**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Ing. Kateřina Kovaříková**

........................................................................................................

Katedra ochrany rostlin

**Ochrana brukvovité zeleniny vůči škůdcům a jejich vliv na kvalitu produktů**

**Protection of Cruciferous Vegetables against Pests and Their Impact on the Quality of Products**

.....................................................................................................

autoreferát doktorské disertační práce

Studijní program: Zemědělská specializace (P4106)

Studijní obor: Zemědělská a lesnická fytopatologie a ochrana rostlin (4102V011)

Školitel**: prof. Ing. RNDr. František Kocourek, CSc.**

 Katedra ochrany rostlin

Konzultant **Ing. Kamil Holý, Ph.D.**

 VÚRV Praha - Ruzyně

Oponenti**:** doc. Ing. Hana Šefrová, Ph.D.

Mendelova univerzita v Brně

doc. Ing. Jiří Rotrekl, CSc.

 VÚPT - Troubsko

 Ing. Martin Bagar, Ph.D.

 Biocont Laboratory

Obhajoba doktorské disertační práce se koná dne: 9.4.2018
v 12:30 hod. na: Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze

S doktorskou disertační prací je možno se seznámit na děkanátě FAPPZ ČZU v Praze.

**P r a h a 2 0 1 8**

Summary

The thesis was focused on protection of cruciferous vegetables against selected pests and on monitoring of changes in qualitative parameters of cauliflower and broccoli due to damage caused by herbivores. In the work, three sub-objectives were identified: evaluation of efficacies of protective agents against whiteflies (*Aleyrodes proletella*), diamondback moth (*Plutella xylostella*) and beetles of the genus *Phyllotreta*; obtaining knowledge on the biology of whiteflies to clarify crop protection practises; evaluation of the influence of pests on changes in the composition of biologically active substances (ascorbic acid, glucosinolates) in plants.

The review was focused on plant stresses, effect of herbivores on plant defence system and metabolites which are produced and their possible effects on consumers. Next biology and noxiousness of the 3 chosen pests were described. Results and discussions were divided into 5 subchapters that correspond with the 3 sub-objectives and the selected pests. These are organized from impact articles (whiteflies) and reviewed articles (diamondback moth, *Phyllotreta* beetles) to manuscripts (quality of vegetables).

In total 21 insecticides were evaluated for efficacy against whiteflies. The application was done by spraying on leaves with laid eggs and 2nd instar nymphs. There was a significant difference in efficacies of 17 pesticides. Most products were more effective against eggs. For this purpose, Movento, Benevia, Spintor, Dimilin, Sanmite, Mido and Biscaya can be recommended, with efficacies more than 90%. It has been found that whiteflies can successfully hibernate on winter rape crops in the Czech Republic. More specimen were found on rape crops in vegetable growing areas.

Testing of the efficacy of insecticides against the diamondback moth larvae was carried out by the test method according to IRAC Method No. 018, (007) (leaf-dipping test). Significant differences in efficacies were found. The most efficient products were Spintor, Steward, Benevia, Calypso and Lepinox with a potency of about 100%. Neem Azal, Naturalis and Dimilin were the least effective ones. Pyrethroids were evaluated as ineffective. Probit analysis confirmed resistance of tested population of the diamondback moth to deltamethrin with LC50 = 341 ppm and LC90 = 36,504 ppm.

A total of 6 active compounds of insecticides were tested on adult *Phyllotreta* beetles using the IRAC methods No. 027, 011, 021 (tarsal test). The active substances α-cypermethrin, λ-cyhalothrin and deltamethrin caused 100% mortality to *Phyllotreta* beetles at a concentration corresponding to 100% field dose. Some pyrethroids reduced the efficacy to 90% when lower dose (20%) was used. Thiacloprid was evaluated as ineffective, as it caused mortality only up to 40%. Monitoring of resistance to thiacloprid and pyrethroids is recommended for *Phyllotreta* beetles in the Czech Republic due to the results.

A three-year small scale experiment was established to evaluate the influence of pests on the quality of the vegetables. Seedlings of cauliflower and broccoli in field were isolated by a special coated cages which were infested by various herbivore pests to induce the stress response in plants. Content of the biologically active substances was analysed at the Institute of Food Analysis of University of Chemistry and Technology in Prague with the use of high performance liquid chromatography. No significant effect of herbivory was detected in case of ascorbic acid, total dry matter and glucosinolate content in analysed samples.

Obsah

[1. Přehled o současném stavu poznání 5](#_Toc508622629)

[*1.1. Molice vlaštovičníková* 5](#_Toc508622630)

[*1.2. Zápředníček polní* 5](#_Toc508622631)

[*1.3. Dřepčíci rodu Phyllotreta* 5](#_Toc508622632)

[*1.4. Stres u rostlin* 6](#_Toc508622633)

[2. Vědecké hypotézy a cíle práce 7](#_Toc508622634)

[3. Molice vlaštovičníková 8](#_Toc508622635)

[*3.1. Materiál a metody* 8](#_Toc508622636)

[*3.2. Výsledky a diskuse* 9](#_Toc508622637)

[4. Zápředníček polní 12](#_Toc508622638)

[*4.1. Materiál a metody* 12](#_Toc508622639)

[*4.2. Výsledky a diskuse* 13](#_Toc508622640)

[5. Dřepčíci rodu *Phyllotreta* 16](#_Toc508622641)

[*5.1. Materiál a metody* 16](#_Toc508622642)

[*5.2. Výsledky a diskuse* 16](#_Toc508622643)

[6. Vliv škodlivých organismů na obsah biologicky aktivních látek v květáku a brokolici 17](#_Toc508622644)

[*6.1. Materiál a metody* 17](#_Toc508622645)

[*6.2. Výsledky a diskuse* 18](#_Toc508622646)

[7. Závěry 21](#_Toc508622647)

[8. Seznam publikací 23](#_Toc508622648)

[9. Literatura 25](#_Toc508622649)

1. Přehled o současném stavu poznání

*1.1. Molice vlaštovičníková*

Molice vlaštovičníková,*Aleyrodes proletella* (L.) (Hemiptera: Aleyrodidae), je polyfágní druh, který se živí především na bylinných hostitelích s preferencí brukvovitých a v menší míře také hvězdnicovitých rostlin (Martin et al., 2000). Areál výskytu molice vlaštovičníkové zahrnuje mírné klimatické pásmo Palearktické oblasti, odkud se rozšířila do dalších částí světa (De Barro & Carver, 1997). V posledních dvou desetiletích se molice stala významným škůdcem brukvovitých zelenin v Evropě (Loomans et al., 2002; Muñiz & Nebreda, 2003; Trdan et al., 2003; van Rijn et al., 2008; Pajović, 2011; Saucke et al., 2011; Richter & Hirthe, 2014c).

Většina brukvovitých rostlin je vůči molici vlaštovičníkové tolerantní a vysoké napadení má na růst rostlin pouze malý vliv (Ramsey & Ellis, 1996). Přesto, že poškození rostlin molicemi je především kosmetické, má obrovský vliv z hlediska prodejnosti takového produktu (Broekgaarden et al., 2012). Proto je nezbytné nalézt spolehlivé metody ochrany proti molici vlaštovičníkové.

