



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra rostlinné výroby

Bakalářská práce

Využití makroorganismů a mikroorganismů v biologické
ochraně rostlin proti mšicím

Autor(ka) práce: David Boška

Vedoucí práce: Ing. Andrea Bohatá, Ph.D.

České Budějovice
2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Andree Bohaté, Ph.D. za její trpělivost, důležité rady a čas, který mi věnovala při tvorbě této bakalářské práce

Abstrakt

Mšice jsou jedny z nejvýznamnějších druhů škůdců, vyskytující se na všech kontinentech kromě Antarktidy. Mšice škodí převážně sáním, produkcí medovice a přenosem stovek virových onemocnění. Nejvýznamnějšími skleníkovými mšicemi vyskytující se na území České republiky jsou mšice broskvoňová (*Myzus persicae*) a mšice bavlníková (*Aphis gossypii*). Jejich nebezpečí spočívá v rychlém vývojovém cyklu, kdy dochází k rapidnímu nárůstu populací. Přes velké škody, které způsobují, jsou mšice velmi bezbranný a malý hmyz s velkým množstvím přirozeně se vyskytujících nepřátel. K nejznámějším přirozeným nepřátelům patří predátoři, parazitoidi a entomopatogenní houby. V biologické ochraně rostlin před mšicemi se z predátorů využívají hlavně slunéčkovití (*Coccinellidae*), zlatoočkovití (*Chrysopidae*) a dravá bejlmorka (*Aphidoletes aphidimyza*). Ve volné přírodě regulují dále mšice i pestřenkovití (*Syrphidae*). Nejvýznamnějšími parazitoidy mšic jsou hlavně parazitické vosičky *Aphidius colemani*, *Aphidius ervi* a *Aphelinus abdominalis*. Z mikroorganismů využívajících se proti mšicím jsou to polyfágní entomopatogenní houby, které způsobují primární infekce u více druhů škůdců. Na zahraničním trhu jsou k dostání přípravky na bázi entomopatogenních hub *Lecanicillium lecanii*, *Beauveria bassiana* a *Isaria fumosorosea*, které byly zavedeny na biologickou ochranu proti mšicím a dalším škodlivým organismům.

Klíčová slova: mšice, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, biologická ochrana, predátoři, parazitoidi, entomopatogenní houby

Abstract

Aphids are one of the most important species of pests, occurring on all continents except Antarctica. Aphids are harmful mainly by sucking, honeydew production and transmitting hundreds of viral diseases. The most important greenhouse aphids occurring in the Czech Republic are the green peach aphid (*Myzus persicae*) and the cotton aphid (*Aphis gossypii*). Their danger lies in the rapid development cycle, when there is a rapid increase in populations. Despite the great damage they cause, aphids are very defenceless and small insect with a large number of naturally occurring enemies. The most important natural enemies are predators, parasitoids and entomopathogenic fungi. In the biological control of plants against aphids, the predator ladybeetles (*Coccinellidae*), lacewings (*Chrysopidae*) and the aphidophagous gall midge (*Aphidoletes aphidimyza*) are mainly used. In the nature, aphids are also regulated by hoverflies (*Syrphidae*). The most important aphid parasitoids are mainly the parasitic wasps *Aphidius colemani*, *Aphidius ervi* and *Aphelinus abdominalis*. From the microorganisms, the polyphagous entomopathogenic fungi are used, they cause primary infections in several species of pests. From the microorganisms, entomopathogenic fungi are mainly entomopathogenic fungi that can attack polyphagous more species of harmful organisms. The bioproducts based on entomopathogenic fungi *Lecanicillium lecanii*, *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* are available on the foreign market. They were developed for biological control against aphids and other pests.

Key words: Aphids, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, biological control, predators, parasitoids, entomopathogenic fungi

Obsah

1. Úvod	7
2. Literární přehled	8
2.1 Integrovaná ochrana rostlin.....	8
2.2 Agrotechnické metody	9
2.3 Fyzikální metody.....	9
2.4 Mechanické metody	10
2.5 Bioracionální metody	10
2.5.1 Inhibitory syntézy chitinu	10
2.5.2 Analogy juvenilních hormonů	10
2.5.3 Semiochemikálie.....	11
2.6 Chemická ochrana.....	12
2.7 Biologická ochrana	13
2.7.1 Strategie biologické ochrany rostlin	14
3. Mšice	16
3.1 Morfologická charakteristika	16
3.2 Vývojový cyklus	16
3.3 Význam	18
3.4 Monitoring.....	19
3.5 Druhy skleníkových mšic.....	19
3.5.1 Mšice broskvoňová (<i>Myzus persicae</i>)	19
3.5.2 Mšice bavlníková (<i>Aphis gossypii</i>).....	21
4. Predátoři	22
4.1 Zlatoočkovití (<i>Chrysopidae</i>)	22
4.2 Bejlomorka (<i>Aphidoletes aphidimyza</i>).....	24
4.3 Slunéčkovití (<i>Coccinellidae</i>).....	25
4.3.1 Slunéčko sedmitečné (<i>Coccinella septempunctata</i>)	26
4.3.2 <i>Hippodamia convergens</i>	27
4.4 Dravá ploštice (<i>Macrolophus pygmaeus</i>)	28
4.5 Pestřenkovití (<i>Syrphidae</i>).....	29
5. Parazitoidi.....	30

5.1 Mšicomaři (<i>Aphidius colemani</i> a <i>Aphidius ervi</i>)	30
5.2 Mšicovník (<i>Aphelinus abdominalis</i>)	32
6. Entomopatogenní houby	34
6.1 Nejvýznamnější druhy entomopatogenních hub.....	37
6.1.1 <i>Lecanicilium lecanii</i>	37
6.1.2 <i>Beauveria bassiana</i>	38
6.1.3 <i>Isaria fumosorosea</i>	39
7. Diskuse	41
8. Závěr.....	44
9. Použitá literatura	45
Internetové zdroje.....	50

1. Úvod

Škodlivé organismy, které se během vegetační sezóny vyskytují na pěstovaných plodinách, jsou problém, který se snaží řešit každý zemědělec nebo zahrádkář po celém světě. Lidé si již v dávných dobách začali uvědomovat, jaký negativní vliv mají škodlivé organismy na úrodu. V průběhu historie lidé hledali způsoby, jak tento nelehký boj vyhrát, snížit tak ztráty a zvýšit výnosy. Boj proti škodlivým organismům se změnil ve 20. století, a to vývojem a výrobou účinnějších chemických pesticidů.

Období po druhé světové válce velmi přispělo k rozvoji chemických látek. Mezi nejvýznamnější chemický přípravek, který byl vyroben a hojně používán, bylo DDT. Jeho nízké náklady a snadné manipulace s ním přimělo spoustu zemědělců k jeho používání, což vedlo ke zvýšení výnosů rostlin a ke snížení ztrát vlivem škodlivých organismů. Tento způsob ochrany rostlin se stal velmi oblíbený, aniž by se vědělo, jaké to může mít negativní dopady na životní prostředí. Hromadění chemických reziduí a negativní vliv k užitečným organismům přimělo vědce k lepšímu zkoumání chemických látek a také vlivu na člověka. Opakované používání pesticidů začalo mít vliv i na škodlivé organismy, kteří se začali stávat více rezistentní vůči chemickým látkám. Po zjištění nebezpečí, které můžou širokospektrální pesticidy jako DDT způsobit, například hromaděním reziduí v potravním řetězci člověka, došlo k jejich zákazu.

V dnešní době si lidé již uvědomují, jaký negativní vliv má používání pesticidů na životní prostředí, přirozené nepřátele škůdců a na zdraví člověka. Z tohoto důvodu se lidé snaží použití chemických přípravků, respektive účinných látek omezit a snaží se vyhledávat jiné alternativy v ochraně rostlin. Významný krok v ochraně rostlin je zavedení takzvané Integrované ochrany rostlin (IOR), která integruje různé druhy metod proti škodlivým činitelům s upřednostněním metod nechemických. V rámci IOR se dbá hlavně na prevenci a využívání přirozených nepřátel škůdců spadajících do biologické ochrany rostlin v systémech pěstování, kde tyto prospěšné organismy lze využít. K využívání chemických pesticidů se přistupuje jen v nejnútnejších případech, kdy všechny alternativní metody používané v rámci IOR byly nedostačující.

Téma bakalářské práce se zaměřuje na využití nejvýznamnějších přirozených nepřátel, konkrétně predátorů, parazitoidů a entomopatogenních hub v biologické ochraně rostlin proti mšicím ve skleníkových kulturách.

2. Literární přehled

2.1 Integrovaná ochrana rostlin

Truneček (2003) uvádí, že Integrovaná ochrana rostlin (IOR) je podle směrnic EU racionální používání kombinace biologických, biotechnologických, chemických a pěstitelských opatření nebo opatření týkajících se šlechtění rostlin, jimiž je použití chemických přípravků na ochranu rostlin omezeno na naprosté minimum nezbytné pro udržení populace škodlivých činitelů na úrovni nižších, než při kterých způsobují hospodářsky nepřijatelnou škodu nebo ztrátu.

