tyto účinky se mohou například projevovat sníženou rychlostí vývoje (Fernandes et al. 2010), poruchou při hledání potravy (Desneux et al. 2007), snížením příjmu potravy, snížením letové aktivity, zvýšením rychlosti pohybu (Hardin et al. 1995), snížením samičí reprodukce či ovlivněním poměru mezi samicemi a samci, sníženou schopností rozpoznat kořist nebo omezenou pohyblivostí (Soundararajan 2012). Negativní ovlivnění plodnosti a snížení délky života prospěšného organismu, vejcomara *Telenomus busseolae* (Hymenoptera: Scelionidae), bylo pozorováno po aplikaci pyrethroidu (Bayram et al. 2010). Subletální účinky insekticidů

na přirozené nepřátele mohou mít pro následnou biologickou kontrolu stejně škodlivé účinky jako jejich úmrtnost (Garcia, 2011).

Důležitá je volba správné koncentrace vybraného insekticidu, neboť insekticidní látky mohou mít různý vliv na organismy při odlišných koncentracích, v některých případech může docházet k větší úmrtnosti přirozeného nepřítele než škůdce. Na druhou stranu v případě, že insekticid redukuje škůdce s vysokou účinností, mohou přežít predátoři hladovět, omezit rozmnožování či změnit místo působení (Longley & Jepson 1997a). Použití nevhodných látek může ovlivnit výkonnost přirozených nepřátel, což následně může vést ke snadnějšímu růstu populace mšic (Jansen et al. 2009). Po aplikaci nevhodné látky do porostu tedy dojde ke snížení populace škůdce, ale následně v důsledku narušení jeho přirozené regulace může dojít k velkému nárůstu jeho populace (Hardin et al. 1995). V případě redukce populace škůdce i přirozeného predátora, může v návaznosti na odlišnou náchylnost k danému prostředku dojít k rozdílné dynamice zotavování populací z důvodu odlišných reprodukčních rychlostí (Denseux et al. 2005). S ohledem na přítomnost parazitoidů je zásadní zvážit načasování aplikace insekticidu. Například u mšicomara *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) bylo zjištěno, že některé látky mají minimální nepříznivé účinky na vývoj parazitoidů, pokud jsou v době aplikace látky chráněny mumifikovanou mšicí. Insekticid následně jen minimálně ovlivňoval přežití dospělců, jejich dlouhověkost i plodnost. Tito jedinci mohou dále sloužit jako účinný rezervoár parazitoidů pro biologickou kontrolu zabraňující opětovnému výskytu škůdce.

Vůči přirozeným nepřítelům mohou insekticidy též vykonávat repelentní aktivitu (Soundararajan 2012) nebo snižují atraktivitu rostliny, což následně omezuje rekolonizaci z neošetřeného okolí (Hardin 1995), přičemž roli hrají i rezidua, jejichž perzistence může trvat i několik týdnů (Desneux et al. 2005). I takto potlačená aktivita přirozeného nepřítele může mít za následek zvýšení počtu jedinců škůdce (Hardin et al. 1995).

3.4 Pokusná plodina: Řepa obecná

Řepa obecná (*Beta vulgaris*) je hospodářsky významná plodina (Francis et al. 2022) z čeledi laskavcovitých (Amaranthaceae) (McGrath et al. 2011), která se pěstuje pro výrobu cukru, jako zelenina, také jako krmivo pro hospodářská zvířata (Köktein & Özdemir 2020) a je využitelná i k výrobě ethanolu jakožto biopaliva (Gibbons et al. 1988). Ekologicky pěstovaná cukrová řepa je surovinou pro výrobu biocukru, který je potřebný pro výrobu dalších biopotravin, jelikož nezmění chuť výsledného produktu jako jiná alternativní sladidla. Krmná řepa produkovaná v režimu ekologického zemědělství má využití jakožto biokrmivo masného skotu i dojníc chovaných dle zásad ekologického zemědělství (Bečková et al. 2014).

Pro pěstování řepy krmné není zapotřebí zvláštních nároků na půdu a klima, pěstuje se v mnoha zemích, především v mírném a středomořském podnebí. Roste v nížinných i podhorských oblastech na mírně svažitéch pozemcích. V režimu ekologického zemědělství je považována za dobrou předplodinu (Honsová et al. 2011). Přesto plochy, na kterých se řepa pěstuje v České republice, mají klesající trend. V roce 2023 bylo z celkové osevní plochy

České republiky 2 415 931 ha využito k pěstování krmné řepy pouhých 226 ha, což je o 50,1 % méně než v roce 2013 a o 81,7 % méně než v roce 2003, kdy plocha činila 1237 ha. Podobně je tomu i u cukrové řepy s vysokými nároky na stanoviště (Bečková et al. 2014), která se v roce 2023 pěstovala na ploše 58 803 ha, což je o 5,8 % méně než v roce 2013 a o 24 % méně než v roce 2003 (Český statistický úřad 2024). Pokles produkce je způsoben měnícími se klimatickými podmínkami, ekonomickými důvody a také s neschopností účinně regulovat škůdce (Viric Gasparic et al. 2021).

3.4.1 Rizika napadení řepy škůdci

Řepa má poměrně dlouhou vegetační dobu, až 200 dní, během které je vystavena působení škůdcům (Viric Gasparic et al. 2021), kteří v porostech řepy mohou mít za následek infekci rostlin viry způsobujícími ztráty na výnosech z důvodu snížení fotosyntetické aktivity rostliny (de Koeijer & van der Werf 1999). Infikované rostliny jsou více náchylné k napadení například houbovými chorobami (Duffus 1973).

Častým virem, kterým jsou porosty řepy infikovány je virus mírného žloutnutí (BMYV), žloutenka řepy (BYV) a virus mozaiky řepy (BtMV) (Šefrová 2014), přičemž v rostlině mohou být přítomny všechny výše uvedené viry současně (Wintermantel 2005). Běžně je nositelem jednoho z těchto virů až 8 % jedinců mšice broskvoňové (Stevens et al. 1995), což jí přiděluje klíčovou roli hlavního přenašeče těchto virů v porostech řepy (Hossain et al. 2020).

Mšice má na porosty krmné řepy vedle rizika přenosu virových nákaz i další negativní vlivy, při dosažení vysoké hustoty sajících mšic u mladých rostlin či listů může v důsledku velkého stresu dojít k vadnutí nebo snížení rychlosti růstu (Capinera 2008). Sání může mít vlivem ztrát potřebných živin za následek vadnutí, předčasné stárnutí listů, zpomalenou rychlost růstu nebo deformace rostliny (Shannag et al. 2014). Dlouhodobější napadení tak může mít za následek znatelné snížení výnosu (Capinera 2008), s ohledem na vysokou plodnost a krátkou dobu, ve které se mšice broskvoňová rozmnožuje, je vysoká hustota jedinců poškozující rostlinu snadno dosažitelná (Shannag et al. 2014).

3.4.2 Ochrana porostů řepy

V rámci ekologické produkce je ochrana porostů řepy před chorobami a škůdci zaměřená především na preventivní opatření, zejména na správně zvolený osevní postup. Důležité je, aby se pěstování řepy na stejném pozemku neopakovalo dříve než po 3 až 4 letech (Bečková et al. 2014). V konvenčním evropském zemědělství byla ochrana proti mšicím a souvisejícím virům zajištěna především prostřednictvím systémových neurotoxických neonicotinoidů, kterými bylo mořeno osivo. Tyto látky však byly zakázány Evropskou komisí pro venkovní použití z důvodu nepříznivých účinků na opylovače a jiné necílové organismy. Zákaz hojně využívaných látek měl za následek vytvoření vaku v kontrolních strategiích virových přenašečů v porostech řepy, jelikož není k dispozici jiná stejně účinná alternativa (Francis et al. 2022). Tento nedostatek efektivních prostředků v konvenčním zemědělství může negativně ovlivňovat i ekologické porosty, neboť neefektivní kontrola mšic v konvenčním

zemědělství zvyšuje riziko přemnožení a rozšíření škůdce mimo jiné i do ekologicky obhospodařovaných porostů, ve kterých jsou zachovávány silné populace přirozených nepřátel, které však mají zároveň i vliv na větší mobilitu škůdce. Mšice přitom často preferují listy, které vykazují symptomy onemocnění a výše popsané viry ohrožující výnosy řepy jsou přenášeny z rostliny na rostlinu (Mauck et al. 2015). Celkově tak může docházet k většímu šíření mšic i virových nákaz.