*1.2. Zápředníček polní*

Zápředníček polní, *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758), Lepidoptera: Plutellidae, je drobný motýl, který v celosvětovém měřítku patří mezi nejzávažnější škůdce brukvovité zeleniny. Zápředníček patří mezi expanzivní druhy. Je rozšířen kosmopolitně, všude tam, kde se brukvovitá zelenina pěstuje, a to včetně chladnějších oblastí. Škodí housenky, které žírem okénkují listy.

Zápředníček polní je považován za prvního škůdce plodin, který vyvinul rezistenci k DDT (Ankersmit, 1953; Johnson, 1953). U zápředníčka dochází rychle k selekci rezistence k insekticidům, jako jsou pyretroidy, organofosfáty (Khaliq et al., 2007), Bt-toxin (Tabashnik et al., 1990). V našich podmínkách byla zjištěna populace rezistentní k pyretroidům v roce 2002 v severních Čechách (Kocourek et al., 2013). Talekar & Shelton (1993) uvádějí, že v mnoha světových centrech pěstování brukvovité zeleniny došlo k rozvoji rezistence u zápředníčka polního k téměř každému syntetickému insekticidu, který byl na poli aplikován.

*1.3. Dřepčíci rodu Phyllotreta*

Dřepčíci rodu *Phyllotreta* jsou významnými škůdci brukvovitých plodin, kteří působí významné ekonomické ztráty v Evropě a Severní Americe (Vig, 2000). V České republice škodí na ozimé řepce, zejména však na hořčici, jarní řepce a brukvovité zelenině. Vzcházející jarní řepku mohou dřepčíci zcela zničit, proto zde patří k nejzávažnějším škůdcům (Kazda, 2014). V posledních třech letech došlo k nárůstu škodlivosti dřepčíků rodu *Phyllotreta* v některých oblastech na vzcházejících porostech řepky na podzim (Kocourek, 2016).

V roce 2008 byla zjištěna rezistence k pyrethroidům u dřepčíka olejkového (*Psylliodes chrysocephala*) v Německu (Müller et al., 2010) a je pravděpodobné, že by se mohly objevit rezistentní populace také u dřepčíků rodu *Phyllotreta*. Proto se jejich výskyt v Evropě dlouhodobě monitoruje.

1.4. Stres u rostlin

Rostliny jsou ve svém přirozeném prostředí vystaveny nepříznivým vlivům okolí – jsou stresovány. Stres je selekční faktor, stejně jako hnací síla pro zlepšenou odolnost a adaptativní evoluci (Larcher, 1987). Na úrovni celé rostliny je stres vnímán jako snížení fotosyntézy a růstu rostliny (Yordanov et al., 2000). Stresové faktory mohou zpomalovat životní funkce rostlin, poškozovat jednotlivé orgány nebo způsobit odumření rostliny. Stresové faktory působí na rostlinu v přirozených podmínkách neustále. Pokud stres překročí limity tolerance a kapacita adaptace je přetížena, následkem je trvalé poškození či smrt (Larcher, 1987).

Skupina reakcí, které se spustí pod vlivem stresoru, se nazývají stresové reakce. Gloser & Prášil (1998) uvádějí, že stresová reakce se skládá z poplachové a restituční fáze dále fáze rezistence a vyčerpání (obrázek 2). Tuto skupinu reakcí poprvé pojmenoval Selye (1936) u živočichů jako obecný adaptační syndrom. Každá fáze je charakterizována unikátním souborem proteinů (Kosová et al., 2011). Reakce rostlin na stres v souvislosti s tvorbou sekundárních metabolitů je druhově i odrůdově specifická a závisí na míře škodlivosti a dynamice vystavení stresu, stejně jako na ostatních faktorech prostředí (Jansen et al., 2008). Shulaev et al. (2008) uvádějí, že nejvýznamnějším nástrojem k identifikaci časných sloučenin, které signalizují vnímání stresu rostlinou ještě předtím, než může být zjištěna změna v transkriptomu nebo proteomu, je metabolomické profilování.

Napadení rostliny spustí metabolické procesy, při nichž se začne tvořit více primárních i sekundárních metabolitů. Sekundární metabolity, jako alkaloidy, goitrogeny, kyanogeny, saponiny, steroidní glykoalkaloidy, lathyrogeny, rostlinné fenoly (Davídek et al., 1991), dále kumariny, glukosinoláty, oxaláty a další (Hajšlová & Schulzová, 2006) mají ochrannou funkci u rostlin, takže stres či poškození škůdci ovlivní i hladinu glukosinolátů (Bandara et al., 2009). Produkty sekundárního metabolismu mohou být i sloučeniny netoxické, užitečné i pro člověka (vitaminy). Souhrnně se tyto sloučeniny nazývají biologicky aktivní látky. Fytochemikálie tedy představují významný parametr kvality zeleniny (Picchi et al., 2012).

Glukosinoláty jsou hojně přítomné zejména v brukvovité zelenině. Obsah a kvalita glukosinolátů je důležitým kvalitativním parametrem z hlediska zdravé výživy, protože rozkladné produkty glukosinolátů jsou nositeli nejrůznějších vlastností a na lidský organismus mohou vykazovat jak pozitivní, tak i negativní účinky.

2. Vědecké hypotézy a cíle práce

Výzkumná hypotéza:

Rostliny pod vlivem stresu produkují obranné látky, které ovlivňují kvalitu zeleniny. Poškození zeleniny škůdci může zvýšit výskyt látek nutričně škodlivých, nebo snížit výskyt látek nutričně prospěšných. Mezi účinnými látkami insekticidů využitelných pro ochranu zeleniny jsou významné rozdíly v účinnosti v závislosti na druhu škůdce, jeho vývojovém stadiu a stupni rezistence k pesticidům.

Cíle práce:

Cílem práce je získání nových poznatků o vlivu škodlivých organismů na kvalitativní parametry zeleniny a navržení vhodných ochranných opatření proti vybraným škůdcům brukvovité zeleniny.

Dílčí cíle:

1. vyhodnotit účinky ochranných prostředků proti vybraných škůdcům (molice vlaštovičníková, zápředníček polní a dřepčíci rodu *Phyllotreta*)

2. získat poznatky z biologie vybraných škůdců pro upřesnění ochranných opatření

3. vyhodnotit vliv škodlivých organismů na změny ve skladbě vybraných biologicky aktivních látek v rostlinách

3. Molice vlaštovičníková

*3.1. Materiál a metody*

V experimentálním skleníku VÚRV, v.v.i. byly založeny hrnkové kultury s živnými rostlinami – kedlubnami *Brassica oleracea* var. *gongylodes* L. cv. Luna. Ve skleníku byla udržována stabilní teplota 23 ± 3 °C, relativní vlhkost 40–80 % a fotoperioda 16:8 (L:D). Celkem byl hodnocen účinek 21 insekticidů, a to na vajíčka a nymfy molice vlaštovičníkové (*Aleyrodes* *proletella*).