Jinými slovy IOR využívá agrotechnické, fyzikální, mechanické a biologická opatření k regulaci škodlivých organismů do takového množství, aby nezpůsobili škody na úrodě, v případě nedostatečného účinku dochází k využití chemických přípravků s upřednostněním přípravků se selektivním účinkem. Kalifornští entomologové Bosch, Stern, Smith a Hagen v roce 1959 vytvořili první myšlenku tzv. integrované regulace škůdců (Hudec a Gutten 2007, Šefrová 2006). Na přelomu 60. a 70. let 20. století byl zaveden termín Integrovaná ochrana rostlin (anglický ekvivalent Integrated Pest Management, IPM) (Laštůvka a Krejčová 2000, Hrdý et al. 1991).

Ministerstvo zemědělství zpracovalo podle zákona 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči novelizovaného zákonem 199/2012 Sb., Vyhlášku 205/2012 Sb., o obecných zásadách integrované ochrany rostlin, která nabyla účinnosti 1. ledna 2014. Tato vyhláška zpracovává směrnici 2009/128/ES a stanoví obecné zásady integrované ochrany rostlin za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů (Suková 2012).

Vyhláška č. 205/2012 Sb., o obecných zásadách integrované ochrany rostlin zahrnuje 8 zásad:

1. Provádění preventivních opatření za účelem regulace škodlivých organismů (střídání plodin, výběr odolných odrůd, vyvážené hnojení osivo a sadba, ochrana a podpora užitečných organismů).
2. Monitorování škodlivých organismů pomocí vhodných náčiní a postupů, využívat systémy včasného varování a prognóz.
3. Rozhodnutí o provedení ošetření na základě prahu škodlivosti, pokud jsou pro škodlivý organismus nebo pěstovanou rostlinu stanoveny
4. Upřednostňovat nechemické způsoby ochrany před těmi chemickými, ale jen v případě že zajistí ochranu proti škodlivým organismům.
5. Využívat selektivní přípravky k ochraně užitečných organismů, lidskému zdravý a životnímu prostředí
6. Aplikace chemického přípravku jen v nezbytném rozsahu

7. Dodržování antirezistentních strategií, aby se tím snižovalo riziko vzniku rezistence škodlivého organismu k chemickým přípravkům.
8. Ověření úspěšnosti provedených opatření na ochranu rostlin

2.2 Agrotechnické metody

Mezi agrotechnické způsoby ochrany se řadí hlavně různá opatření, která jsou schopna snížit přítomnost škůdců, a tím eliminovat vznik škod (Šefrová 2006). Nejdůležitější je zajistit nároky pěstovaných rostlin, aby se tím zajistil zdravý vývoj. Patří mezi ně hlavně oseední postupy, výživa rostlin, včasné setí, zpracování půdy a jiné (Vráblíková a Vráblík 2007).

Oseední postupy-Jsou jedním z nedůležitějších agrotechnickým opatřeními proti škodlivým organismům. Jde o sled plodin pěstovaných na polích, dochází ke stabilizaci výnosů, nezvyšují se náklady na produkci a dochází ke snížení negativních vlivů na prostředí. Pěstováním stejných plodin vede k navýšení populace škůdců z předchozích roků, dále dochází k menším výnosům, které může vést až k únavě půdy. Zavedením takzvaného Norfolského oseedního postupu v první polovině 19. století vedlo ke zvýšení výnosů až o dvojnásobek (Vráblíková a Vráblík 2007). Mezi hlavní důvody vzniku oseedních postupů byla celá řada působících činitelů, jako například vztah rostlin k živinám, vztah k vodě, vztah k plevelům, chorobám a škůdcům (Šarapatka et al. 2010).

Výživa rostlin-Výživa je důležitá z důvodu odolnosti rostlin. Optimální zastoupení všech živin a prvků zvyšuje odolnost rostlin vůči chorobám a škůdcům. Nedostatek nebo naopak nadbytek ve výživě má negativní vliv na odolnost vůči chorobám a škůdcům. Mezi důležitou živinu patří hlavně dusík, který je součástí aminokyselin. Nedostatek dusíku se projevuje změnou barvy listů, listy jsou světle zelené až žluté. Nadbytek dusíku má taky negativní vliv, rostliny rychle rostou, jsou náchylné k polehání a chorobám. Proto se doporučuje vyšší dávky dusíku rozdělit do několika dávek (Šarapatka et al. 2010, Hudec a Gutten 2007).

Zpracování půdy-Je to skupina agrotechnických zásahů, které mají za účelem kypřit půdu, zapravování hnojiv, posklizňových zbytků a regulace plevelů, škůdců a houbových patogenů. Mezi první patří podmítka, která narušuje vrchní vrstvy půdy, provzdušňuje půdu a významně ničí plevele. Orba významně snižuje přítomnost škůdců, tak že je zaklopí do větší hloubky, odkud škůdci nejsou schopny se dostat na povrch, a tak hynou, dále orba pomáhá se zapravením rostlinných zbytků, tím se snižuje riziko vzniku patogenních onemocnění rostlin (Kazda et al. 2010).

2.3 Fyzikální metody

Mezi fyzikální metody patří hlavně využívání vysokých teplot takzvané termické metody. Tyto metody jsou velmi finančně a energeticky náročné, proto se používají jen v omezeném

množství. Do těchto metod patří využívání slunečního záření takzvaná solarizace půdy, kdy se povrch půdy překryje černou folií, vlivem slunečního záření dochází ke zvyšování teploty pod folií, což zabrání růstu plevelů (Jursík et al. 2018). Dále se využívají světelné lapače, které využívají svého světla k lákání motýlů jako například zavíječ kukuřičný (Hrudová 2015).

2.4 Mechanické metody

Mechanické způsoby ochrany jsou velmi časově a fyzicky náročné, tím je tento proces možné využít jen v malých podnicích nebo na zahradách. Nejčastěji do této metody patří ruční sběr hmyzích škůdců, vytrhávání plevelů a napadených rostlin. Proti plevelům se nejčastěji využívá metoda plečkování nebo vláčení prutových bran. Dále možné využívat ochranné sítě proti ptákům, různé bariéry, využívání lepových desek a pastí (Hensel a kol. 2007, Hrudová et al. 2006).

2.5 Bioracionální metody

2.5.1 Inhibitory syntézy chitinu

Hmyz využívá ke své ochraně kutikulu, což je nebuněčná vnější kostra (exoskelet). Její hlavní složkou je chitin, jehož obsah je mezi 25 až 35 % (Šefrová 2006). Inhibitory chitinu jsou látky, které zabraňují tvorbě chitinu v kutikule u larev. Larvy během svlékání nejsou schopny vytvořit ochrannou kostru, bez ochranné schránky jsou larvy citlivější k vysušení nebo pesticidům, čímž dochází k úhynu (Anonym 1). Mezi hlavní látky této skupiny patří hlavně deriváty benzoylfenyl močoviny. Jako požerový insecticid se využívá diflubenzeron, který byl objeven v roce 1970 v Nizozemsku a od té doby se využívá proti býložravému hmyzu, lesích a zahradách. Je možné ho využít na ochranu proti obalečům, mūrám a komárům. Jednou z kladných vlastností diflubenzuronu je jeho nízká účinnost na přirozené nepřátele a nízká toxicita na savce, ptáky a sladkovodní ryby. Nevýhodou je vznik rezistence u některých druhů hmyzu. Nejčastěji je aplikován ve vodném roztoku s účinností až 4 týdny (Hrdý et al. 1991, Válek 1)

2.5.2 Analogy juvenilních hormonů

Analogy juvenilních hormonů takzvané juvenoidy jsou hormony, které se podobají juvenilním hormonům. První juvenoidy byly vytvořeny v 70. letech 20. století firmou Zoecon. Mezi nejčastější účinek patří inhibice metamorfozy, tím způsobují prodlužování larválního stádia, dále způsobují neplodnost a ovlivňují vývoj vajíček u samic. Například u mravenců se podává potrava obsahující juvenoid, kteří tím krmí svoje larvy. Larvy nedospívají, nevytváří další generaci v kolonii, a tím dochází k postupnému zániku kolonie. Pozitivní vlastností juvenoidů je jejich

šetnost k životnímu prostředí, a že nezpůsobují žádné nepříznivé účinky proti užitečným organismům Nevýhodou juvenoidů je pomalý účinek ve srovnání s chemickými přípravky. (Pokorný a Šifner 2004, Hrdý et al. 1991).

2.5.3 Semiochemikálie

a) Feromony

Jsou to aktivní biologické látky, které ovlivňují chování jedinců určitého druhu. Feromon je obvykle tvořen nenasyčenými mastnými deriváty mastných kyselin s 10 až 20 atomy uhlíku. Mezi nejvýznamnější druhy patří sexuální a agregační feromony, dále jsou to stopovací, poplašné a značkovací (Zahradní et al. 1993).

Sexuální feromony-Feromony jsou známy jak u samců, tak u samic. Samci využívají svoje feromony k lákání samic ke kopulaci. Samičí feromony se využívají ke kontrole (tzv. monitorování) populační hustoty a tím přispívají k načasování obranných opatření. Dále se využívají v metodě matení samců, v tomto případě se využívají feromony samic, které se uvolňují pomocí odparníků. Feromony způsobí, že samec nebude schopen najít samičku a tím nedojde ke kopulaci, ale jen v případě malé populace škůdců v prostředí, v případě velké populace může dojít ke kontaktu samice a samce. Proto se doporučuje před využitím feromonů použít selektivní insekticid, který sníží populaci škůdce na přijatelnější počet (Hluchý et al. 2008, Zahradní et al. 1993).