3.5 Testované přípravky

3.5.1 Neudosan

Účinnou látkou v přípravku Neudosan jsou draselné soli přírodních mastných kyselin a je určen k hubení hmyzu a roztočů. Jeho užití je povoleno i v případě ekologického zemědělství a na trhu je dostupný ve formě rozpustného koncentráту. Neudosan je schválen pro použití na ochranu jádřovin, peckovin, bobulovin, jahodníku a zeleniny proti savým škůdcům, také na ochranu okrasných rostlin a dřevin proti molicím, mšicím a sviluškám (Ministerstvo zemědělství 2009).

Po aplikaci postřiku přípravkem Neudosan dochází k narušení buněčné struktury hmyzu s měkkým tělem, které způsobí dehydrataci škůdce. Ta ve spojení s poškozením dýchacích orgánů vede k úhynu jednotlivých škodlivých organismů, mrtví jedinci zůstávají přichycení na listech do doby jejich vyschnutí, následně z rostliny spadají. Neudosan je efektivní pouze pokud dojde k přímému kontaktu se škodlivým organismem, je tedy nutné aplikovat postřik důkladně na celou plochu plodiny. Aplikace postřiku je doporučena při nižších teplotách za vyšší vlhkosti. Pro dosažení vysoké účinnosti je zapotřebí, aby postřik zaschl nejdříve po 10 minutách po aplikaci (Progema GmbH 2020).

Nebylo prokázáno, že by měl přípravek Neudosan negativní vliv na vodní zdroje, proto je možné ho aplikovat i na plodiny v ochranném pásmu II. stupně zdrojů podzemních a povrchových vod (Ministerstvo zemědělství 2009). Postřik není škodlivý pro včely, může však být škodlivý pro dravé roztoče a parazitické vosičky. Netoxický je i pro ryby, naopak působí toxicky pro zdroj potravy ryb (Progema GmbH 2020). V návaznosti na negativní vliv Neudosanu na vodní organismy je dána vzdálenost ochranného pásma od povrchové vody, které činí 18-50m v závislosti na redukci trysek, na pozemcích svažujících se k povrchovým vodám je využití vyloučeno (Ministerstvo zemědělství 2009).

Byly provedeny laboratorní pokusy s parazitickými vosičkami *Aphidius rhopalosiphi* (Hymenoptera: Braconidae) a dravými brouky *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), *Bembidion lampros* (Coleoptera: Carabidae) a *Aleochara bilineata* (Coleoptera: Staphylinidae), vůči kterým byla zjišťována toxicita draselné soli mastných kyselin. Z výsledků vyplynulo, že účinná látka je mírně toxická k *Adalia bipunctata*, nesnižuje míru parazitismu *Aleochara bilineata*. Dále byla zjištěna 22% mortalita *Aphidius rhopalosiphi* ve srovnání s 2% mortalitou u kontroly, ale nebyla pozorována snížená produkce mumifikovaných mšic. Vůči *Bembidion lampros* nebyla účinnost prokázána. V porovnání

s testovanými pyrethrinami se jeví draselné soli mastných kyselin jako méně toxické pro vybrané přirozené nepřátele mšic (Jansen et al. 2009).

Z polního pokusu prováděného s *Myzus persicae* na brukvovitých rostlinách nevyšel insekticid na bázi draselné soli přírodních mastných kyselin jako významný pro zajištění úmrtnosti mšice, ačkoli v laboratorních podmínkách byla zjištěna vysoká účinnost (Edelson et al. 2002). Insekticid se stejnou účinnou látkou neměl v porovnání s kontrolním porostem vliv na mortalitu *Myzus persicae* ani v případě aplikace na porost kadeřávku (Edelson et al. 2000).

Při aplikaci insekticidů na bázi draselných solí mastných kyselin bylo zjištěno, že hlavním faktorem určujícím účinnost redukce *Myzus persicae* nemusí být koncentrace zvolené látky, jelikož svou roli hraje i vhodná vlhkost. Při vysoké vlhkosti (90%) byly zaznamenány účinky při rozdílných koncentracích téměř stejné, zatímco při 30 % a 60 % vlhkosti stejně koncentrovaných látek jejich účinnost značně klesala (Imai et al. 1995). Při studii zabývající se účinností draselných solí mastných kyselin proti třásněnkám a molicím na fazolových polích bylo zjištěno, že 1,5 % koncentrace látek významně snížila populace molic i třásněnek ve srovnatelné míře jako jiné syntetické pesticidy, zatímco u koncentrace 0,5 % nebyla účinnost oproti kontrolním plochám zaznamenána (Wafula et al. 2017).

3.5.2 Rock Effect

Jako druhý přípravek, který je také možné užívat i v ekologickém zemědělství byl zvolen Rock Effect, jehož účinnou látkou je olej z *Pongamia pinnata* (Ministerstvo zemědělství 2009). Pongamový olej, známý též jako karanja olej (Kumar & Singh 2002), obsahuje 5-6 % flavonoidů, především karanjin, furonoflavonoid, pongamol a diketon, které mají mimo jiné i insekticidní účinky (Pavela 2006). Jedná se o pomocný prostředek, který na trhu dostupný ve formě emulgovatelného koncentrátu a je využíván s cílem podpory zdravotního stavu rostlin a také pro jeho účinnost vůči mšicím, třásněnkám, sviluškám a červcům. Jeho použití je schváleno pro jehličnany, jádroviny, peckoviny, okrasné rostliny, zeleninu, révu a chmel (Ministerstvo zemědělství 2009).

U přípravku Rock Effect nebyly zjištěny žádné negativní vlivy na vodní zdroje či necílové organismy (Ministerstvo zemědělství 2009).

Rock Effect působí kontaktně, tedy je třeba zabezpečit, aby byl přípravek aplikován na veškeré části rostliny, kde se mohou škůdci vyskytovat, tj. i na rubu listů. Použití přípravků není doporučeno v případě velmi mladých rostlin a květů, jelikož by mohlo dojít k jejich popálení (AGRO CS a.s. 2023)

Pongamový olej je využíván proti škůdcům skladovaného obilí, škůdcům polních plodin i proti hmyzu v domácnostech (Kumar & Singh 2002), insekticidní účinky byly pozorovány vůči několika škůdcům jako například mšicím (Hemiptera: Aphididae), potěnkům (Coleoptera: Tenebrionidae) a blýskavkám (Lepidoptera: Noctuidae) (Pavela 2007). Ačkoli celá rostlina obsahuje užitečné látky využitelné nejen v zemědělství, největší biologická aktivita byla zjištěna u oleje získávaného ze semen (Pavela 2007). Pongamový olej má ve

srovnání s jinými botanickými insekticidy větší perzistenci a bylo zjištěno, že ve spojení s jinými používanými insekticidními látkami se zvyšuje jejich účinnost (Kumar & Singh 2002, Anand et al. 2019), tento synergický účinek zvyšuje potenciál pongamového oleje při využití proti širokému spektru škůdců v zemědělství. Další výhodou je celosvětové rozšíření rostliny *Pongamia pinnata*, tedy poměrně snadná dostupnost účinné látky (Pavela 2007).