Každá varianta (insekticidy, kontrola) měla 10 opakování s minimem 30 vajíček na rostlinu. Mortalita byla hodnocena po 5–7 dnech, což odpovídá přirozenému vývoji vajíček za daných podmínek (Butler, 1938). Při pokusech s nymfami byly použity pouze rostliny s alespoň 2 snůškami vajíček (v průměru 11 vajíček/snůška), ze kterých se poté líhly nymfy. Během 2 týdnů dosáhly nymfy 2. instaru. V té době bylo provedeno ošetření rostlin insekticidy. Každá varianta měla 10 opakování s minimem 20 nymf/květináč. Mortalita byla hodnocena po 7 dnech.

Monitorování přezimujících populací molice vlaštovičníkové probíhalo v časně jarním období (březen/duben) v letech 2016 a 2017 na porostech ozimé řepky (*Brassica napus* subsp. *napus* L.) na 44 lokalitách. Na poli byly vždy náhodně zvoleny 4 kontrolní plochy (1 m2). Na každé kontrolní ploše byl zaznamenán počet dospělců molice na 10 rostlinách.

*3.2. Výsledky a diskuse*

Ošetření vajíček a nymf molice vlaštovičníkové insekticidy signifikantně zvýšilo jejich mortalitu oproti kontrole. Ze statistického modelu se vytřídilo 7 skupin insekticidů s rozdílnou účinností (graf 1). Statistická analýza v programu Statgraphics 18 odhalila významné rozdíly v účinnostech insekticidů v závislosti na vývojovém stadiu molice vlaštovičníkové. Obecně byla dosažena vyšší účinnost na vajíčkách molice, avšak některé přípravky účinkovaly lépe na nymfy molice vlaštovičníkové. Vyšší počty přezimujících molic byly zaznamenány v roce 2016. Nejvíce molic bylo zaznamenáno na lokalitě Mochov (v průměru až 228 ks/10 rostlin). Maximum pro rok 2017 bylo 7 ks/40 rostlin na lokalitách Mochov a Litoměřice.

Insekticidy použité v této práci byly účinnější na vajíčka molic než na nymfy, což podporuje pozorování Springate & Colvin (2011), kteří předpokládali, že voskový povlak nymf má ochrannou funkci. Tři nejúčinnější insekticidy proti oběma vývojovým stadiím molic byly Movento (spirotetramat), Benevia (cyantraniliprole) a Sanmite (pyridaben).

 Ze skupiny neonikotinoidů, použitých v této práci, byl na vajíčka nejvíce účinný imidacloprid (až 95 %), nicméně jeho účinnost na nymfy molic byla výrazně nižší (57 %). Thiamethoxam byl také velmi účinný (84 % vajíčka, 72 % nymfy). Thiacloprid vykazoval dobrou účinnost pouze na vajíčka. Nejhorší ze skupiny neonikotinoidů byl acetamiprid, a to vůči oběma vývojovým stadiím, což potvrzují Richter & Hirthe (2014a). Obdobně byly vyhodnoceny pyrethroidy. Účinnost alfa-cypermetrinu a lambda-cyhalotrinu na vajíčka byla 73 % a 87 % v uvedeném pořadí, nicméně účinnost na nymfy byla velmi nízká (28 % a 7 %). Neonikotinoidy a pyrethroidy tedy nejsou v ochraně plodin proti nymfám molice vlaštovičníkové při foliární aplikaci dostatečně účinné, nicméně některé z nich lze úspěšně používat pro ošetření na vajíčka.

 Z botanických insekticidů použitých v této práci byl nejvíce účinný řepkový olej (77% mortalita vajíček, 85% nymf), celkově tak byl 4. nejúčinnějším insekticidem proti nymfám. Další v pořadí byly pongamový olej (77 % nymfy, 54 % vajíčka) a azadirachtin (téměř 50 % nymfy i vajíčka). Nízkou účinnost azadirachtinu potvrzuje Richter & Hirthe (2014a). Quassin/neoquassin a pomerančový olej nebyly proti molicím účinné. Většina hodnocených botanických insekticidů tak nesplňuje požadavky na účinnou ochranu. Na druhou stranu jsou jediným použitelným nástrojem ochrany v ekologickém systému pěstování a antirezistentních strategií.

 Spinosad a diflubenzuron jsou vysoce účinné látky s účinkem na vajíčka molic. Spinosad kromě rychlého požerového působení disponuje také účinkem kontaktním (Thompson et al., 2000), čímž lze vysvětlit jeho účinek na vajíčka (97 %). Na druhou stranu účinek spinosadu na nymfy nebyl dostačující (35 %). Řešením mohou být tankmixy spinosadu s olejem, které jsou účinnější (Richter & Hirthe, 2014a).

Vhodnost porostů ozimé řepky k přezimování dospělců molice vlaštovičníkové v podmínkách České republiky byla potvrzena. V zelinářských oblastech byla vyšší početnost přezimujících molic na řepce než v jiných regionech. Počty přezimovaných dospělců molice vlaštovičníkové v roce 2016 byly výrazně vyšší než v roce 2017. To mohlo být způsobeno nižšími teplotami v lednu 2017, takže byla usmrceno více jedinců přezimující populace. Butler (1938) uvádí, že samice mohou přežít teploty až -18° C po dobu 12 hodin, zatímco samci umírají již při teplotách kolem -4° C. Teploty v lednu 2017 dosahovaly až k -17° C (zdroj: ČHMÚ). Hromadná migrace molice vlaštovičníkové z řepky na zeleninu nastává během června. Nakladená vajíčka se líhnou během týdne. Pokud se nepodaří provést ochranná opatření během této doby a molice se masově namnoží, další ochrana je již víceméně neúčinná.

4. Zápředníček polní

*4.1. Materiál a metody*

Pokusy probíhaly na housenkách (L2 a L3) zápředníčka polního, které byly odebírány z kolonie chované v experimentálním skleníku VÚRV, v.v.i. (Praha, Ruzyně) na hostitelských rostlinách (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L. cv. Luna) při teplotě 23 ± 3 °C, relativní vlhkosti 40–80 % a fotoperiodě 16:8 (L:D).

Celkem bylo hodnoceno 16 insekticidů s různými účinnými látkami. Použité koncentrace přípravků odpovídají dávkování doporučeným pro polní aplikaci na housenky v dávce 600 l vody/ha. Smáčedlo použito nebylo. U některých insekticidů s podezřením na rezistenci (deltamethrin, λ-cyhalothrin) byla hodnocena mortalita housenek zápředníčka polního v koncentrační řadě odpovídající 20, 60, 100, 500 a 1 000% dávce doporučené v registru přípravků na ochranu rostlin pro polní aplikaci.

Testování probíhalo v laboratorních podmínkách dle metodiky IRAC č. 018 (007) – požerový test, kdy se listové výkrojky namáčejí do roztoků vody s insekticidem. Mortalita housenek byla sledována po 24 a 48 hodinách. Mortalita housenek byla korigována dle Abbotta (1925) a nesměla přesáhnout 20 %. Rezistence zápředníčka polního k vybraným přípravkům byla hodnocena pomocí Probitové analýzy. Vlastní analýza byla provedena v programu XLSTAT 2015.

*4.2. Výsledky a diskuse*

Mortalita housenek u hodnocených přípravků po 48 hodinách je znázorněna v grafu 4. Z celkově 16 hodnocených přípravků se oddělila homogenní skupina 5 nejúčinnějších přípravků, a to Benevia, Spintor, Lepinox, Steward a Calypso. Ostatní skupiny nelze jednoznačně oddělit, neboť se vždy částečně překrývají.

