

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



**Možnosti využití přírodních látek rostlinného původu
proti vybraným škůdcům chmele**

Bakalářská práce

Autor práce: Sabina Buriancová

Obor studia: Rostlinná produkce

Vedoucí práce: Ing. Adéla Fraňková, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti využití přírodních látek rostlinného původu proti vybraným škůdcům chmele" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19. dubna 2018 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Adéle Fraňkové, Ph.D. za cenné rady a připomínky v průběhu vedení této bakalářské práce.

Možnosti využití přírodních látek rostlinného původu proti vybraným škůdcům chmele

Souhrn

Majoritními škůdci vyskytujícími se na chmelu otáčivém (*Humulus lupulus*) jsou sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*), mšice chmelová (*Phorodon humuli*) a lalokonosec libečkový (*Otiorhynchus ligustici*).

Sviluška chmelová si postupně vytvořila rezistenci proti některým účinným látkám. Alternativní cestou může být například použití přirozených nepřátel, bifenazátu, entomopatogenní houby *Beauveria bassiana* a gama záření.

Také u mšice chmelové se postupně vyvinula rezistence vůči některým insekticidům. Alternativní kontrolní metodou pro mšice může být využívání jejich feromonů. Mezi přirozené nepřátele patří zejména slunéčkovití (*Coccinellidae*), ale také *Aphidius colemani*, *Aphidoletes aphidimyza* a hladěnkovití (*Anthocoridae*). Přirození nepřátelé lalokonosce libečkového jsou například bažanti, koroptve a střevlíkovití (*Carabidae*).

Aplikace botanických pesticidů je přijatelnou alternativou v ochraně proti škůdcům. Akaricidní účinek proti svilušce chmelové mají tři esenciální oleje, a to z heřmánku, majoránky a eukalyptu. Právě heřmánek pravý (*Chamomilla recutita*) je proti svilušce chmelové nejúčinnější. Akaricidní účinek má také extrakt z kryškovce vykrojeného (*Syzygium cumini*) a 100% účinek má jeho ethanolový extrakt. Dalšími účinnými extrakty jsou např. rozmarýnový olej, kmínová semínka, máta a mátové oleje. Velmi efektivní je produkt na bázi zederachu indického a pongamový olej.

Jako nejúčinnější odpuzující prostředek proti mšici chmelové se jeví cis-jasmone, který rovněž zvyšuje přitažlivost slunéčka sedmitečného (*Coccinella septempunctata*). Použití methyl salicylát nemusí být proti mšici chmelové účinné.

Klíčová slova: botanické pesticidy, škůdci chmele, přírodní látky

Potential use of plant extracts against selected pests of hop

Summary

The majoritarian pests of *Humulus lupulus* are *Tetranychus urticae*, *Phorodon humuli* and *Otiorhynchus ligustici*.

Tetranychus urticae has gradually created resistance to some active substances. One of the alternatives can be uses like natural enemies, bifenazate, entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and gamma rays.

Also *Phorodon humuli* has gradually developed a resistance to certain insecticides. An alternative control method for aphids can be the use of their pheromones. The natural enemies include above all *Coccinellidae*, but likewise *Aphidius colemani*, *Aphidoletes aphidimyza* and *Anthocoridae*. The natural enemies of *Otiorhynchus ligustici* are for example pheasants, partridges and *Carabidae*.

Application of botanical pesticides is an acceptable and safe alternative to pest control. The acaricidal effect against *Tetranychus urticae* has been demonstrated by three essential oils such as *Chamomilla recutita*, *Origanum majorana* and *Eucalyptus*. From them *Chamomilla recutita* is the most effective against *Tetranychus urticae*. The acaricidal effect has also extract of *Syzygium cumini* 100% efficacy has an ethanol extract. Other effective extracts are rosemary, caraway seed, pennyroyal, and peppermint essential. Plant insecticides gained from *Pongamia glabra*, *Azadirachta indica* and *Chrysanthemum cinerariifolium* have also affirmative influence.

The most effective repellent against *Phorodon humuli* is cis-jasmone, which also increases the attractiveness of *Coccinella septempunctata*. The use of methyl salicylate doesn't have to be effective against *Phorodon humuli*.

Keywords: botanical pesticides, pests of hops, natural substances

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 1 |
| 2 Cíl práce | 2 |
| 3 Obecná charakteristika | 3 |
| 3.1 Chmel otáčivý (<i>Humulus lupulus</i>)..... | 3 |
| 3.1.1 Morfologie chmele..... | 4 |
| 3.2 Škůdci vyskytující se na chmelové rostlině | 6 |
| 3.3 Minoritní škůdci chmele..... | 6 |
| 3.3.1 Dřepčík chmelový (<i>Psylliodes attenuatus</i>)..... | 6 |
| 3.3.2 Zavíječ kukuřičný (<i>Ostrinia nubilalis</i>) | 8 |
| 3.3.3 Šedavka luční (<i>Hydraecia micacea</i>) | 10 |
| 3.4 Majoritní škůdci chmele | 11 |
| 3.4.1 Sviluška chmelová (<i>Tetranychus urticae</i>) | 11 |
| 3.4.2 Mšice chmelová (<i>Phorodon humuli</i>) | 15 |
| 3.4.3 Lalokonosec libečkový (<i>Otiorhynchus ligustici</i>)..... | 21 |
| 3.5 Možnosti ochrany | 24 |
| 3.5.1 Integrovaná ochrana rostlin | 25 |
| 3.5.2 Biologická ochrana rostlin | 26 |
| 4 Botanické pesticidy | 27 |
| 4.1 Historie..... | 27 |
| 4.2 Charakteristika botanických pesticidů | 28 |
| 4.3 Možnosti využití rostlinných extraktů proti svilušce chmelové (<i>Tetranychus urticae</i>)..... | 30 |
| 4.4 Možnosti využití rostlinných extraktů proti mšici chmelové (<i>Phorodon humuli</i>) | 33 |
| 4.5 Možnosti využití rostlinných extraktů proti lalokonosci libečkovému (<i>Otiorhynchus ligustici</i>) | 34 |
| 4.6 Výhody a nevýhody botanických pesticidů | 34 |
| 4.7 Situace ve světě a České republice..... | 35 |
| 5 Závěr | 37 |
| 6 Seznam použité literatury | 38 |
| Seznam tabulek | 57 |
| Seznam obrázků | 57 |

1 Úvod

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*) má v České republice dlouholetou tradici pěstování a rozsáhlé spektrum využití. Ať už je to celosvětově známé české pivo nebo užití pro léčebné účinky. Celá řada škůdců, kteří se vyskytují na této plodině má za důsledek snižování výnosu a samozřejmě také zhoršení kvality sklizeného chmele. Aby k tomuto nedocházelo, je nutná ochrana proti škůdcům vyskytujícím se na chmelové rostlině. Mezi majoritní škůdce chmele patří například sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*), mšice chmelová (*Phorodon humuli*) nebo lalokonosec libečkový (*Otiorrhynchus ligustici*) kterými se tato práce z jedné části zabývá.

V současné době se stále při ochraně proti škodlivým činitelům v hojně míře uplatňují chemické látky, které mají mimo jiné za důsledek rezistenci škůdců k některým používaným účinným látkám. Jako příklad lze uvést svilušku chmelovou, která patří mezi majoritní škůdce chmele otáčivého a je schopná rychle rozvinout rezistenci k účinným látkám z dostupných pesticidů (Pavela, 2017).

I přes zákaz mnohých nebezpečných účinných látek ze skupiny chemických pesticidů, vzrostla za poslední dobu celková spotřeba pesticidů. Tyto chemikálie mají neblahý vliv na životní prostředí, ať už se jedná o zvýšení rizika eroze, či ohrožení čistoty povrchových vod. I když chemické pesticidy budou mít asi i nadále prvenství při ochraně chmele proti škůdcům, tak jednou z alternativ může být používání přírodních látek rostlinného původu. Během posledních let se zvyšuje zájem a počet provedených výzkumů o tyto rostlinné extrakty.

Botanické pesticidy, kterými se tato práce zabývá jsou na bázi biologicky aktivních látek. Jejich předností je, že neohrožují životní prostředí, jako je tomu u chemických látek (Afify et al., 2012). Avšak použití botanických pesticidů v praxi, se stále velmi málo uplatňuje.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo vytvořit literární rešerši, která identifikuje a charakterizuje nejzávažnější škůdce chmele. Popíše současné možnosti ochrany proti nim a dále shrne současné vědecké poznatky o možnosti využití rostlinných extraktů (potenciálních botanických pesticidů) proti těmto škůdcům.

3 Obecná charakteristika

3.1 Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*)

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) je vytrvalá dvouděložná rostlina. Název *lupulus* je odvozován z latinského *lupus* (vlk), protože rostlina se při svém růstu bujně ovíjí a porůstáním zabíjí ostatní rostliny „jako vlk“ (Grünwald a Jänicke, 2008). Taxonomicky patří do čeledi konopovité (*Cannabaceae*), řádu kopřivotvaré (*Urticales*). V české republice se chmel pěstuje na ploše 4 945 ha, z toho bylo celkově sklizeno 6 797 t a výnos činil 1,37 t/ha (Český statistický úřad, 2018).

Nejčastěji se chmel rozděluje na tři druhy. Těmito druhy je chmel japonský (*Humulus japonicus* Sieb. Et Zucc.), chmel oplétavý (*Humulus scandens* Lour er Merrill) a chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) (Kocourková a kol., 2014). Podle Nesvadby a kol. (2013) se chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) dále dělí na celkem pět variet: var. *lupulus* kulturní, rostoucí v Evropě, která je rozšířena pěstováním po celém světě, var. *cordifolius*, rostoucí v Japonsku, var. *neomexicanus*, rostoucí na západě Severní Ameriky, var. *pubescens*, rostoucí na americké středozápadě, a var. *lupuloides*, rostoucí ve východní části USA. Chmel byl známý jako planě rostoucí rostlina již od starověku, za jeho pravlast se považuje Mezopotámie, nížiny Kavkazu a jižní Sibiř (Kocourková a kol., 2014).

Starým Řekům a Římanům byl chmel jako léčivá rostlina neznámý, podle Plinia byl jen „pro okrasu a potěšení“. Dle dochovaných záznamů se začal v 9. století pěstovat na severu Francie (Bodlák, 2005; Wynne et al., 2017). Mniši ve středověkých kláštorech označovali chmel za „duši křesťanského piva“ a oceňovali jeho vliv na potlačení sexuální apetence (Grünwald a Jänicke, 2008). Nesvadba a kol. (2013) publikovali, že kulturní chmel vznikl z chmele planého (divokého), a to dlouhodobým působením prostředí a za přispění člověka. Od počátku našeho letopočtu se začal pěstovat jako kulturní rostlina a o jeho rozvoj se zasloužil Karel IV. (Bodlák, 2005; Kocourková a kol., 2014). Český chmel byl drahým zbožím a jsou doklady o vyvinutém a výnosném chmelařství, o které pečovala především města. Český chmel se od této doby stává vyhledávaným artiklem pro své vynikající vlastnosti při výrobě kvalitních ležáckých piv (Nesvadba a kol., 2013). Existuje mnoho dalších možností využití této byliny. A to jak v kuchyni, kdy se používají mladé výhonky nebo ve farmacii a jeho uplatnění lze nalézt i v kosmetice (Wynne et al., 2017; Bertelli et al., 2018).

3.1.1 Morfologie chmele

Tato vytrvalá bylina se pěstuje na jednom stanovišti 20 až 30 let (Nesvadba a kol., 2013). Má 3–6 (12) m dlouhé pravotočivé lodyhy, na kterých jsou vstřícné, řapíkaté, celistvé až dlanité tří až pětídílné pilovité, na bázi srdčité listy, jež jsou na povrchu drsné (Kulfan a Krejča, 2001). Jedná se o rychle rostoucí bylinu, protože od poloviny května do konce června dosáhne výšky 7 metrů. Při dostatku srážek a optimálních teplotách mohou dosahovat denní přírůstky až 25 cm (Nesvadba a kol., 2013).

Chmel je jako dvoudomá rostlina vysoce heterozygotní, proto je přenos požadovaných znaků na potomstva velmi obtížný. Mohou se vyskytovat i hermafroditní rostliny. To znamená, že na rostlině jsou samičí i samčí květy (Nesvadba a kol., 2013). Bednářová (2015) uvádí, že bylina kvete asi od července do srpna. Doba květu trvá 15 až 30 dnů v závislosti na odrůdě (Kocourková a kol., 2014). Samičí květy jsou uspořádány v hustých, silně rozvětvených květenstvích (Grünwald a Jänicke, 2008). Květenství se skládá z 20 až 60 kvítků hustě osazených na několikrát zalomeném věténku, které tvoří osu celého květenství. Květenství je označováno jako paličkování nebo osýpka, ze které se poté vyvine chmelová šišťice. Samčí květenství tvoří bohatě rozvětvená lata. Kvítky mají 5 korunních plátků, k nimž přisedá 5 tyčinek a prašníky (Nesvadba a kol., 2013). Kocourková a kol. (2014) publikovali, že na korunních plátcích se vytvářejí lupulinové žlázy, v menším množství než u samičího květenství. Samčí rostliny kvetou o 3–4 dny dříve než samičí. Doba kvetení samčích rostlin je v rozmezí sedmi až deseti dnů a pyl si uchovává poměrně dlouhou životnost.

Plodenstvím jsou chmelové hlávky, které se sklízí pro pivovarské účely. Skládají se ze stopky, věténka, pravých a krycích listenů a při oplození obsahují navíc semeno neboli pecku (Kosař a kol., 2000; Matoušek et al., 2017). Plodem je nažka. Plody jsou drobné žlutozelené nažky, pokryté pohárkovými žlázkami, které vylučují silice a třísloviny, dodávající chuť pivu (Nesvadba a kol., 2013). Vnitřní skladba a celkové množství těchto pivovarsky nejcennějších složek chmele závisí na odrůdových vlastnostech. Ty jsou dále ovlivňovány pěstitelskými a klimatickými podmínkami, čímž kvalita chmele v jednotlivých letech silně kolísá (Kosař a kol., 2000).

Kořenový systém z hlediska anatomie, morfologie, prostorového uspořádání v půdě, chemického složení, fyziologie apod. pojednává o interakcích mezi rostlinou a prostředím a o vnitrodruhové a mezidruhové kompetici či koakci mezi organismy (Brant a kol., 2017). Chmelová rostlina se vyznačuje mohutně rozvinutou kořenovou soustavou, která se na rozdíl od jednoletých rostlin vyvíjí po celou dobu setrvání rostliny na stanovišti. Je tvořena

4 až 7 hlavními křivými (kostními) kořeny, které sahají do hloubky 3 až 6 metrů. Představují základ kořenového systému, umožňují sestupné a vzestupné proudění rostlinných šťáv a také ukládání zásobních látek. Postranní letní kořeny rostou těsně pod povrchem. Intenzivně se větví na nejjemnější kořinky zakončené kořenovou špičkou, která neustále dorůstá (Kocourková a kol., 2014). Pravidelné zpracování půdy mezi řadami rostlin je omezeno právě díky bočnímu vývoji kořenů. V důsledku úbytku kořenového systému v meziřadí se snižuje rovněž objem zóny půdy, ze které rostliny přijímají vodu a živiny (Brant a kol., 2017).

Druhotným tloušťnutím některých křivých kořenů vznikají na jejich konci zásobní hlízy, které se tvoří v hloubce 40 cm. Dále se vytváří koncové kořinky (kořenové vlášení), které z půdního prostředí přijímají vodní roztoky s rozpuštěnými minerálními látkami (Kocourková a kol., 2014).

Soustava lodyžních orgánů (tzv. "babka") je tvořena druhotným (pod zemí modifikovaným) lýkem (ztlustlé lodyhy). Dělí se na staré (dvou a víceleté) dřevo, mladé (letošní) dřevo a vlky (Kocourková a kol., 2014). Ze strany babky vyrůstají vlky, které se musí odstraňovat, aby nevyčerpávaly z půdy rezervní látky a také slouží k vegetativnímu rozmnožování (Kosař a kol., 2000). Staré dřevo se rozrůstá každý rok o jeden letokruh tlustý 2–4 mm. Na příčném řezu starým dřevem můžeme zjistit stáří chmelové rostliny podle těchto letokruhů. Na vrchní části babky jsou v několika očkách nad sebou pupeny, z nichž vyrůstají chmelové klíče, které raší nad zemí. Z mladého dřeva vyrůstají letní horizontální kořeny, které se dále intenzivně větví (Kocourková a kol., 2014).

Vegetativní soustava je tvořena lodyhou (révou), která se dělí na články (internodia). Réva je pravotočivá, šestihránná a vytrvává pouze jedno vegetační období (Kosař a kol., 2000). Pokožka je porostlá háčkovitými chlupy (trichomy), jimiž se zachytává vodícího drátku. Z každého kolénka révy vyrůstají révové listy. Z paždí listů vyrůstají pazochy, dorůstající délky 30-100 cm, dělí se na články. Z článků pazochů vyrůstají párově srdčité nebo trojčetné pazochové listy (Kocourková a kol., 2014). U paty pazochových listů vyrůstají květonosné větévky se samičími květenstvími. Květenství se zráním mění v plodenství čili hlávky vejčitého tvaru s pravidelnou stavbou pravých a krycích listenů (Kosař a kol., 2000). Z paždí pazochových listů vyrůstají plodonosné větvičky, které se dále větví. U nejspodnějších pazochů se květonosné větévky nevytváří (Kocourková a kol., 2014).

3.2 Škůdci vyskytující se na chmelové rostlině

Pro úspěšné vypěstování chmele je nutná ochrana proti chorobám a škůdcům v průběhu celé vegetace, protože negativní působení škodlivých činitelů snižuje výnos, a především zhoršuje kvalitu hlávek. Mezi hospodářsky nejvýznamnější škodlivé organismy patří sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*), mšice chmelová (*Phorodon humuli*) a lalokonosec libečkový (*Otiorynchus ligustici*). Minoritními škůdci chmele jsou dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuatus*), zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*), klopušky, šedavka luční (*Hydraecia micacea*), plodomorka chmelová (*Contarinia humuli*) a hrotnokřídlec chmelový (*Hepialus humuli*).

3.3 Minoritní škůdci chmele

3.3.1 Dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuatus*)

Dřepčící (*Alticinae*) jsou taxonomicky řazeni do třídy hmyzu (*Insecta*), řádu brouků (*Coleoptera*) a v neposlední řadě jsou charakteristickou čeledí mandelinkovitých (*Chrysomelidae*). Mnoho druhů škodí na nejrůznějších kulturních plodinách (ÚKZÚZ, 2017a).

Dřepčík chmelový patří mezi minoritní škůdce, ale jelikož je teplomilný, tak v souvislosti s globálním oteplováním se jeho hospodářská škodlivost zvyšuje. Kromě chmelu se vyskytuje také na konopím setém (*Cannabis sativa*) a kopřivě dvoudomé (*Urtica dioica*). Společně s lalokonosem libečkovým je nejvýznamnějším škůdcem ze spektra minoritních škůdců chmele (Cizej et Milevoj, 2006; Cizej et al., 2007; ÚKZÚZ, 2017a).