Extrakt z listů *Pongamia pinnata* má negativní vliv na nárůst populace některých druhů mšic, tak i na jejich mortalitu po aplikaci (Tran et al. 2015). V laboratorních podmínkách bylo zjištěno, že i 0,75% koncentrace pongamového oleje působí po 24 hodinách od aplikace smrtelně na více než 60 % samic a zároveň snižuje vývoj následných mšic na fazolových listech (Stepanycheva et al. 2014). Ve skleníkových pokusech na rostlinách rajčat a okurek bylo zjištěno, že 3% koncentrace pongamového oleje způsobila 100% úmrtnost *Myzus persicae* dvanáctý den po aplikaci, přičemž procentuální úmrtnost po aplikaci pongamového oleje oproti jiným testovaným látkám v čase rostla, jelikož nedocházelo k líhnutí nových nymf. Účinnost byla vysoká i při využití pongamového oleje jakožto akaricidu vůči svilušce chmelové (*Tetranychus urticae*, Prostigmata: Tetranychidae). Ani při aplikaci vyšší koncentrace (3 %) nebyla pozorována fytotoxicita (Pavela 2009).

Při terénním pokusu na hmyzích opylovačích (Hemiptera, Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera) nebyl při aplikaci 1% koncentrace pongamového oleje do porostu koriandru zjištěn negativní vliv na počty jedinců. První den po aplikaci byla sice pozorována snížená intenzita opylovačů, avšak již 3 den po aplikaci byla jejich intenzita vyrovnána (Singh et al. 2010).

3.5.3 Kopřivový výluh

Kopřiva (*Urtica spp.*) obsahuje značné množství biologicky aktivních sloučenin, listy jsou zdrojem například terpenoidů, karotenoidů a mastných kyselin, také esenciálních aminokyselin, tříslovin, sterolů a polyfenolů. Na základě těchto látek je kopřiva rozsáhle využívána napříč obory (Kregiel et al. 2018). Extrakty z kopřiv se využívají jako fungicid, akaricid a je jim přisuzován i repelentní účinek na jiné druhy hmyzu a zároveň zlepšování zdravotního stavu rostlin, neboť příznivě ovlivňuje růst některých plodin (Duric et al. 2019). Kopřivy obsahují velké množství sekundárních metabolitů, například flavonoidy, fenolické sloučeniny a lektiny. Právě flavonoid kvercetin nebo lektiny jsou známy svými insekticidními účinky (Wulf et al. 2023).

Výtažky z kopřivy jsou povoleny pro využití v ekologickém zemědělství prováděcím nařízením komise (EU) 2021/1165 ze dne 15. července 2023, kterým se povolují některé produkty a látky pro použití v ekologické produkci a stanoví její seznamy.

V rámci skleníkových pokusů na rostlinách pryskyřníku byla pozorována snížená hustota mšic (*Aulacorthum solani* a *Macrosiphum euphorbiae*, Hemiptera: Aphididae) po aplikaci nálevu z kopřivy na napadené rostliny. Zároveň u dřívě nenapadených rostlin bylo pozorováno, že po aplikaci kopřivového nálevu docházelo k napadení rostlin mšicemi

srovnatelnou rychlostí jako u rostlin ošetřených insekticidním přípravkem Neem Azal, jehož účinnou látkou je azadirachtin (Wulf et al. 2023).

Při pokusech aplikace extraktů z kopřivy na populace *Myzus persicae* a jejího přirozeného predátora, dravé ploštice *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) na rostlinách lilku bylo zjištěno, že aplikace snížila plodnost mšic v průměru o 20 %, aniž by bylo pozorováno ovlivnění biologických a populačních parametrů predátora (Gaspari et al. 2007).

Na mšicemi napadených švestkách, tavelníku, růžích a rybízu byly prováděny pokusy s nakrájenými listy kopřivy, které byly ve vodě fermentovány po dobu 6 dní, přičemž nebyl zjištěn významný rozdíl v účinnosti na mšici *Hyalopterus pruni* (Hemiptera: Aphididae) ve srovnání s kontrolní vodou. Naopak byla zjištěna účinnost u mšice *Aphis spiraeophaga* (Hemiptera: Aphididae). V tomto případě nebyla zjištěna toxicita, neboť nebyli zpozorováni mrtví jedinci, ale jednalo se spíše o repelentní účinek (Bozsik 1996).

Těž byly zrealizovány pokusy, při kterých se do potravy mšic *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae) přidával kopřivový lektin izolovaný z oddenků. Následně bylo zjištěno, že u mšic krmených lektinem z kopřivy byla zjištěna nižší úmrtnost než u mšic kontrolních, avšak byla pozorována pomalejší produkce nymf (Down 1998).

3.5.4 *Sanium ultra*

Poslední z použitých přípravků byl vybrán jako pozitivní kontrola. Insekticid *Sanium ultra*, jehož hlavní účinnou látkou je deltamethrin, není určen pro užití v režimu ekologického zemědělství. Přípravek je schválen pro ochranu rostlin před savými a žravými škůdci na zelenině, ovocných stromech a okrasných rostlinách. Dostupný je ve formě emulze typu olej ve vodě.

Sanium ultra představuje riziko pro včely, proto může být aplikován na porosty po ukončení denního letu včel. Kvůli riziku pro vodní organismy se při používání tohoto přípravku musí dbát na zabránění kontaminace vod, aplikace přípravku je možná v závislosti na svažitosti pozemku a jeho vzdálenosti od povrchových vod. Neošetřované ochranné pásmo od kraje ošetřovaného pozemku je také třeba dodržovat kvůli ochraně necílových členovců (ÚKZUZ 2023).

Deltamethrin je syntetický pyrethroid, který se používá celosvětově a je považován za jeden z nejúčinnějších insekticidů k hubení širokého spektra hmyzu (Lu et al. 2019). K širokému používání deltamethrinu v zemědělství přispělo i omezení organofosfátových insekticidů (Kumar et al. 2015) a neonikotinoidů (Kathage et al. 2018). Ačkoli aplikace deltamethrinu v zemědělství nepředstavuje vysoké riziko toxicity pro člověka, dlouhodobá konzumace potravin obsahující jeho rezidua může lidské zdraví ovlivnit (Lu et al. 2019). Syntetické pyrethroidy, deriváty chryzantémových kyselin, jsou považovány za látky s nízkou toxicitou pro savce, zároveň jsou v přírodě biologicky odbouratelné. Naopak se jedná o látky s vysokou toxicitou pro hmyz a ryby (Rehman et al. 2014). Právě negativní účinky na necílové organismy jsou hlavním bodem diskuze ohledně rozšířeného používání deltamethrinu, neboť toxické účinky mohou mít významné ekologické důsledky (Yadav et al. 2023).

Po aplikaci deltamethrinu dochází k usmrcení hmyzu následkem nevratného poškození nervové soustavy, ke kterému dojde při kontaktu v řádu několika hodin. K otravě dochází průnikem skrze kutikulu nebo orálním příjmem. Deltamethrin je vzhledem k širokému spektru působení považován za nejsilnější ze syntetických pyretroidů, je prakticky netěkavý a nerozpustný ve vodě (Rehman et al. 2014).

Účinky přípravku nejsou systémové, je třeba zajistit aplikaci na všechny části rostliny. Účinnost látek se při teplotách nad 24°C může snižovat, proto se doporučuje aplikace při nižších teplotách, časně ráno nebo v pozdějších večerních hodinách (PRONACHEM spol. s.r.o.)

Snížení populace mšic, konkrétně populace *Myzus persicae*, bylo pozorováno v rámci polopolního pokusu na rostlinách řepky olejky. Po aplikaci deltamethrinu bylo na ošetřených rostlinách přítomno poloviční množství jedniců než na kontrolních neošetřených rostlinách. Zároveň bylo zjištěno, že rezidua deltamethrinu nemají omezující vliv na populaci parazitoida *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), jelikož měl aplikovaný insekticid smrtící účinky pro dospělé jedince, avšak rezervoár parazitoida byl zachován v podobě larev v mumiích. Nejlepší účinky na snížení počtu mšic byly sledovány u rostlin, které byly ošetřeny postřikem a následně byli na takto ošetřené rostliny introdukováni jedinci parazitoida (Desneux et al. 2005).