Účinnost pyrethroidů vyjádřená mortalitou se pohybovala od 11–62 % po 24 hodinách v následujícím pořadí: Mavrik, Decis Mega, Vaztac, Alfametrin a Karate. Po 48 hodinách byly účinnosti vyšší, a to od 21–73 %. Požerky na listech ošetřených přípravkem Decis Mega byly v podstatě totožné s kontrolou. Calypso a Mospilan byly v požerovém testu velmi účinné. Po aplikaci přípravku Calypso byla mortalita po 48 hodinách 100 %. Mospilan byl účinný o něco méně, avšak byl zde zaznamenán velký nárůst účinnosti z 24 % po 24 hodinách na 88 % po 48 hodinách. Vysoce účinné byly také přípravky Steward a Benevia, který způsobil mortalitu 100 % již po 24 hodinách po aplikaci. Ze 4 hodnocených biologických přípravků byly velmi účinné 2 přípravky, a to SpinTor a Lepinox (až 100% mortalita). Zbývající 2 přípravky Naturalis a Neem Azal po 48 hodinách způsobily mortalitu pouhých 34 % a 11 % v uvedeném pořadí. Neem Azal byl vůbec nejméně účinný ze všech hodnocených přípravků.

Přípravky Decis Mega (deltamethrin) a Karate (λ-cyhalothrin), byly otestovány v koncentrační řadě. Výsledek probitové analýzy pro deltamethrin byl: LC50 = 341 ppm a LC90 = 36 504 ppm. Jako referenční (citlivá) populace k deltamethrinu byla použita populace Vargem Alta-ES (de Oliveira et al., 2011). Vypočtený koeficient rezistence (RR) pro testovanou populaci z Litoměřicka měl hodnotu 4, což potvrzuje rezistenci této populace k deltamethrinu. V případě λ-cyhalothrinu probitová analýza nevyšla z důvodu variability dat, takže není výsledek dále diskutován.

Rezistence zápředníčka polního k neonikotinoidům, zejména k acetamipridu (Mospilan) je v zahraničí již známa (Ninsin, 2004). Pokud dojde ke snížení polní účinnosti tohoto přípravku, neměl by být dále používán. Populace hodnocená v tomto experimentu se ukázala být velmi citlivá vůči účinné látce thiacloprid (Calypso), po jejíž aplikaci byla po 48 hodinách dosažena 100% mortalita. V případě některých pyrethroidů (Decis Mega) housenky přežívaly i desetinásobné dávky. Vzhledem k tomu, že pyrethroidy bývaly proti zápředníčkovi velmi účinné, lze takto snížené účinnosti považovat za rezistenci k pyrethroidům. Výsledky probitové analýzy prokázaly, že polní populace zápředníčka polního z litoměřické oblasti je rezistentní vůči deltamethrinu s koeficientem rezistence (RR) = 4 ve srovnání s citlivou populací (de Oliveira, 2011).

U ostatních málo účinných přípravků se může jednat o neúčinnost z jiných důvodů. Například účinné látky diflubenzuron (Dimilin), methoxyfenozide (Integro) a spirotetramat (Movento) vykazovaly nižší účinnost. Je možné, že metodika IRAC není zcela vhodná pro tyto látky, vzhledem k odlišnému mechanismu účinku a delší reakční době. Přípravek Integro způsobil mortalitu pouze 61 % po 48 hodinách, nicméně je vhodný pro použití v integrované ochraně, neboť je selektivní a nepoškozuje užitečný hmyz. Biologický přípravek Naturalis, je účinný až po delší době působení. V laboratoři po 96 hodinách se jeho účinnost zvýšila na 87,5 %, a po 5 dnech až na 100 %. Obdobně přípravek Neem Azal (azadirachtin) vyžaduje delší dobu působení. Verkerk & Wright (1993) dosáhli u 2. instaru housenek zápředníčka konečné mortality mezi 50–90 % třináctý den pokusu, koncentrace kterou používali, byla 5x nižší než koncentrace použitá v této práci. Azadirachtin má protipožerové účinky, ovlivňuje hormonální soustavu hmyzu, páření a schopnost létat (Schmutterer, 1992). Liang et al. (2003) zjistili, že insekticidy na bázi azadirachtinu byly toxické vůči všem instarům housenek zápředníčka polního, ale účinek se dostavoval pomalu a housenky způsobily značné poškození na ošetřených listech.

Byla zjištěna vysoká účinnost přípravků Lepinox Plus a Spintor, které jsou povoleny v ekologickém systému produkce. Účinek přípravku Spintor se dostavil velmi rychle a housenky tak nezpůsobily téměř žádné poškození ošetřených listů. Lepinox Plus v České republice v současné době nahrazuje dříve používaný přípravek Biobit XL se stejnou účinnou látkou. Vysokou citlivost housenek zápředníčka polního vůči tomuto přípravku potvrzují například Mohan & Gujar (2003).

5. Dřepčíci rodu *Phyllotreta*

*5.1. Materiál a metody*

Dospělci dřepčíků rodu *Phyllotreta* byli odchyceni smýkáním neošetřovaného porostu hořčice na lokalitě Obříství a Ruzyně. Vzorky z každé lokality obsahovaly směs 4 druhů dřepčíků (*Phyllotreta nigripes*, *P. atra*, *P. nemorum* a *P. undulata*).

Bylo hodnoceno celkem 6 čistých účinných látek insekticidů, Hodnocení citlivosti dřepčíků bylo provedeno dle metodik IRAC č. 011, 021 a 027 - tarsální (vial/lahvičkový) test. Brouci byli umístěni do připravených lahviček, ošetřených roztoky účinných látek ředěných v acetonu. Lahvičky s brouky byly uloženy do exsikátoru při teplotě 23 ± 3 °C a vlhkosti vzduchu 42 %. Mortalita byla hodnocena po 24 hod a korigována dle Abbotta (1925). Mortalita v kontrole nesměla přesáhnout 20 %. Data byla analyzována v programu Statgraphics 18 pomocí metody mnohonásobného porovnání.

*5.2. Výsledky a diskuse*

Účinnost nad 90 % byla dosažena u obou populací dřepčíků v případě 5 ze 6 hodnocených účinných látek, a to i při hodnocení snížené dávky, která odpovídala 20 % doporučené polní dávky (viz graf 5 a graf 6). Snížená citlivost vůči účinné látce thiacloprid byla zjištěna u populací dřepčíků z obou lokalit při koncentraci odpovídající 100% registrované polní dávky. Dřepčíci z lokality Obříství přežívali koncentraci, která odpovídala desetinásobku (1 000%) doporučené polní dávky. Na broucích z lokality Ruzyně nebyla desetinásobná dávka thiaclopridu testována. Účinné látky lambda-cyhalothrin a chlorpyrifos byly vysoce účinné i při použití koncentrace odpovídající dávce 5x nižší (20%) než je registrovaná polní dávka. V případě účinné látky indoxacarb docházelo k jisté variabilitě, nicméně mortalita se pohybovala v rozmezí 90–100 %.