Z hlediska potravní specializace patří dřepčík chmelový do skupiny oligofágů (Vostřel a kol., 2010). Kromě dřepčíka chmelového se na chmelu rovněž mohou vyskytovat i mnohé další druhy dřepčíků: dřepčík černý (*Phyllotreta atra*), dřepčík pestrý (*Phyllotreta striolata=vittata*), dřepčík černonohý (*Phyllotreta nigripes*) a dřepčík olejkový (*Psylliodes chrysocephalus*) (Vostřel a kol., 2010). Při monitorování výskytu dřepčíků během sklizně chmele byl jako jediný doprovodný druh dřepčíka chmelového zjištěn dřepčík černý (Ježek a kol., 2015).

Nicméně, dřepčík chmelový zůstává naprosto dominantním druhem zjištěným jak v jarním období, tak v průběhu vegetace a ve sklizni. Je rovněž v palearktické oblasti jediným druhem, jehož vývoj je vázán na chmel, coby živnou rostlinu. Tzn., že ostatní druhy dřepčíků hospodářskou škodu na chmelu nezpůsobují (Vostřel a kol., 2010).

Brouk je 2,0-2,8 mm dlouhý, 1,0-1,4 mm široký, vejčitého tvaru, černozeleň, kovově lesklý (Ježek a kol., 2015). Tykadla jsou rezavě červená, posledních 5 tykadlových článků

je tmavších a nohy jsou zbarveny jako tykadla. Stehna posledních končetin jsou zesílená, umožňují skákání. Samice jsou zpravidla větší než samci (ÚKZÚZ, 2017a).

Dřepčík chmelový má oligopodní larvu, která nezpůsobuje hospodářsky významné škody. Larvy dřepčíků žijí buď volně v zemi na kořenech různých rostlin, nebo uvnitř rostlinných pletiv ve stoncích nebo listových minách (Ježek a kol., 2015). Kukla je vejčitého tvaru, na konci zúžená a před líhnutím brouka se zbarví do hněda. Brouk má jednu generaci ročně. Tato generace se líhne od poloviny července do počátku srpna. Délka života dospělců činí 10-11 měsíců. Za chladného a podmračeného počasí jsou ukryti v půdě. Jejich výlez graduje zpravidla ve třetí dekádě dubna až první dekádě měsíce května (Ježek a kol., 2015). Po sklizni chmele žijí brouci nějakou dobu na nejmladších listech zbytků chmelových rév. V průběhu října imaga upadají do diapauzy a přezimují ve stádiu imaga. Zimní úkryty nalézají většinou přímo ve chmelnicích či trhlinách půdy apod. (ÚKZÚZ, 2017a; Vostřel a kol., 2010).

V České republice způsobuje především škody na mladých rašících výhonech a posléze i na listech mladých chmelových rostlin. Při silném výskytu může docházet k silnému poškození, a dokonce i holožírú (ÚKZÚZ, 2017a). Nicméně, tak silné napadení nebývá obvyklé. Naproti tomu při slabém stupni napadení jej rostliny zpravidla kompenzují rychlým růstem, aniž by vznikla ekonomická škoda (Vostřel a kol., 2010). Ekonomicky významnou škodu může způsobit jarní generace (Ježek a kol., 2015; Mumm et al., 2017). V České republice jsou významné škody na jarních rašících výhonech, později na listech. Silně poškozené výhony nerostou, krní a hynou (ÚKZÚZ, 2017a). Jakmile skončí žír, při kterém dochází k dozrávání pohlavních žláz, tak se dřepčík chmelový zhruba od konce dubna do konce měsíce května páří a klade vajíčka (Ježek a kol., 2015).

Ochranný zásah je doporučeno provádět při dosažení středně silného napadení (5-10 % poškození listové plochy). Optimální termín ošetření se shoduje s dobou hromadného výlezu, který zpravidla graduje v poslední dekádě dubna až první květnové dekádě (Ježek a kol., 2015).

Pro regulaci populační hustoty tohoto škůdce mají značný význam abiotické faktory, zejména střídání oblev a mrazů bývá kritické pro přezimující brouky. Vajíčka a larvy jsou citlivé k zasychání. Při snížení půdní vlhkosti pod 20 % vajíčka hynou. Z parazitů je znám lumčík (*Perilitus bicolor*). Předpokládá se, že dřepčík chmelový je rovněž součástí potravy některých druhů hmyzožravých ptáků (Ježek a kol., 2015; Vostřel a kol., 2010).

3.3.2 Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*)

Zavíječ kukuřičný je taxonomicky řazen do třídy hmyzu (*Insecta*), řádu motýli (*Lepidoptera*) a čeledi zavíječovitých (*Pyralidae*), podčeledi zavíječů (*Pyraustinae*) zahrnující přibližně 70 druhů vyskytujících se v ČR (Březíková, 2007). Patří mezi nejvýznamnější škůdce kukuřice ve střední Evropě (Barriere et al., 2001; Magg et al., 2001). Ale jeho hostitelské spektrum se neomezuje jen na kukuřici. Uvádí se cca 200 druhů hostitelských rostlin. Tento polyfágní škůdce má dva biotypy, které se liší spektrem hostitelských rostlin a strukturou sexuálního feromonu. Jeden z biotypů žije výhradně na kukuřici, druhý biotyp na dvouděložných rostlinách (Ponsard et al., 2004; ÚKZÚZ, 2017b).

Zavíječ kukuřičný je hojně rozšířený na otevřených stanovištích, včetně oblastí vyšších zeměpisných poloh (Březíková, 2007). Postupné mírné oteplování zavíječi umožňuje dobře přečkat zimu a zároveň posouvá hranice jeho výskytu z nejnižnějších částí republiky více na sever (Štěpánek a kol., 2008).

Do konce 20. století byla jeho škodlivost na chmelu zaznamenávána pouze ojediněle (Krofta a kol., 2012). V posledních 10 letech se škodlivost zavíječe kukuřičného na celém území ČR významně zvýšila (ÚKZÚZ, 2017b).

U dospělce zavíječe kukuřičného lze pozorovat výrazný pohlavní dichroismus. Samice je tmavěji zbarvena, má větší a silnější tělo než samec. Přední křídlo je okrově žluté s dvěma viditelnými příčnými zubatými čarami. Na zadním křídle lze pozorovat střední čáru a pásku před lemem. Zadeček je tupě zakončený a nepřesahuje křídla. Samec má skořicově hnědé přední křídlo s příčnou žlutou páskou a při vnějším okraji jsou viditelné skvrnky. Na zadním křídle je na středu viditelný širší žlutý pruh. Zadeček je špičatě zakončený a přesahuje křídla.

Imago zavíječe kukuřičného lze zaměnit s podobnými druhy zavíječů (ÚKZÚZ, 2017b). Při diagnostice je důležité porovnat zbarvení a kresbu křídel, popř. potvrdit určený druh podle morfologických znaků samčích kopulačních orgánů (Březíková, 2007).

Housenka je řídko ochlupená s hnědočernou hlavou. Typickým znakem je procházející tmavý pruh středem hřbetu. Housenky procházejí šesti instary. Po vylíhnutí se živí na povrchu listů a v druhém instaru se zavrtávají do stébel. Housenky posledního vývojového stupně přezimují v tzv. kukelní komůrce. V květnu se kuklí a líhnutí probíhá od poloviny června do konce srpna. Velikost kukly se pohybuje od 13 mm do 17 mm a je zakončená čtyřmi háčky na dlouhém kremasteru (Březíková, 2007; Štěpánek a kol., 2008).

Motýli první generace se objevují v první dekádě června do poloviny srpna v několika vlnách, s maximem letové aktivity od poloviny června do poloviny července (Březíková, 2007).

V klimatických podmínkách České republiky má zavíječ kukuřičný jednu, vzácně dvě generace v roce. Výskyt druhé generace limituje ve střední Evropě fotoperiodismus (Březíková, 2007). Je známo, že v mnoha případech se populace zavíječe napadajícího chmel líhne časově rozdílně než v případě kukuřice. Je to dáno genetickými a biochemickými rozdíly obou těchto populací (ÚKZÚZ, 2017b). Některé populace z kukuřice nenapadají chmel, protože se vyvíjejí v refugiích divoce rostoucích rostlin a populační hustota zde může být nízká. Existují však také populace, které se přechodně i pravidelně mohou vyskytovat jak na chmelu, tak i na kukuřici (Krofta a kol., 2012). Početnost populací zavíječe kukuřičného příznivě ovlivňuje vlhčí a chladnější počasí (Březíková, 2007).

U tohoto minoritního škůdce škodí pouze housenky, které vyžírají dřev a dělají chodbičky uvnitř chmelové révy. Uvnitř chodbiček lze najít housenky různých vývojových fází instarů. Otvory se zpravidla nachází v místě úponu listů a tyto otvory jsou kruhového charakteru. Vstup do těchto chodeb je obvykle na povrchu uzavřen drtí a trusem (Krofta a kol., 2012).

Listy v okolí žloutnou, uvadají a později zasychají a opadají (Chmelařský institut s.r.o., 2012a). Jsou postiženy i hlávky, které jsou drobnější, žloutnou a v některých případech mohou i červenat. Dochází k předčasnému dozrávání a za nepříznivých klimatických podmínek opadávají (ÚKZÚZ, 2017b).

Po sklizni chmele se housenky mohou nacházet rovněž ve zbytcích révy 0,5–0,7 m nad povrchem půdy (ÚKZÚZ, 2017b). Housenky se kuklí v podmínkách vysoké relativní vlhkosti, tzn. nejlépe, když jsou rostlinné zbytky smočeny deštěm (Rotrekl, 2006).

Zavíječ kukuřičný má také významný vliv na rozšiřování výskytu polních plísní (fusarií) v porostech (Poštulka a Doležal, 2010).

Metodická doporučení týkající se ochrany chmele spočívají v pravidelném monitoringu výskytu zavíječe. V 7 až 10denních intervalech se kontroluje výskyt chodbiček na místě úponu révových listů ve výšce očí na 100 rostlinách v okrajových řadách sousedících s kukuřičným polem. S kontrolou se začíná od počátku květu. Ošetření je doporučeno provést při zjištění více než 10 chodbiček na 100 rostlinách. Chemická ochrana je obzvláště obtížná, protože insekticidní spreje jsou účinné pouze během krátké doby (Farinós et al., 2004; Krofta a kol., 2012).

3.3.3 Šedavka luční (*Hydraecia micacea*)

Šedavka luční se řadí do třídy hmyzu (*Insecta*), řádu motýlů (*Lepidoptera*) a čeledi můrovitých (*Noctuidae*). Tento evropský noční druh může kromě chmele napadat také lilek brambor (*Solanum tuberosum*). Vzhledem k široké polyfáгии tohoto druhu, může při početnějším výskytu poškozovat na vlhčích nivních stanovištích také cukrovou řepu (Giebink et al., 1999; Šefrová, 2014a).

Škodlivost šedavky luční v období od poloviny padesátých do konce osmdesátých let byla prakticky nulová. Změna spektra používaných insekticidů vytvořila všeobecně optimální podmínky pro šíření minoritních škůdců, a tudíž i šedavky luční (Krofta a kol., 2012). Ekonomické škody způsobuje na chmelnicích s lokálním zamokřením půdy a na chmelnicích s velkým výskytem pýru plazivého (Krofta a kol., 2012; Vostřel, 2011). Škodlivost šedavky se stupňuje sekundárními infekcemi patogenních hub. Citlivé na druhotné infekce jsou zvláště kořenáče používané k dosadbě po uhynulých rostlinách (Krofta a kol., 2012).

Šedavka luční má přední křídla hnědá se dvěma zřetelnými příčkami a dvěma oválnými skvrnami. Můra přezimuje ve stádiu vajíčka (Šefrová, 2014a). V případě šedavky luční škodí především housenky, které jsou drobné, asi 5-10 mm dlouhé a mají fialovočervené zabarvení (Chmelařský institut, 2012b). Housenky se líhnou od druhé poloviny dubna do počátku května (ÚKZÚZ, 2017c).

Nejmladší housenky dávají přednost pýru, krátce potom se stěhují na chmel, kde vyžirají chodby ve výhonech. Housenka žije uvnitř výhonu poměrně krátkou dobu (4 až 8 dnů). Jakmile vrcholová část výhonu zaschne, housenka jej opouští a napadá další, dosud zdravý výhon, takže každá housenka tak zničí větší počet výhonů. Dorůstající housenky se pak stěhují do babek a kořenů rostlin. V kořenech vyhlodávají chodby, které jsou vyplněny hnědým trusem a drtí. Někdy bývají tyto podzemní části rostlin zcela zničeny. Napadení podzemních částí rostlin se většinou v daném roce neprojeví. Toto poškození se plně projeví až v příštím roce při řezu chmelových rostlin (Chmelařský institut, 2012b; Krofta a kol., 2012; ÚKZÚZ, 2017c).

Začátkem června opouštějí dospělé housenky podzemní orgány rostlin a kuklí se pod povrchem půdy, v bezprostřední blízkosti rostlin. Koncem července a během srpna se z kukel líhnou motýli, s nimiž se v přírodě lze setkat jen vzácně a létají pouze v noci. Samička klade vajíčka na povrch zapelevelené půdy, a to přímo ve chmelnicích nebo v jejich okolí (Chmelařský institut, 2012b; Krofta a kol., 2012; ÚKZÚZ, 2017c).

Housenky lze hubit vytrháváním vadnoucích výhonů při zavádění chmele. Tyto výhony je nezbytné odstranit z chmelnice a zlikvidovat. Na napadených rostlinách je účelné ponechat

při zavádění alespoň dva náhradní výhony, jež se odstraní těsně před priorávkou (ÚKZÚZ, 2017c).

3.4 Majoritní škůdci chmele

Sviluška chmelová patří mezi důležité polyfágní škůdce, škodící na více než 1 100 druzích rostlin a řadě polních a zahradních plodin (Bittner a Běhal, 2010; Castro et al., 2016; Zhao et al., 2016). Je známá svou schopností se rychle rozvíjet, vysokou plodností a rychlým vývojem odolnosti vůči akaricidům (Seki, 2016). Mšice chmelová je jedním ze škůdců, který každoročně napadá chmel a způsobuje hospodářsky významné škody. Proti mšicím se využívají rozsáhlé programy chemické kontroly, které ale vedou k rychlému vývoji odolnosti vůči insekticidům (Kati et al., 2014). V rámci rodu *Otiorhynchus* je lalokonosec libečkový zcela dominantním, velmi významným a problémovým škůdcem chmele (*Humulus lupulus*) (Schwarz et al., 2011).

3.4.1 Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*)

Sviluška chmelová patří do kmene členovců (*Arthropoda*), podkmene klepítkatců (*Chelicerata*) a třídy pavoukovců (*Arachnida*). V rámci této třídy je zařazována do jeho nejrozsáhlejšího řádu roztočů (*Acarina*). Ve světě je známo více než 10 000 druhů roztočů, přičemž v ČR jich žije více než 400 (Vostřel a kol., 2008). Sviluška chmelová je systematicky řazena do řádu sametkovců (*Trombidiformes*) a čeledi sviluškovití (*Tetranychidae*) (ÚKZÚZ, 2018a).

V rámci potravního řetězce slouží svilušky jako potrava akarofágních predátorů a jsou tak jeho důležitou součástí (Vostřel a kol., 2008). Sviluška chmelová má dvě formy, a to zelenou a červenou (Yang et al., 2017). Svilušky rodu *Tetranychus* jsou drobní roztoči vejčitého tvaru těla o délce 0,4 – 0,6 mm (Šefrová, 2016). Dospělci mají drobné okrouhlé a měkké tělo se čtyřmi páry nohou. Jsou nazelenale až žlutě zbarvení a pro dospělé jsou typické dvě skvrny na bocích těla během



Obrázek č. 1: Dospělec svilušky chmelové (Biological Services, 2015)

vegetace. Na vypouklém hřbetu má sviluška chmelová dlouhé bezbarvé chloupky uspořádané v šesti příčných řadách (Bittner a Běhal, 2010; ÚKZÚZ, 2018a). Oči jsou červené, umístěné po stranách hlavohruď, jež je oddělena od ostatního těla jen slabě zřetelným švem. Nohy jsou jednoduché, článkované. Poslední článek, chodidlo nese hřebínkovitý útvar, zvaný empodium, jehož tvar je důležitým znakem při druhové determinaci (Ježek a kol., 2015).

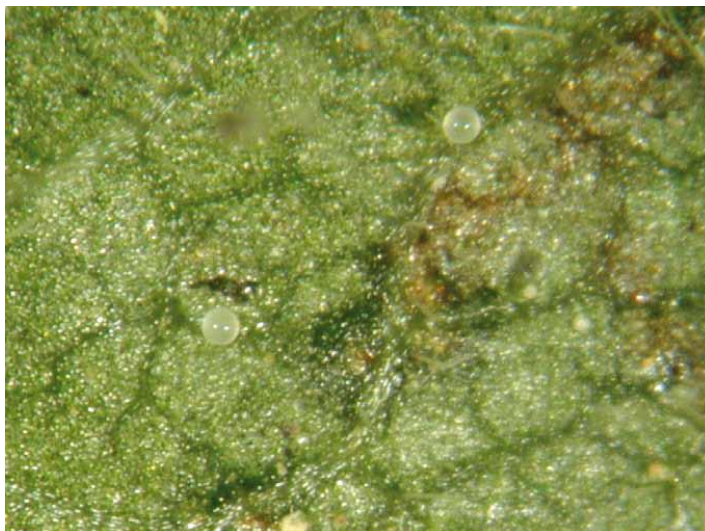
Pro svilušky je typický pohlavní dimorfismus. Sameček je stejně morfologicky utvářený jako samička, ale je štíhlejší a kratší než samička. Obě pohlaví mají snovací žlázy, jimiž vytvářejí pavučinku, kterou opřádají své kolonie, čímž je chrání proti nepříznivým vnějším vlivům (Ježek a kol., 2015; Šefrová, 2016; ÚKZÚZ, 2018a).

Svilušky jsou bisexuální (Vostřel a kol., 2008). V rámci populace je poměr obou pohlaví (samice/samec) značně variabilní (1-7/1). V průměru lze konstatovat, že populaci svilušky chmelové tvoří ze 75 % samice a z 25 % samci. U svilušky chmelové má první páření za následek oplození (Oku et al., 2017). Po oplození snášejí vajíčka, z nichž se vyvíjejí samci i samice (Ježek a kol., 2015).

Životní cyklus svilušky chmelové má pět vývojových stádií. Tato stádia lze shrnout do po sobě následujících fází čímž je vajíčko, larva, dvě stádia nymfy a posledním stádiem je dospělec. Vývoj od vajíček k dospělcům kolísá podle teploty (Vondrášková, 2003). V optimálních podmínkách, tedy při vlhkosti pod 50 % a průměrné teplotě 30 °C, proběhne vývoj za 8–10 dní, při teplotách 22–25 °C za 13–15 dní. Ve vnějším prostředí se vyvíjí devět generací ročně, ve sklenicích až 15 (Ozawa et al., 2012; Šefrová, 2016). Co se týče úmrtnosti dospělých samiček svilušky chmelové, tak míra úmrtnosti závisí na zvýšené koncentraci akaricidu klotentezinu (Ay et. Kara, 2011; Demaeght et al., 2014).