Agregační feromony-Tyto feromony hmyz využívá ke shromáždění ke společné aktivitě jako je například páření. Agregační feromony se nejčastěji využívají k odchytu kůrovce, a to ve formě feromonových lapačů. Feromonové lapače mají dvě funkce, využívají se k monitoringu a k přímé ochraně. Feromonový lapač se skládá z těla lapače, který může být z plastu nebo papíru, feromonové kapsle a vyměnitelné lepové desky (Zahradní et al. 1993, Zahradník 2006, Kocourek et al. 2015).

b) Alelochemikálie

Jsou chemické látky, které zprostředkovávají mezidruhovou komunikaci. Používání alelochemikálií ve srovnání s feromony je malý. Kairomony jsou látky při kterých je zvýhodněn příjemce. Synomony slouží k mezidruhové komunikaci se stejným přínosem pro oba druhy. Allomony jsou látky, které zprostředkují přenos informací, mezi různými druhy, při kterých je zvýhodněn producent například odpudivé sekrety (Zahradník et al. 1993).

2.6 Chemická ochrana

Chemické látky používané k regulaci škodlivých organismů se nazývají insekticidy. Pesticid se skládá z účinné látky a různých přísad. používáním pesticidů dochází ke zvyšování výnosů a kvality produktu. Dalšími výhodami patří hlavně snadná aplikace, snižuje se potřeba mechanické práce, zjednodušují se podmínky pěstování. Účinná látka je důležitou složkou pesticidů, která působí na přítomné škodlivé organismy (Šefrová 2006).

Pesticidy se rozdělují hlavně podle účinku na škodliví organismus. Základní rozdělení jsou herbicidy používané proti plevelům, fungicidy používané proti houbovým chorobám a zoocidy používané proti živočišným škůdcům. Zoocidy se dále rozdělují na insekticidy využívané proti hmyzím škůdcům, rodenticidy proti hlodavcům, nematicidy proti hád'átkům a na moluskocidy proti plžům (Truneček 2003).

Chemické pesticidy mají sice důležitou roli v ochraně rostlin proti škodlivým organismům, ale jejich používání má často i nevýhody. Mezi nejznámější patří zanechávání reziduí v prostředí, dále používání širokospektrálních pesticidů způsobuje úmrtí jak škodlivých organismů, tak jejich přirozených nepřátel nebo způsobují rezistenci škodlivých organismů. (Šefrová 2006). Podle Kazda et al. (2010) rezistence je schopnost organismů přežít takové dávky pesticidů, které zprvu působily letálně na většinu populace.

Ve světě je známo okolo 500 druhů škodlivých organismů, kteří se stali odolní k nějaké chemické látce (Omkar a Kumar 2016). Rezistence organismů vzniká po opakovaném používání pesticidů se stejnou účinnou látkou. Vlivem opakovaného používání chemických přípravků v 70. letech minulého století došlo ke vzniku masové rezistence u skleníkových škůdců jako jsou mšice, molice a svilušky. Z tohoto důvodu se začalo s vývojem biologické ochrany (Kazda et al. 2010).

Tab. 1 Srovnání dat o výkonosti chemické a biologické ochrany (Omkar a Kumar 2016)

Vlastnosti	Chemická ochrana	Biologická ochrana
Šance na úspěch	1:200,000	1:10
Cena vývoje	~150 milionů dolarů	~2 miliony dolarů
Doba vývoje	~10 let	~10 let
Poměr výhod a nákladů	2:1	20:1
Riziko rezistence	velmi vysoká	velmi malá
Specifičnost	velmi malá	velmi vysoká
Vedlejší účinky	bezpočet	téměř žádné

Pesticidy představují velké nebezpečí i pro člověka, jejich hromadné používání způsobuje hromadění reziduí, které se dostávají do potravy člověka, což může způsobit řadu problémů, mezi nejrizikovější patří, poškození očí, žaludku, jater a riziko vzniku rakoviny, která může vést až ke smrti člověka. Pesticidy se do těla člověka dostávají pokožkou a vdechnutím nebo kontaminovanými produkty. Nejrizikovější k účinku pesticidů jsou děti, které nemají dostatečnou odolnost (Hudec a Gutten 2007).

Antirezistentní strategie

Účelem antirezistentní strategie je snížení rizika vzniku rezistence u škodlivých organismů k chemické látce. První možností, jak zamezit vniknutí rezistence je střídání chemických přípravků s různým mechanismem účinku. Pro snížení potřeb aplikace pesticidů lze docílit monitorováním škůdců, podporou přirozených nepřátel nebo aplikací selektivních přípravků. Dále je nutné dodržovat teplotní podmínky pro aplikaci pesticidů a neaplikovat po dešti. Dodržování antirezistentních strategií je jednou ze zásad integrované ochrany rostlin (Kocourek 2019).

2.7 Biologická ochrana

Biologické způsoby ochrany proti škodlivým činitelům se v ochraně rostlin využívaly mnohem dříve než chemické přípravky (Čača 1990). Biologická ochrana rostlin proti škodlivým organismům využívá jejich přirozeně se vyskytujících se nepřátel. Využívají se především predátoři, parazitoidi, paraziti, viry, bakterie a entomopatogenní houby. Biologická ochrana je velmi šetrná k životnímu prostředí mnohem více než chemická ochrana, snižuje se riziko vzniku rezistence škodlivých organismů, její další výhodou je ochrana přirozených nepřátel škůdců, žádná hromadění reziduí v přírodě a v potravním řetězci člověka. Velkou nevýhodou biologické ochrany je její pomalý účinek na přítomného škůdce, který je v rozmezí několika dnů až týdnů. Dále biologická ochrana je závislá na přítomnosti škodlivého organismu, bez jejich přítomnosti užitečné organismy hynou nebo se přemísťují za potravou (Hudec a Gutten 2007). V případě potřeby použití chemického ošetření je nutné použít selektivní přípravky, aby nedošlo k ohrožení přirozených nepřátel škůdců (Šarapatka et al. 2010). V biologické ochraně je třeba dbát i na možná rizika spojená s vypouštěním přirozených nepřátel škůdců. Potenciálním rizikem je hlavně vliv přirozených nepřátel na životní prostředí, protože po vypuštění je velmi těžké se nově přítomného bioagens zbavit. Hlavním rizikem vypuštění přirozených nepřátel do nového prostředí je jeho dopad na necílové druhy, který může vést až k vytlačení původního druhu z oblasti nebo se z nově vypuštěného druhu může stát škůdce. V dnešní době je v Evropě a ve Spojených státech k dostání

asi 150 druhů přirozených nepřátel na ochranu rostlin před škodlivými organismy (Wright 2014, Omkar a Kumar 2016).

2.7.1 Strategie biologické ochrany rostlin

Klasická biologická ochrana

Klasická biologická ochrana je záměrné zavlečení přirozeně se vyskytující exotického přirozeného nepřitele z jiných oblastí. Klasická biologická ochrana závisí na nalezení vhodného nepůvodního přirozeného nepřitele v dané oblasti, kde je zapotřebí, aby byl škůdce kontrolován (Eilenberg et al. 2001). Tato strategie je vhodná v případě, že se přítomný škůdce šíří v dané nepůvodní oblasti, z důvodu nepřítomnosti svého přirozeného nepřitele v dané oblasti (Omkar a Kumar 2016). Pro úspěšnost této strategie je zapotřebí nejdříve určit přítomného exotického škůdce, poté je možné vyhledat přirozeného nepřitele ze země původu škůdce. Nalezený přirozený nepřítel je dále dán do karantény, kde je pak laboratorně sledován a masově produkován, nakonec je potom vypuštěn (Singh et al. 2016). Nevýhodou klasické biologické ochrany je možný negativní vliv přirozeného nepřitele na životní prostředí. V minulosti se stalo, že nově introdukovaný druh se stal sám škůdcem nebo měl velký vliv na necílový místní druh, tím se způsobilo více problémů než užítku (Omkar a Kumar 2016).

Inundativní strategie

Metoda zahrnuje masové chování a periodické vypouštění velkého množství užitečných organismů s cílem okamžité regulace škůdce. Inundativní strategie se aplikuje do polních plodin, kde přirozený nepřítel není schopen vytvořit populaci, nedokáže se uchytit, protože se používá na jednoleté plodiny. Jedná se hlavně o jednorázové nebo opakované introdukce velkého množství přirozených nepřátel, kteří musí zneškodnit nebo snížit velký počet jedinců škůdce před tím, než se rozletí nebo zahynou. Jeden z příkladů inundativní strategie je introdukce parazitické vosičky *Trichogramma* spp. proti zavíječi kukuřičnému (*Ostrinia nubilalis*) nebo druhý, kdy se aplikují spory entomopatogenní bakterie *Bacillus thuringiensis* spp. ve velkém množství k potlačení škodlivého organismu s vědomím, že se nebudou dále množit (Lenteren a Bueno 2003, Omkar a Kumar 2016).

Sezónní inokulativní strategie

Metoda zahrnuje masové chovy a periodické vypouštění přirozených nepřátel do krátkodobých plodinových systémů, kde přítomní škůdci vytváří několik generací. Velký počet přirozených nepřátel je vypuštěn, aby se vypořádal se škůdcem a vybudoval populaci přirozených

nepřátel po celý zbytek vegetačního období. Tato metoda se využívá v ochraně rostlin ve sklenících zejména proti mšicím, molicím, třásněnkám a sviluškám (Bale et al. 2008, Lenteren a Bueno 2003).