Hodnocení účinnosti účinných látek v lahvičkovém testu podle metodik IRAC zahrnuje pouze kontaktní účinek pesticidů. Pro účinné látky, které mají také požerové účinky, může být mortalita zjištěna touto metodou podhodnocena. Mortalita 30–40 % po aplikaci thiaclopridu je natolik nízká, že indikuje vysokou toleranci nebo rezistenci dřepčíků rodu *Phyllotreta* k thiaclopridu. Obdobné výsledky s nízkou účinností thiaclopridu na dřepčíky rodu *Phyllotreta* získali Gajdošík (2015) i Seidenglanz et al. (2014). Mezi populacemi dřepčíků existuje poměrně velká variabilita v reakci na thiacloprid. V případě pyrethroidů nebyla detekována snížená citlivost dřepčíků vůči doporučeným koncentracím. Tyto závěry podporují i výsledky Gajdošíka (2015) a Seidenglanze et al. (2014). Situace byla obdobná v roce 2005 v Německu (Heimbach & Müller, 2012) či v roce 2011 ve Švédsku (Ekbom & Müller 2011), kde rezistence dřepčíků rodu *Phyllotreta* k pyrethroidům (lambda-cyhalothrin, cypermethrin) nebyla zjištěna. Hrudová et al. (2015) uvádějí sníženou citlivost dřepčíků rodu *Phyllotreta* k lambda-cyhalothrinu na 2 lokalitách jižní Moravy a upozorňují na riziko selekce rezistence v následujících letech. Citlivost dřepčíků k pyrethroidům byla na většině sledovaných lokalit sice vysoká, nicméně nesprávné dávkování a nadměrné použití insekticidů již existující riziko selekce rezistence dále zvyšuje.

6. Vliv škodlivých organismů na obsah biologicky aktivních látek v květáku a brokolici

*6.1. Materiál a metody*

Na demonstračním poli ČZU v Praze byly založeny 3 – leté maloparcelkové pokusy. Pomocí izolátorů z jemného monofilu byly zaizolovány výsadby květáku (*Brassica oleracea* convar *botrytis* var. *botrytis*) a brokolice (*Brassica oleracea* convar *botrytis* var. *italica*). V každém izolátoru bylo 6–9 rostlin ve 3 variantách: mírné napadení, velké napadení, kontrola = bez napadení.

Škůdci byli vysazováni do izolátorů zhruba 2 týdny před plánovanou sklizní, a to dřepčíci v počtu 20 ks/rostlina, housenky zápředníčka polního 10 ks/rostlina, můra zelná 3 ks/rostlina, plzák španělský 3 ks/rostlina. Molice, které se vyskytly samovolně, byly v počtu zhruba 30 ks/rostlina a bělásek zelný 3 ks/rostlina. Sklizené vzorky byly označeny a v den sklizně odvezeny na Ústav analýzy potravin VŠCHT k rozborům, které probíhaly podle běžně používaných metodik:

Stanovení sušiny: Asi 5 g homogenizovaného vzorku se sušilo při 105 ºC po dobu 5 hodin.

Stanovení vitaminu C: Navážka cca 20 g byla zalita 60 ml 3% kyseliny metafosforečné a homogenizována v mixeru. Homogenát byl zfiltrován přes Büchnerovu nálevku (filtr 389), filtrát byl kvantitativně převeden do 100ml odměrné baňky a doplněn po rysku, extrakt byl přefiltrován přes membránový filtr (5 μm) do vialky. Stanovení vitaminu C bylo prováděno pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie s UV detekcí.

Stanovení glukosinolátů: Asi 20 g vzorku bylo odebíráno z co nejméně porušených částí (nejlépe jedním řezem, aby došlo k co nejmenšímu poškození pletiva). Vzorek byl ihned zalit 70-80 ml 70% roztoku methanolu a homogenizován v mixéru. Homogenát byl zfiltrován přes Büchnerovu nálevku (filtr 390), filtrát kvantitativně převeden do 200 ml odměrné baňky a doplněn po rysku 70% roztokem methanolu. Extrakt byl přefiltrován přes membránový filtr (0,45 um) do vialky. Bylo odváženo 2–3 mg standardu sinigrinu, který byl následně rozpušten v 10 ml 70% methanolu. Z tohoto zásobního roztoku byly do vialek připraveny roztoky o koncentracích 2; 1; 0,5; 0,2; 0,1 a 0,01 µg/ml. Vzhledem k nedostupnosti standardů ostatních látek jsou všechny glukosinoláty kvantifikovány na sinigrin.

*6.2. Výsledky a diskuse*

Průměrný obsah sušiny za 3 roky u kontrolních variant činil 7,37 % u květáku a 10,62 % u brokolice, u mírně napadených 6,8 % (květák) a 11,16 % (brokolice), a u vysoce napadených 6,8 % (květák) a 11,05 % (brokolice). Průměrný obsah sušiny u květáku se statisticky významně lišil dle termínu sklizně, a to tak, že vyšší podíl sušiny obsahovaly vzorky sklizené v létě oproti vzorkům sklizených na podzim. Vliv míry napadení na obsah sušiny prokázán nebyl.

Průměrný obsah vitaminu C za 3 roky u kontrol byl 433,8 mg/kg (květák) a 634,2 mg/kg (brokolice), u mírně napadených variant 395 mg/kg (květák) a 589,3 mg/kg (brokolice), u vysoce napadených pak 415,25 mg/kg (květák) a 638,2 mg/kg (brokolice). Obsah vitaminu C u brokolice značně kolísal, a to od 324 mg/kg (léto 2013, mírné napadení) až po 1 000 mg/kg (léto 2014, velké napadení). Míra napadení neměla průkazný vliv na obsah vitaminu C v hlávkách. Průměrný obsah vitaminu C byl statisticky vyšší u květáku v létě. U brokolice byly vyšší hladiny naměřeny u vzorků sklizených na podzim, avšak statisticky se nelišily od letních. Varianty se velkým napadením měly nejvyšší průměrný obsah vitaminu C.

Byl pozorován významný vliv velikosti hlávky na obsah glukosinolátů v roce 2013. Vzorek květáku se zakrslou hlávkou celkově obsahoval 1 741 mg/kg glukosinolátů, zatímco u normálně vzrostlých květáků ze stejného období bylo naměřeno 59–130 mg/kg celkových glukosinolátů. Z detekovaných glukosinolátů převažoval glukobrassicin a jeho deriváty, které patří mezi indolové glukosinoláty. V roce 2014 byly zvlášť hodnoceny vzorky brokolice malých a velkých rozměrů. Z výsledků je patrné, že menší hlávky brokolice obsahují více glukosinolátů ve srovnání s velkými hlávkami. Vyšší hodnoty obsahu glukosinolátů byly naměřeny u nejvíce poškozených rostlin brokolice, a to u obou termínů sklizně, avšak tyto hodnoty se signifikantně nelišily od hodnot méně poškozených rostlin a kontroly. Míra napadení herbivory na obsah glukosinolátů u brokolice v tomto případě nebyla prokázána.