Přezimují oranžově červené, oplozené samice, v diapauze na nejrůznějších místech, v různých skulinách i v půdě. Oranžové zbarvení je důsledkem působení keto-karotenoidů. Během zimní hibernace jsou vyvolávány různé fyziologické procesy charakterizované zpomalením metabolismu, rozdílnou spotřebou energie a zvýšenou tolerancí ke stresu. Na jaře při teplotách vzduchu 10–12 °C opouští své zimní úkryty. Ve volné přírodě začínají sít na plevelích (ptačinec žabinec, hluchavky, rozrazil), kde nakladou vajíčka a vyvine se zde první generace. Na chmel přechází v době rašení prvních výhonů. Zdržují se hlavně v nižších listových patrech ze spodní strany listů, kde kladou vajíčka (Bryon et al., 2017; Šefrová, 2016; ÚKZÚZ, 2018a). Podle výzkumu, který byl zveřejněn v lednu 2018 je sviluška chmelová ve srovnání s dalšími testovanými druhy (*Tetranychus evansi*, *Tetranychus ludeni*) nejtolerantnější vůči ozáření a je schopna klást vajíčka, ale tyto vajíčka se již dále nedokáží rozvíjet (Nicholas et al., 2018).

Samice za celý svůj život kopulují pouze jednou a kladou více než 100 vajíček, která se mohou líhnout za tři dny (Vondrášková, 2003; ÚKZÚZ, 2018a). Vajíčka jsou kulovitěho tvaru o průměru 0,13 mm. Nakladená vajíčka na spodní straně listů jsou bělavá a skelně průsvitná. Během vývoje se jejich barva mění na žlutou a žlutooranžovou (Ježek a kol., 2015; Šefrová, 2016).



Obrázek č. 2: Vajíčko svilušky chmelové na spodní straně listu (Šefrová, 2016)

Z vajíček se líhne šestinohá, světle zeleně zbarvená, 0,11 mm široká a 0,13 mm dlouhá larva, upadající po krátké době sání do klidového stadia, z něhož se líhne protonymfa, která má již 4 páry noh. Poté následuje další klidové stadium, na které navazuje deutonymfa a poslední klidové stadium. Jak protonymfa, tak i deutonymfa přijímají potravu. Z posledního klidového stadia se rodí dospělí jedinci (Ježek a kol., 2015; ÚKZÚZ, 2018a; Šefrová, 2016). Mezi jednotlivými vývojovými instary jsou tři klidová stadia, kdy jedinci nepřijímají potravu a poslední z těchto stadií (před líhnutím dospělé svilušky) se nazývá teleiochrysalis. Potravu přijímají pouze pohyblivé instary (Ježek a kol., 2015).

Svilušce chmelové vyhovuje teplé suché počasí, z tohoto důvodu jsou vůči vlhku a chladu citlivé. Silné srážky značně redukuje jejich populační hustotu (Ježek a kol., 2015; Šefrová, 2016).

První příznaky poškození chmelových rostlin sviluškou se objevují zpravidla v červnu, působí jako bílý krupičkovitý požerek viditelný na svrchní straně chmelových listů. Při pohledu shora je čepel listů na líci v místě skvrny mírně vydutá. Z tohoto důvodu se tento typ poškození nazývá „sviluškové puchýře“ (Ježek a kol., 2015; ÚKZÚZ, 2018a). Saje na spodní straně listů, na kterých se zpočátku objevují



Obrázek č. 3: Sviluškové puchýře (Krofta a kol., 2012)

difuzní žlutavé skvrnky, které se rychle zvětšují a listy žloutnou až červenají. Před zaschnutím listů je na jejich spodní straně hustá pavučinka se sviluškami. Svilušky napadají i chmelové šištice, které opřádají pavučinkou. Listeny poškozených šištic hnědnou a zasychají (Kazda a kol., 2003). Za příznivých povětrnostních podmínek (teplo, sucho) se sviluškové skvrny na listech rychle zvětšují až postupně splývají (Ježek a kol., 2015).



Obrázek č. 4: Pavučina svilušky chmelové na spodní straně listu (Šefrová, 2016)

3.4.1.1 Ochrana chmele proti svilušce chmelové

Sviluška chmelová je jedním z neškodlivějších fytofágních škůdců, který je nebezpečný nejen kvůli svému rychlému vývojovému cyklu a vysoké plodnosti, ale také kvůli své schopnosti rychle rozvinout odolnost vůči účinným látkám z akaricidů. Jako příklad lze uvést rezistentní druhy, které se objevily koncem šedesátých let minulého století a reagovaly na dicofol, jsou nyní vůči tomuto akaricidu rezistentní (Hough et al., 1982; Pavela, 2017). Při ochraně proti svilušce chmelové se stále z velké části používají insekticidy a akaricidy (Van Leeuwen et al., 2010). V rámci strategie ochrany chmele proti rezistentní svilušce chmelové je nezbytné každoroční doporučení pouze takových přípravků, které kromě toho, že splňují požadavky exportu (importní tolerance), vykazují také vysoký stupeň biologické účinnosti na cílové škodlivé organismy (Ježek a kol., 2015). V České republice jsou registrované účinné látky jako je bifenazát, acechinocyl, hexythiazox, fenpyroximát a abamektin (ÚKZÚZ, 2018a).

Jednou z alternativ v protirezistentní strategii proti svilušce chmelové může být bifenazát, a to nejen v českých, ale i ve všech evropských oblastech pěstování chmele (Vostřel, 2010). Murray et al., (2006) uvádí, že problémy s rezistencí a vysoký limit reziduí vedou k nabízení botanických insekticidů jako atraktivní alternativy k syntetickým chemickým insekticidům v ochraně proti škůdcům, protože botanické insekticidy údajně představují malou hrozbu pro životní prostředí nebo lidské zdraví (Afify et al., 2012).

V ochraně chmele proti rezistentní svilušce chmelové lze dále využít dravého roztoče *Typhlodromus pyri*. Tento druh dravého roztoče je schopen v podmínkách našich chmelnic přezimovat a napomáhá vytvářet rovnováhu mezi sviluškou chmelovou a jejími přirozenými nepřáteli. V následujících letech se přezimující populace významně podílí na regulaci svilušky chmelové. V tomto případě je nezbytné používat v ochraně chmele výhradně selektivní aficidy, které dravé roztoče nehubí (flonicamide, pymetrozine) (Ježek a kol., 2015; ÚKZÚZ, 2018a).

Z přirozených nepřátel svilušky chmelové mají největší význam drobná akarofágní sluněčka *Stethorus punctillum*, dravé třásněnky z čeledi *Aeolothripidae* (stuhatkovití), ploštice rodu *Orius* a *Anthocoris*, drobní drabčící rodu *Oligota* a akarofágní bejlmorky *Feltiella acarisuga* (Ježek a kol., 2015). Další možností může být použití entomopatogenní houby *Beauveria bassiana*, prodávané jako BotaniGard (Ullah et Lim, 2015).

Svou roli v ochraně proti svilušce chmelové může mít i gama záření. Účinek ozařování gama záření byl zkoumán na životaschopnosti vajíček a dospělých jedinců svilušky chmelové. Ozáření 450 Gy vyvolalo u 1000 dospělých samiček 100% úmrtnost položených vajíček ozářenými samičkami. Takže gama záření 450 Gy by mohlo být praktickou ochranou proti svilušce chmelové v zemědělských komoditách (Kim et al., 2015).

Porosty se kvůli způsobeným škodám ošetřují při dosažení hodnoty prahu ekonomické škodlivosti, tj. 6 pohyblivých stádií/list. Při mísení akaricidů s aficidy, fungicidy či listovými hnojivy může docházet ke snižování jejich biologické účinnosti (Vostřel a kol., 2008; ÚKZÚZ, 2018a).

3.4.2 Mšice chmelová (*Phorodon humuli*)

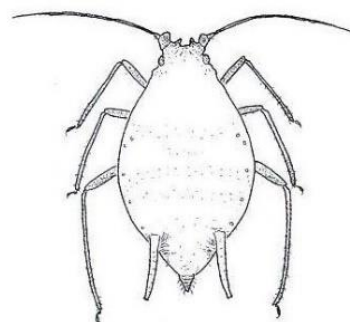
Mšice chmelová patří do řádu polokřídlých (*Hemiptera*), podřádu *Aphidomorpha* (=Aphidoidea) mšice a do nejrozsáhlejší čeledě s názvem mšicovití (*Aphididae*) a podčeledi *Aphidinae*. U mšic se jedná o drobný, různě zbarvený hmyz s měkkým tělem (BioLib, 1999-2018a; Vostřel a kol., 2008).

Blackman a Eastop (2000) uvádí, že v rámci řádu polokřídlých je známo přibližně 5 000 druhů mšic, utvářející největší, ekonomicky nejdůležitější a ve světě velmi rozšířenou skupinu (Smith et Chuang, 2014). Z výše uvedeného počtu pěti tisíc mšic, žije v našich klimatických podmínkách více než 700 druhů. U nás žijící druhy řadíme do 10 čeledí se značným počtem rodů (Vostřel a kol., 2008).

U mšice chmelové je rozeznáváno sedm hlavních forem. Mezi tyto formy patří bezkřídlá zakladatelka (*fundatrix*), fundatrigenie, *migrantes alatae* (poutnice), virginogenie, gynopary a okřídlení samečkové, oviparní samičky a vajíčka (Ježek a kol., 2015). Partenogenetické jsou fundatrices a virginogenie, zatímco mezi pohlavní generaci patří oviparní samičky a samečci (Hullé et al., 2008).

Bezkřídlá zakladatelka (*fundatrix*) je partenogenetická samička pocházející z oplozeného vajíčka (Ježek a kol., 2015). První generaci bezkřídlych *Fundatrigenií* začínají produkovat od konce května do začátku června. Druhá generace bezkřídlych *Fundatrigenií* se obvykle objevuje na začátku července (Shao et al., 2013). Jejich výživa probíhá na listech rostlin (Yang et al., 2014). Bezkrídle samičky (*fundatrix*) žijící na primárních hostitelích jsou přibližně 3,1 mm velké (Durak, 2014; Kazda a kol., 2003). Svým tvarem těla se podstatně liší od všech ostatních samiček, a to jak na peckovinách, tak i na chmelu.

Nemají vpředu na čele a na prvním tykadlovém článku hrbolky, které jsou charakteristické pro ostatní generace mšice chmelové. Má hruškovitý tvar těla, zadeček je silně klenutý. Zbarvení může být od žluté až po světle zelenou barvu, na hřbetě má tmavěji zelený podélný pruh. Sifunkuli jsou na bázi silnější a lehce zakřivené směrem ven. Pětičlenná tykadla dosahují třetiny délky těla. Podle výzkumu, který se uskutečnil v západní části Rumunska, vyplývá, že z celkového počtu třiceti jedinců druhu *Phorodon humuli*, byla nejmenší délka těla 1,45 mm, zatímco největší 2,30 mm (Fericean, 2015; Ježek a kol., 2015).



Obrázek č. 5: Bezkrídlá samička mšice chmelové (zdroj: www.jikl.cz)

Znalost těchto rozdílů je velmi důležitá v časném jarním období pro stanovení orientační prognózy mšice chmelové na daný rok (Ježek a kol., 2015).

Počasi na jaře nemá téměř žádný vliv na čas vylíhnutí larvy fundatrix. Na druhé straně, období sucha a vlny horka (nad 30 °C) a bouřlivé dešťové srážky přerušily populaci mšic pozorované v červenci a srpnu (Jaśkiewicz et Kmiec, 2007).

Fundatrigenie je potomkem zakladatelky porozené partenogeneticky na téže rostlině, v případě mšice chmelové na peckovině rodu *Prunus* (švestka, slíva). Obvykle se vyvíjí na peckovinách pouze jedna celá fundatrigenní generace (Ježek a kol., 2015). Fundatrigenie a přezimující nymfy mají vyvinuté nohy, ústa, které jsou přizpůsobeny ke krmení, reprodukci nebo přezimování (Liu et al., 2015). Žlutavě zelené až zelené fundatrigenie mají délku těla mezi 1,47 a 2,50 mm (Hidalgo et al., 2011). Samičky jsou světlejší než zakladatelky (*Fundatrix*). Na hřbetě má tři tmavší podélné pruhy. Na rozdíl od zakladatelky mají zřetelně vyvinuté čelní hrbolky (Ježek a kol., 2015). Délka šestičlenných tykadel se pohybuje od 0,65 až 0,90násobku těla, sosák tahá k druhému páru noh. (Hidalgo et al., 2011; Ježek a kol., 2015; Takahashi et al. 1993). Rychlost reprodukce u fundatrigenie je závislá na teplotě (Royer et al. 1999). Plodnost podle pozorování v terénu kolísá od 56 do 65 larev. Po třech svlékáních se fundatrigenie mění v nymfy a po čtvrtém již v okřídlené mšice *migrantes alatae* (Urban, 2003a).

Rod *Prunus*, je primární hostitelskou rostlinou *migrantes alatae* (poutnice). Na slivoních se vyvíjí pouze malý podíl larválních stádií, a to v další početně slabší generaci fundatrigenií. Prodloužením vývoje fundatrigenií na těchto



Obrázek č. 6: List napadený nymfami mšice chmelové (Krofta a kol., 2012)

primárních hostitelských rostlinách může docházet ke vzniku okřídlené samičky i v dalších, ale většinou už jen slabších generacích. Na chmelu se to projevuje jednotlivými přeletovými vlnami, čímž se časově protáhne přelet okřídlených mšic na chmel. Chmel otáčivý je jedinou sekundární letní hostitelskou rostlinou. Vývoj nymf v okřídlené či bezkřídle samičky je určován potravou, kterou přijímají nymfy v průběhu svého postembryonálního vývoje (Dicke, 2006; Ježek a kol., 2015; Weichel et Nauen, 2003).

Okřídlené samičky *migrantes alatae* nepřijímají potravu a již po několika dnech dospívají. Oproti larvám čtvrtého instaru jsou delší a také užší. Délka těla se pohybuje od 1,3 až po 2,2 mm, což činí v průměru 1,8 mm (Urban, 2004). *Migrantes alatae* mají světle zelené tělo, které později tmavne do šedého zbarvení, jsou zde viditelné tmavé 1,8 mm dlouhá

šestičlenná tykadla, s tmavou páskou na předohrudí a třemi tmavozelenými skvrnami umístěnými na hrudi. Příčné tmavší proužky lze pozorovat na zadečku s 3-4 tmavými postranními skvrnami na hrudi. Štíhlé čelní hrbolky jsou rovnoběžné a zřetelně vyvinuté. Dlouhá a široká křídla jsou v klidném stavu střechovitě složená (Ježek a kol., 2015).



Obrázek č. 7: Okřídlená samička *migrantes alatae*
(zdroj: www.influentialPoints.com)

Migrantes alatae jsou zpravidla dobří letci, a to i navzdory křehkosti a poměrně nízké sklerotizaci těla (Urban, 2003b). Aktivním letem se mšice přemísťují z rostliny na rostlinu a posléze se usazují v horních listových patrech (Ježek a kol., 2015). Pomocí aktivního letu jsou schopni překonat vzdálenost jednoho kilometru (Urban, 2003b). Na větší vzdálenosti může být mšice přenesena vzdušnými proudy. Jako prahová teplota na jaře, kdy *migrantes alatae* přelétávají na chmel, se uvádí 17 °C (měřeno na povrchu listu) (Robert et al., 2000; Ježek a kol., 2015). V laboratorních podmínkách je průměrná teplota pro přelet 15,7 °C (Campbell et Muir, 2005). Globální oteplování má za následek o 10-14 dnů dřívější počátek přeletu okřídlených samiček z primárních hostitelských rostlin rodu *Prunus* na chmel. V posledních letech jsou *migrantes alatae* na chmelu zaznamenávány v průběhu první květnové dekády nebo i počátkem měsíce května (Ježek a kol., 2015). Přelet migrujícími, nekolonizujícími alataemi je ideálně vhodný pro šíření virů přenášených mšicemi (Congdon et al. 2017).

Fyziologická plodnost *migrantes alatae* činí v průměru 22 larev. Tyto larvy rodí na chmelu, který je jejich jedinou sekundární hostitelskou rostlinou a oranžovožluté larvy již dospívají v bezkřídlé virginogenní samičky (Ježek a kol., 2015; Urban, 2003b).

Virginogenie jsou bezkřídlé partenogenetické samičky ze sekundárních hostitelských rostlin mající na chmelu 5-8 generací (Ježek a kol., 2015; Qiao, 2001). Světle žlutozelené virginogenie jsou 1,6-2,0 mm dlouhé. Mají výrazně vyvinuté čelní hrbolky, tak i hrbolky na prvním článku tykadel. Průměrná plodnost činí 85 larev (Ježek a kol., 2015).

Ke konci srpna lze na chmelu nalézt okřídlené samečky, kteří jsou menší (1,3-1,6 mm) oproti okřídleným samičkám (*gynopary*), objevující se též v této době na chmelu a přelétávající zpět na primární hostitelské rostliny, jež se tvarem těla téměř neliší od *migrantes alatae*. Na peckovinách rodí *gynopary* nymfy, které se vyvíjejí do bezkřídlých oviparních samiček (Ježek a kol., 2015; Ragsdale, 2004; Yoo et al., 2005).

Oviparní samičky dlouhé 1,97 mm mají světle žlutozelenou barvu, zadeček je překryt téměř po celém povrchu tmavšími a nepravidelnými skvrnami. Zřetelně vyvinuté čelní i antenální hrbolky jsou světlejší než hlava. Průměrný počet vajíček vykladených na jednu samičku nepřekračuje množství větší než šest vajíček (Hidalgo et Mifsud, 2011; Hodkinson et al., 2004; Ježek a kol., 2015; Takahashi et al., 1993). Oviparní samičky začínají klást vajíčka ke konci měsíce září, kladení může končit až v listopadu (Djazouli et al., 2014; Goldansaz et McNeil, 2003).

Schopnost mšice chmelové produkovat okřídlené samice (*gynopary*) na jaře během krátkých dnů, je potlačena časovým intervalem přítomným v generacích bezprostředně po vylíhnutí přezimujícího vajíčka. Tento útlum je ukončen po třech generacích, kdy se nymfy narodí a žijí v krátkých dnech (Campbell et Tregidga, 2006). Pohlavně produkovaná přezimující vajíčka jsou velmi odolná, o čemž svědčí ta skutečnost, že jich v klimatických podmínkách České republiky přezimuje více než 90 % (Campbell et Muir, 2005; Ježek a kol., 2015, Wilson et al. 2003). Průměrná velikost vajíček je 0,7 x 0,3 mm. Jsou lesklá, černá a běžně kladena po jednom na letorostech, v paždí listových pupenů nebo na zdrsňelých místech kůry (Ježek a kol., 2015; Vorburger, 2014).