Naopak při aplikaci doporučené dávky deltamethrinu v rámci ošetření porostů ozimé pšenice byla sice zaznamenána vysoká účinnost na mortalitu mšic dosahující až 90 %, zároveň však byla pozorována i mortalita parazitoidů, parazitických vosiček rodu *Aphidius*, která byla při různých koncentracích vyšší než u samotných mšic (Longley & Jepson 1997a).

Toxicita deltamethrinu byla zaznamenána i u predátora mšic *Ceratomegilla undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae), jelikož při pokusu na jeho larvách ve čtvrtém instaru došlo po aplikaci deltamethrinu v nižších dávkách, než je doporučeno pro hubení mšic, ke snížení růstu jeho populace a prodloužila se doba vývoje (Skouras et al. 2021).

4 Metodika

4.1 Původ materiálu

Pro potřeby pokusu byly využívány listy z rostlin řepy obecné krmné (*Beta vulgaris* var. *rapacea*), které byly vysety v termínech 22. 2. 2023 a 22. 3. 2023. Rostliny byly uchovávány ve skleníku s teplotou 20 °C s přirozeným světelným režimem, kde byly denně zalévány. Z rostliny byly následně využívány mladé listy o velikosti přibližně 14 cm², které se po nanesení mšic a vybraných přípravků vzájemně nedotýkaly a byly natočeny jedním směrem.



Obrázek 1 Mladé listy řepy umístěné na polystyrenové desce

Mšice broskvoňové (*Myzus persicae*) byly získány z Výzkumného ústavu rostlinné výroby, následně byly chovány na mladých rostlinách řepy v přenosných nylonových síťových boxech o rozměrech 90x60x60 cm.



Obrázek 2 *Myzus persicae* nanesená na list

Přípravky pro pokus byly vybrány z volně dostupných pesticidů (Rock Effect, Neudosan) o koncentraci 2 %, což je koncentrace uvedená výrobcem jako doporučená. Dále byl připraven výluh z kopřiv, na který bylo použito 25 gramů nasekaných čerstvých listů, ty byly smíchány s 300 mililitry vody a ponechány 4 dny při pokojové teplotě. Následně došlo ke scezení a získaná tekutina byla zředěna vodou v poměru 1:20. Jako pozitivní kontrola byl zvolen pesticid Sanium v nejnižší doporučené koncentraci 4 ml / 10 l vody. Jako negativní kontrola byla zvolena voda.

4.2 Průběh pokusu

Jednotlivé dílčí pokusy probíhaly v době 8. 6. 2023 až 29. 6. 2023 v odpoledních hodinách, tj. v časech 16.00-19.00 hodin. Pro umístění listů byly využívány zkumavky o objemu 1,5 ml, které byly umístěny do polystyrenových desek, ve vzájemné vzdálenosti přibližně 5 cm. Listy řepy byly po ustřížení z rostliny opatřeny pruhem obvazové vaty a umístěny do zkumavek naplněných vodou.

Mšice z chovných boxů byly na vybrané listy nanášeny jednotlivě pomocí malého štětce namočeného ve vodě. V rámci pokusu bylo nanášeno 15 mšic o velikosti 2 až 3 mm na svrchní stranu jednoho listu.



Obrázek 3 Mšice po nanesení na mladý list krmné řepy

Vybrané přípravky byly na listy se mšicemi aplikovány rozprašovačem ze vzdálenosti 20 cm a to do skanutí. Před samotnou aplikací došlo k protřepání roztoků v rozprašovači.



Obrázek 4 Aplikace přípravku postřikovačem

Po aplikaci přípravků byly listy se mšicemi na polystyrenových deskách umístěny po 20 kusech v jednom boxu na dobu 24 hodin do místnosti, ve které byl nastavený světelný režim na střídání dne a noci v poměru 14 hodin světla a 10 hodin tmy, s teplotou 26 °C za světla a 22 °C za tmy při vlhkosti 60 % ± 7 %.



Obrázek 5 Umístění v boxu po aplikaci postřiku

Po 24 hodinách byly listy jednotlivě vyndány z boxu a bylo spočítáno množství živých mšic na jednotlivých listech. V případě, že v průběhu uplynulých 24 hodin před sčítáním mšic došlo k jejich rozmnožení, tedy byly na listu při počítání přítomny mladé malé mšice, nebyly tyto do počtu živých mšic započítány.

Každý přípravek byl aplikován celkem na 40 jednotlivých listů, tedy na 600 živých mšic.

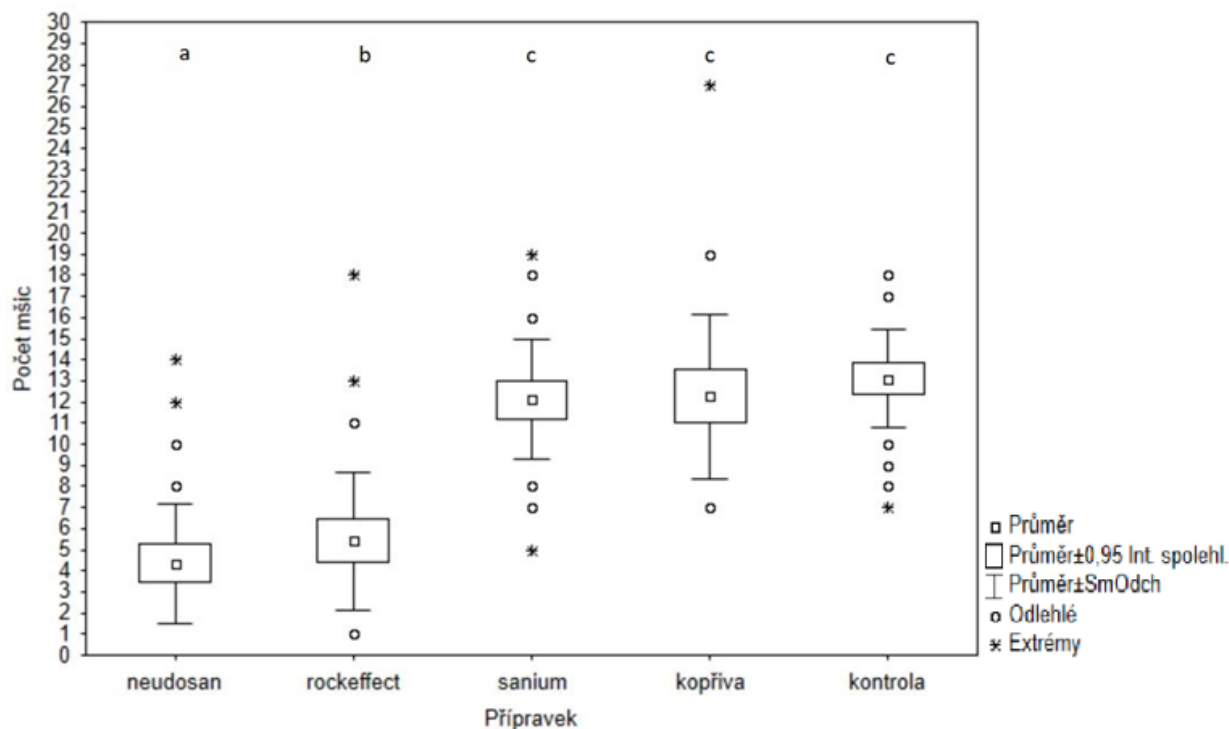
4.3 Zpracování dat

Data z provedených pokusů byla zpracována prostřednictvím programu R 4.3.1 (The R Foundation for Statistical Computing 2023), grafy byly vytvořeny v programu Statistica 12 (StatSoft Inc. 2013) a v aplikaci Microsoft Excel (Microsoft Corporation 2010).