Obsah sušiny u květáku byl v průměru 7,03 %. Kopec (2010) uvádí obsah sušiny u květáku 8,4 %. Drobný rozdíl může být způsoben odlišným kultivarem či podmínkami pěstování. U vzorků květáku byl zjištěn vliv termínu sklizně na obsah sušiny, přičemž při letní sklizni květáky obsahovaly více sušiny než při podzimní. Podobně Hajšlová & Schulzová (2006) u brambor zjistily, že klimatické podmínky ovlivňovaly obsah škrobu více než způsob pěstování (ekologické x konvenční). Zeleniny, které byly pěstovány v sušších podmínkách, jsou bohatší na sušinu. Tomu odpovídá i vyšší obsah vitaminu C u vzorků květáku sklizených v létě. Kopec (2010) uvádí průměrný obsah vitaminu C u květáku 383 mg/kg. Průměrný obsah vitaminu C ve vzorcích květáku sklizených v létě byl 473,8 mg/kg, zatímco u podzimní sklizně byl obsah pouze 380,125 mg/kg, což byl signifikantní rozdíl. Vliv napadení škůdci na obsah sušiny a vitaminu C u květáku nebyl prokázán.

V analyzovaných vzorcích květáku převažovaly indolové glukosinoláty a z nich glukobrassicin. Agerbirk et al. (2009) uvádějí, že ačkoliv jsou glukobrassicin a jeho deriváty u brukvovitých velmi časté, nebývají dominantní. Indolové glukosinoláty se obvykle rozkládají na nitrily a isothiokyanáty (Gmelin & Virtanen, 1961; Hanley et al., 1985; Agerbirk et al., 1998). Důležitou látkou, která může vznikat reakcí s kyselinou askorbovou je askorbigen, který má pozitivní účinky na lidské zdraví. U člověka aktivuje činnost těch oxidáz v játrech a tlustém střevu, které detoxikují karcinogeny z potravy. Klesá tím riziko rakoviny tlustého střeva a konečníku. Takže vyšší obsah vitaminu C spolu s indolovými glukosinoláty je žádoucí.

Glukosinolátový profil u vzorků brokolice je v souladu s literaturou. Cartea & Velasco (2008) uvádějí, že v brokolici je typický vyšší obsah glucoraphaninu na úkor sinigrinu, což je v souldau s našimi výsledky. Glucoraphanin je důležitý z hlediska prevence vzniku rakoviny jakožto prekurzor sulforaphanu (Fahey et al., 1994). U brokolice byl oproti květáku identifikován glukosinolát glukonasturtiin, který se řadí mezi aromatické glukosinoláty. Tento glukosinolát má také potenciál jako chemoprotektivní agens. Jeho rozkladným produktem je isothiokyanát phenethyl, který inhibuje aktivaci karcinogeneze zejména v souvislosti s rakovinou plic (Cartea & Velasco, 2008).

Naměřené hodnoty glukosinolátů v této práci jsou tak nesourodé, že lze jen těžko vysledovat nějaký trend závislosti obsahu glukosinolátů na míře poškození rostlin či termínu sklizně. To může být způsobeno menším množstvím analyzovaných vzorků, či jednoduše vliv poškození herbivory není tak významný.

7. Závěry

Výsledky provedených experimentů potvrdily hypotézu, že mezi účinnými látkami insekticidů využitelných pro ochranu zeleniny jsou významné rozdíly v účinnosti v závislosti na druhu škůdce, jeho vývojovém stadiu a stupni rezistence k pesticidům. Hypotéza, že poškození zeleniny škůdci může zvýšit obsah látek nutričně škodlivých, nebo snížit obsah látek nutričně prospěšných, potvrzena nebyla. To je poznatek přínosný pro rozvoj ekologického způsobu pěstování brukvovité zeleniny, při kterém mohou být rostliny vystaveny vyšší míře stresu způsobeného herbivorními škůdci.

Byly zjištěny významné rozdíly v účinnostech u 17 přípravků na ochranu rostlin (z celkových 21) při použití na různá vývojová stadia molice vlaštovičníkové. Většina přípravků byla účinnější na vajíčka, takže je vhodné zaměřit ochranu právě na toto vývojové stadium. K tomu lze doporučit přípravky Movento (spirotetramat), Benevia (cyantraniliprole), Spintor (spinosad), Dimilin (diflubenzuron), Sanmite (pyridaben), Mido (imidacloprid) a Biscaya (thiacloprid) s účinností nad 90 %. Vhodným termínem pro ošetření je období krátce po náletu dospělců molic na porosty zeleniny v červnu. Dostatečnou účinnost proti oběma vývojovým stadiím molic vykazovaly pouze tři přípravky, a to přípravky Sanmite, Benevia a Movento. Na nymfy lze na základě účinnosti dále doporučit řepkový a pongamový olej jako alternativu pro ekologické zemědělství.

Monitorováním přezimujících populací molice vlaštovičníkové bylo zjištěno, že v prostředí České republiky mohou molice úspěšně přezimovat na porostech ozimé řepky, odkud se během června šíří do porostů se zeleninou. Na řepkách v zelinářských oblastech (Mochov, Litoměřice) byla abundance molic vyšší než v jiných lokalitách. Ozimá řepka vytváří zelený most, díky kterému molice vlaštovičníková v prostředí České republiky prosperuje, k čemuž napomáhají mírné zimy.

Byly zjištěny významné rozdíly v účinnostech celkově 16 hodnocených přípravků na ochranu rostlin u zápředníčka polního při použití metody IRAC č. 018 (007). U přípravků byla testována dávka doporučená pro polní aplikaci v požerovém testu s vyhodnocením mortality po 48 hodinách. Mezi nejúčinnější patřily přípravky Spintor, Steward, Benevia, Calypso a Lepinox s účinností okolo 100 % a lze je doporučit pro ochranu brukvovité zeleniny vůči zápředníčkovi polnímu. Spintor a Lepinox jsou zároveň přípravky povolené pro použití v systému ekologické produkce. Jako nedostatečně účinné (do 40 %) byly touto metodou vyhodnoceny přípravky Neem Azal, Naturalis a Dimilin. Pyrethroidy byly vyhodnoceny jako neúčinné a nelze je doporučit k ochraně proti zápředníčkovi polnímu. Probitovou analýzou byla prokázána rezistence litoměřické populace zápředníčka polního k deltamethrinu s hodnotami LC50 = 341 ppm a LC90 = 36 504 ppm, což je 4x více ve srovnání s citlivou populací dle citované literatury.

Většina hodnocených účinných látek byla při použití metody IRAC č. 027, 011 a 021 vůči dřepčíkům rodu *Phyllotreta* z oblasti Mělnicka a Ruzyně dostatečně účinná. Všechny 3 z hodnocených pyrethroidů (α–cypermethrin, λ–cyhalothrin i deltamethrin) způsobovaly 100% mortalitu u dřepčíků v koncentraci odpovídajících 100% polní dávce. Snížené koncentrace α–cypermethrinu a deltamethrinu odpovídající 20% doporučené polní dávce působily sníženou mortalitu (90 %) u dřepčíků z lokality Obříství. U brouků z lokality Ruzyně byla snížená mortalita pouze u α–cypermethrinu. Thiacloprid byl na základě výsledků této práce vyhodnocen jako neúčinný. Mortalita dřepčíků z lokality Obříství byla pouze do 15 % a do 40 % u brouků z lokality Ruzyně. Doporučuje se provádět plošný monitoring rezistence dřepčíků rodu Phyllotreta k pyrethroidům a thiaclopridu v České republice.

Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu biologicky aktivních látek (vitamin C, glukosinoláty) a celkovém obsahu sušiny v analyzovaných vzorcích květáku a brokolice vlivem poškození herbivory. Při pokusech byly hodnoceny 3 stupně poškození včetně nepoškozené kontroly. Pro indukci stresu u rostlin byly při pokusech použiti různí herbivoři: plzák španělský, housenky několika druhů motýlů, molice vlaštovičníková a dřepčíci rodu *Phyllotreta*. U květáku byl zaznamenán signifikantně vyšší obsah sušiny a vitaminu C u letního termínu sklizně.

8. Seznam publikací

Impakty:

**Kovaříková**, K., Holý, K., Skuhrovec, J., Saska, P., 2017: The efficacy of insecticides against eggs and nymphs of *Aleyrodes proletella* (Hemiptera: Aleyrodidae) under laboratory conditions. *Crop Prot.* 98: 40–45.

Metodiky a technologie:

Kocourek, F., Holý, K., Rod, J., Stará, J., **Kovaříková**, K., Douda, O., Koudela, M., Kováčová, J., Kocourek, V., Hajšlová, J., 2014. *Optimalizace používání pesticidů proti škůdcům a chorobám v systému integrované produkce cibulové a kořenové zeleniny a salátu.* VÚRV. Praha. 137 s.

Kocourek, F., Havel, J., Hovorka, T., Kazda, J., Kolařík, P., **Kovaříková**, K., Ripl, J., Skuhrovec, J., Seidenglanz, M., Šafář, J., 2017. *Ochrana řepky proti živočišným škůdcům na podzim bez mořidel na bázi neonikotinoidů.* VÚRV. Praha. 96 s.

Kocourek, F., Koudela, M., Jursík, M., Rod, J., Holý, K., **Kovaříková**, K., 2016. *Technologie pěstování a ochrany cibule v systému integrované produkce.* VÚRV. Praha. 20 s.

Kocourek, F., Koudela, M., Jursík, M., Rod, J., Holý, K., **Kovaříková**, K., 2016. *Technologie pěstování a ochrany salátu a mrkve v systému integrované produkce.* VÚRV. Praha. 29 s.

Kocourek, F., Koudela, M., Jursík, M., Rod, J., Holý, K., **Kovaříková**, K., 2016. *Technologie pěstování a ochrany zelí a květáku v systému integrované produkce.* VÚRV. Praha. 25 s.

Kocourek F., Koudela M., Jursík M., Rod, J., Holý K., **Kovaříková** K., 2016: *Technologie pěstování a ochrany zelí, květáku, cibule, salátu a mrkve při ekologickém pěstování zeleniny.* VÚRV. Praha. 43 s.

Recenzované články:

Holý, K., Skuhrovec, J., **Kovaříková**, K. 2015. Účinnost insekticidů na vajíčka molice vlaštovičníkové. *Zahradnictví.* 14(12): 47–49.

**Kovaříková**, K., Kocourek, F., 2016: Účinnost insekticidů na housenky zápředníčka polního (*Plutella xylostella* L.). *Zahradnictví* 15(3): 50–52.

**Kovaříková**, K., Kocourek, F., 2017: Citlivost dřepčíků rodu *Phyllotreta* na insekticidy. *Úroda* 65(3): 54–58.

Ostatní články:

**Kovaříková**, K., Kocourek, F., 2014: Ochrana brukvovité zeleniny vůči škůdcům. *Agromanuál* 9(5): 46–48.

**Kovaříková**, K., 2014: Biologicky aktivní látky v zeleninách. *Úroda* 62(6): 93–95.

**Kovaříková**, K., Kocourek, F., 2017: Zápředníček polní - významný škůdce brukvovité zeleniny a řepky. *Agromanuál* 12(7): 37–39.

9. Literatura

Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265–267.

Agerbirk, N., Olsen, C.E., Sørensen, H., 1998. Initial and final products, nitriles and ascorbigens produced in myrosinase-catalyzed hydrolysis of indole glucosinolates. *J. Agric. Food Chem.* 46(4): 1563–1571.

Agerbirk, N., Vos, M., Kim, J.H., Jander, G., 2009. Indole glucosinolate breakdown and its biological effects. *Phytochem. Rev*. 8(1): 101–120.

Ankersmit, G.W., 1953. DDT resistance in *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera) in Java. *B. Entomol. Res*. 44(3): 421–425.

Bandara, M., Savidov, N., Driedger, D., 2009. The impact of selected abiotic stresses on glucoraphanin content in field pepperweed (*Lepidium campestre* L.). *Acta Hortic*. 841(39): 323-328.

Broekgaarden, C., Riviere, P., Steenhuis, G., del sol Cuenca, M., Kos, M., Vosman, B., 2012. Phloem-specific resistance in *Brassica oleracea* against the whitefly *Aleyrodes proletella*. *Entomol. Exp. Appl*. 142(2): 153–164.

Butler, C., 1938. On the ecology of *Aleurodes brassicae* Walk.(Hemiptera). *R. Ent. Soc.* 87(13): 291–311.

Cartea, M.E., Velasco, P., 2008. Glucosinolates in *Brassica* foods: bioavailability in food and significance for human health. *Phytochem. Rev*. 7(2): 213–229.

Davídek, J., Hajšlová, J., Pokorný, J., Velíšek, J., 1991. *Chemie potravin*. 2. vydání. VŠCHT. Praha. 143 s.

De Barro, P.J., Carver, M., 1997. Cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* (L.) (Hemiptera: Aleyrodidae), newly discovered in Australia. *Aust. J. Entomol*. 36(3): 255–256.

Ekbom, B., Müller, A., 2011. Flea beetle (*Phyllotreta undulata* Kutschera) sensitivity to insecticides used in seed dressings and foliar sprays. *Crop Prot*. 30(10): 1376–1379.

Fahey, J.W., Zalcmann, A.T., Talalay, P., 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry.* 56(1): 5–51.

Gajdosík, E., 2015. Rezistence dřepčíků rodu *Phyllotreta* a *Psylliodes* na řepce k vybraným insekticidům. Mendelu. Brno. 83 s.

Gloser, J., Prášil, I., 1998. Fyziologie stresu. In: Procházka et al. (eds.). *Fyziologie rostlin*. Academia. Praha. 484 s.

Gmelin, R., Virtanen, A.I., 1961. Glucobrassicin, the precursor of 3 - Indolylacetonitril, ascorbigen, and SCN - in *Brassica*

 *oleracea* species. *Suom. Kemistil. B.* 34: 15–18.

Hajšlová, J., Schulzová, V., 2006. Porovnání produktů ekologického a konvenčního zemědělství. ÚZPI. Praha. 24 s.

Hanley, A.B., Belton, P.S., Fenwick, G.R., Janes, N.F., 1985. Ring oxygenated glucosinolates of *Brassica* species. *Phytochemistry.* 24(3): 598–600.

Heimbach, U., Müller, A., 2012. Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany. *Pest Manag. Sci*. 69(2): 209–216.