Podpora a konzervace přirozených antagonistů

Principem této strategie je provádění postupů, které zvyšují reprodukci a schopnost přežití přirozených nepřátel škůdců. Pro podporu přirozených škůdců je zapotřebí se vyhnout praktikám, které jim škodí a vytvářet podmínky které jim prospívají. K dosažení cílů této strategie je zapotřebí dostatečné znalosti biologie a požadavků přirozených nepřátel škůdců (McCravy 2008). Strategie se liší od ostatních tím, že nejsou záměrně vypouštěni přirození nepřátelé škůdců. Je zapotřebí minimalizovat používání pesticidů a v případě potřeby využívat selektivní pesticidy, dále zapotřebí zajistit vhodná zimoviště v blízkosti chráněných plodin a vytvoření kvetoucích pásů (Eilenberg et al. 2001).

3. Mšice

3.1 Morfologická charakteristika

Mšice náleží do řádu Hemiptera (polokřídli), podřádu Sternorrhyncha (mšicosaví). Mšice se dají považovat za velmi malý a bezbranný hmyz o velikosti 0,2 až 8 mm se silnou sklerotizací hlavy a hrudi u okřídlených forem a bezkřídle formy mají slabě sklerotizované celé tělo. Tělo mšic je vždy širší než delší, přirostlá celou svou šířkou k předohrudi. Hlavu mají hypognátní s bodavě sacím ústním ústrojím, které obsahuje rostrum, což je 4člankový chobot. Tykadla 3 až 6 článková, nitkovitá, dlouhá nebo středně dlouhá. Nohy jsou kráčivé, chodidla 2članková. Křídla mají blanitá s podélnou žilnatinou se zadními křídly vždy menšími. Ke hrudi mají napojený 9člankový zadeček. Sifunkuly jsou útvary nacházející se na 5. až 6. tergitu zadečku, kde mohou být trubičkovité nebo hrbolkovité. U většiny mšic se z posledního článku na zadečku vytváří dozadu protažený útvar zvaný chvostek (Křístek 2013).

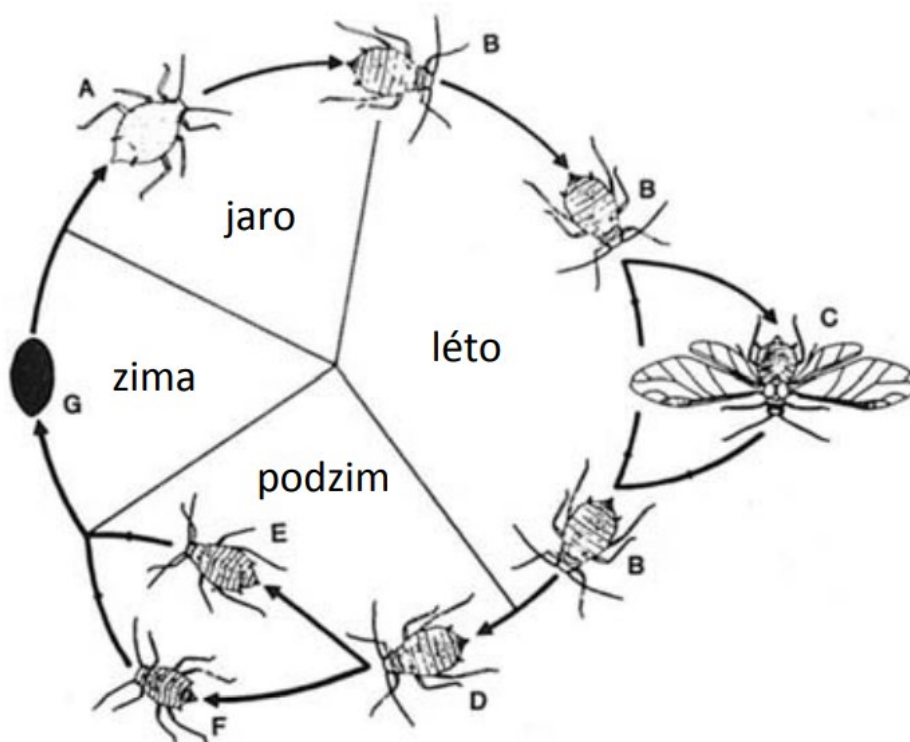
3.2 Vývojový cyklus

V přírodě se nachází velké množství různých druhů mšic. Některé druhy se vyvíjejí pouze na jednom hostiteli, zatímco jiné na více hostitelích. Druhy mšic žijící převážně na jednom hostiteli se nazývají monocyklické. Z přezimujícího vajíčka se brzy na jaře líhne zakladatelka (fundatrices), která je schopná rodit nymfy bez oplození. Z těchto nymf se vyvíjejí okřídlené živorodé samičky (virgines) nebo jejich neokřídlené formy. Během vegetační doby nebo pěstitelského cyklu prodělávají monocyklické druhy mšic více generací na dané hostitelské rostlině a v závislosti na podmínkách prostředí. Poslední generací virgines jsou bezkřídle sexupare, ze kterých vzniká samička a sameček, kdy opět samička po oplodnění klade svá vajíčka (Fryč a Rychlý 2018).

Druhy dicyklické se vyznačují tím, že prodělávají celý svůj vývojový cyklus na zimních a letních hostitelích. Z přezimujících vajíček, která byla oplodněnými samičkami nakladeny na zimního hostitele, se na jaře líhnou zakladatelky (fundatrices) (Fryč a Rychlý 2018). Na daném zimním hostiteli se samičky rozmnožují partenogeneticky a živorodě (viviparie). Samičky žijí asi jeden měsíc a jsou schopné porodit 50 až 100 nymf (Fryč a Rychlý 2015). Postupem několika generací se v populaci kolonií mšic začnou objevovat okřídlené formy, které začnou přelétávat na letní hostitele. Je to z toho důvodu, že mšice mají rády mladé a měkké části rostlin. Téměř po dvou měsících nelze na zimním hostiteli nalézt žádné jedince z dané populace mšic. Důvodem je nedostatek vhodné potravy. Migrující okřídlené mšice tak přelétávají na různé letní hostitelské rostliny, kde rodí bez oplození další živé nymfy, samičky. Nymfy jsou bezkřídle a opět se v dospělosti rozmnožují partenogeneticky, tj. bez oplodnění a rodí živé samičky. Opět během vegetačního nebo pěstitelského období se vyskytuje několik generací. Pokud dojde k přemnožení

v populaci mšic a tím k nedostatku potravy na letním hostiteli, začnou se objevovat okřídlené formy, které vyhledávají další letní hostitele. Tato situace se během léta může několikrát opakovat. Na letním hostiteli se na podzim vlivem zkracujícího se dne a snižováním teploty v populaci mšic objevuje pohlavní generace. Okřídlená samička přeletí z letní hostitelské rostliny na zimního hostitele, kde partenogeneticky porodí velké bezkřídlé samičky. Na letním hostiteli porodí bezkřídlá samička malého samečka, který se v populaci mšic rodí jen jednou za rok. Okřídlený sameček přeletí na zimního hostitele, kde se setká s velkou bezkřídlou samičkou, společně se spáří. Oplodněná samička naklade během podzimu vajíčka na zimním hostiteli a společně se samečkem zahynou (Kazda et al. 2007).

Jak bylo uvedeno, u většiny mšic převládá rodozměna (heterogonie), při které se během vývojového cyklu střídá jedna nebo několik jednopohlavních generací s jednou pohlavní generací na konci vývoje (Křístek 2013, Kazda a kol. 2007).



Obr. 1 Vývojový cyklus dicyklické mšice (Fryč 2018)

(A-fundatrix, B-fundatrigenie, C-migrante alata, D-apterní exula, E-alatní exula nebo letní migrante alata, F-sexupara nebo podzimní migrant, G-sameček, H-oviparní samička, I-vajíčko)

3.3 Význam

Mšice se vyskytují jako polymorfní, savý hmyz, který se živí rostlinnými šťávami. Vytváří velké populace, kde škodí převážně sáním a vylučováním slin, což způsobuje poruchy růstu, deformaci až následné usychání listů nebo vzrůstných vrcholů rostlin. Svoji rozmnožovací schopností jsou mšice schopné vytvořit během jednoho roku za příznivých podmínek 6 až 16 generací. Zároveň mšice jsou vektory mnoha druhů rostlinných virů, které mohou způsobovat na rostlinách změnu barev, kadeřavění popř. svinování listů (Křístek 2013, Fryč a Rychlý 2018). Podle způsobu přenosu lze odlišit mechanismy perzistentního a neperzistentního přenosu viru. Neperzistentní viry jsou přenášeny krátce a velmi rychle pomocí stiletů, kdy po vpichu ulpí rostlinné šťávy obsahující vir na stiletech a ihned po následném vpichu je vir přenesen. Doba akvizičního sání u neperzistentních virů je velmi krátká, v řádu několika minut. Pro přenos perzistentních virů je důležitá dlouhá doba akvizičního sání, v řádu několika hodin. Po nabytí viru dochází k inkubační době, která je charakterizována intervalem od nabytí viru mšicí až po její schopnost infikovat zdravou rostlinu. Perzistentní viry se dostanou s rostlinnými šťávami do zaživacího traktu mšice, následně do hemolymfy mšice a dále do slin, kterými je pak hostitelská rostlina infikována během sání. Nakonec je mšice schopna produkovat virus často po celý svůj život (Hausvater et al. 2014).