Z vajíček se líhnou ještě před rozpuštěm pupenů, obvykle ve druhé či třetí březnové dekádě, dospívající po čtyřech svlékáních v zakladatelku (*fundatrix*) (Ježek a kol., 2015). Vajíčka mšic slouží jako potrava pro mnoho dravých členovců (Martini et al., 2015). Uvádí se, že predátoři musí zkonsumovat v průměru 219,1 mšic na produkci jednoho životaschopného vejce (Mou et al., 2015).

Mšice sáním oslabují rostliny chmele a znehodnocují hlávky. Ze spodní strany listů lze nalézt kolonie mšic. Listy nejprve prosvítají, později při silném výskytu mšic se kroutí okrajem dovnitř. Hlávky jsou zakrnělé a lepkavé (ÚKZÚZ, 2018b).



Obrázek č. 8: Kolonie mšice chmelové na spodní straně listu (Krofta a kol., 2012)

3.4.2.1 Ochrana chmele proti mšici chmelové

Při vyloučení širokospektrálních pesticidů mohou parazitoidi na chmelu omezit populaci mšice chmelové. Existuje však riziko, že snížením celkové četnosti hmyzu, nebo prostřednictvím intraguild predace (nastává, když se jeden predátor kromě společné kořisti živí i druhým predátorem), mohou pavouci narušit biologickou kontrolu *P. humuli* nebo i *T. urticae* tím, že se živí predátory těchto škůdců (Gardiner et al., 2003). Ke zvýšení populační hustoty afidofágních predátorů lze využít rostlinných atraktantů, z nichž je například svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*). Tato rostlina láká dospělé predátorů, především pestřenky (*Syrphidae*) a to již na počátku vegetace (konec května) (Rosenheim et al., 1995; ÚKZÚZ, 2018b).

Populace mšice chmelové jsou většinou v rámci biologické ochrany regulovány komplexem hmyzožravého hmyzu, zejména slunéčkovitými (*Coccinellidae*), obvykle příliš pozdě, aby se zabránilo poškození rostlin. Tato čeleď je pravděpodobně nejlépe prostudovaná, kvůli její značné viditelnosti a ekonomickému významu v různých plodinách. Cílem studie prováděné na severu Francie bylo zavést hmyzožravý hmyz, který by udržoval populaci mšice pod ekonomickým prahem škodlivosti, dokud nebudou rostliny chmele kolonizovány domorodými slunéčkovitými. Jedno vypuštění padesáti larev ve třetím instaru slunéčka východního (*H. axyridis*) na rostlinu na konci května snížilo počet mšic a zabránilo poškození rostlin. Jestliže se uvolní větší počet larev, tak tento predátor může být použit i v pozdější sezóně. Existuje však riziko poškození rostlin (Trouve et al., 1997; Powell et Pell, 2017).

Nejenom čeleď slunéčkovitých se využívá v rámci ochrany proti mšici chmelové. Studie o biologické kontrole mšice chmelové na chmelu s využitím *Aphidius colemani* a *Aphidoletes aphidimyza* byly provedeny na chmelnici lokalizované v experimentální stanici v Jastkově v letech 1998–2000. Účinnost druhu *Aphidius colemani* se pohybovala v rozmezí od 5 % do 65 % a byla zjištěna jako dostačující pro regulaci mšice chmelové v období před květem, tj. do poloviny července. Účinnost *Aphidoletes aphidimyza* se pohybovala v rozmezí od 50 % do 90 %. Vysoká teplota vzduchu a nedostatek srážek snižují účinnost obou druhů, ale především u *Aphidius colemani* (Solaraska, 2004). Jinými hlavními a přirozenými nepřáteli, a to uvnitř chmelových hlávek jsou například hladěnkovití (*Anthocoridae*). Populace hladěnkovitých v chmelových hlávkách roste spolu s populací mšic, což naznačuje, že tyto predátoři mohou být použiti v ochraně chmele (Lorenzana et al., 2010).

V současné době jsou proti mšici chmelové v ČR registrovány účinné látky, jako jsou acetamiprid, imidacloprid, spirotetramat, pymetrozin a flonikamid (ÚKZÚZ, 2018b).

Například u confidoru s účinnou látkou imidacloprid bylo od roku 1994 zjištěno, že populace se rychle rozvíjí na neošetřených rostlinách během začátku vývoje chmele a někdy rychle klesá od počátku července nebo konce června. Bylo také uvedeno, že změny v populacích nemohou být způsobeny povětrnostními podmínkami (Simon et al., 2004).

Riziko rezistence se v zásadě zvyšuje s intenzitou používání produktů v oblasti se stejným způsobem působení nebo mechanismem rezistence cílových organismů (Heimbach et al., 2002). Při ověřování rezistence vůči diagnostickým koncentracím imidaklopridu, amitrazu a pymetrozinu nebyla rezistence zjištěna u žádného testovaného kmene mšice chmelové. Mírná rezistence na pyrethroidy byla pozorována u všech kmenů shromážděných v květnu a srpnu s použitím diagnostických koncentrací 10 mg liter⁻¹ cyfluthrinu. Mírná až střední rezistence na diagnostické koncentrace oxydemeton-methyl a pirimicarb byla zaznamenána u některých, ale ne u všech kmenů shromážděných během rané sezóny. V důsledku rezistence vůči insekticidům je zapotřebí alternativních a cílenějších metod (Weichel et Nauen, 2003; Dewhirst et al., 2010).

Alternativní kontrolní metodou pro mšice je využívání jejich feromonů. Například, mšice můžou uvolnit feromony s varovným signálem v reakci na přirozený nepřátelský útok a ty by mohly být použity k odrazení mšic z plodin (Dewhirst et al., 2010).

3.4.3 Lalokonosec libečkový (*Otiorhynchus ligustici*)

Lalokonosec libečkový je taxonomicky řazen do kmene členovců (*Arthropoda*), třídy hmyzu (*Insecta*), řádu brouků (*Coleoptera*) a čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*) (Chmelařský institut s.r.o., 2012c). Tento velký nosatec je polyfágním druhem a živí se především rostlinami rostoucími na suchých místech (Coope, 2010). Z hospodářsky významných druhů rostlin škodí zejména na řepě, vojtěšce, jeteli, chmelu a okrasných rostlinách (ÚKZÚZ, 2018c).

Tato čeleď je reprezentována od poměrně malých (3-5 mm) přes středně velké (6-10mm) až po velké (20 mm) druhy (Gosik et Sprick, 2012). Mnoho druhů z fytofágních brouků jsou xerofilní, preferující suché stanoviště. Mezi tyto druhy patří např. *Chrysomela marginata*, dřepčík rezavý (*Crepidodera ferruginea*), listopas temný (*Barynotus obscurus*) a lalokonosec libečkový (Maddy et al., 1998). Lalokonosci jsou převážně nočními druhy, ale lalokonosec libečkový se aktivně projevuje i ve dne (Gosik et Sprick, 2012; Šefrová, 2014b).

Brouk je dlouhý 7-14 mm, má krátký, široký a na konci má rozšířený noseček. Tělo je rovnoměrně a hustě pokryté šedožlutými šupinkami. Původní černá barva je zpravidla druhotně změněna podle barvy půdy. Tykadla má štíhlá a lomená. Štít je dvakrát širší než delší, u báze zaškrbený. Krovky jsou široce oválné, klenuté, srostlé



Obrázek č. 9: *Lalokonosec libečkový* (BioLib, 1999-2018b)

s podélnými rýhami. Tudíž není schopen letu, ale může ujít až 200 m. Na stehnech mají lalokonosci libečkoví zřetelný zoubek, který je zvláště výrazný na předních končetinách a jejich holeně se na koncích rozšiřují (Chmelařský institut s.r.o., 2012c; Šefrová, 2014b; ÚKZÚZ, 2018c).

Světle žlutá vajíčka jsou hladká, oválná a v průměru mají 0,7 – 0,9 mm. Později tmavnou až získají oranžové zbarvení. Larvy jsou bílé až žlutobílé, prohnuté, masité a apodní. Mají malou hnědožlutou až hnědou hlavu, s dobře vyvinutými kusadly. Oproti rýhonosci řepnému jsou užší a směrem k zadečku se zužují. Žlutobílá kukla je volná se základy pohybových orgánů, noh a také tykadel. Kukla svým tvarem připomíná dospělého brouka (Horn, 2009; Gosik et Sprick, 2012; Chmelařský institut s.r.o., 2012c; Šefrová, 2014b; ÚKZÚZ, 2018c).

Přezimující dospělé samice lalokonosce libečkového se objevují na jaře a vylézají na povrch půdy v době, kdy se teplota půdy v hloubce 50 cm udržuje nad hodnotou 8 °C. Hromadné výlezy jsou však zpravidla evidovány až koncem měsíce dubna při teplotě půdy v hloubce 50 cm cca 13–15 °C (Neumann et Shields, 2008; ÚKZÚZ, 2018c).

Když brouci na jaře vylezou z půdy, setrvávají zpravidla při dostatku potravy na místě a jen ojediněle migrují na větší vzdálenost. Jejich mobilita s postupující sezónou pozvolna narůstá a jako maximum se uvádí 30–40 m od místa výlezu jedince na povrch půdy (ÚKZÚZ, 2018c).

Populaci tvoří výhradně samice, tudíž se rozmnožování děje partenogeneticky, neoplozenými vajíčky. Samice jsou v povrchové vrstvě půdy, aby unikly nepříznivým podmínkám a nakladly vajíčka (Neumann et Shields, 2008). Vajíčka kladou ve skupinách na povrch půdy, nebo mělce pod povrchem, v bezprostředním okolí chmelových rostlin, 3–4

týdny po opuštění zimoviště. Období snůšky trvá až dva měsíce, od první poloviny května do počátku srpna (ÚKZÚZ, 2018c; Šefrová, 2014b). Počet nakladených vajíček jednou samičí kolísá od 100 do 850 ex., výjimečně může samička naklást až 1200 vajíček. Průměrná hodnota činí 300 vajíček na jednu samici. Za optimálních povětrnostních podmínek (teplota 20–25 °C a relativní vlhkost vzduchu >90 %) je mortalita vajíček nízká (<30 %). V přírodních podmínkách je však životnost vajíček podstatně nižší. Stadium vajíčka trvá nejméně devět dní (Šefrová, 2014b). Po nakladení brouci postupně hynou (ÚKZÚZ, 2018c).

Podle Oncuer a Karagoz (1995) se kladení vajíček v laboratorních podmínkách uskutečnilo po prvním páření po deseti až patnácti dnech, vajíčka se vylíhla po devíti až třinácti dnech. Larvy, které se vylíhly z vajíček v září, přezimovaly jako larvy a dospěly v květnu příštího roku.

Po stadiu vajíčka se líhnou bílé, cca 2,0 mm dlouhé larvičky, které žijí na povrchu nebo uvnitř podzemních orgánů chmele (ÚKZÚZ, 2018c). Délka larválního vývoje závisí především na kvalitě potravy a teplotě. Vývoj se zastavuje při teplotě 6 °C (Šefrová, 2014b). V průběhu larválního vývoje se 7x svlékají a jejich stáří se dá určit podle šířky hlavy. Během léta se v hloubce 25–40 cm v půdní komůrce mění v bílou kuklu, jejíž vývoj trvá 20–30 dnů. Z kukel se ještě téhož roku ve druhé polovině července a v srpnu líhnou dospělí brouci. Vylíhli jedinci zůstávají v půdní komůrce, kde přezimují. V jarním období příštího roku vylézají na povrch půdy k úživnému žíru na rašících výhonech, jehož intenzita klesá po nakladení vajíček (ÚKZÚZ, 2018c). Larvy, které vývoj nedokončí, přezimují dvakrát a kuklí se od července příštího roku. Celý vývoj od vajíčka po imago trvá 15 měsíců až tři roky (Šefrová, 2014b).

Larvy se obvykle živí kořeny, do kterých vyžirají jamky a rýhy. Někdy jsou chmelové babky zcela podezřány a zahnívají. Zatímco dospělí brouci škodí brzy z jara ožíráním rašících pupenů a výhonů chmele (Kazda a kol., 2003; Poinar Jr et Brown, 2011). Škodlivost brouků na listech je zanedbatelná. Rostliny na napadených chmelnicích jsou ve vzrůstu i vývoji opožděné a celý porost je značně nevyrovnaný, což se následně negativně projeví i na výši sklizně (ÚKZÚZ, 2018c).



Obrázek č. 10: *Lalokonosec libečkový* ožirající rašící výhon chmele (Krofta a kol., 2012)

3.4.3.1 Ochrana chmele proti lalokonosci libečkovému

Preventivním opatřením proti škodlivosti lalokonosce libečkového můžou být přirození nepřátelé, kterými jsou zejména bažanti a koroptve, z hmyzu hlavně draví brouci z čeledi střevlíkovití (*Carabidae*), některé druhy mršníků (*Histeridae*) a drabčků (*Staphylinidae*). Z cizopasných hub se jedná o druhy *Beuaveria globulifera* a *Isaria farinosa*. Využití entomopatogenních hlístic z čeledi *Heterorhabditidae* (Larvanem) a *Steinernematidae* (Entonem) je problematické, jelikož jejich účinnost z důvodu larev nacházejících se ve chmelové babce je nižší ve srovnání s chemickou ochranou zajišťovanou účinným insekticidem (thiamethoxam) (Krofta a kol., 2012; ÚKZÚZ, 2018c).

Chemické ošetření se provádí v době jarního žíru (duben/květen, BBCH 12–17) při překročení prahu hospodářské škodlivosti (5 brouků na 100 chmelových rostlin). Tímto ošetřením je zabráněno vykladení vajíček a následnému larválnímu vývoji ve chmelových babkách, kde jsou larvy chemickým zásahem prakticky nepostižitelné (Kazda a kol., 2003; Krofta a kol., 2012; ÚKZÚZ, 2018c).

V současné době je v České republice registrován přípravek Actara 25 WG s účinnou látkou thiamethoxam (98 %). U zasaženého hmyzu je narušena činnost nicotinic acetyl choline receptoru v nervovém systému (Anikwe et al., 2009; Syngenta, 2016; ÚKZÚZ, 2018c).

Při silných výskytech a zanedbání ochranných opatření se lalokonosec šíří z prvotních ohnisek. V případě nedostatečného ošetření může docházet k infestaci neošetřené části chmelnice v následujícím roce nejprve larválními stádii díky vykladení samic (to se většinou projeví v dalším roce), při jarním hromadném výlezu brouka na povrch půdy (ÚKZÚZ, 2018c).

3.5 Možnosti ochrany

Historie ochrany rostlin před škodlivým účinkem plísní, hub, hmyzu nebo plevelů sahá až do starověku. Fosilní nálezy potvrzují, že činitelé vyvolávající choroby rostlin zde byly již dávno předtím, než se objevil člověk (Krofta a Šnídlová, 2017). Biotické škodlivé organismy velmi významně negativně ovlivňují výši a kvalitu sklizně pěstovaných plodin na orné půdě a snižují efektivnost produkce. Soubor těchto biotických činitelů se v hlavní míře podílí na redukcii potenciálních výnosů na aktuální úroveň (Smutný a kol., 2011).

Chmel je z pohledu ochrany proti nežádoucím škůdcům velmi náročnou plodinou a současně je i velmi významnou komoditou agrárního exportu ČR. Nezbytnou podmínkou exportu chmele je prvotřídní kvalita, jejíž důležitou součástí je i zdravotní nezávadnost.

Přítomnost reziduí nepovolených přípravků byla v minulosti příčinou reklamací, ztráty prestiže a trhů (Krofta a Šnídlová, 2017).

3.5.1 Integrovaná ochrana rostlin

V současné době se v hojné míře uplatňuje systém integrované ochrany rostlin. Integrovaná ochrana rostlin je systém hospodaření, který upřednostňuje přirozenější alternativy ochrany rostlin a zároveň snižuje závislost na pesticidech (Ministerstvo zemědělství, 2009 - 2018). Tento systém by měl pomoci zabránit ztrátě zemědělské produkce, zajistit vysokou návratnost peněz a ekologickou bezpečnost životního prostředí (Khromov et al., 2017). Cílem integrované ochrany je omezit používání přípravků na ochranu rostlin na minimum. K tomu se využívá celá řada opatření, a to zejména preventivních (Muška a kol., 2017). Jednou z metod integrované ochrany rostlin je používání vysoce odolných a tolerantních odrůd a také hybridních rostlin (Khromov et al., 2017; Czembor et Frasiński, 2018).

Jádrem celého systému je efektivní ochrana před chorobami, škůdci a plevely, jež zajišťuje stabilní výnos a kvalitní produkci zemědělských produktů, při čemž je kladen důraz na snížení rizik dopadu vlivu pesticidů na lidské zdraví a životní prostředí. Důležitým bodem je kvalifikované používání pesticidů v případě, že nelze regulovat populace škodlivých organismů na odpovídající úrovni jiným způsobem (Ministerstvo zemědělství, 2009–2018). Směrnice a předpisy týkající se udržitelného používání pesticidů upravují a řídí přímé strategie ochrany rostlin směrem k nižšímu využívání syntetických chemikálií (Tiilikkala, 2010).

Integrovaná ochrana rostlin definována v roce 1973 organizací IOBC (Internacional Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants) je důležitou součástí integrované produkce (Holý a kol., 2013).

Za hlavní cíle integrované produkce chmele jsou považovány např. prosazování ekonomicky přijatelné a trvale udržitelné produkce chmelových hlávek odpovídající zásadám multifunkčního zemědělství, produkce zdravých chmelových hlávek vysoké kvality s minimálním výskytem reziduí pesticidů. A dalším cílem je využití přírodních regulačních mechanismů proti škodlivým organismům za účelem posílení biodiverzity ve chmelnici a jejím okolí (Ježek a Pulkrábek, 2012; Pulkrábek, 2012).

Větší výskyt rostlinných druhů ve chmelnici zvyšuje zastoupení hmyzu a roztočů a taková agrocenóza je stabilnější a méně náchylná ke kalamitnímu přemnožení škůdců. Zvýšení biodiverzity chmelnic je možné dvěma způsoby. Jednak vytvořením refugií v okolí

chmelnic, nebo pěstováním podplodin v meziřadí chmelnic. Za přirozená refugia v okolí chmelnice lze považovat všechny zemědělsky nevyužívané plochy, které hostí celou řadu užitečných organismů (Holý a kol., 2013).

3.5.2 Biologická ochrana rostlin

Biologická ochrana rostlin je brána jednak v užším slova smyslu, to znamená jako aplikace jednoho konkrétního bioagens či biopreparátu proti jednomu škůdci či chorobě, nebo v širším smyslu jako omezení tlaku chemických pesticidů na široké spektrum volně se vyskytujících predátorů a parazitoidů náhradou chemických pesticidů biologickými prostředky, přičemž zároveň dojde k významnému posílení tlaku užitečných antagonistů na cílové škůdce či choroby (Kulovaná, 2002).