Hrudová, E., Tóth, P., Seidenglanz, M., Kolařík, P., Havel, J., 2015. Testování citlivosti dřepčíků k vybraným insekticidům a prvotní výsledky sledování jejich druhového spektra v porostech řepky. *Sborník z konference prosperující olejniny*. 82–84.

Jansen, M.A.K., Hectors, K., O’Brien, N.M., Guisez, Y., Potters, G., 2008. Plant stress and human health: Do human consumers benefit from UV-B acclimated crops? *Plant Sci.* 175(4): 449–458.

Johnson, D.R., 1953. *Plutella maculipennis* resistance to DDT in Java. J. Econ. Entomol. 46(1): 176.

Kazda, J., 2014. Ovlivnil zákaz moření řepky neonikotinoidy letošní porosty – ano, nebo ne? Úroda. online [http://uroda.cz/ovlivnil-zakaz-moreni-repky-neonikotinoidy-letosni-porosty-ano-nebo-ne/]

Khaliq, A., Attique, M.N.R., Sayyed, A.H., 2007. Evidence for resistance to pyrethroids and organophosphates in *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae) from Pakistan. *B. Entomol. Res.* 97(2): 191–200.

Kocourek, F., Holý, K., Stará, J., 2013. *Optimalizace používání pesticidů proti škůdcům v systému integrované produkce brukvovité zeleniny*. Certifikovaná metodika. VÚRV. Praha. 74 s.

Kocourek, F., 2016. Problémy s ochranou řepky proti škůdcům v posledních letech. *Úroda*. 64(8): 61–64.

Kopec, K., 2010. *Zelenina ve výživě člověka*. Grada Publishing, Praha. 168 s.

Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I. T., Renaut, J., 2011. Plant proteome changes under abiotic stress - Contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *J. Proteomics*. 74(8): 1301–1322.

Larcher, W., 1987. Streß bei Pflanzen. *Naturwissenschaften.* 74: 158–167.

Liang, G.-M., Chen, W., Liu, T.-X., 2003. Effects of three neem-based insecticides on diamondback moth (lepidoptera: plutellidae). *Crop Prot*. 22(2): 333­–340.

Loomans, A.J.M., Staneva, I., Huang, Y., Bukovinskiné-Kiss, G., van Lenteren, J.C., 2002. When native non-target species go indoors: a new challenge to biocontrol of whiteflies in European greenhouses. *IOBC-WPRS Bulletin.* 25: 139–142.

Martin, J.H., Mifsud, D., Rapisarda, C., 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean basin. *Bull. Entomol. Res*. 90(5): 407–448.

Mohan, M., Gujar, G.T., 2003. Local variation in susceptibility of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) to insecticides and role of detoxification enzymes. *Crop Prot.* 22(3): 495–504.

Müller, R., de Vos, M., Sun, J. Y., Sønderby, I. E., Halkier, B. A., Wittstock, U., Jander, G. 2010. Differential effects of indole and aliphatic glucosinolates on Lepidopteran herbivores. *J. Chem. Ecol*. 36(8): 905–913.

Muñiz, M., Nebreda, M., 2003. Differential variation in host preference of *Aleyrodes proletella* (L.) on several cauliflower cultivars. *IOBC-WPRS Bulletin.* 26: 49–52.

Ninsin, K.D., 2004. Acetamiprid resistance and cross-resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Pest Manag. Sci*. 60(9): 839–841.

de Oliveira, A.C, de Siqueira, H.Á.A., de Oliveira, J.V., da Silva, J.E., Filho, M.M., 2011. Resistance of Brazilian diamondback moth populations to insecticides. *Sci. Agric*. 68(2): 154–159.

Picchi, V., Migliori, C., Lo Scalzo, R., Campanelli, G., Ferrari, V., Di Cesare, L.F., 2012. Phytochemical content in organic and conventionally grown Italian cauliflower. *Food Chem*. 130(3): 501–509.

van Rijn, P.C.J., den Belder, E., Elderson, J., Vlaswinkel, M., van Alebeek, F., 2008. Perspectives for functional agro biodiversity in Brussels sprouts. *IOBC-WPRS Bulletin*. 34: 21 – 124.

Richter, E., Hirthe, G., 2014a. First results on population dynamics and chemical control of *Aleyrodes proletella* in Germany. *IOBC-WPRS Bull*. 107: 63–70.

Richter, E., Hirthe, G., 2014c. Efficacy of drench and spray applications of insecticides to control cabbage whitefly *Aleyrodes proletella*. *IOBC-WPRS Bull*. 107: 151–156.

Shulaev, V., Cortes, D., Miller, G., Mittler, R., 2008. Metabolomics for plant stress response. *Physiol. Plantarum*. 132(2): 199–208.

Schmutterer, H., 1992. Control of diamondback moth by application of neem extracts. In: Talekar, N.S. (ed.). Diamondback moth and other crucifer pests. *Proceedings of the Second International Workshop, Tainan, Taiwan, AVRDC*. 92(368): 325–332.

Trdan, S., Modic, Š., Bobnar, A., 2003. The influence of cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella* L., Aleyrodidae) abundance on the yield of Brussels sprouts. *IOBC-WPRS Bulletin.* 26: 265–270.

Ramsey, A.D., Ellis, P.R., 1996. Resistance in wild brassicas to the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*. *Acta Horticulturae*. 407(64): 507–514.

Pajovic, I., 2011. Seasonal dynamics of most detrimental pest insect species on cabbage plants in Montenegro. *Agriculture & Forestry*. 51(1–4): 25–42.

Saucke, H., Schultz, B., Wedemeyer, R., Liebig, N., Zimmermann, O., Katz, P., 2011. Biotechnische regulierung der Kohlmottenschildlaus in Kohlgemüse – Sachstand und Perspektiven. *Gesunde Pflanzen*, 63(4): 183–189.

Seidenglanz, M., Poslušná, J., Kolařík, P., Rotrekl, J., Havel, J., Hrudová, E., Tóth, P., Bernardová, M., 2014. Citlivost blýskáčka, krytonosce a dřepčíků k insekticidům. *Úroda*, 62(2): 42–46.

Selye, H., 1936. A syndrome produced by various noxious agents. *Nature*. 138: 32–34.

Springate, S., Colvin, J., 2011. Pyrethroid insecticide resistance in British populations of the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*. *Pest Manag. Sci*. 68(2): 260–267.

Tabashnik, B.E., Cushing, N.L., Finson, N., Johnson, M.W., 1990. Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol*. 83(5): 1671–1676.

Talekar, N.S., Shelton, A.M., 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol*. 38: 275–301.

Thompson, G.D., Dutton, R., Sparks, T.C., 2000. Spinosad – a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest Manag. Sci*. 56(8): 696–702.

Verkerk, R.H.J., Wright, D.J., 1993. Biological activity of neem seed kernel extracts and synthetic azadirachtin against larvae of *Plutella xylostella* L. *Pestic. Sci*. 37(1): 83–91.

Vig, K., 2000. Data on the Biology of the Turnip Flea Beetle, *Phylotreta nemorum* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* 65(2a): 201–212.

Yordanov, I., Velikova, V., Tsonev, T., 2000. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica*. 38(1): 171–186.