Pro přenos virů na velké vzdálenosti jsou nebezpečnější okřídlené formy mšic. Viry přenášejí okřídlené mšice do vzdáleností 120 až 300 m. (Fryč a Rychlý 2018). Mšice mají nepopíratelný význam ve fungování ekosystému i přes svoji velkou škodlivost, jsou důležitou součástí přírody. Jsou významným zdrojem potravy pro velký počet dalších druhů „přirozených nepřátel“, kteří jsou na mšice vázáni zcela nebo částečně svým vývojovým cyklem (Fryč 2015). Trávením rostlinných šťáv v zaživacím ústrojí dochází u mšic k tvorbě lepkavé tekutiny, která ulpívá na různých částech rostlin nazývaných se medovice (Křístek 2013). Medovice má velký význam v obsahu různých cukrů jako je sacharóza, glukóza a fruktóza. Je to z toho důvodu, že hmyz náležející do řádu Hemiptera (polokřídlí), podřádu Sternorrhyncha (mšicosaví), kam mšice patří, potřebují ke svému životu málo cukrů (Veselý a kol. 2013). Medovici využívají hlavně mravenci, kteří z ní získávají potřebné cukry, proto se o mšice starají a ochraňují je před hmyzími predátory a ptáky. Hmyz je jedním z hlavních přirozených nepřátel mšic, mezi které patří zejména slunéčka (Coccinellidae), pestřenky (Syrphidae), zlatoočka (Chrysopidae) a mšicomáři (Aphidiidae), dále i někteří pavouci, ploštice, roztoči a entomopatogenní houby. Mšice jsou naopak chráněny před predátory hlavně včelami, vosami a mravenci. Nejvíce druhů mšic se nachází převážně v tropických oblastech. U nás v ČR se vykytuje asi 7 čeledí s více, než 670 druhy mšic

z toho asi 100 je považováno za škůdce kulturních rostlin. Po celém světě je známo zhruba 5.000 druhů mšic (Křístek 2013).

3.4 Monitoring

Mezi nejjednodušší pomůcku pro monitoring mšic patří žluté lepové desky, které se nejčastěji používají ve sklenících nebo jiných uzavřených pěstebních prostorách. Pomocí žlutých lepových desek se monitoruje převážná většina skleníkových škůdců, včetně okřídlených forem mšic. Při rovnoměrném umístění velkého počtu žlutých lepových desek do skleníků mohou mít tyto lepové desky i charakter ochranného opatření. Na trhu je celá řada různých tvarů a velikostí žlutých lepových desek (Fryč 2018).

Od roku 1992 se v České republice začalo v polních podmínkách s monitorováním letové aktivity mšic na 5 zkušebních stanicích v Čáslavi, Dobříšovicích, Chrlicích, Lípě u Havlíčkova Brodu a Věrovanech. Stanice k monitoringu využívají sadu sacích pastí typu Johnson – Taylor. Od 1. dubna do 30. listopadu pasti pracují nepřetržitě 24 hodin denně (ÚKZÚZ 2014). K monitorování mšic v porostech brambor se dále používají žluté Lambersovy misky o velikosti dna $49,5 \times 32,5$ cm a výška stěny 8 cm. Misky jsou naplněny vodou se smáčedlem, aby došlo k lepšímu odchytu mšic. Kontrola letu mši se provádí 2 až 3krát týdně (Fryč 2018).



Obr. 2 Žluté lepové desky (Perring et al. 2018)

3.5 Druhy skleníkových mšic

3.5.1 Mšice broskvoňová (*Myzus persicae*)

Druh *Myzus persicae* popsal švýcarský entomolog Johann Heinrich Sulzer v roce 1776. Byla zařazena do čeledi mšicovití a do rodu *Myzus*. Tělo této mšice dosahuje délky 1,4 až 2,5 mm.

Mšice broskvoňová je variabilně zbarvena od jasně zelené, žluté, načervenalé barvy až po hnědou barvu. Okřídlená samička má tělo oválné, někdy podlouhlé zakončené kuželovým chvostkem, který nese tři páry štětin. Tykadla vyrůstající z čelních hrbolků a jsou kratší než tělo. Barva tykadel je tmavě hnědá až černá, na třetí článku žlutozelená. Oči mšice broskvoňové jsou červené a mají dlouhé a tenké sífunky. Okřídlené samičky jsou štíhlejší, hlavu a hrud' mají černou se zelenožlutým zadečkem. Jejich primárním zimním hostitelem v mírném pásu jsou dřeviny patřící do rodu *Prunus*, mezi které patří nejčastěji broskvoně a meruňky. Samičky kladou vajíčka hlavně na broskvoň mezi listové jizvy, kde přezimují. Vajíčka jsou asi 1 mm velká, jsou oválná a lesklá. Samička klade vajíčka na podzim od poloviny října do listopadu (Šefrová 2014). Mšice broskvoňová je polyfágní druh, který je schopen škodit na stovkách rostlin z více než 40 čeledí. Na začátku léta opouští mšice broskvoňová zimního hostitele a vyhledává rostliny z čeledi lilkovitých, tykvovitých, brukvovitých a dalších (Capinera 2001).



Obr. 3 Bezkrídlná samička mšice broskvoňové (*Myzus persicae*) (Capinera 2001)



Obr. 4 Okřídlená samička mšice broskvoňové (*Myzus persicae*) (Capinera 2001)

V průběhu života je jedna samička schopna na hostitelské rostlině porodit až 80 nymf (Fryč 2015). Škody způsobené sáním jsou většinou málo významné, hlavní nebezpečí představuje její schopnost přenosu více než 180 rostlinných virů (Šefrová 2014). Napadené listy jsou vlivem sání deformované, kadeřaví, zaostávají v růstu a později opadávají. Mšice produkuje i medovici, hustou lepkavou substancí bohatou na cukry. Při sání a vylučování medovice dochází ke žloutnutí listů a na listech spodních pater jsou viditelné povlaky medovice. Listy pokryté medovicí postupně černají, což je způsobeno tím, že se na medovici jakožto živném substrátu rozrůstají houbové patogeny, černě (Fryč a Rychlý 2015).

3.5.2 Mšice bavlníková (*Aphis gossypii*)

Mšice bavlníková je významný polyfágní škůdce rostlin vyskytující se v tropických, subtropických a mírných oblastech po celém světě. Mšice *A. gossypii* způsobuje jednak fyziologická poškození v důsledku sání rostlinných šťáv z rostlinných pletiv, tak i škodí šířením velkého spektra rostlinných virů. Příkladem je šíření viru mozaiky okurek, viru mozaiky vodního melounu a několika virů brambor, což ve výsledku může způsobit velké škody na zemědělské produkci. Zároveň mšice bavlníková produkuje medovici, která slouží jako živná půda pro růst a vývoj saprotrofních černí. Tento druh mšice napadá a poškozuje velké množství rostlin z různých čeledí, mezi které patří hlavně tykvovité, lilkovité, slezovité a routovité. Mšice bavlníková se řadí mezi heterocyklické druhy mšic, protože mění v průběhu roku své hostitele. Primárními hostiteli jsou dřeviny, odkud migrují na bylinné rostliny, kde se rozmnožují partenogeneticky a živorodě (Wang et al. 2016).



Obr. 5 Mšice bavlníková (*Aphis gossypii*) (Baker 2013).

Mšice bavlníková žije maximálně tři týdny, během této doby je schopna rodit 3 až 10 nymf denně, v závislosti na druhu hostitelské rostliny a podmínek prostředí, zejména teploty (Malais a Ravensberg 1992). Bezkrídle samičky jsou veliké od 1 mm do 2 mm a vyznačují se různobarevností od žluté, světle zelené až po tmavě zelenou barvu těla. Okřídlené samičky mají hlavu a hrud' černou se žlutozeleným zadečkem. Mšice

bavlníková má mnoho přirozených nepřátel, kteří se využívají i proti jiným druhům mšic. Mezi nejčastějšími přirozenými nepřáteli jsou hlavně slunéčka, zlatoočka, dravá bejlomorka a parazitické vosičky (Capinera 2000).

Přirození nepřátelé mšic

Mezi přirozené nepřátele mšic patří predátoři, parazitoidi a entomopatogenní houby.