Jsou sem řazeny i přípravky, jejichž účinnou složkou jsou i „přirozené látky“, tj. např. produkty metabolismu živočichů, rostlin, bakterií (Prokinová, 2017). Celkově jsou na světě k dispozici prostředky využívající téměř sto druhů a kmenů mikroorganismů, více než padesát druhů makroorganismů, asi padesát druhů přírodních produktů a stejný počet semiochemikálií (Bagar, n.d.)

Strategie biologické ochrany rostlin je poměrně závislá na zavedení antagonistických mikroorganismů do agroekosystémů (Deising et al., 2017). V principu jsou definovány dvě základní strategie, které je v praktické biologické ochraně rostlin proti škůdcům možno využívat. První strategie je podpora užitečných organismů v daném prostředí a druhou strategií je introdukce, vnášení takových organismů do prostředí (Prokinová, 2017).

Tento systém by skutečně mohl snížit dopad syntetických chemikálií a může také pomoci k zabránění rozvoji patogenních populací, které jsou odolné vůči fungicidům, ale na druhou stranu může silně zvýšit zatížení mikrobiálními toxiny. U plodin ošetřených biologickými kontrolními látkami nejsou známy ani nově se tvořící (konfrontační) mikrobiální společenství ani syntetizované sekundární metabolity těchto látek (Deising et al., 2017). Podle dalších studií různé druhy entomopatogenních hub kolonizují širokou škálu rostlinných druhů a poskytují ochranu nejen proti škůdcům ze třídy hmyzu, ale také proti rostlinným patogenům (Jaber et Ownley, 2018). Velmi účinné jsou i entomopatogenní hlístice, které žijí volně v půdě všude okolo nás. Po aplikaci namnožených invazních stádií jsou většinou larvální stádia škůdců napadena a na nich se namnoží další generace hlístic, biologická ochrana tedy funguje i dlouhodobě po několik vegetačních období (Hyršl, 2012). Entomopatogenní hád'átka rodu

Heterorhabditis a *Steinernema* jsou komerčně používány k ničení škodlivého hmyzu. Jsou symbioticky spojeny s bakteriemi rodu *Photorhabdus* a *Xenorhabdus*, které jsou hlavním zdrojem potravin pro háďátka (Ehlers, 2001).

Rostlinná chemie může také silně ovlivňovat interakce mezi býložravci a jejich přirozenými nepřáteli. A to buď tím, že poskytuje těkavé sloučeniny, které slouží jako podnět ke spásání pro parazitoidy nebo predátory, nebo ovlivňují schopnost býložravců být jako hostitel nebo kořist. Prostřednictvím těchto jevů mohou rostliny ovlivňovat genetickou strukturu populace parazitoidů (Jourdie et al., 2010).

Díky silnému rozmachu chemické ochrany byl výzkum biologické ochrany rostlin v 50. letech 20. století potlačen. V posledních dvaceti letech je této oblasti věnována stále větší pozornost (Prokinová, 2017). Omezený sortiment využitelných biologicky účinných přípravků v ochraně chmele proti škodlivým organismům, vede k tomu, aby se tyto přípravky racionálně používaly. Jedná se především o problematiku rezistence mnohogeneračních škůdců mšice a svlušky chmelové ke stávajícím aficidům a akaricidům (Vostřel a Klupal, 2015).

4 Botanické pesticidy

4.1 Historie

Rostliny produkují množství sekundárních chemikálií, kterými se chrání proti herbivorům a patogenům, z nichž některé byly používány již v minulosti k ochraně proti škůdcům (Miresmailli et Isman, 2014). Rostlinné oleje a extrakty byly využívány pro nejrůznější účely po mnoho tisíc let (Jones, 1996). Už v dřívějších dobách se v rostlinách hledaly léčebné látky (Cowan, 1999; Mensor et al., 2001).

Nejstarší dokumenty dokládají, že rostliny se používaly jako pesticidy již v Číně, Egyptě, Asii a Evropě. Avšak žádné z těchto využití nepředstavovalo rozsáhlou komerční výrobu botanických insekticidů. Přelom nastal až v šestnáctém století, kdy evropští průzkumníci začali objevovat rostliny, které používaly přirozené kultury pro regulaci škůdců. Široké komerční využití botanických insekticidů v západní Evropě a Severní Americe trvalo od šestnáctého století až do druhé světové války. Ale s nástupem moderních syntetických insekticidů ve čtyřicátých letech se používání rostlinných insekticidů snížilo (Thacker, 2002; Isman, 2006; Isman, 2008). Některé rozsáhlé programy prověřování rostlin se uskutečnily během čtyřicátých, padesátých a šedesátých let, zejména v USA a Číně. Přestože mnoho

z těchto programů identifikovalo řadu potenciálně užitečných extraktů, většina z těchto programů neměla dostatečné množství finančních prostředků a byla ukončena (Thacker, 2002).

Od roku 2000 vzrostl zájem a také výzkum botanických insekticidů. Množství příspěvků, které jsou nyní publikovány, dokumentují bioaktivitu rostlinných látek, jako je např. zederach indický (*Azadirachta indica*), různé rostlinné esenciální oleje a nesčetné rostlinné extrakty proti hmyzu a jeho příbuzným škůdcům. Většina z nich hlásí screeningové studie a další výzkumy provedené v laboratořích. Naproti tomu jen několik málo poznatků bylo zavedeno v praxi, tj. využíváno přímo farmáři pro regulaci škůdců (Isman, 2017; Moshi et Matoju, 2017).

4.2 Charakteristika botanických pesticidů

Rostliny jsou bohaté na širokou škálu sekundárních metabolitů, jako jsou třísloviny, terpenoidy, alkaloidy a flavonoidy (Cowan, 1999). Tyto chemické látky jsou produkovány rostlinami, aby se chránily např. před napadením hmyzem (Thacker, 2002; Isman, 2017).

Existuje asi 100 000 nebo i více "sekundárních rostlinných metabolitů" a mnohé z nich mají nějakou prokázanou bioaktivitu v rámci hmyzu (přinejmenším v laboratorních testech). V kontextu kontroly škůdců z kmene členovců jsou také označovány jako botanické insekticidy (Thacker, 2002; Isman, 2017).

Kromě zjevně úspěšného využívání užitečného hmyzu v zemědělství, je přijatelnou možností zintenzivnění aplikace feromonů, produktů mikrobiologického původu a různých rostlinných extraktů (Nogueira et Palmério, 2001). Při hledání alternativ k běžným insekticidům byly zkoumány esenciální oleje extrahované z aromatických rostlin. Na jejich toxicitu vůči hmyzu byl v posledním desetiletí kladen větší důraz (Zoubiri et Baaliouamer, 2014). Esenciální oleje jsou koncentrované aromatické těkavé sloučeniny získané z rostlinných látek destilací nebo mechanickým lisováním (Patel, 2015). Esenciální oleje se hromadí ve všech typech vegetativních orgánů, jako jsou například listy (citronely, eukalyptu), kůra (skořice), růžové dřevo, santalové dřevo, kořeny (vetiver) a oddenky (kurkumy, zázvoru) (Enan, 2001; Bart et Pilz, 2011).

Mnoho rostlinných extraktů a olejů již bylo úspěšně využito pro regulaci škůdců plodin, a právě s rychlým rozvojem zemědělství vznikly vazby mezi produkcí potravin a regulací škůdců (Thacker, 2002). V kontextu se škůdci hospodářských plodin jsou botanické insekticidy nejvhodnější pro použití v produkci biopotravin v průmyslově vyspělých zemích, ale mohou

hrát mnohem větší roli při výrobě a následné ochraně potravin v rozvojových zemích (Isman, 2006; Isman, 2008).

Botanické insekticidy jsou čím dál více oblíbené jako alternativy syntetických chemických insekticidů při ochraně proti škůdcům, protože rostlinné výrobky údajně představují malou hrozbu pro životní prostředí nebo i lidské zdraví (Isman, 2006; Miresmailli et al., 2006). Jsou považovány za netoxické, vysoce účinné a obnovitelné (Dar, 2011). Soubor vědecké literatury dokumentující bioaktivitu rostlinných derivátů škodících členovců pokračuje v rozšiřování, avšak v průmyslovém světě zemědělství se v současné době používá jen hrstka rostlin, a existuje jen málo vyhlídek pro komerční vývoj nových botanických produktů (Isman, 2006).

Zatímco se agrochemický průmysl potýká s produkcí novějších syntetických insekticidů s výrazně sníženými dopady na zdraví a životní prostředí. Veřejné vnímání zůstává silně vázáno na škodlivé produkty minulosti, jako je DDT (Isman, 2008). DDT byl první široce používaný syntetický pesticid a je extrémně stálý jak v prostředí, tak v lidském těle (Beard, 2006). Na druhou stranu nelze předpokládat relativní bezpečnost přírodních produktů – nikotin a strychnin jsou pozoruhodnými příklady sloučenin rostlin, které jsou pro člověka akutně toxické (Isman, 2008).

Extrakty rostlin se mohou ve své kvalitě značně lišit. To může vést k problémům při aplikaci a závažným ekonomickým ztrátám, a stejně tak k poškození životního prostředí (Nogueira et Palmério, 2001). Má-li se komerční výroba botanických insekticidů stát realizovatelnou možností ochrany proti škůdcům, musí být vedle inovačních aplikačních technologií zohledněny faktory jako jsou např. výrobní náklady, dostupnost zdrojů a extrakční a formulační techniky, aby byla zajištěna konzistentní účinnost rostlinných insekticidů (Miresmailli et Isman, 2014).

Mezi látkami, které mohou mít vysoký specifický potenciál pro regulaci škůdců se tradičně používají výtažky z květů chryzantémy (obsahující pyrethryny), bitterwood (obsahující quassin) a semena zederachu indického (obsahující azadirachtiny), které mají do budoucna praktické využití. Listy a zejména semena zederachu indického a jejich extrakty byly použity pro regulaci různých hmyzích škůdců. Výsledkem výzkumu bylo vyvinutí koncentráту Azadirachtin "NeemAzalTM" a jeho preparátu jako NeemAzalTM-T/S. NeemAzal-T/S je preparát z vysoce koncentrovaných účinných látek ze stromu zederachu indického, jmenovitě azadirachtinů (Nogueira et Palmério, 2001).

4.3 Možnosti využití rostlinných extraktů proti svlušce chmelové (*Tetranychus urticae*)

Lze konstatovat, že esenciální oleje z heřmánku, majoránky a eukalyptu s koncentracemi (0,5 %, 1,0 %, 2,0 %, 3,0 % a 4,0 %) mají akaricidní účinek proti svlušce chmelové. Tabulka č. 1 ukazuje, že v porovnání s výtažky z majoránky zahradní (*Marjorana hortensis*), eukalyptu a heřmánku pravého (*Chamomilla recutita*), je právě heřmánek pravý nejúčinnější akaricidní činidlo proti svlušce chmelové. Po 24 hodinách, hodnoty LC₅₀ heřmánku, majoránky a eukalyptu pro dospělé svlušky chmelové byly následující 0,65 %, 1,84 % a 2,18 % zatímco po sedmi dnech bylo u vajíček zaznamenáno 1,17 %, 6,26 % a 7,33 %. U dospělců byly hodnoty LC₉₀ 2,27 %, 5,91 % a 7,13 % a pro vajíčka 4,34 %, 9,81 % a 28,95 % (Afify et al., 2012).

Tabulka č. 1: Toxicita rostlinných extraktů proti svlušce chmelové

| Parametry toxicity | <i>Chamomilla recutita</i> | | <i>Marjorana hortensis</i> | | Eukalyptus | |
|----------------------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|------------|---------|
| | Dospělci | Vajíčka | Dospělci | Vajíčka | Dospělci | Vajíčka |
| LC ₅₀ (%) | 0,65 | 1,17 | 1,84 | 6,26 | 2,18 | 7,33 |
| Spodní limit | 0,46 | 0,94 | 1,53 | 4,18 | 1,82 | 4,74 |
| Horní limit | 0,82 | 1,45 | 2,21 | 25,40 | 2,67 | 39,05 |
| LC ₉₀ (%) | 2,27 | 4,34 | 5,91 | 9,81 | 7,13 | 28,95 |

(Afify et al., 2012)

U citlivých roztočů byla stanovena aktivita enzymů zahrnující glutathione-S-transferázu (GST), esterázu (α -esterázu, β -esterázu) a alkalickou fosfatázu, a byla dokázána aktivita enzymů podílejících se na rezistenci k akaricidům. V porovnání s kontrolním vzorkem byla podstatně snížena aktivita v LC₅₀ u heřmánku a majoránky. GST jsou enzymy, které se podílejí na detoxikaci škodlivých elektrofilních endogenních a exogenních sloučenin (Gui et al., 2009; Ashor et al., 2016).

Analýza pomocí plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem (GC-MS) ukázala, že hlavními složkami heřmánku pravého jsou α -bisabolol oxide A (35,251 %), a trans- β -farersene (7,758 %), zatímco hlavním prvkem majoránky zahradní (*Marjorana hortensis*) jsou terpinen-4-ol (23,860 %), p-cymene (23,404 %) a sabinen (10,904 %) (Afify et al., 2012).

α -bisabolol je přirozeně se vyskytující seskviterpenový alkohol, který byl ve dvacátém století izolován z heřmánku pravého a od této doby byl identifikován i v jiných aromatických rostlinách, jako je *Eremanthus erythropappus*, *Smyrniopsis aucheri* a *Vanillosmopsis* (Kamatou et Viljoen, 2010).

K regulaci populace roztoče svilušky chmelové byly testovány různé extrakty z kryškovce vykrojeného (*Syzygium cumini*) v koncentracích 75 $\mu\text{g/ml}$, 150 $\mu\text{g/ml}$ a 300 $\mu\text{g/ml}$. Nejvyšší akaricidní aktivitu vykazoval ethanolový extrakt (98,5 %), následoval hexanový extrakt (94,0 %), extrakt etheru a ethylacetátu (90,0 %). Lze vyvodit, že extrakt z kryškovce vykrojeného má akaricidní účinek proti svilušce chmelové a nejúčinnější je jeho ethanolový extrakt. Ethanolový extrakt má 100% akaricidní aktivitu při koncentraci 300 $\mu\text{g/ml}$ (Afify et al., 2011).

Podle studie publikované v roce 2006, výsledky jasně ukazují, že rozmarýnový olej může být považován za akaricid proti svilušce chmelové. V laboratorních podmínkách způsoboval stoprocentní úmrtnost při koncentracích (20 ml/l), které nevyvolávají fytotoxicitu hostitelských rostlin. Rozmarýnový olej a většina ostatních rostlinných esenciálních olejů jsou ekologicky nestálé, neboť se rychle vypařují z rostlin a dalších povrchů (Miresmailli et al., 2006).

Byla také testována toxicita plynné fáze pětácti rostlinných esenciálních olejů k vajíčkům a dospělcům svilušky chmelové. Kmínová semínka, citronela jáva, citronový eukalyptus, máta a mátové oleje vykazovaly >90% úmrtnost dospělce svilušky chmelové, zatímco 81 a 82 % úmrtnost byla pozorována u šalvějového oleje a olejů z máty kadeřavé. S výjimkou šalvějového oleje bylo ostatních šest esenciálních olejů vysoce účinných proti vajíčkům svilušky chmelové. Oleje z citrusového eukalyptu, máty, máty peprné a máty kadeřavé byly také vysoce účinné proti dospělci svilušky chmelové (Choi et al., 2004).

Dále byla též v laboratorních podmínkách zjištěna biologická účinnost rostlinných insekticidů, která byla získána z *Pongamia glabra*, zederachu indického a kopretiny starčkolisté (*Chrysanthemum cinerariifolium*) proti svilušce chmelové. V tabulce č. 2 je uveden akaricidní účinek botanických insekticidů. Jako nejefektivnější proti svilušce chmelové se ukázal produkt na bázi zederachu indického a pongamový olej. Koncentrace 1% a 3% zederachu indického a *Pongamia glabra* způsobily dvanáctý den po aplikaci stoprocentní mortalitu. Nejmenší účinek zaznamenal výrobek založený na pyrethru a účinnost pouze 10-20 % byla zjištěna při koncentraci 0,5 % (Pavela, 2009).

Tabulka č. 2: Vliv botanických insekticidů proti svilušce chmelové

| Ošetření | Koncen trace (%) | Biologická účinnost (%) | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------|------|-------|-------|--------|-------|
| | | 2 dny | | 7 dní | | 12 dní | |
| | | 2007 | 2008 | 2007 | 2008 | 2007 | 2008 |
| Neem ((olej z <i>Azadirachta indica</i> (Parker Group, Indie)) | 3,0 | 99,3 | 98,7 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1,0 | 98,3 | 96,5 | 97,2 | 91,5 | 100,0 | 100,0 |
| | 0,5 | 75,5 | 72,1 | 87,3 | 85,6 | 60,5 | 70,8 |
| Pyrethrum ((Spruzit® Schädlingfrei (W. Neudorff GmbH KG, Německo) 25% emulze extraktu <i>C. cinerariifolium</i> v řepkovém oleji, který odpovídá obsahu a.i. 4,59 g/l Pyrethrinů)) | 3,0 | 97,1 | 95,6 | 93,2 | 90,6 | 98,5 | 93,8 |
| | 1,0 | 89,2 | 86,3 | 92,1 | 89,6 | 60,1 | 56,3 |
| | 0,5 | 76,5 | 70,2 | 76,5 | 72,3 | 20,1 | 10,2 |
| Pongam ((olej z <i>Pongamia pinnata</i> (Parker Group, Indie)) | 3,0 | 98,1 | 91,5 | 100,0 | 99,2 | 100,0 | 100,0 |
| | 1,0 | 96,3 | 89,2 | 97,8 | 92,8 | 82,6 | 100,0 |
| | 0,5 | 87,6 | 82,3 | 92,1 | 90,6 | 48,9 | 52,6 |
| Kontrola | | 57 | 49 | 68 | 57 | 76 | 69 |

(Pavela, 2009)

Další výtahy z rostlin, jako je například extrakt z česneku (*Allium sativum*), mohou představovat realizovatelné alternativy, jelikož se považují za pesticidy s minimálním rizikem. Přestože je česnek znám pro své akaricidní vlastnosti, koncentrace extraktu, která poskytuje nejúčinnější regulaci, nebyla dosud přesně stanovena (Attia et al., 2011).

Byla provedena řada laboratorních experimentů určujících citlivost dospělých samic svilušky chmelové na různé koncentrace česnekového extraktu. Úmrtnost a plodnost byly sledovány při aplikaci postřiku česnekového extraktu s koncentracemi v rozmezí od 0,46 do 14,4 mg/l. Míra úmrtnosti samic se s koncentrací zvyšovala, přičemž hodnoty LD₅₀

a LD₉₀ byly 7,49 a 13,5 mg/l. Snížená plodnost byla pozorována při koncentracích 0,36 a 0,74 mg/l (Attia et al., 2011).