Ke statistickému hodnocení byly využity počty živých mšic po 24 hodinách od aplikace přípravku. Před prověřením, zda je statisticky významný rozdíl v účinnosti vybraných postřiků (počtu živých mšic), byly naměřené hodnoty pro získání normálního rozdělení transformovány odmocněním. Analýzy byly provedeny lineárními modely, následně došlo k porovnání všech přípravků za pomoci kontrastů jednotlivých úrovní faktoru.

5 Výsledky

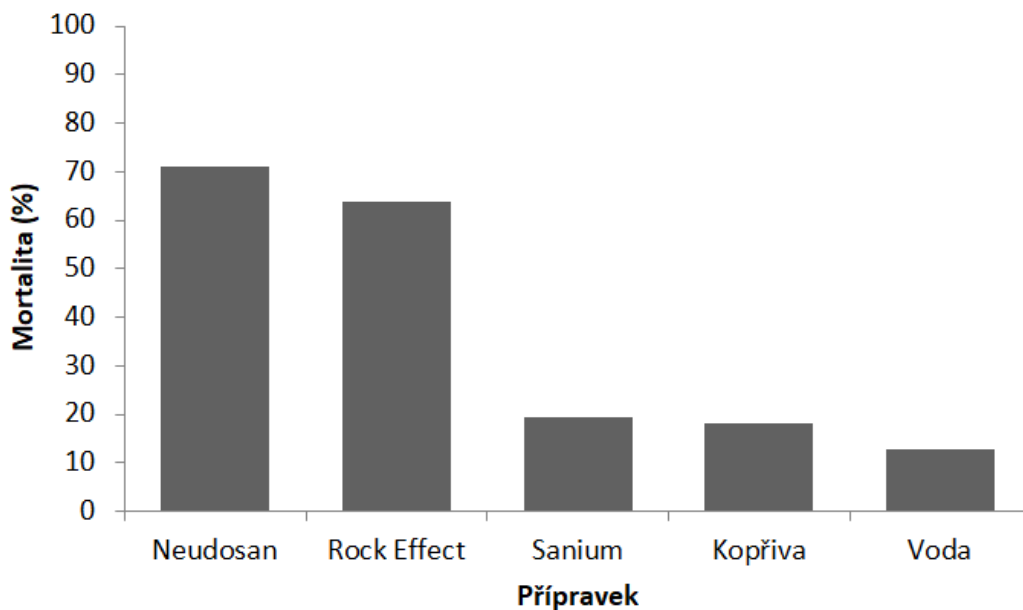
Počty živých mšic napočítaných na listech po 24 hodinách od aplikace jednotlivých přípravků jsou uvedeny v Grafu 1.



Graf 1 Živé mšice po 24 hodinách od aplikace přípravku

Statisticky průkazný vliv na mortalitu mšic broskvoňových ve srovnání s kontrolním postřikem vody byl pozorován u přípravku Neudosan a Rock Effect ($p < 0,001$). Z těchto dvou přípravků prokázal vyšší účinnost Neudosan ($p = 0,038$), neboť po jeho aplikaci došlo k 71% úmrtnosti mšic broskvoňových. Druhá nejvyšší úmrtnost mšic (63,83 %) byla zjištěna po aplikaci přípravku Rock Effect.

U dalších testovaných přípravků nebyl pozorován významný letální účinek vůči mšicím, jelikož se výsledky významně nelišily od kontrolního postřiku vody, který sloužil jako negativní kontrola. Toto bylo pozorováno u i syntetického přípravku Sanium ultra ($p = 0,207$), který byl zvolen jako pozitivní kontrola. Úmrtnost *M. persicae* po jeho aplikaci dosáhla 19,33 %. Podobná úmrtnost (18,17 %) byla zjištěna po aplikaci výluhu z kopřiv. U vody dosáhla úmrtnost 12,67 % z nanesených mšic na listy řepy.



Graf 2 Mortalita mšic po aplikaci jednotlivých přípravků

V účinnosti vody, výluhu z kopřivy a přípravkem Sanium ultra nebyla pozorována odlišnost, jelikož po vzájemném porovnání byla zjištěna ve všech případech hodnota $p \geq 0,207$.

Naopak bylo zjištěno, že vybrané přípravky Neudosan a Rock Effect využitelné v ekologickém zemědělství dosahovaly vyšší účinnosti ($p < 0,001$) než přípravek Sanium ultra používaný v konvenčním zemědělství. Též byla u těchto dvou přípravků zjištěna vyšší účinnost než u poslední testované látky, výluhu z kopřiv, vhodné pro ekologické zemědělství ($p < 0,001$).

Veškeré zjištěné p-hodnoty párových srovnání testovaných přípravků proti mšicím jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1 Výsledné p hodnoty po porovnání jednotlivých přípravků

	Neudosan	Rock Effect	Sanium	Kopřiva	Voda
Neudosan	X				
Rock Effect	0,038	X			
Sanium	<0,001	<0,001	X		
Kopřiva	<0,001	<0,001	0,938	X	
Voda	<0,001	<0,001	0,207	0,232	X

6 Diskuze

Tato práce měla za cíl zjištění účinnosti několika typů insekticidů na letalitu mšice broskvoňové na listech krmné řepy. Bylo zjištěno, že ze třech vybraných látek využitelných v ekologickém zemědělství došlo u dvou k prokazatelnému vlivu na mortalitu významného škůdce krmné řepy a to ve srovnání s negativní kontrolou (vodou) i pozitivní kontrolou (Sanium ultra).

Celkově bylo v rámci provedených pokusů zjištěno, že přípravek Sanium ultra s účinnou látkou deltamethrin, u kterého byly předpokládány nejvyšší počty usmrčených jedinců, nevykazoval významný rozdíl oproti vodě. Tento jev mohl být způsoben rezistencí jedinců mšic vůči deltamethrinu (Elefterianos et al. 2008), kvůli které tato testovaná populace na aplikovaný přípravek nereagovala. Odolnost populací mšic vůči několika třídám pesticidů, mimo jiné právě i pyrethroidů, je pozorována po celém světě (Anstead et al. 2007). Snížení účinnosti přípravku Sanium ultra mohla umocnit i aplikace v odpoledních hodinách letních dnů, kdy denní teploty dosahovaly vyšších hodnot než je maximální doporučená teplota výrobcem, tj. 24 °C, přičemž po aplikaci byly listy přemístěny do místnosti s nastavenou teplotou 26 °C za světla a 22 °C za tmy.

U přípravku Neudosan na bázi draselných solí mastných kyselin i u přípravku Rock Effect, pongamového oleje, byl vliv na letalitu mšic zjištěn, je však nutné přihlédnout k tomu, že oba tyto přípravky mohou působit pouze po přímém kontaktu se škodlivým jedincem. V případě provedeného laboratorního pokusu na jednotlivých listech bylo snadné zajistit, aby byly postříkány přímo na jedince. V případě polních podmínek, kdy má mšice tendenci se vyskytovat především na spodní straně listů nebo na bázi rostliny řepy, může být efektivita přípravků mnohem menší (Edelson et al. 2002), jelikož přípravky nemají systémový účinek a je obtížné zajistit přímou aplikaci na mšice. Rozdíly v účinnosti insekticidů byly zjištěny i při porovnávání vlivu na přirozené nepřátele na obilninách, kdy v laboratorních podmínkách vykazovala rezidua deltamethrinu vyšší toxicitu než v podmínkách terénních (Longley & Jepson 1997b). Důležitým aspektem pro dosažení potenciální účinnosti kontaktních pesticidů je právě i způsob aplikace, při porovnávání účinků mýdel a olejů, které byly aplikovány postříkem a namáčením, bylo zjištěno, že při aplikaci postříkem je zvláště u olejů účinnost znatelně snížena (Liu & Stansly 1995).

U přípravku Rock Effect byla zjištěna nižší účinnost na letalitu *M. persicae* než u přípravku Neudosan v době 24 hodin od aplikace, avšak není jisté, zda by se zjištěný rozdíl lišil v případě dlouhodobějšího účinku, například v řádech několika dnů, neboť u účinné látky pongamového oleje bylo v rámci jiných testování pozorováno, že mortalita u některých druhů škůdců po aplikaci pongamového oleje roste v čase (Stepanycheva et al. 2014).