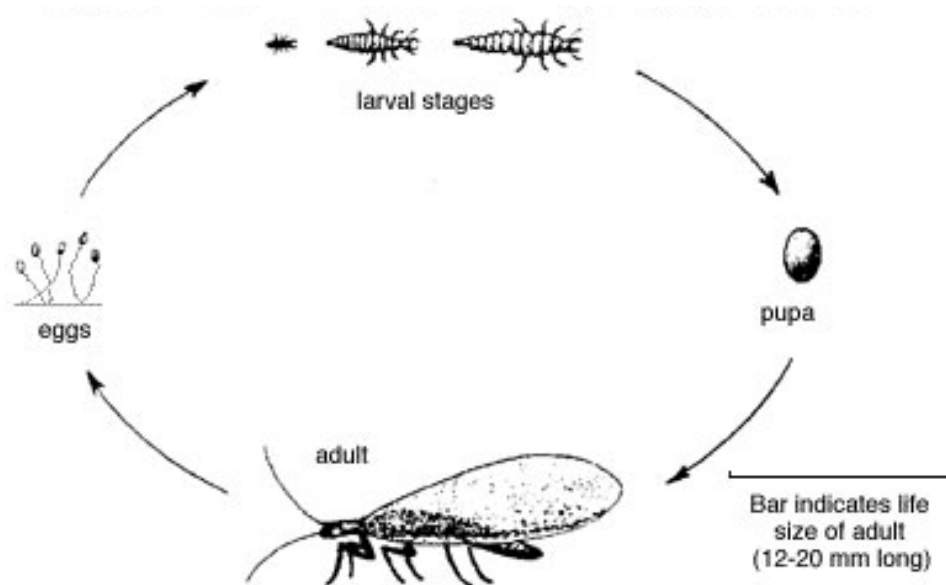
4. Predátoři

Predátoři jsou velmi významnými přirozenými nepřáteli škůdců. Takzvaní polyfágní predátoři se živí všemi vývojovými stádii velkého počtu škůdců. V případě nedostatku potravy jsou schopni potravu doplnit rostlinou potravou, jsou schopni tedy přežít na pylu nebo nektaru rostlin. Takzvaní specializovaní predátoři, mají užší potravní spektrum. Specializace predátorů jen na některé druhy hmyzu je možná jen v případech, kdy výskyt cílových skupin škůdců je dostatečný pro zajištění trvalého příjmu potravy. Na našem území patří do skupin živočichů s dostatečným počtem populace pro zajištění trvalého příjmu potravy přirozenými nepřáteli hlavně mšice, trásněnky a svilušky. Samičky predátorů vyhledávají svoji kořist pomocí výparů látek z medovice. Samičky často migrují a vyhledávají různá stanoviště, kde kladou svá vajíčka v blízkosti kolonií kořisti. Predátoři jsou díky své větší velikosti těla velmi efektivní oproti parazitoidům, protože během svého života zkonsumují velké množství jedinců. Některé velké larvy predátorů mohou spotřebovat za jeden den velký počet kořisti dosahující několika desítek jedinců. Účinek predátorů na ochranu rostlin proti škůdcům je v mnoha ohledech větší než v případě účinku parazitoidů, ale jejich účinek může být opožděný. Mezi nejvýznamnější čeledě predátorů mšic jsou slunéčkovití (*Coccinellidae*), bejlomorkovití (*Cecidomyiidae*), zlatoočkovití (*Chrysopidae*) a pestřenkovití (*Syrphidae*) (Bagar et al. 2003, Singh a Singh 2016).

4.1 Zlatoočkovití (*Chrysopidae*)

Nejvýznamnější druh *Chrysoperla carnea* se řadí do řádu síťokřídlých (Neuroptera). Kromě Austrálie a Antarktidy se zlatoočkovití vyskytují na všech kontinentech s více než 1200 druhy patřící do zhruba 75 rodů a do tří podčeledí *Nothochrysinae*, *Apochysinae* a největší *Chrysopinae*, která se nejvíce využívá v záměrné biologické ochraně rostlin (Hagen et al. 1999, Rod et al. 2005). V poslední době se zájem o využívání těchto užitečných predátorů v integrované ochraně rostlin (IOR) zvýšil, jako alternativa insekticidům. Jedná se o velmi užitečné predátory, protože značně redukuje populace převážně mšic, molic, mer a červců. V průběhu života se mohou živit i medovicí, pylem a nektarem z květin (Hagen et al. 1999, Carrillo et al. 2021, Shrestha a Enkegaard 2013). Larvy zlatooček jsou nejdůležitějšími predátory mšic, protože jedna larva dokáže

zahubit až 500 mšic. Pokud se v populaci zlatooček nevyskytuje dostatek potravy, tak se někteří jedinci mohou uchýlit ke kanibalismu. Rozpětí křídel dospělců je až 30 mm. Tělo zlatooček je bledě zelené až nažloutlé, štíhlé a protáhlé se zlatožlutýma očima, křídla síťovaná a dlouhá (Carrillo et al. 2021, Skalský et al. 2018).



Obr. 6 Vývojový cyklus zlatoočka obecné (Skalský et al. 2018).

Dospělci v závislosti na podmínkách prostředí a potravy se přirozeně dožívají od 1 až 3 měsíců (Carrillo et al. 2021). Samičky kladou nazelenalá vajíčka po jednom nebo ve skupinách, a to až 800 vajíček (Skalský et al. 2018). Vajíčka zlatooček jsou zvláštní tím, že samička, každé jednotlivé vajíčko umístí na vrchol tenkého vláčénka, které sama vyprodukovala (Carrillo et al. 2021). Larva napadá svou kořist šavlovitě zahnutými kusadly. Larvy prochází třemi instary během 2 až 3 týdnů a následně se zakuklí v kokonu (Skalský et al. 2018). Z kokonu se dospělci v závislosti na podmínkách prostředí líhnou do 2 týdnů (Carrillo et al. 2021). Zimu přežívají dospělci, a to buď pod listím, nebo v budovách, kam se za chladných podmínek stahují. Zlatoočka se používají jako bioagens pro ochranu skleníkových plodin. Do polních podmínek není tento predátor vypouštěn, protože by se tato introdukce finančně nevyplatila. V přírodě lze zlatoočka podpořit vytvořením úkrytů, vysetím kvetoucích pásů, na kterých když se uchytí mšice, jsou zdrojem potravy pro larvy i dospělé (Skalský et al. 2018). Druh *Chrysoperla carnea* je nejvíce používaný druh v záměrné biologické ochraně rostlin, hlavně prostřednictvím augmentační a konzervační strategie (Hagen et al. 1999).

Je doporučeno vypouštět larvy zlatooček v prostředí s malým výskytem škůdce po dobu 1 až 4 týdnů, dále je vhodné vypouštět larvy za vysoké relativní vlhkosti. Firmy distribuují produkty,

kteře obsahují larvy druhého instaru formulované v sypkém nosiči jako je vermikulit nebo drcená pohanka. Dávka larev se opatřně rozhazuje k mšicemi investovaným rostlinám. Doporučená dávka je 10 až 20 larev/m² (Rod et al. 2005, Dhandapani et al. 2016). Larva *C. carnea* stará 1 den je schopná napadat mšici *M. persicae* v poměru 1:50, v případě larvy třetího instaru je predátor schopen napadat mšici v poměru 1:200 (Hagen et al. 1999).

4.2 Bejlmorka (*Aphidoletes aphidimyza*)

Bejlmorka *Aphidoletes aphidimyza*, dále označována jako mšicomorka patří do čeledi bejlmorkovité (*Cecidomyiidae*), řádu dvoukřídli (*Diptera*). Její původ se nachází v severnějších oblastech Evropy, Asie a Ameriky (Psota a Kopta 2010).

Bejlmorka je v dospělosti veliká asi 2,5 mm. Dospělci jsou svými dlouhými končetinami a jemnými křídly velmi podobní malému komárovi. Vyskytuje se u nich pohlavní dimorfismus, kdy samičky mají krátká tykadla bez chloupků a samci mají výrazná, dlouhá chlupatá tykadla. Dospělci se vykytují převážně v noci a přes den je možné je najít ve stínu porostu. Nově vylíhlé larvy jsou asi 0,3 mm veliké, mohou být různobarevné od oranžové, červené až po šedou barvu, a to v závislosti na zdroji potravy. Vajíčka mají oválný tvar s oranžovo-červeným zbarvením o velikosti 0,3 × 0,1 mm. Samičky preferují klást vajíčka do větších kolonií mšic, které jsou schopny vyhledat díky medovici (Psota a Kopta 2010, Hagen et al. 1999, Malais a Ravensberg 1992). Dospělci jsou aktivní převážně v noci. Bejlmorka prochází třemi larválními stádii. Během kladení je jedna samička *A. aphidimyza* schopna naklást asi 100 až 150 vajíček. Množství vajíček, které je samička schopná naklást závisí převážně na podmínkách prostředí a na množství přítomné potravy. Larvy jsou schopné se po vylíhnutí živit mšicemi, tak že je nabodávají a vysávají obsah jejich těla (Hluchý 1994, Malais a Ravensberg 1992). Larva bejlmorky napadenou mšici paralyzuje vstříknutím toxinu přes kloub končetiny. Mšice je poté do několika minut kompletně zkonsumována. Larva dosahuje potřebné velikosti 2,5 mm do deseti dnů, tj. přejde do posledního instaru. Po dosažení posledního instaru larva opouští rostlinu, spadne z listu na zem, kde si z písku a hlíny vytváří kokon, do kterého se zakuklí. Období kukly je mezi 10 až 14 dny (Psota a Kopta 2010). Pro bejlmorky je zapotřebí zajistit optimální podmínky pro jejich optimální vývoj. Optimální teplota pro vývoj se pohybuje od 22 až 28 °C, snížením teploty pod 16 °C se snižuje funkčnost predátora. Vlhkost je velmi důležitým limitujícím faktorem, její optimum se pohybuje od 70 % a vyš. V případě poklesu vlhkosti pod 70 %, klesá životaschopnost bejlmorek a jejich rozmnožovací schopnosti. Nefunkčnost predátora nastává při trvalém snížení vlhkosti k 50 % a méně. Nevýhodou dospělců je jejich menší odolnost k chemickým přípravkům než u larev (Bagar et al. 2003, Schwarz et al. 1996).