4.4 Možnosti využití rostlinných extraktů proti mšici chmelové (*Phorodon humuli*)

Použití syntetických HIPV (herbivore-induced plant volatiles = specifické těkavé organické sloučeniny, které rostlina produkuje v důsledku reakce na býložravce) k přilákání přirozených nepřátel vzbudilo zájem pro zlepšení biologické ochrany (Conservation Biological Control= CBC) (Woods et al., 2011; Holopainen et Blande, 2013). Methylsalicylát (MeSA) je složkou prchavých směsí indukovaných bylinami a je atraktivní pro několik klíčových predátorů svilušky chmelové a mšice chmelové (James et Price, 2004; Woods et al., 2011).

A právě MeSA byla podrobena studii s cílem vyhodnotit její účinnost. Průměrná sezónní hustota mšice chmelové a jiných přirozených nepřátel (např. *Orius* spp. a *Anystis* spp.) byla mezi MeSA parcelami a kontrolními plochami podobná či oproti kontrole menší. Napadení mšicemi nebylo příliš omezeno ani při postupném uvolňování methylsalicylátu a postřikováním chmele otáčivého pomocí β -kyseliny bohaté na chmelové pryskyřice. Studie naznačuje, že CBC mšice chmelové s použitím MeSA může být nedostačující (Lösel et al., 1996; Woods et al., 2011).

Jak je zřejmé z tabulky č. 3, tak v pokusu z roku 1996 (8. až 25. října) výsledky ukazují, že v pastích uvolňujících benzaldehyd, bylo více gynopar, ale méně samců mšice chmelové oproti pastím obsahující MeSA. V roce 2001 (22. září až 26. října) byla účinnost benzaldehydu a MeSA hodnocena jako nedostatečná (Pope et al., 2007). Tyto výsledky potvrzují, že použití MeSA nemusí být vyhovující.

Tabulka č. 3: Celkové počty mšice chmelové zachycené v pastích uvolňujících benzaldehyd a MeSA

| Ošetření | Rok | | | |
|-------------|----------|-------|----------|-------|
| | 1996 | | 2001 | |
| | Gynopary | Samci | Gynopary | Samci |
| Benzaldehyd | 122 | 160 | 7 | 4 |
| MeSA | 96 | 177 | 2 | 2 |
| Kontrola | 110 | 201 | 5 | 0 |

(Pope et al., 2007)

Dále bylo zjištěno, že cis-jasmone (složka těkavých rostlinných látek) je uvolněn při poškození rostliny a může sloužit jako odpuzující prostředek proti mšici chmelové. V porovnání s lapači obsahující cis-jasmone a kontrolou byl celkový počet zachycených mšic o 34 % menší (cis-jasmone 122, kontrola 184 mšic). Bylo také odhaleno, že cis-jasmone zvyšuje přitažlivost slunéčka sedmítečného (*Coccinella septempunctata*) (Birkett et al., 2000; Dicke, 2006; Pickett et al., 2006).

4.5 Možnosti využití rostlinných extraktů proti lalokonosci libečkovému (*Otiorhynchus ligustici*)

V dostupné literatuře nebyla zatím zveřejněna žádná studie na účinek botanických pesticidů proti lalokonosci libečkovému (*Otiorhynchus ligustici*).

4.6 Výhody a nevýhody botanických pesticidů

Botanické pesticidy jsou často směsí několika sekundárních metabolitů, které mohou ale také nemusí mít významnou úlohu v toxicitě směsi. Značnou výhodou pesticidů na bázi rostlinných extraktů je, že mohou být vyrobeny z dostupných rostlin (Miresmailli et al., 2006; Isman et al., 2011; Amoabeng et al., 2014; Miresmailli et Isman, 2014).

Přínosem botanických insekticidů je také to, že jsou obecně vnímány za bezpečné (Miresmailli et Isman, 2014). Jako další pozitivum lze uvést, že výtažky z aromatických rostlin jsou obvykle účinné v rozmezí 0,5 až 2,0 %, což představuje vysoce koncentrovaný extrakt. To má za následek, že jsou mnohem účinnější než mnoho jiných rostlinných extraktů. Jsou také snadno a kvalitně pomocí přístrojů analyzovány a výhodou je, že náklady na takové analytické přístroje za posledních 20 let výrazně poklesly (Isman, 2017).

Jednou z nevýhod použití rostlinných insekticidů je jejich omezené rozšíření. Hrají totiž pouze nepatrnou roli při ochraně rostlin a používají se převážně maloobchodně či jen omezeně v zemědělství (Isman, 2008; Miresmailli et Isman, 2014). Důvodem jejich omezené spotřeby je především nedostatek údajů o účinnosti a bezpečnosti a také dostupnost konkurenčních produktů, které jsou cenově příznivější a ve srovnání s jejich předchůdci i relativně bezpečné (Isman, 2008; Sola et al., 2014).

Jinou nevýhodou použití botanických pesticidů je jejich variabilní výrobní cena, a to v závislosti na dostupnosti biomasy a/nebo tržní ceně. Co se týká překážek v regulaci,

tak rostlinné insekticidy mají v některých jurisdikcích výjimky, avšak lze nalézt produkty vyžadující úplnou registraci. Dalším problémem je jejich finančně náročná registrace. Malé a střední podniky orientované na jejich výrobu nemají dostatek finančních prostředků na hodnocení požadované pro jejich registraci, marketing a uvedení do široké zemědělské praxe (Miresmailli et Isman, 2014; Kuthan, 2017).

Negativní vlastností botanických pesticidů může být i jejich nekonzistentní a poměrně pomalé působení. A další značnou nevýhodou je nestálost většiny rostlinných esenciálních olejů, neboť se rychle vypařují z rostlin a dalších povrchů (Miresmailli et al., 2006; Isman, 2008; Brück et al., 2009; Sola et al., 2014).

4.7 Situace ve světě a České republice

Jak již bylo zmíněno, jedním z problémů botanických pesticidů je jejich komercializace. Ve Spojených státech byla komercializace těchto pesticidů zavedena před více než deseti lety díky společnosti EcoSMART Technologies vyrábějící pesticidní roztoky založené na přírodních surovinách. Pohyb těchto výrobků na americkém trhu velmi usnadnila skutečnost, že tyto a jiné specifické extrakty jsou osvobozeny od registrace Agenturou pro ochranu životního prostředí USA, což šetří čas a náklady obvykle spojené s registrací nových pesticidů (Isman, 2017; Bloomberg, 2018).

Zdá se, že nejenom v Africe, ale i v Číně a Latinské Americe dochází k růstu komercializace rostlinných insekticidů v oblastech, kde sociálně-ekonomické podmínky vedly k otravě lidí a ke kontaminaci životního prostředí (Isman, 2014).

V Jižní Americe se získávají extrakty na bázi rotenonu a přípravky z tabáku (tzv. přírodní nikotinoidy) (Pavela, 2006).

Afrika je pravděpodobně kontinent, který může nejvíce získat z rozvoje botanických pesticidů. A právě v afrických státech, zejména v Keni se vyrábí více jak 80 % světové produkce extraktů z řimbab (*Tanacetum cinerariifolium*). Nicméně podle průzkumu probíhajícího v Malawi a v Zambii, 75 % respondentů používalo syntetické pesticidy. Avšak farmáři s malými pozemky častěji používali pesticidní rostliny než farmáři s většími pozemky. Je zapotřebí také uvést, že většina respondentů byla ochotna pěstovat pesticidní rostliny, což naznačuje, že zemědělci chápou potenciální hodnotu těchto rostlin v oblasti ochrany proti škůdcům (Pavela, 2006; Nyirenda et al., 2011; Stevenson et al., 2017).

V Tanzanii má používání biologických látek k ochraně plodin proti škůdcům dlouhou historii. Aplikace takovýchto látek proti škůdcům vychází z domorodých znalostí. Zároveň je ironií, že existuje velmi málo biopesticidů, které byly v Tanzanii registrovány (Moshi et Matoju, 2017).

Nejproduktivnější ve výrobě rostlinných insekticidů je Indie. Vyrobené výtažky, oleje či hotové rostlinné insekticidy se pak snaží prodat zejména do USA. Obvykle se tady produkují rozmanité surové nebo obohacené neem oleje získané ze semen zederachu indického. Produkty založené na této rostlině byly v minulém desetiletí vyvinuty na všech kontinentech. V Indii je také zároveň vyráběn karanja olej ze semen stromů *Pongamia pinnata* (Pavela, 2006; Isman et al., 2011; Isman, 2017).

I pyrethrum a oleoresin získané z květů řimbaby jsou v současné době dominantním rostlinným insekticidem používaným po celém světě. Naproti tomu použití rotenonu, získaného z oddenků *Derris elliptica* (*Fabaceae*), bylo v Severní Americe a Evropě, v posledních letech značně omezeno (Isman et al., 2011; Isman, 2017).

V neposlední řadě je i v Evropě několik firem produkující výrobky pro spotřebitele v EU. Je však nutné podotknout, že ve srovnání se světovou produkcí je v evropských zemích výběr rostlinných pesticidů omezen (Pavela, 2006).

V současné době jsou v České republice registrované přípravky, kterými jsou ROCK EFFECT, kde je jako účinná látka olej z *Pongamia pinnata* a SYMFONIE lesk 3 v 1 s též olejem z *Pongamia pinnata* a další účinnou složkou je lněný olej. Navíc jsou tyto přípravky účinné proti mšicím a sviluškám (Družba, 2015; Agromanuál, 2016).

Botanické pesticidy by pravděpodobně měly mít větší hodnotu v rozvojových zemích, kde jsou často prospěšné rostlinné druhy početné, dostupné a levné. V zemích skupiny G20 si botanické pesticidy nejspíše udrží místo ve výrobcích určených pro použití v oblasti veřejného zdraví, v oblasti výroby biopotravin a omezeně v zemědělství (Isman, 2014).

Celosvětově by měla poptávka po botanických výrobcích růst z důvodu rostoucího posunu poptávky spotřebitelů po bezpečných potravinách, zvyšování ekologického zemědělství, lobování ekologů a rostoucího tlaku na nové předpisy týkající se mezinárodního obchodu potravin v Evropě (Sola et al., 2014).

5 Závěr

Práce zmapovala nejzávažnější škůdce chmele otáčivého, kterými jsou mšice chmelová, sviluška chmelová a lalokonosec libečkový. Problémem při ochraně proti svilušce chmelové je, že došlo k postupnému vytvoření rezistence proti některým účinným látkám. Také u mšice chmelové se postupně vyvinula rezistence vůči některým insekticidům. Jediným registrovaným přípravkem proti lalokonosci libečkovému je přípravek s účinnou látkou thiamethoxam.

Kromě používání chemických pesticidů a například využívání užitečného hmyzu je přijatelnou možností aplikace botanických pesticidů. Ty představují malou hrozbu pro životní prostředí nebo i lidské zdraví.

Akaricidní účinek proti svilušce chmelové mají tři esenciální oleje z heřmánku pravého, majoránky a eukalyptu. Akaricidní účinek má též extrakt z kryškovce vykrojeného, rozmarýnový olej, kmínová semínka, citronela jáva, citronový eukalyptus, máta a mátové oleje. Dále byla zjištěna biologická účinnost rostlinných insekticidů, která byla získána z *Pongamia glabra*, zederachu indického a kopretiny starčkolisté.

Bylo objeveno, že cis-jasmone může sloužit jako odpuzující prostředek proti mšici chmelové a také zvyšuje přitažlivost slunéčka sedmitečného. Nýbrž použití methyl salicylát nemusí být proti mšici chmelové účinné.

Účinnost dalších botanických pesticidů je i nadále zkoumána, ale jedním z problémů je jejich uvedení na trh. Jelikož přípravek při uvedení na trh musí splňovat přísná kritéria a jeho registrace je finančně i časově náročná.

6 Seznam použité literatury

Afify, Abd El-Moneim MR, El-Beltagi, H.S., Fayed, S.A., Shalaby, E.A. 2011. Acaricidal activity of different extracts from *Syzygium cumini* L. Skeels (Pomposia) against *Tetranychus urticae* Koch. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 1 (5). 359–364.

Afify, Abd El-Moneim MR, Ali, F.S., Turky, A.F. 2012. Control of *Tetranychus urticae* Koch by extracts of three essential oils of chamomile, marjoram and *Eucalyptus*. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2 (1). 24-30.

Agromanuál. ROCK EFFECT [online]. Agromanuál.cz. 2016 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/ostatni/pripravek/rock-effect>>.

Amoabeng, B.W., Gurr, G.M., Gitau, C.W., Stevenson, P.C. 2014. Cost:benefit analysis of botanical insecticide use in cabbage: Implications for smallholder farmers in developing countries. Crop Protection. 57. 71-76.

Anikwe, J.C., Asogwa, E.U., Ndubuaku, T.C.N., Okelana, F.A. 2009. Evaluation of the toxicity of Actara 25 WG for the control of the cocoa mirid *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) in Nigeria. African Journal of Biotechnology. 8 (8). 1528-1535.

Ashor, A.W., Siervo, M., Mathers, J.C. 2016. Vitamin C, Antioxidant Status, and Cardiovascular Aging. In: Malavolta, M., Mocchegiani, E. (eds.). Molecular Basis of Nutrition and Aging. Elsevier, AP. Boston. s. 609-619. ISBN: 9780128018163.

Attia, S., Grissa, K. L., Mailleux, A. C., Lognay, G., Heuskin, S., Mayoufi, S., Hance, T. 2011. Effective concentrations of garlic distillate (*Allium sativum*) for the control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). Journal of Applied Entomology. 136 (4). 302-312.

Ay, R., Kara, F.A. 2011. Toxicity, inheritance and biochemistry of clofentezine resistance in *Tetranychus urticae*. Insect Science. 18 (5). 503-511.

Bagar, M. Biologická ochrana rostlin. Spolek poradců v ekologickém zemědělství ČR [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z <<http://www.eposcr.eu/wp-content/uploads/2011/04/ML12-Biologicka-ochrana.pdf>>.

Barriere, Y., Vérité, R., Brunshwig, P., Surault, F., Emile, J.C. 2001. Feeding Value of Corn Silage Estimated with Sheep and Dairy Cows Is Not Altered by Genetic Incorporation of Bt176 Resistance to *Ostrinia nubilalis*. American Dairy Science Association. 84. 1863–1871.

Bart, HJ., Pilz, S. (eds.). 2011. Industrial Scale Natural Products Extraction. Wiley-VCH. Weinheim, Německo. ISBN: 9783527325047. Dostupné také z <https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=ueNMejK7x-gC&oi=fnd&pg=PP7&dq=Industrial+Scale+Natural+Products+Extraction&ots=L3dF3sK-E8&sig=VIVRREhaIGN5CC9-5mEy3wBjEsg&redir_esc=y#v=onepage&q=Industrial%20Scale%20Natural%20Products%20Extraction&f=false>.

Beard, J. 2006. DDT and human health. *Science of the Total Environment*. 355. 78-89.

Bednářová, J. 2015. *Herbář aneb od andělky k žindavě*. Fortuna Libri, spol. s.r.o. Praha. 347 s. ISBN: 9788073219437.

Bertelli, D., Brighenti, V., Marchetti, L., Reik, A., Pellati, F. Nuclear magnetic resonance and high-performance liquid chromatography techniques for the characterization of bioactive compounds from *Humulus lupulus* L. (hop). *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [online]. 19. ledna 2018 [2018-03-16]. Dostupné z <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-018-0851-y>>.

a) BioLib. Mšice chmelová *Phorodon humuli* (Schrank, 1801) [online]. BioLib.cz. 1999-2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z <<https://www.biolib.cz/cz/taxon/id102499/>>.

b) BioLib. Lalokonosec libečkový *Otiorhynchus ligustici* (Linnaeus, 1758) [online]. BioLib.cz. 1999-2018 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z <<https://www.biolib.cz/cz/image/id86161/>>.

Biological Services. Two spotted mite *Tetranychus urticae* [online]. 2015 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z <<http://biologicalservices.com.au/pests/two-spotted-mite-90.html>>.

Birkett, M.A., Campbell, C.A.M., Chamberlain, K., Guerrieri, E., Hick, A.J., Martin, J.L., Matthes, M., Napier, J.A., Pettersson, J., Pickett, J.A., Poppy, G.M., Pow, E.M., Pye, B.J., Smart, L.E., Wadhams, G.H., Wadhams, L.J., Woodcock, C.M. 2000. New roles for *cis*-jasmone as an insect semiochemical and in plant defense. *National Academy of Sciences*. 97 (16). 9329-9334.

Bittner V., Běhal, R. 2010. Škodlivé organismy cukrovky. Maribo seed. Slavkov. 102 s. ISBN: 9788025484944.

Blackman, R.L. Aphids on the World's plants [online]. An online identification and information guide. 2014 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z <<http://www.aphidsonworldsplants.info/index.htm>>.

Bloomberg, L.P. Household Products Company Overview of EcoSMART Technologies, Inc. [online]. [cit. 2018-03-16]. Dostupné z <<https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapid=24656150>>.

Bodlák, J. 2005. Byliny v léčitelství, v kosmetice a v kuchyni. Poznání. Olomouc. 295 s. ISBN: 8086606406.

Brant, V., Krofta, K., Kroulík, M., Pokorný, J. 2017. Kořenový systém – základ pěstování chmele otáčivého. In: Kovařík, M. (ed.). Český Chmel 2017. Ministerstvo zemědělství. Praha. s. 44-45. ISBN: 9788074343667.

Brück, E., Elbert, A., Fischer, R., Krueger, S., Kühnhold, J., Klueken, A.M., Nauen, R., Niebese, J.-F., Reckmann, U., Schnorbach, H.-J., Steffens, R., Waetermeulen, X. 2009. Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: Biological profile and field performance. *Crop Protection*. 28 (10). 838-844.

Bryon, A., Kurlavs, A.H., Van Leeuwen, T., Clark, R.M. 2017. A molecular-genetic understanding of diapause in spider mites: current knowledge and future directions. *Physiological Entomology*. 42 (3). 211-224.

Březíková, M. Zavíječ kukuřičný, *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796). Praha. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci se Státní rostlinolékařskou správou. Říjen 2007. [cit. 2017-11-24]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/60004/Zavijec_kukuricny.pdf>.

Campbell, C.A.M., Muir, R.C. 2005. Flight activity of the damson-hop aphid, *Phorodon humuli*. *Annals of Applied Biology*. 147 (1). 109-118.

Campbell, C.A.M., Tregidga, E.L. 2006. A transgenerational interval timer inhibits unseasonal sexual morph production in damson-hop aphid, *Phorodon humuli*. *Physiological Entomology*. 31 (4). 394-397.4

Castro, T., Roggia, S., Wekesa, V.W., de Andrade Moral, R., Demétrio, C.G.B., Delalibera Jr, I., Klingen, I. 2016. The effect of synthetic pesticides and sulfur used in conventional and organically grown strawberry and soybean on *Neozygites floridana*, a natural enemy of spider mites. *Pest Management Science*. 72 (9). 1752-1757.