U postříku připraveného z kopřivy nebyl vliv na smrtnost mšic prokázán, ale na základě dostupných dat (Bozsik 1996, Gaspari et al. 2007, Wulf et al. 2023) je pravděpodobné, že přípravky na bázi kopřivy by mohly potenciálně rostliny chránit před škůdcem spíše repeletním účinkem či zpomalením reprodukce tohoto škůdce, což by vedlo ke

snížení jeho populace. Tento účinek je pravděpodobný i v případě, že není látka aplikována na celý povrch rostliny, nicméně lze předpokládat, že čím větší procento povrchu rostliny bude ošetřeno, tím se bude účinek zvyšovat. Některé zdroje však doporučují pro dosažení efektivní kontroly mšic opakovanou aplikaci přípravku z kopřiv (Durán-Lara et al. 2020). Určitý vliv může mít také způsob přípravy kopřivového preparátu, ať už v závislosti na výběru části rostliny, ze které je připravován, neboť insekticidní látky se v různém množství nachází v listech i kořenech (Bhusal et al. 2022), nebo v závislosti na teplotě při fermentaci a délce tohoto procesu. Ve spojení se zachováním přítomnosti přirozených nepřátel by však mohly extrakty z kopřivy vést alespoň k udržení ztrát způsobených mšicí pod prahem ekonomické škodlivosti.

Problematika škůdců na řepě je aktuální i mimo ekologické zemědělství především z důvodu zákazu neonikotoidů, který značně komplikuje pěstování nyní nechráněné krmné i cukrové řepy. Neonikotinoidy, především imidacloprid, byly využívány pro moření osiva řepy do roku 2018, kdy došlo v Evropské unii k zákazu jejich používání z důvodu ochrany hmyzu opylujícího rostliny. Tento insekticid prostupoval do tkání rostliny a chránil ji před škůdci v době, kdy je nejnáchylnější k poškození (Viric Gasparic et al. 2021). Na trhu není dostupná alternativa, která by nahradila ve všech aspektech osvědčené, ale nyní zakázané látky, a zajistila tak potřebnou ochranu porostů řepy (Verhegeen et al. 2022, Jactel et al. 2019). Nyní je v konvenčním zemědělství nahrazován především postřiky pyrethroidů, které jsou nesystémové a méně účinné, což zvýšilo počet nutných aplikací těchto látek, které také nejsou příznivé pro životní prostředí (Blake 2018).

Mšice broskvoňová má oproti jiným škůdcům nenápadné zbarvení a primárně netvoří kolonie, což komplikuje včasnou detekci v porostu a na ní navázanou včasnou aplikaci případného insekticidního postřiku (Verhegeen et al. 2022). Jelikož virová onemocnění přenášená nejčastěji tímto škůdcem jsou jednou z hlavních hrozeb pro produkci řepy, je nezbytné zajistit vhodné ochranné prostředky k minimalizaci ztrát na výnosech.

Tato práce, v rámci které byla zjištěna neúčinnost deltamethrinu, potvrzuje potřebu studování nových látek, které by mohly napomoci s kontrolou adaptabilního škůdce v porostech. Je zjevné, že v případě porostu zasaženého populací mšic s vytvořenou rezistencí vůči syntetickým pesticidům, mohou pesticidy pro ekologické zemědělství díky jinému mechanismu účinku vykazovat vyšší účinnost na redukci škůdce. Nejvhodnějším řešením pro dosažení ochrany porostů se prozatím zdá být kombinace několika metod, mezi které patří i postupy blízké ekologickému zemědělství, tedy prevence spojená se zachováním populací přirozených predátorů a aplikací produktů přírodního původu (Verhegeen et al. 2022).

7 Závěr

Na základě výsledků lze konstatovat, že hypotézu lze přijmout u dvou ze třech vybraných přípravků využitelných v ekologickém zemědělství, které měly v laboratorních podmínkách při standardních koncentracích prokazatelný vliv na mortalitu mšice broskvoňové na listech krmné řepy. Největší míra úmrtnosti byla zaznamenána u přípravku Neudosan s účinnou látkou draselné soli mastných kyselin. Vliv na letalitu byl zjištěn i po aplikaci přípravku Rock Effect, jehož účinnou látkou je pongamový olej. Oba tyto přípravky vykazovaly větší efektivitu v hubení mšic než pozitivní kontrola, přípravek Sanium ultra s účinnou látkou deltamethrin. U poslední z vybraných látek, kopřivového výluhu, nebyly pozorovány letální účinky rozdílné od negativní kontroly.

Na základě zjištěných výsledků lze doporučit testování účinnosti Neudosanu a Rock Effectu na mšice broskvoňové v polních podmínkách. Užitečné by také mohlo být testování zaměřené na působení přípravků při různých koncentracích, délkách expozice nebo při opakované aplikaci.

8 Literatura

- Anand MR, Kumar S, Kommireddy P, Murthy KN. 2019. Secondary and micronutrient management practices in organic farming-an overview. *Current Agriculture Research Journal* 7(1)
- Anjum F, Wright D. 2016. Relative toxicity of insecticides to the crucifer pests *Plutella xylostella* and *Myzus persicae* and their natural enemies. *Crop Protection* 88: 131-136.
- Anstead JA, Mallet J, Denholm I. 2007. Temporal and spatial incidence of alleles conferring knockdown resistance to pyrethroids in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), and their association with other insecticide resistance mechanisms. *Bulletin of Entomological Research* 97(3): 243-252
- AGRO CS a.s. 2023. NATURA. Dostupné z <https://www.agronatura.cz/rock-effect> (listopad 2023)
- Bass CH, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP, Gutbrod O, Nauen R, Slater R, Williamson MS. 2014. The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 51: 41-51
- Bayram A, Salerno G, Onofri A, Conti E. 2010. Sub-lethal effect of two pyrethroids on biological parameters and behavioal responses to host cues in the egg parazitoid *Telemonus busseolae*. *Biological Control* 53(2):153-160
- Bečková L, Honsová H, Urban J, Bečka D. 2014. Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Kapitola 7 Cukrová a krmná řepa.
- Benbrook C, Kengley S, Baker B. 2021. Organic farming lessens reliance on pesticides and promotes public health by lowering dietary risks. *Agronomy* 11(7): 1266
- Berger S, Sinha AK, Roitsch T. 2007. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant - pathogen interactions. *Journal of Experimental Botany* 58(15): 4019-4026
- Bernet T, Weidmann G. 2022. *Ekologické zemědělství, základní principy a dobrá praxe*. Bioinstitut, o.p.s., Olomouc
- Bhusal KK, Magar SK, Thapa R, Lamsal A, Bhandari S, Maharjan R, Shrestha S, Strestha J. 2022. Nutritional and pharmacological importance of stinging nettle (*Urtica dioica* L.): A review. *Heliyon* 8(6)
- Blake R. 2018. EU neonicotinoid ban removec vital tools in global fight against pests. *Outlooks on Pest Manahement* 29 (5): 197-200

Bozsik A. 1996. Studies on aphicidal efficiency of different stinging nettle extracts. *Anzeiger für Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz* 69(1): 21-22

Campos EVR, Proenca PLF, Oliveria JL, Bakshi M, Abhulash PC, Fraceto LF. 2018. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators* 105: 483-495

Capinera JL. 2008. *Encyclopedia of Entomology*. Springer Science+Business Media B.V., Gainesville

CENIA, česká informační agentura životního prostředí, *Statistická ročenka životního prostředí České republiky*. 2020.

Costa CA, Guiné RP, Costa DV, Correia HE, Nave A. 2023. Pest control in organic farming. *Organic Farming: Global Perspectives and Methods*. Woodhead Publishing. 111-179

Cloyd RA. 2012. Indirect effect of pesticides on antural enemies. *Pesticides – advnces in chemical and botanical pesticides*. 382

Curkovic T. 2016. Detergents and Soaps as Tool for IPM in Agriculture. *Integrated pest management (IPM): Environmentally sound pest management*, 155-189.