Bejlmorka *A. aphidimyza* se využívá v ochraně skleníkové zeleniny před mšicemi. Je schopna predace na více než 60 druzích mšic jako je například mšice broskvoňová (*M. persicae*) a mšice bavlníková (*A. gossypii*), ale předpokládá se, že je schopna napadat všechny druhy. Firmy dodávají bejlmorku v lahvičkách, kde jsou formulovány larvy v sypkém substrátu. Skladovat bejlmorky je možné při teplotě do 15 °C po dobu maximálně 2 dnů, a to z toho důvodu, že při této teplotě může dojít k vylíhnutí dospělců, kteří mají krátký život. Lahvičku s kuklami je možné zavěsit mezi rostliny nebo je rovnoměrně posypem distribuovat na rostliny do nižších pater, kde jsou zastíněnější části a vhodné mikroklima. Aplikuje se preventivně množstvím 0,5 jedinců na m². Odhaduje se, že jedna larva zkonsumuje od 80 až 100 mšic. V případě velkého výskytu bejlmorky zahubí mšice jen otravou toxinem, aniž by byly mšice bejlmorkou zkonsumovány. Mrtvé mšice zůstávají přichyceny na listech, ale po čase začnou opadávat, takže zanechávají listy čisté (Psota a Kopta 2010, Hagen et al. 1999, Aristizábal 2018).



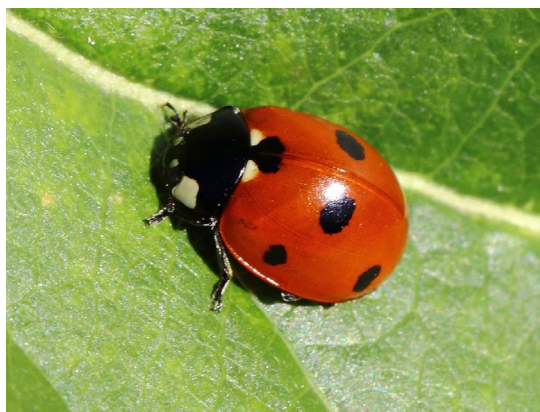
Obr. 7 *Aphidoletes aphidimyza*. Foto: Joyce Gross

4.3 Slunéčkovití (*Coccinellidae*)

Slunéčka náleží do řádu brouci a taxonomicky se řadí do čeledi slunéčkovití. Na světě se vyskytuje asi 3500 druhů slunéček, které jsou zaneseny do 7 podčeledí. Většina druhů slunéček jsou predátoři, dále se mezi nimi vyskytují i fytofágní druhy. Jednotlivé druhy jsou různě zbarvené, mezi nejčastější barvy patří převážně žlutá, oranžová, černá a červená. Některá slunéčka se vyznačují černými tečkami na krovkách, černými tykadly, výraznou hlavou a předohrudí. Slunéčka se převážně využívají jako užitečný hmyz k regulaci škůdců na polích, zahradách a sklenících. Introdukce do různých plodin může být prováděna laickou veřejností nebo záměrně introdukovány po zakoupení produktů (Anonym 2. 2020, Hagen et al. 1999).

4.3.1 Slunéčko sedmitečné (*Coccinella septempunctata*)

Slunéčko sedmitečné, lidově nazývané jako beruška je nejběžnějším druh sluněček vyskytující se v Evropě. Jsou to predátoři běžně se vyskytující v přírodě, kde regulují populace mšic v otevřených systémech pěstování. Tento druh není masově chován a používán při augmentativní strategii biologické ochrany rostlin. Je polyfágní druh, který je díky své velké predační schopnosti využíván jako bioagens proti mšicím, popřípadě červcům. Dospělci slunéčka sedmitečného se vyznačují polokulovitým mírně protáhlým tvarem těla o velikosti 5 až 10 mm. Typický znak pro slunéčko je umístění sedmi černých skvm na červený krovkách (Skalský et al. 2018, Hagen et al. 1999).



Obr. 2 Dospělec slunéčka sedmitečného. (Skalský et al. 2018)



Obr. 3 Larva slunéčka sedmitečného. (Skalský et al. 2018)

Každá samička má ve zvyku v období páření vystřídat několik samečků, během tohoto období je samička schopna se spářit se 4 až 6 samečky. Je to z toho důvodu, že páření s více samečky zvyšuje úspěšnost oplodnění a vylíhnutí larev. Samička má ve zvyku po oplození klást vajíčka na rostliny do blízkosti potravy. Vajíčka slunéčka jsou žlutá, oválná a jsou kladena blízko u sebe na spodní straně listu. Larvy jsou šedé až modrošedě zbarvené se žlutou kresbou. Larvy procházejí čtyřmi larválními instary průběhu asi 4 týdnů. Nejmladší larvy mají ve zvyku vysávat tekutiny z těla mšic, zatímco starší larvy pojídají celou kořist. Kukla je nechráněná, takže se mnohdy stává kořistí různých predátorů, někdy i vlastního druhu či jiných druhů v rámci čeledi. Z kukly se poměrně rychle vylíhne dospělec. Slunéčka v případě ohrožení jejich života vypouštějí velmi hořký alkaloid, který je ochranným sekretem hlavně před dravci (Skalský et al. 2018).

Mezi jedno z nebezpečí slunéčka sedmitečného patří invazivní druh slunéčka východního (*Harmonia axyridis*), které díky své větší velikosti a velké agresivitě je pokládáno jako jedno

z nejinvasivnějších sluněček na planetě Zemi, další nebezpečí představují larvy zlatoočka obecného (Omkar et al. 2016). K přezimování se dospělci ve volné přírodě přemísťují do různých úkrytů, jako např. listů, mechu, trsů trávy, báze stromů apod. Sluněčko sedmitečné má jednu generaci za rok. Životnost dospělců je 1 až 2 roky v závislosti na podmínkách prostředí při přezimování (Skalský et al. 2018).

4.3.2 *Hippodamia convergens*

Hippodamia convergens je druh sluněčka patřící do rodu *Hippodamia*. Druh *H. convergens* se převážně vyskytuje na území Spojených států amerických, Kanadě a v Jižní Americe. Sluněčka jsou polyfágním druhem, živí se převážně mšicemi, dále se živí červci a sviluškami. V případě nedostatku vhodné kořisti jsou schopny se živit alternativní potravou, pylem nebo nektarem rostlin (Hagen et al. 1999, Aristizábal 2018).

Samičky mají kulatý, podlouhlý tvar a dosahují velikosti okolo 8 mm, samečci jsou menší, než samičky, měří okolo 6 mm. Dospělci jsou snadno rozpoznatelní díky jasně výrazným červeno-oranžovým krovkám, na kterých se obvykle nachází 12 černých teček. Nohy, hlava a spodek těla je černý. Dostatek potravy hraje důležitou roli v plodnosti. Před kladením vajíček musí samička zkonsumovat dostatek potravy (karbohydráty a proteiny). Každá dobře živěná samička je schopna naklásat 200 až 300 vajíček během svého života. Shluky žlutých vajíček jsou kladeny samičkami v množství 10 až 30 vajíček na stonky nebo listy rostlin. Jednotlivá vajíčka mají vřetenovitý tvar, a jsou dlouhá 1 - 1,5 mm a jsou postavena směrem na výšku. Larvy prochází ve vývoji přes čtyři instary. Během vývoje larvy postupně rostou a v posledním instaru dosahují velikosti asi 7 mm. Následně se larva kuklí. Kukla je polokulová, oranžová a černá. Jedinci *H. convergens* jsou aktivními predátory a začínají vyhledávat malí hmyz ihned poté, co se vylíhnou z vajíček. V některých případech jsou nevyvíhlá vajíčka zkonsumována larvami 1. instaru. V případě nízkého počtu mšic v jejich populacích, může docházet mezi jedinci *H. convergens* ke kanibalismu (Aristizábal 2018). Druh *H. convergens* je možné využívat v klasické biologické ochraně rostlin, a to v místě jejich původu. V minulosti bylo toto sluněčko vypuštěno v Jižní Americe, v roce 1937 se podařilo založit trvalou populaci v Peru, později se rozšířilo až do Chile a Argentiny (Hagen et al. 1999).

V současné době tohoto predátora produkují firmy masově a po zakoupení produktu je vhodné predátora záměrně vypouštět do plodin pěstovaných ve sklenících nebo fóliovnících. Doporučuje se predátora introdukovat na počátku pěstitelské sezóny, někdy i preventivně, aby napadení porostů rychlené zeleniny mšicemi bylo co nejmenší. Každé sluněčko je během dne schopno zkonsumovat až 50 mšic. V případě dostatku potravy je sluněčko schopno žít až 3 měsíce.

Na ošetření 100 až 200 m² se dodávají dravá slunéčka v počtu 5000 jedinců. Pro správnou aplikaci je vhodné rostliny orosit vodou, protože slunéčka se po transportu potřebují napít vody. Slunéčka se aplikují hlavně k večeru, kde je nižší teplota a stín. Distribuují se do porostu rovnoměrně rozhozem (Dušková 2009).