- Cizej, M.R., Milevoj, L. 2006. In vitro assessment preferences of hop flea beetle (*Psylliodes attenuatus* Koch) on economic important cultivars of hop, hemp and stinging nettle. Inštitut za Hmeljarstvo in Pivovarstvo. 13. 13-20.
- Cizej, M.R., Milevoj, L., Kastelec, D. Assessment preference of hop flea beetle (*Psylliodes attenuates* Koch) in hop garden on different hop cultivars. Hmeljarski Bilten [online]. 2007. 14. [cit. 2018-03-17]. Dostupné z <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083035388>>.
- Congdon, B.S., Coutts, B.A., Renton, M., Flematti, G.R., Jones, R.A.C. 2017. Establishing alighting preferences and species transmission differences for Pea *seed-borne mosaic virus* aphid vectors. Virus Research. 241. 145-155.
- Coope, G. R. 2010. Coleoptera from the Cromerian Type Site at West Runton, Norfolk, England. Quaternary International. 228 (1-2). 46-52.
- Cowan, M. M. 1999. Plant Products as Antimicrobial Agents. Clinical Microbiology Reviews. 12 (4). 564-582.
- Czembor, E., Frasiński, S. Polish maize elite inbred lines as a source of resistance for ear rot (*Fusarium* spp.) and common smut (*Ustilago maydis*) Polskie elitarne linie wsobne kukurydzy źródłem odporności na fuzariozę kolb (*Fusarium* spp.) i głownię guzowatą (*Ustilago maydis*) [online]. Progress in Plant Protection. 1. února 2018 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z <http://www.progress.plantprotection.pl/?node_id=35&lang=en&ma_id=2580>.
- Český statistický úřad. Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2017 [online]. 16. února 2018 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/documents/10180/61431846/2701411801.pdf/49e7c45d-850f-4c7e-b237-1de9d0034beb?version=1.0>>.
- Dar, M.A. 2011. A review: plant extracts and oils as corrosion inhibitors in aggressive media. Industrial Lubrication and Tribology. 3 (4). 227-233.
- Demaeght, P., Osborne, E.J., Odman-Naresh, J., Grbić, M., Nauen, R., Merzendorfer, H., Clark, R.M., Van Leeuwen, T. 2014. High resolution genetic mapping uncovers chitin synthase-1 as the target-site of the structurally diverse mite growth inhibitors clofentezine, hexythiazox and etoxazole in *Tetranychus urticae*. Insect Biochemistry and Molecular Biology. 51. 52-61.
- Dewhurst, S.Y., Pickett, J.A., Hardie, J. 2010. Chapter Twenty-Two - Aphid Pheromones. Vitamins & Hormones. 83. 551-574.

- Deising, H.B., Gase, I., Kubo, Y. 2017. The unpredictable risk imposed by microbial secondary metabolites: how safe is biological control of plant diseases? *Journal of plant diseases and protection*. 124 (5). 413-419.
- Dicke, M. 2006. *Chemical Ecology*. Springer-Verlag New York Inc. 192 p. ISBN: 9781402047923.
- Djazouli, Z.E., Amine, Z.A., Petit, D. 2014. Phytochemical variations of black poplar (*Populus nigra*), metabolic answer and populational structure of the aphid *chaitophorus leucomelas* (Koch, 1854) (Homoptera: Aphididae). *International Journal of Agricultural*. 4 (3). 73-78.
- Družba, O. SYMFONIE lesk 3 v 1 [online]. ACR – etiketa pomocného prostriedku. 20. července 2015 [cit. 20118-04-14]. Dostupné z <<file:///C:/Users/Sabina/Downloads/1706-0C.pdf>>.
- Durak, R. 2014. Life cycle, seasonal and interannual polymorphism in a monoecious aphid *Cinara mordvilko*i (Hemiptera: Aphidoidea: Lachnidae). *European Journal of Entomology*. 111 (3). 357-362.
- Ehlers, R.U. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. *Applied Microbiology and Biotechnology* [online]. 2001. 56. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s002530100711.pdf>>.
- Enan, E. 2001. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 130. 325-337.
- Farinós, G.M., Poza, M., Hernández-Crespo, P., Ortego, F., Castañera, P. Resistance monitoring of field populations of the corn borers *Sesamia nonagrioides* and *Ostrinia nubilalis* after 5 years of Bt maize cultivation in Spain [online]. The Netherlands Entomological Society. 2004 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z <<https://pdfs.semanticscholar.org/fe2f/5ab23915215937bb74c0a6206c4a14aa7bb6.pdf>>.
- Fericean, M. H. 2015. Research regarding external anatomy of *Phorodon humuli*. *Research Journal of Agricultural Science*. 47 (2). 52-56.
- Fialová, Z. Produkce sladu v České republice vloni mírně klesla. *Zemědělec* [online]. Zemědělský zpravodajský portál. 25. dubna 2017 [cit. 2017-11-26]. Dostupné z <<http://zemedelec.cz/produkce-sladu-v-ceske-republice-vloni-mirne-klesla/>>.

- Gardiner, M.M., Barbour, J.D., Johnson, J.B. 2003. Arthropod Diversity and Abundance on Feral and Cultivated *Humulus lupulus* (Urticales: Cannabaceae) in Idaho. *Environmental Entomology*. 32 (3). 564-574.
- Goldansaz, S.H., McNeil, J.N. 2003. Calling behaviour of the potato aphid *Macrosiphum euphorbiae* oviparae under laboratory and field conditions. *Ecological Entomology*. 28 (3). 291-298.
- Gosik, R., Sprick, P. 2012. Larval morphology of *Otiorhynchus ligustici*, *O. porcatus* and *O. salicicola* (Coleoptera, Curculionidae, Otiorhynchini). *Wiley-VCH*. 59 (2). 301-316.
- Grünwald, J., Jänicke, Ch. 2008. *Zelená lékárna*. Svojtka & Co. Praha. 408 s. ISBN: 9788073526009.
- Gui, Z., Hou, C., Liu, T., Qin, G., Li, M., Jin, B. 2009. Effects of Insect Viruses and Pesticides on Glutathione S-Transferase Activity and Gene Expression in *Bombyx mori*. *Journal of Economic Entomology*. 102(4). 1591-1598.
- Giebink, B.L., Scriber, J.M., Wedberg, J. 1999. Survival and Growth of Two *Hydraecia* Species (Noctuidae: Lepidoptera) on Eight Midwest Grass Species. *The Great Lakes Entomologist*. 32 (4). 1-10.
- Heimbach, U., Kral, G., Niemann, P. 2002. EU regulatory aspects of resistance risk assessment. *Pest Management Science*. 58 (9). 935-938.
- Hidalgo, N.P., Umaran, A., Durante, M.P.M. 2011. First record of the adventive oriental aphid *Schizaphis piricola* (Matsumura, 1917) (Hemiptera, Aphididae) in Europe [online]. *ZooKeys*. 11. května 2011 [cit. 2007-10-02]. 89. 49-56. Dostupné z <https://apps-wofofknowledge-com.infozdroje.czu.cz/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=D17YluAd3dGoU4PT64R&page=1&doc=1>.
- Hidalgo, N.P., Mifsud, D. 2011. First field records of the sexuales (males and oviparae) of *Toxoptera aurantii* (Hemiptera: Aphididae). *Zootaxa*. 62-64.
- Hodkinson, I.D., Bird, J.M., Cooper, E.J., Coulson, S.J. 2004. The sexual morphs of the endemic Svalbard aphid *Acyrtosiphon calvulus* (Ossiannilsson), with notes on species biology. *Norw. J. Entomol.* 51. 131-135.
- Holopainen, J.K., Blande, J.D. 2013. Where do herbivore-induced plant volatiles go? *Frontiers in Plant Science*. 4 (185). 1-13.

- Holý, K., Štranc, P., Štranc, J. Integrovaná produkce chmele. 2013. Zemědělec. 21 (12). 15-16.
- Horn, D.J. 2009. IPM as applied ecology: the biological precepts. In: Radcliffe, E.B., Hutchinson, W.D., Cancelado, R.E. (eds.). Integrated Pest Management. Cambridge University Press. New York. 51-61. ISBN: 9780521699310.
- Hough, J.S., Briggs, D.E., Stevens, R., Young, T.W. 1982. Malting and Brewing Science. 2nd. ed. Springer US. 913 s. ISBN: 9781461517993. Dostupný také z <https://books.google.cz/books?id=ZZPTBwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Malting+and+Brewing+Science:+Volume+II+Hopped+Wort+and+Beer&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwj_w-qhrdfZAhXGBiwKHebrDVYQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false>.
- Hullé, M., Bonhomme, J., Maurice, D., Simon, J.C. 2008. Is the life cycle of high arctic aphids adapted to climate change? Polar Biology. 31 (9). 1037-1042.
- Hyršl, P. Biologická ochrana rostlin pomocí entomopatogenních hlístic a testování její účinnosti [online]. Vědci pro průmysl a praxi, chempoint. 26. dubna 2012 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z ><http://www.chempoint.cz/biologicka-ochrana-rostlin-pomoci-entomopatogennich-hlistic-a-testovani-jeji-ucinnosti><.
- a) Chmelařský institut s.r.o. Zavíječ kukuřičný (*Pyrausta (Ostrinia) nubilalis* Hüb.) [online]. 2012. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z <<http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=166&sub=65&back=1>>.
- b) Chmelařský institut s.r.o. Šedavka luční (*Hydroecia micacea* Esp.) [online]. 2012. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z <<http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=165&sub=65&back=1>>.
- c) Chmelařský institut s.r.o. Lalokonosec libečkový (*Otiorrhynchus ligustici*) [online]. 2012. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z <<http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=93&sub=65&back=1>>.
- Choi, W.I., Lee, S.G., Park, H.M., Ahn, Y.J. 2004. Toxicity of Plant Essential Oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Journal of Economic Entomology. 97 (2). 553-558.
- InfluentialPoints Services for ecologists, medics and veterinarians [online] [cit. 2018-04-14]. Dostupné z <http://influentialpoints.com/Gallery/Phorodon_humuli_Damson-hop_aphid.htm>.
- Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology. 51. 45-66.

- Isman, M.B. 2008. Botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Management Science*. 64. 8-11.
- Isman, M.B., Miresmailli, S., Machial, C. 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry Reviews*. 10 (2). 197-204.
- Isman, M.B. 2014. Botanical Insecticides: A Global Perspective. In: Gross, A.D., Coats, J.R., Duke, S.O., Seiber, J.N. (eds.). *Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities*. American Chemical Society. 21–30. ISBN: 9780841229990.
- Isman, M.B. 2017. Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial Crops and Products*. 110. 10-14.
- Jaber, LR, Ownley, BH. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological control* [online]. Leden 2018. 116. [cit. 2018-02-06]. 36-45. Dostupné z >https://apps-webofknowledge-com.infozdroje.czu.cz/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=3&SID=F1LteaWYzHn7PGQbDak&page=2&doc=15&cacheurlFromRightClick=no<.
- James, DG., Price, TS. 2004. Field-testing of methyl salicylate for recruitment and retention of beneficial insects in grapes and hops. *Journal of Chemical Ecology*. 30 (8). 1613-1628.
- Jaśkiewicz, B., Kmiec, K. 2007. The occurrence of *Panaphis juglandis* (Goetze) and *Chromaphis juglandicola* (Kalt.) on walnut under the urban conditions of lublin. *Acta Scientiarum Polonorum*. 6 (3). 15-26.
- Ježek, J., Pulkrábek, J. 2012. Chmel z integrované produkce. *Farmář*. 18 (10). 33-34.
- Ježek, J., Klapal, I., Krofta, K., Nesvadba, V., Patzak, J., Pokorný, J., Svoboda, P., Veselý, F., Vostřel, J. 2015. Chmel 2015. Chmelařský institut s.r.o. Žatec. 152 s. ISBN: 9788086836980.
- Jones, F.A. 1996. Herbs – useful plants. Their role in history and today. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*. 8 (12). 1227-1231.
- Jourdie, V., Alvarez, N., Molina-Ochoa, J., Williams, T., Bergvinson, D., Benrey, B., Turlings, T.C.J., Franck, P. 2010. Population genetic structure of two primary parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera), *Chelonus insularis* and *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera): to what extent is the host plant important? *Molecular ecology*. 19 (10). 2168–2179.

- Kati, A. N., Mandrioli, M. Skouras, P. J., Malloch, G. L., Voudouris, C. Ch., Venturelli, M., Manicardi, G. C., Tsitsipis, J. A., Fenton, B., Margaritopoulos, J. T. 2014. Recent changes in the distribution of carboxylesterase genes and associated chromosomal rearrangements in Greek populations of the tobacco aphid *Myzus persicae nicotianae*. *Biological Journal of the Linnean Society*. 113 (2). 455-470.
- Kazda, J., Jindra, Z., Kabiček, J., Prokinová, E., Ryšánek, P., Stejskal V. 2003. Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny. 3., dopl. vyd. Zemědělec. Praha. 158 s. ISBN: 8086726037.
- Kamatou, G.P.P., Viljoen, A.M. 2010. A Review of the Application and Pharmacological Properties of α -Bisabolol and α -Bisabolol-Rich Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 87 (1). 1-7.
- Khan, M., Hossain, M.A., Islam, M.S. 2007. Effects of neem leaf dust and a commercial formulation of a neem compound on the longevity, fecundity and ovarian development of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10 (20). 3656-3661.
- Khromov, L.M., Sarbasheva, A.I., Gazheva, R.A. Progressive phytophagy tomatoes and system protective measures in a foothill zone Kabardino-Balkaria [online]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=RU2017300063>>.
- Kim, J., Shin, E., Lee, S., Park, C.G. 2015. Effect of gamma ray irradiation on egg hatchability and F-1 eggs of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) with small scale-up validation. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 18 (3). 597-600.
- Kocourková, B., Pluháčková, H., Růžičková, G. 2014. Pěstování speciálních plodin. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 100 s. ISBN: 9788075090201.
- Kosař, K., Procházka, S. (eds.). 2000. Technologie výroby sladu a piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 398 s. ISBN: 8090265863.
- Krofta, K. (ed.). 2012. Integrovaný systém pěstování chmele. *Časopis chmelařství. Žatec*. 95 s. ISBN: 9788086836829.
- Krofta, K., Šnídlová, J. 2017. Chmel a rezidua pesticidů. In: Ježek, J. (ed.). *Seminář k agrotechnice chmele. Chmelařský institut s.r.o. Žatec*. s. 207-214. ISBN: 9788086836928.

Kulfan, M., Krejča, J. 2001. Nový atlas léčivých rostlin. Příroda. Bratislava. 271 s. ISBN: 807002618.

Kulovaná, E. Dva příklady moderních metod biologické ochrany rostlin [online]. Úroda. 23. května 2002 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z <<http://uroda.cz/dva-priklady-modernich-metod-biologicke-ochrany-rostlin/>>.

Kuthan, A. Biopesticidy u nás a ve světě [online]. Agromanual.cz. 15. února 2017 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/biopesticidy-u-nas-a-ve-svete>>.

Kůdela, V., Novacky, A., Fucikovsky, L. 2002. Rostlinolékařská bakteriologie. Academia. Praha. 347 s. ISBN: 8020008993.

Liu, P., Yang, Z.-X., Chen, X.-M., Li, Y. 2015. Comparative analysis of the morphological characteristics among different types of Chinese horned gall aphid, *Schlechtendalia chinensis*. Chinese Academy of Forestry. 28 (5). 720–724.

Lösel, P.M., Lindemann, M., Scherkenbeck, J., Maier, J., Engelhard, B., Campbel, C.A.M., Hardie, J., Pickett, J.A., Wadhams, L.J., Elbert, A., Thielking, G. 1996. The Potential of Semiochemicals for Control of *Phorodon humuli* (Homoptera: Aphididae). Pest Management Science. 48 (4). 293-303.

Lorenzana, A., Hermoso de Mendoza, A., Seco, M.V., Casquero, P.A. 2010. Population development of *Phorodon humuli* and predators (*Orius* spp.) within hop cones: Influence of aphid density on hop quality. Crop Protection. 29 (8). 832-837.

Maddy, D., Lewis, S. G., Scaife, R. G., Bowen, D. Q., Coope, G. R., Green, C. P., Hardaker, T., Keen, D. H., Rees-Jones, J., Parfitt, S., Scott, K. 1998. The Upper Pleistocene deposits at Cassington, near Oxford, England. Journal of Quaternary Science. 13 (3). 205-231.

Magg, T., Melchinger, A. E., Klein, D. 2001. Comparison of Bt-maize hybrids with their non-transgenic counterparts and commercial varieties for resistance to European corn borer and for agronomic traits. Pl. Breed. 120. p. 397–403.

Martini, X., Garrigues, J.-F., Hemptinne, J.-L. 2015. Egg cannibalism by ladybird larvae is less frequent than expected from the nutritional benefit accrued to cannibals. Journal of applied entomology. 139 (8). 609-617.

Mensor, L.L., Menezes, F.S., Leitao, G.G., Reis, A.S., Santos, T.C., Coubes, C.S., Leitao, S.G. 2001. Screening of Brazilian Plant Extracts for Antioxidant Activity by the Use of DPPH Free Radical Method. *Phytotherapy Research*. 15. 127-130.

Ministerstvo zemědělství. Integrovaná ochrana rostlin [online]. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2009-2018 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/integrovana-ochrana-rostlin/>>.

Miresmailli, S., Bradbury, R., Isman, M.B. 2006. Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. *Pest Management Science*. 62. 366–371.

Miresmailli, S., Isman, M.B. 2014. Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. *Trends in Plant Science*. 19 (1). 29-35.

Matoušek, J., Mishra, A.K., Kocábek T., Patzak J., Mudra K., Duraisamy G.S., Svoboda P., Krofta K. The introduction to gene network influencing lupulin and some approaches to molecular study of hop metabolome regulation [online]. 2017 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z <http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/ihgc-proceedings_online.pdf#page=86>.

Moshi, A.P., Matoju, I. 2017. The status of research on and application of biopesticides in Tanzania. *Crop Protection*. 92. 16-28.

Mou, D.-F., Lee, C.-C., Smith, C. L., Chi, H. 2015. Using viable eggs to accurately determine the demographic and predation potential of *Harmonia dimidiata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*. 139 (8). 579-591.

Mumm, R., Tol, R.W.H.M., Weihrauch, F. Elucidation of the role of volatile compounds in the chemical communication of the hop flea beetle *Psylliodes attenuatus* [online]. Proceedings of the Scientific-Technical Commission. Červen 2017 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z <http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/ihgc-proceedings_online.pdf#page=64>.

Muška, F., Muška, A., Mušková, A. Integrovaná ochrana rostlin v systému pěstování polních plodin a trvalých kultur [online]. Agrární komora České republiky. 9. září 2017 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z <<http://agrocr.cz/blog/detail/integrovana-ochrana-rostlin-v-systemu-pestovani-polnich-plodin-a-trvalych-kultur>>.

Nesvadba, V., Henychová, A., Polončíková, Z. (eds.). 2013. Vývoj a tradice českých odrůd chmele. Chmelářský institut s.r.o. Žatec. 104 s. ISBN: 9788087357118.