Český statistický úřad 2024. Veřejná databáze, osevní plochy zemědělských plodin. Dostupné z:https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM02A&z=T&f=TABULKA&skupId=346&filtr=G%7EF_M%7EF_Z%7EF_R%7EF_P%7E_S%7E_U%7E301_null_&katalog=30840&pvo=ZEM02A&evo=v2266_!_ZEM02A-2023T_1 (únor 2024)

Damalas CA, Koutroubas SD. 2018, *Current Status and Recent Developments in Biopesticide Use*. *Agriculture* 8:13

Desneux N, Fauvergue X, Dechaume-Moncharmont F, Kerhoas L, Ballanger Y, Kaiser L. 2005. *Diaretiella rapae* Limits *Myzus persicae* Populations After Applications of Deltamethrin in Oilseed Rape. *Journal of Economics Entomology* 9 (1): 9-17

Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM. 2007. The Sublethal Effect of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annual Review of Entomology* 52:81-106

Devine GJ, Furlong MJ. 2006, *Insecticide use:Context and ecological consequences*. *Agriculture and Human Values* 24: 281-306

- Devonshire AL, Field LM, Foster SP, Moores GD, Williamson MS, Blackman RL. 1998, The evolution of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. *The royal society* 353: 1677-1684
- Donatelli M, Magarey RD, Bregaglio S, Willocquet L, Whish JPM, Savary S. 2017. Modelling the impact of pests and diseases on agricultural systems. *Agricultural Systems* 155: 213-224
- Down RE. 1998. Use of endogenous plant defensive proteins to confer resistance to aphids in crop plants. Durham theses
- Duffus JE. 1973. The Yellowing Virus Diseases of Beet, *Advances in Virus Research* 18:347-386
- Durán-Lara EF, Valderrama A, Marican A. 2020. Natural Organic Compounds for Application in Organic Farming. *Agriculture* 10(2): 41
- Duric M, Mladenovic J, Boškovic-Rakočević L, Šekuralac G, Brkovic D., Pavlovic N. 2019. Use of different types of extracts as biostimulants in organic agriculture. *Acta Agriculturae Serbica* 47: 27-39
- Edelson JV, Duthie J, Robert W. 2000. Activity of “organic” insecticides 1998. *Arthropod Management Tests*, 25 (1): 106
- Edelson JV, Duthie J, Roberts W. 2002. Toxicity of biorational insecticides: activity against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Pest Management Science* 58(3): 255-260
- Eleftherianos I, Foster SP, Williamson MS, Denholm I. 2008. Characterization of the M918T sodium channel gene mutation associated with strong resistance to pyrethroid insecticides in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Bulletin of Entomological Research* 98: 183-191.
- Fernandes FL, Bacci L, Fernandes MS. 2010. Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. *EntomoBrasilis* 3(1): 1-10
- Foster SP, Denholm I, Devonshire AL. 2000. The ups and downs of insecticide resistance in peach-potato aphids (*Myzus persicae*) in the UK. *Crop Protection* 19: 873-879
- Francis F, Then Ch, Francis A, Gbangbo YAC, Ianello L, Fekih IB. 2022. Complementary Strategies for Biological Control of Aphids and Related Virus Transmission in Sugar Beet to Replace Neonicotinoids. *Agriculture* 12(10): 1663
- Fryč D, Rychlý S. 2014. Mšice Malý atlas do ruky 1. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

Garcia P. 2011. Sublethal effects of pyrethroids on insect parasitoids: what we need to further know. *Pesticides-Formulations, Effects, Fate*. 477-494

Gaspari M, Lykouressis D, Perdikis D, Polissiou M. 2007, Nettle extracts on the aphid *Myzus persicae* and its natural enemy the predator *Macrolophus pygmaeus* (Hem. Miridae). *Journal of Applied Entomology* 131: 652-657

Gibbons WR, Westby CA, Arnold. 1988. Semicontinuous diffusion fermentation of fodder beets for fuel ethanol and cubed protein feed production. *Biotechnology and Bioengineering* 31(7):696-704

Haldhar SM, Jat GC, Deshwal HL, Gora JS, Singh D. 2017. Insect pest and disease management in organic farming. *Towards Organic Agriculture, Today & Tomorrow's Printers and Publishers*. 359-390

Hardin MR, Benrey B, Coll M, Lamp WO, Rderick GK, Barbosa P. 1995. Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms, *Crop protection* 14(1): 3-18

Honsová H, Hnilička F, Bečka D, Hejník V. 2011. Technologies and Varieties of Fodder Beet in Organic Farming. *Research in Organic Farming* 1: 70

Hossain R, Menzel W, Lachman C, Varrelmann M. 2020. New insight into virus yellows distribution in Europe and effect of beet yellows virus, beet mild yellowing virus, and beet chlorosis virus on sugar beet yield following field inoculation. *Plant Pathology* 70: 584-593

Hrudová E. 2015. *Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství*. Mendelova univerzita v Brně

Hsieh C, Allen W. 1986. Effect of Insecticides on Emergence, Survival, Longevity, and Fecundity of the Parasitoid *Diaretiella eapare* (Hymenoptera:Aphididae) from Mummified *Myzus persicae* (Homoptera:Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 79(6):1599-1602

Imai T, Tsuchiya S, Fujimori T. 1995. Humidity effect on activity of insecticidal soap for the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera:Aphididae). *Applied entomology and zoology* 30(1): 185-188

Isman MB. 2006. Botanical Insecticides Deterrents, and Repellent in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World. *Annual Review of Entomology* 51: 45-46

Jacobsen BT. 2002. Organic farming and certification. *International Trade Centre UNCTAD/WTO*, 26

Jactel H, Verheggen F, Thiéry D, Escobar-Guérrez AJ, Gachet E, Desneux N. 2019. Alternatives to neonicotinoids. *Environment International* 129: 423-429

- Jansen JP, Defrance T, Warnier AM. 2009. Effect of organic-farming-compatible insecticides on four aphid natural enemy species. *Pest management science: formerly pesticide science* 66 (6): 650-656
- Kathage J, Catsanera P, Alonso-Prados JL, Gómez-Barbero M, Rodríguez-Cerezo E. 2018. The impact of restrictions on neonicotinoid and fipronil insecticides on pest management in maize, oilseed rape and sunflower in eight European Union regions. *Pest Management science* 74: 88-88
- Kawalekar JS. 2013. Role of biofertilizer and biopesticides for sustainable agriculture. *Journal of Bio Innovation* 2: 73-78
- de Koeijer KF, van der Werf W. 1999. Effect of beet yellows virus and beet mild yellowing virus on leaf area dynamics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.), *Field Crops Research* 61:2 164-177
- Kregiel D, Pawlikowska E, Antolak H. 2018. *Urtica* spp.: Ordinary Plants with Extraordinary Properties. *Molecules* 23: 1664
- Kumar S. 2012. Biopesticides: A Need for Food and Environmental Safety. *Biofertilizers & Biopesticides* 3(4): 1-3
- Kumar A, Bhaskar A, Chandra S, Sasmal D, Mukhopadhyay K, Sharma N. 2015. Mechanism of Deltamethrin induced Immunotoxicity: Current and Future Perspectives. *Receptors & Clinical Investigation* 2
- Kumar M, Singh R. 2002. Potential of *Pongamia glabra* vent as an insecticide of plant origin. *Biological Agriculture & Horticulture* 20(1): 29.50
- Ministerstvo zemědělství 2009. Rostlinolékařský portál. Dostupné z https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|pripluredni|detail:Neudosan (listopad 2023)
- Ministerstvo zemědělství 2009. Rostlinolékařský portál. Dostupné z https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|pripl|taxonomy|detail:ROCK%20EFFECT (listopad 2023)
- Liu T, Stansly PA. 1995. Deposition and bioassay of insecticides applied by leaf dip and spray tower against *Bemisia argentifolii* nymphs (Homoptera: Aleyrodidae). *Pesticide Science* 44(4): 317-322

Longley M, Jepson PC. 1997a. Cereal aphid and parasitoid survival in a logarithmically diluted deltamethrin spray transect in winter wheat: Field-based risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 16(8): 1761-1767.