- Neumann, G., Shields, E., J. 2008. Multiple-Species Natural Enemy Approach for Biological Control of Alfalfa Snout Beetle (Coleoptera: Curculionidae) Using Entomopathogenic Nematodes. *Journal of Economic Entomology*. 101 (5). 1533-1539.
- Nicholas, A., Lidbetter, F., Eagleton, N., Spohr, L., Harris, A., Barchia, I. Phytosanitary irradiation of three species of spider mites (Trombidiformes: Tetranychidae) [online]. *Austral Entomology*. 29. ledna 2018 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z <<http://onlinelibrary.wiley.com/infozdroje.czu.cz/doi/10.1111/aen.12327/full>>.
- Nyirenda, Stephen P., Sileshi, Gudeta W., Belmain, Steven R., Kamanula, John F., Mvumi, Brighton M., Sola, Phosiso, Nyirenda, Greenwell K.C. and Stevenson, Philip C. 2011. Farmers' ethno-ecological knowledge of vegetable pests and pesticidal plant use in Malawi and Zambia. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (6). 1525-1537.
- Nogueira, M.A.S., Palmério, S. Practice Oriented Results on Use and Production of Plant Extracts and Pheromones in Integrated and Biological Pest Control [online]. University of Uberaba, Brazil. 29. – 30. března 2001 [cit. 2018-03-06]. Dostupné z <https://www.trifolio-m.de/wp-content/uploads/2013/09/Brasil_Workshop_1_Abstracts.pdf>.
- Oku, K., Poelman, E.H., De Jong, P.W., Dicke, M. 2017. Female response to predation risk alters conspecific male behaviour during pre-copulatory mate guarding. *Ethology international journal of behavioural biology*. 124 (2). 122-130.
- Oncuer, C., Karagoz, M. 1995. Distribution of *Otiorhynchus* (Coleoptera: Curculionidae) species harmful in vineyards of Thrace region and biology and control of *Otiorhynchus peregrinus* Strl. *Turkish Journal of Agricultural & Forestry*. 19 (4). 247-258.
- Ozawa, R., Nishimura, O., Yazawa, S., Muroi, A., Takabayashi, J., Arimura, G. 2012. Temperature-dependent, behavioural, and transcriptional variability of a tritrophic interaction consisting of bean, herbivorous mite, and predator. *Molecular Ecology*. 21 (22). 5624-5635.
- Patel, S. 2015. Plant essential oils and allied volatile fractions as multifunctional additives in meat and fish-based food products: a review. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 32 (7). 1049-1064.
- Pavela, R. 2006. Rostlinné insekticidy: hubíme hmyz bez chemie. Grada. Praha. 75 s. ISBN: 8024710196.

- Pavela, R. 2009. Effectiveness of some botanical insecticides against *Spodoptera littoralis* Boisduvala (Lepidoptera: Noctuidae), *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Plant Protection Science*. 45 (4). 161-167.
- Pavela, R. 2017. Extract from the roots of *Saponaria officinalis* as a potential acaricide against *Tetranychus urticae*. *Journal of Pest Science*. 90 (2). 683-692.
- Pickett, J.A., Bruce, T.J.A., Chamberlain, K., Hassanali, A., Khan, Z.R., Matthes, M.A., Napier, J.A., Smart, L.E., Wadhams, L.J., Woodcock, CH.M. Plant volatiles yielding new ways to exploit plant defence. [online]. *Chemical ecology: from gene to ekosystém*. 2006 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z <<file:///C:/Users/Sabina/Downloads/1216-Article%20Text-917-1-10-20070202.pdf>>.
- Ponsard, S., Bethenod, M.-T., Bontemps, A., Pélozuelo, L., Souqual, M.-C., Bourguet, D. 2004. Carbon stable isotopes: a tool for studying the mating, oviposition, and spatial distribution of races of European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, among host plants in the field. *Canadian Journal of Zoology*. 82(7). 1177-1185.
- Pope, T.W., Campbell, C.A.M., Hardie, J., Pickett, J.A., Wadhams, L.J. 2007. Interactions Between Host-plant Volatiles and the Sex Pheromones of the Bird Cherry-oat Aphid, *Rhopalosiphum padi* and the Damson-hop Aphid, *Phorodon humuli*. *Journal of Chemical Ecology*. 33 (1). 157-165.
- Poštulka, R., Doležal, M. Vliv lokality ošetření proti zavíječi kukuřičnému (*Ostrinia Nubilalis*), hybridu a přídatku silážního aditiva na bachorovou degradovatelnost škrobu. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis* [online]. 13. ledna 2010. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z <https://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2010058020175.pdf>.
- Poinar Jr., G., Brown, A. E. 2011. Descriptions of a broad-nosed weevil (Eudiagogini: Curculionidae) and false ladybird beetle (Nilionini: Nilionidae) in Dominican amber. *Historical Biology*. 23 (2-3). 231-235.
- Powell, W., Pell, J.K. 2017. Biological Control. In: van Emdem, H.F., Harrington R. (eds.). *Aphids as Crop Pests*. 2nd ed. CABI. Wallingford, Oxfordshire, UK. s. 469-513. ISBN: 9781780647098.

Prokinová, E. Využití biologické ochrany rostlin v systému ekologického pěstování plodin [online]. Agromanuál. 27. září 2017 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z ><https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/vyuziti-biologicke-ochrany-rostlin-v-systemu-ekologickeho-pestovani-plodin><.

Pulkrábek, J. 2012. Chmel a agroenvironmentální opatření. Chmelařství. 85 (4). 52-53.

Qiao, G., Zhang, G., Hu Zuodong, Zhang, F., Wang, J., Ma, S. 2001. Notes some new forms of *Siciunguis novena* Zhang et Hu (Homoptera: Pemphigidae). Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica. 10 (2). 1-5.

Ragsdale, D.W., Voegtlin, D.J., O'neil, R.J. 2004. Soybean Aphid Biology in North America. Annals of the Entomological Society of America. 97 (2). 204-208.

Robert, Y., Woodford, J.A.T., Ducray-Bourdin, D.G. 2000. Some epidemiological approaches to the control of aphid-borne virus diseases in seed potato crops in northern Europe. Virus Research. 71 (1-2). 33-47.

Rosenheim, J.A, Kaya, H.K., Ehler, L.E., Marois, J.J., Jaffee, B.A. 1995. Intraguild Predation Among Biological-Control Agents: Theory and Evidence. Biological Control. 5 (3). 303-335.

Rotrekl, J. Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) na kukuřici a ochrana proti němu [online]. Troubsko. Výzkumný ústav pícninářský. 2006 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z <http://www.vupt.cz/content/files/pub_06/rot_06_11.pdf>.

Royer, T. A., Edelson, J. V., Harris, M. K. 1999. Temperature Related, Stage-Specific Development and Fecundity of Colonizing and Root-Feeding Morphs of *Pemphigus populitransversus* (Homoptera: Aphididae) on *Brassica*. Environmental Entomology. 28 (4). 572-576.

Seki, K. 2016. Leaf-morphology-assisted selection for resistance to two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in carnations (*Dianthus caryophyllus* L). Pest Management Science. 72 (10). 1926-1933.

Simon, J.C., Dedryver, C.A., Rispe, C., Hullé, M. (eds.). 2004. Aphids in a new millenium. INRA. Paris. ISBN: 2738011136.

Shao, SX, Yang, ZX, Chen, XM. 2013. Gall Development and Clone Dynamics of the Galling Aphid *Schlechtendalia chinensis* (Hemiptera: Pemphigidae). Journal of Economic Entomology. 106 (4). 1628-1637.

Schwarz, J., Engelhard, B., Lachermeier, U., Weihrauch, F. 2011. Report on the 29th Annual Meeting of the Working Group “Beneficial Arthropods and Entomopathogenic Nematodes”. Eugen Ulmer KG. 2. 80-85.

Smith, C. M., Chuang, W.P. 2014. Plant resistance to aphid feeding: behavioral, physiological, genetic and molecular cues regulate aphid host selection and feeding. *Pest Management Science*. 70 (4). 528-540.

Smutný, V., Vondra, M., Kocourek, V. 2011. Stanovení optimálních dávek herbicidů s využitím přístrojů založených na měření změn v absorbanci záření a fluorescence chlorofylu. Mendelova univerzita v Brně. 40 s. ISBN: 9788073755515.

Sola, P., Mvumi, B.M., Ogendo, J.O., Mponda, O., Kamanula, J.F., Nyirenda, S.P., Belmain, S.R., Stevenson, P.C. 2014. Botanical pesticide production, trade and regulatory mechanisms in sub-Saharan Africa: making a case for plant-based pesticidal products. *Food Security*. 6 (3). 369-384.

Solarska, E. 2004. The use of *Aphidius colemani* and *Aphidoletes aphidimyza* to control damson-hop aphid (*Phorodon humuli* Schrank) on hop. *Journal of Plant Protection Research*. 44 (2). 85-90.

Stevenson, P.C., Isman, M.B., Belmain, S.R. 2017. Pesticidal plants in Africa: A global vision of new biological control products from local uses. *Industrial Crops and Products*. 110. 2-9.

Syngenta. Přípravek na ochranu rostlin ACTARA® 25 WG [online]. 30. srpna 2016 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z <<https://www.agrofert.cz/downloads/etikety-agrochemikalie/Actara%2025%20WG.pdf>>.

a) Šefrová, H. 2014. Můrovití (*Noctuidae*) škodící na řepě. *Listy cukrovarnické a řepářské*. 130 (5-6). 175-180.

b) Šefrová, H. 2014. Nosatcovití (*Curculionidae*) škodící na řepě. *Listy cukrovarnické a řepářské*. 130 (1). 18-22.

Šefrová, H. 2016. Roztoči (*Acari*) škodící na řepě. *Listy cukrovarnické a řepářské*. 132 (1). 20-22.

Štěpánek, P., Veselá, M., Muška, F. 2008. Vliv různých způsobů pěstování kukuřice na výskyt zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*, Hübner). *Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně*. 56 (2). 227-234.

Takahashi, S., Inaizumi, M., Kawakami, K. 1993. Life cycle of the soybean aphid *Aphis glycines* Matsumura, in Japan. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. 37(4).207-212.

Thacker, J.R.M. 2002. An Introduction to Arthropod Pest Control. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 343 s. ISBN: 0521567874.

Tiilikkala, K., Fagernäs, L., Tiilikkala, J. 2010. History and Use of Wood Pyrolysis Liquids as Biocide and Plant Protection Product. The Open Agriculture Journal. 4. 111-118.

Trouve, C., Ledee, S., Ferran, A., Brun, J. 1997. Biological control of the damson-hop aphid, *Phorodon humuli* (Hom.: *Aphididae*), using the ladybeetle *Harmonia axyridis* (Col.: *Coccinellidae*). Entomophaga. 42 (1-2). 57-62.

Ullah, M.S., Lim, U.T. 2015. Laboratory bioassay of *Beauveria bassiana* against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on leaf discs and potted bean plants. Experimental and applied acarology. 65 (3). 307-318.

a) Urban, J. 2003. Bionomics and harmfulness of *Tetraneura ulmi* (L.) (Aphidinea, Pemphigidae) in elms. Journal of Forest Science. 49 (4). 159-181.

b) Urban, J. 2003. Biology and harmfulness of *Eriosoma* (= *Schizoneura*) *ulmi* (L.) (Aphidinea, Pemphigidae) in elm. Journal of Forest Science. 49 (8). 359-373.

Urban, J. 2004. Occurrence, development and natural enemies of cecidogenous generations of *Pemphigus gairi* Stroyan (Sternorrhyncha, Pemphigidae). Journal of Forest Science. 50 (9). 415-438.

a) Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuata*). Rostlinolékařský portál [online]. 30. října 2017 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#fotogalerie|skup:ostatni|plod:ostat-c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c2a1e4b|so:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c56bcd7>.

b) Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*). Rostlinolékařský portál [online]. 30. října 2017 [cit. 2017-11-21]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#fotogalerie|skup:ostatni|plod:ostat-c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c2a1e4b|so:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c44bd5f>.

c) Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Šedavka luční (*Hydraecia micacea*). Rostlinolékařský portál [online]. 30. října 2017 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#fotogalerie|skup:ostatni|plod:ostat-c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c2a1e4b|so:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c94243a>.

a) Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*). Rostlinolékařský portál [online]. 8. února 2018 [cit. 2018-20-13]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%227cbb0eccab07f9fc2729fa846c0049a5%22#ior|met:7cbb0eccab07f9fc2729fa846c0049a5|kap1:skudci|kap:1d717fd390a3896993e5fa66fb671a0d>.

b) Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Mšice chmelová (*Phorodon humuli*). Rostlinolékařský portál [online]. 1. března 2018 [cit. 2018-03-06]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%227cbb0eccab07f9fc2729fa846c0049a5%22#ior|met:7cbb0eccab07f9fc2729fa846c0049a5|kap1:skudci|kap:4ca4d8ec858a63c9680a53084b5a36e7>.

c) Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Lalokonosec libečkový (*Otiiorhynchus ligustici*). Rostlinolékařský portál [online]. 1. března 2018 [cit. 2018-03-08]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%227cbb0eccab07f9fc2729fa846c0049a5%22#ior|met:7cbb0eccab07f9fc2729fa846c0049a5|kap1:skudci|kap:1d717fd390a3896993e5fa66fb368fc4>.

Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagakarakou, A., Dermauw, W., Tirry, L. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* [online]. 31. května 2010. 40. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z <<https://biblio.ugent.be/publication/1076061/file/1076072>>.

Vondrášková, Š. 2003. Účinná ochrana rostlin proti svilušce chmelové [online]. *Agronavigátor*. 9. listopadu 2003 [cit. 2018-02-13]. Dostupné z <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=19723&ids=111>>.

Vorburger, Ch. 2014. The evolutionary ecology of symbiont-conferred resistance to parasitoids in aphids. *Insect science*. 21 (3). 251-264.

Vostřel, J., Klupal, I., Kudrna, T. 2008. Metodika ochrany chmele proti mšici chmelové (*Phorodon humuli* Schrank). Chmelařský institut s.r.o. Žatec. 39 s. ISBN: 978086836690.

- Vostřel, J. 2009. Propargite Resistance in Two-Spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch) on Czech Hops. Proceedings of the Second International Humulus Symposium. 848. 165-169.
- Vostřel, J., Klapal, I., Kudrna, T. 2010. Metodika ochrany chmele proti dřepčíku chmelovému. Chmelařský institut. Žatec. 34 s. ISBN: 9788087357057.
- Vostřel, J. Bifenazate, a Prospective Acaricide for Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch) Control in Czech Hops. Plant Protection Science [online]. 2010. 46 (3). [cit. 2018-03-20]. Dostupné z <<http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/25533.pdf>>.
- Vostřel, J. Aktuální stav v ochraně chmele [online]. Zemědělec. 14. února 2011 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z <<http://zemedelec.cz/aktualni-stav-v-ochrane-chmele-2/>>.
- Vostřel, J., Klapal, I. 2015. Metodika ochrany chmele 2015. Časopis chmelařství. Žatec. 71 s. ISBN: 9788086836232.
- Weichel, L., Nauen, R. 2003. Monitoring of insecticide resistance in damson hop aphid, *Phorodon humuli* Schrank (Hemiptera: Aphididae) from German hop gardens. Pest Management Science. 59. 991–998.
- Wilson, A.C.C., Sunnucks, P., Hales, D.F. 2003. Heritable genetic variation and potential for adaptive evolution in asexual aphids (Aphidoidea). Biological Journal of the Linnean Society. 79 (1). 115-135.
- Woods, J.L., James, D.G., Lee, J.C., Gent, D.H. 2011. Evaluation of airborne methyl salicylate for improved conservation biological control of two-spotted spider mite and hop aphid in Oregon hop yards. Experimental and Applied Acarology. 55 (4). 401-416.
- Wynne, T., Robinson, M.L., O’Callaghan, A., Anderson, J. Growing Hops in Southern Nevada [online]. University of Nevada Cooperative Extension. 2017 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z <<https://www.unce.unr.edu/publications/files/ho/2017/fs1705.pdf>>.
- Yang, Z.-X., Ma, L., Chen, X.-M., Li, Y. 2014. Improved methods to increase gall density and scatter gall distribution for the horned gall aphid *Schlechtendalia chinensis*. Chinese Academy of Forestry. 27 (6). 781-785.
- Yang, S.-X., Guo, Ch., Zhao, X.-T., Sun, J.-T., Hong, X.-Y. Divergent methylation pattern in adult stage between two forms of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) [online]. Insect Science. 8. května 2017 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1744-7917.12444/full>>.

Yoo, H.J.S., O'Neil, R., Voegtlin, D.J., Graves, W.R. 2005. Host Plant Suitability of Rhamnaceae for Soybean Aphid (Homoptera: Aphididae). Entomological Society of America. 98 (6). 926-930.

Zahradnictví JIKL. Mšice chmelová [online] [cit. 2018-04-14]. Dostupné z <<http://www.jikl.cz/slivon/2191-msice-chmelova.html>>.

Zhao, J.-Y., Zhao, X.-T., Sun, J.-T., Zou, L.-F., Yang, S.-X., Han, X., Zhu, W.-C., Yin, Q., Hong, X.-Y. 2016. Transcriptome and proteome analyses reveal complex mechanisms of reproductive diapause in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Insect Molecular Biology. 26 (2). 215-232.

Zoubiri, S., Baaliouamer, A. 2014. Potentiality of plants as source of insecticide principles. Journal of Saudi Chemical Society. 18 (6). 925-938.

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek č. 1: Dospělec svilušky chmelové (Biological Services, 2015) | 11 |
| Obrázek č. 2: Vajíčko svilušky chmelové na spodní straně listu (Šefrová, 2016) | 13 |
| Obrázek č. 3: Sviluškové puchýře (Krofta a kol., 2012) | 13 |
| Obrázek č. 4: Pavučina svilušky chmelové na spodní straně listu (Šefrová, 2016) | 14 |
| Obrázek č. 5: Bezkrídlá samička mšice chmelové (zdroj: www.jikl.cz)..... | 16 |
| Obrázek č. 6: List napadený nymfami mšice chmelové (Krofta a kol., 2012) | 17 |
| Obrázek č. 7: Okřídlená samička migrantes alatae (zdroj: www.influentialPoints.com)..... | 18 |
| Obrázek č. 8: Kolonie mšice chmelové na spodní straně listu (Krofta a kol., 2012) | 19 |
| Obrázek č. 9: Lalokonosec libečkový (BioLib, 1999-2018b) | 22 |
| Obrázek č. 10: Lalokonosec libečkový ožirající rašící výhon chmele (Krofta a kol., 2012) ... | 23 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka č. 1: Toxicita rostlinných extraktů proti svilušce chmelové | 30 |
| Tabulka č. 2: Vliv botanických insekticidů proti svilušce chmelové | 32 |
| Tabulka č. 3: Celkové počty mšice chmelové zachycené v pastích uvolňujících benzaldehyd a MeSA | 33 |