Longley M, Jepson PC. 1997b. Effect of life stage, substrate, and crop position on the exposure and susceptibility of *Aphidius rhopalosiphii* DeStefani-perez (Hymenoptera: Braconidae) to deltamethrin. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*. 16(5): 1034-1041

Lu Q, Sun Y, Ares I, Anadón A, Martínez M, Martínez-Larranaga M, Yuan Z, Wang X, Martínez M. 2019. Deltamethrin toxicity: A review of oxidative stress and metabolism. *Environmental Research* 170: 260-281

Magdoff F. 2007. Ecological agriculture: Principles, practices, and constraints. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 22(2): 109–117

Matyjaszczyk E. 2017. Plant protection means used in organic farming throughout the European Union. *Pest Management Science*, 74(3): 505-510

Mauck KE, De Moraes CM, Mescher MC. 2015. Infection of host plants by Cucumber mosaic virus increases the susceptibility of *Myzus persicae* aphids to the parasitoid *Aphidius colemani*. *Scientific reports* 5(1)

Ortiz-Hernández MA, Sánchez-Salinas E, Dantán-González E, Castrejón-Godínez ML. 2013. Pesticide Biodegradation: Mechanism, Genetics and Strategies to Enhance the Process. *Biodegradation-life Science* 10: 251-287

Pavela R. 2006. *Rostlinné insekticidy*. Grada Publishing, a.s., Praha

Pavela R. 2007. Possibilities of botanical insecticide exploitation in plant protection. *Plant Technology* 1(1): 47-52

Pavela R. 2009. Effectiveness of Some Botanical Insecticides against *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae), *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Plant Protect* 4: 161-167

Pimentel D. 1995. Amounts of Pesticides Reaching Target Pests: Environmental Impact and Ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 8(1): 17-29

Progema GmbH 2020. Progema Plant Care. Dostupné z <https://www.progema-plantcare.com/products/neudosan-neu-insecticide.html> (listopad 2023)

PRONACHEM spol s.r.o. 2023. Příbalový leták přípravku na ochranu rostlin Sanium Ultra. Dostupné z

- [https://www.prohopo.cz/userfiles/files/1240047_P%C5%99%C3%ADbalov%C3%BD%20let%C3%A1k%20\(SBM%20Life%20Science\)%20Sanium%20Ultra.pdf](https://www.prohopo.cz/userfiles/files/1240047_P%C5%99%C3%ADbalov%C3%BD%20let%C3%A1k%20(SBM%20Life%20Science)%20Sanium%20Ultra.pdf) (prosinec 2023)
- R Core Team (2023). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Reganold JP, Wachter JM. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants* 2 (2): 1-8
- Rehman H, Aziz, AT, Saggi A, Abbas ZK, Mohan A, Ansari AA. 2014. Systematic review on pyrethroid toxicity with special reference to deltamethrin. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2(6): 60-70
- Shannag HS, Capinera JL, Freihat NM. 2014. Efficacy of different neem-based biopesticides against green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Agricultural Policy and Research* 2: 61-68
- Shrivastava G, Rogers M, Wszelaki A, Panthee DP, Chen F. 2010. Plant Volatiles-based Insect Pest Management in Organic Farming. *Critical Reviews in Plant Sciences* 29(2): 123-133
- Silva AX, Jander G, Samaniego H, Ramsey JS, Figueroa CC. 2012. Insecticide Resistance Mechanism in the Green Peach Aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) I: A Transcriptomic Survey. *Plos one* 7: 1-14
- Singh H, Swaminathan R, Hussain T, 2010. Influence of certain plant products on the insect pollinators of coriander. *Journal od Biopesticides* 3: 208-211
- Skouras PJ, Darras AI, Mprokaki M, Demopoulos V, Margaritopoulos JT, Delis C, Stathas GJ. 2021. Toxicity, Sublethal and Low Dose Effects f Imidacloprid and Deltamethrin on the Aphidophagous Predator *Ceratomegilla undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Insects* 12 (8): 696
- Soundararajan RP. 2012. *Pesticides - Advances in Chemical and Botanical Pesticides*. InTech, Rijeka
- Stepanycheva EA, Petrova O, Chermenskaya TD, Pavela R. 2014, Prospect for the Use f *Pongamia pinnata* Oil-Based Product against the Green Peach Aphid *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Psyche: A Journal of Entomology* 1-5
- Stevens M, Smith HG, Hallsworth OB. 1995. Detection of the luteoviruses, beet mild yellowing virus and beet western virus, in aphids caught in sugar-beet and oilseed rape crops, 1990-1993, *Annals of Applied Biology*, 127:2 309-320

Šefrová H. 2014. Škodliví činitelé cukrové řepy - živočišní škůdci. Listy cukrovarnické a řepařské, 12 394-397

Tran DH, Le KH, Tran HDT, Ueno T. 2015. Control Efficacy od Pongam (Pongamia pinnata L.) Leaf Extract against the Turnip Aphid Lipaphis pseudobrassicae (Davis) (Hemiptera: Aphididae). Kyushu University Institutional Repository 61:1 141-145

Urech P. 2000. Sustainable agriculture and chemical control: opponents or components of the same strategy? Crop Protection 19: 831-836

ÚKZUZ 2023. Rostlinolékařský portál. Dostupné z:
https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public-por/?key=%22p:Sanium%20AL%22#rlp|pripluredni|detail:Sanium%20Ultra (prosinec 2023)

Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2023. Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2022 “Zelená zpráva” dostupné z:
https://eagri.cz/public/web/file/729297/ZZ22_V3_TEXT_06._07._2023.pdf

Ústřední kontrolní a zkušební ústav 2023. Spotřeba POR a PP v letech 2009-2022 na zemědělské půdě. Dostupné z:
https://eagri.cz/public/portal/ukzuz/pripravky-na-or/ucinne-latky-v-por-statistika-spotreba/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-v-jednotlivych-letech/spotreba-roky-neviditelny/2009-2022/Spotreba_ucinnych_latek_a_pripravku_na_ochranu_rostlin__POR__a_pomocnych_prostredku__PP__v_letech_2009_2022_ceska_verze.pdf

Viric Gasparic H, Lemic D, Drmic Z, Cacija M, Bazok R. 2021. The efficacy of seed treatments on major sugar beet pests: possible consequences of the recent neonicotinoid ban. Agronomy 11(7): 1277

Verheggen F, Barres B, Bonafos R, Desneux N, Escobar-Gutiérrez AJ, Gachet E, Laville J, Siegwart M, Thiéry D, Jactel H. 2022. Producing sugar beets without neonicotinoids: An evaluation of alternatives for the management of viruses-transmitting aphids. Entomologia Generalis 42(4): 491-498

Wafula GO, Muthomi JW, Nderitu JH, Ceminigwa GN. 2017. Efficacy of potassium salts of fatty acids in the management of thrips and whitefly on snap beans. Sustainable Agriculture Research 6(4)

Wintermantel WM. 2005. Co-infection of Beet mosaic virus with Beet Yellowing Viruses Lead to Increased Symptom Expression on Sugar Beet, Plant Disease 89: 325-331

Wulf F, Podhorna J, Bandte M, Büttner C, Rybak M. 2023. The use of stinging nettle tea (*Urtica* sp.) to control *Aulacorthum solani* and *Macrosiphum euphorbiae* on *Ranunculus asiaticus*. *Folia Horticulturae* 25(2): 287-296

Yadav R, Shinde NG, Patil KT, Kote A, Kadam P. 2023. Deltamethrin Toxicity: Impact on Non-Target Organism and the Environment and Ecology, 41:3 2039-2043