4.4 Dravá ploštice (*Macrolophus pygmaeus*)

Druh *Macrolophus pygmaeus* je polyfágní dravá ploštice patřící do řádu polokřídli (*Hemiptera*), do podřádu ploštice (*Heteroptera*) a do čeledě klopuškovití (*Miridae*), využívající se záměrně v biologické ochraně rostlin proti mšici broskvoňové (*Myzus persicae*), kyjatce zahradní (*Macrosiphum euphorbiae*), molici bavlníkové (*Bemisia tabaci*) a makadlovce (*Tuta absoluta*) (Sylla et al. 2016).

M. pygmaeus je druh vyskytující se v Paleoarktické oblasti. Dospělé ploštice i nymfy mají bodavě sací ústní ústrojí, pomocí kterého vysávají svoji kořist. Samičky ploštice jsou asi 3 až 3,5 mm velké, s červenýma očima. Tykadla jsou dlouhá s prvním článkem tmavě černě zbarveným, zbytek je zelený. Samičky jsou o něco větší než samečci (Backer et al. 2014, Anonym 3). Vajíčka jsou podlouhlá, doběla zbarvená a mírně zakřivená. Samičky mají ve zvyku klást svoje vajíčka do stonků nebo do listů. Zhruba po 11 dnech a při 25 °C se z vajíček líhnou nymfy. Při velmi nízkých teplotách (př. 15 °C) se líhnivost vajíček výrazně prodlužuje. Samičky jsou za svůj život schopny naklást více než 100 vajíček. Nymfy *M. pygmaeus* prochází 5 instary (Perdikis a Lykouressis 2002, Anonym 4). První dva instary nymfy jsou žlutozelené. Poslední instar nymfy je zelený jako dospělci (Anonym 3). Vývoj nymf *M. pygmaeus* je velmi závislý na okolní teplotě, protože při teplotě 25 °C se nymfy vyvíjí asi 20 dní, ale při nižších teplotách okolo 10 °C se může vývoj dravé ploštice protáhnout až na dva měsíce nebo se úplně zastavit. V závislosti na teplotě se dospělé samičky dožívají až 40 dní, v případě nižších teplot se jejich život může protáhnout až o 3 měsíce (Anonym 4). Tato dravá ploštice se záměrně využívá v programech integrované ochrany rostlin na Evropském kontinentu zejména k ochraně skleníkových plodin, a to už od roku 1994. V případě velké populace dravé ploštice a nedostatku kořisti jsou dravé ploštice schopny žít i rostlinou potravou, čímž může docházet ke škodám na rostlinách v podobě posátí. Dravou ploštici je možné vypouštět sezónní inokulativní strategií. *M. pygmaeus* je možné využívat v biologické ochraně v kombinaci s dalšími přirozenými nepřáteli. Nevýhodou dravé ploštice je citlivost k některým insekticidům jako je spinosad, azadirachtin a indoxacarb, které způsobují větší mortalitu nymf (Backer et al. 2014). V laboratorních podmínkách je *M. pygmaeus* schopna zkonzumovat 10 až 21 jedinců mšice broskvoňové (*M. persicae*) za den (Backer et al. 2015). *M. pygmaeus* je dodáván v množství 500 dospělců a nymf posledního instaru v sytkém materiálu. Při nízkém výskytu mšic

se aplikuje 0.5 jedinců na m² a při vysokém výskytu mšic až 5 jedinců m². Skladování je možné v tmavém prostředí při teplotě 10 °C maximálně 2 dny (Anonym 4).

4.5 Pestřenkovití (*Syrphidae*)

Pestřenky se vyskytují po celém světě kromě Antarktidy, patří do řádu dvoukřídlí (*Diptera*) s okolo 6000 druhů po celém světě, ve střední Evropě jejich okolo 800 druhů, z toho asi ¼ larev pestřenek se živí dravě, a to především mšicemi (Omkar a Mishra 2016, Schwarz et al. 1996). Dravé druhy jsou volně žijícími predátory mšic, které se ale nevyužívají v záměrné biologické ochraně rostlin. Dospělci jsou štíhlí a dlouzí asi 8 až 15 mm. Převážná většina druhů je žlutočerně zbarvena, připomínající svým vzhledem vosy nebo včely. Na rozdíl od vos a včel, náležející do řádu blanokřídlí (*Hymenoptera*), mají pestřenky jenom jeden pár blanitých křídel a druhý přeměněný v kyvadélka, protože se jedná o hmyz řádu dvoukřídlí (*Diptera*). Pestřenky mají krátká tykadla (Schwarz et al. 1996). Samičky mají ve zvyku klást svoje vajíčka na spodní straně listu do blízkosti kolonií mšic. Množství nakladených vajíček závisí hlavně na přítomnosti mšic. Vajíčka jsou podlouhlá, šedobíle zbarvená asi 1 mm velká. Z vajíček se asi po 2 až 3 dnech od nakladení líhnou beznohé larvy. Larvy jsou až 13 mm dlouhé, bílé až krémově žluté. Tělo larev je ve střední a zadní části rozšířené, postupně se směrem dopředu zužuje. Larvy loví mšice převážně v noci. Larvální stádium trvá 2 až 3 týdny, během této doby jsou larvy pestřenek schopny zkonsumovat 400 až 700 mšic. Kukla má tvar kapky (Omkar a Mishra 2016, Rod et al. 2005). Během jednoho roku mohou mít některé druhy pestřenek několik generací. Zimu jsou schopny přežít nejčastěji ve formě kukly nebo v larvální stádiu, ale u některých druhů přezimuje i samička (Böhringer a Günter 1996). Dospělci se živí převážně pylem, nektarem, ale také medovicí mšic. Pro samičky je velmi důležitý pyl, protože je nutný při vývoji rozmnožovacího systému. Larvy pestřenek se dají rozdělit podle potravy na fytofágy, kteří se živí rostlinnými šťávami a pletivy, saprofágy a afidofágy (Omkar a Mishra 2016, Schwarz et al. 1996).

5. Parazitoidi

Parazitoidy řadíme mezi přirozené nepřátele, kteří se se záměrně využívají v biologické ochraně rostlin. Zástupci náleží do řádu blanokřídlých (*Hymenoptera*) (Bagar et al. 2003). Blanokřídlé parazitoidy je dále možné rozdělit do čeledi *Braconidae* (lumčíkovití) a do čeledi *Aphelinidae* (mšicovníkovití) (Singh a Singh 2016). Obecně se jedná o parazitické vosičky. Takzvaný endoparazitoid zabíjí svého hostitele tím, že jeho larvální vývoj probíhá uvnitř hostitelova těla, kde se parazitoid živí tkáněmi hostitele. Ektoparazitoidi jsou schopni svého hostitele požírat zvenčí. Parazitoidy jsou úzce specializovaní jedinci, kteří napadají jeden druh hostitele nebo jen jedno vývojové stádium hostitele. Při hledání svého hostitele využívají parazitoidy pachových signálů charakterizujících přítomnost hostitele nebo pomocí zrakových podnětů. Parazitoidy některých druhů mají ve zvyku omráčit svého hostitele a poté naklást své vajíčko do jeho těla. Následně vylíhlá larva z vajíčka požírá hostitele zevnitř. Na konci larválního stádia dochází k zakuklení parazitoida uvnitř hostitele (mšice) a tělo hostitele je přeměněno v takzvanou „mumii“ (Bagar et al. 2003). Dospělci se potom prokoušou kulovitým otvorem ven. Samečci dospívají dříve než samičky. V podčeledi *Aphidiinae* dochází k tzv. arhenotokii, kdy z oplodněných vajíček se vyvíjí samičky a z neoplozených vajíček samečci (Singh a Singh 2016). Dospělci většiny parazitoidů potřebují jako zdroj potravy zároveň nektar, pyl a medovici. První úspěšný transport parazitoida *Apanteles glomeratus* z Anglie do USA v roce 1883 vedlo k potlačení běláška řepového (Kalyanasundaram a Kamala 2016). Mezi významné skleníkové plodiny, které se v Evropě pěstují, jsou hlavně okurky, rajčata a papriky, které jsou silně napadány zejména mšicí broskvoňovou (*Myzus persicae*). Proti mšici broskvoňové se využívají nejčastěji parazitické vosičky rodu *Aphidius* spp., mezi které patří hlavně *Aphidius colemani*, *Aphidius matricariae* a *Aphidius ervi*. Doporučuje se vypouštět parazitické vosičky na vysoce napadené rostliny v poměru 1:10 (Singh a Singh 2016).

5.1 Mšicomaři (*Aphidius colemani* a *Aphidius ervi*)

Druhy *Aphidius colemani* a *Aphidius ervi* se využívají v rámci biologické ochrany rostlin rychlené zeleniny jako přirození nepřátelé mšic už od 90. let. Druh *A. colemani* se využívá od roku 1992 a *A. ervi* až od roku 1996. Oba druhy patří do řádu blanokřídlých (*Hymenoptera*) a čeledi lumčíkovitých (*Braconidae*) parazitoidů. Původní evropský druh *A. ervi* byl introdukován do dalších zemí Severní a Jižní Ameriky a Austrálie. Naopak, do Evropy se *A. colemani* dostal ze střední Asie přes Indii a jihozápadní Asii (Psota a Kopta 2010).

Druhy *A. colemani* a *A. ervi* jsou si vzhledově velmi podobní, nicméně druh *A. ervi* je dvakrát větší než *A. colemani*. *A. colemani* je v dospělosti velký jen pár mm, tmavě zbarvený,

připomínající svým vzhledem malé lumky (Rod et al. 2005). Oba druhy mají dlouhá tykadla s jasným žilkováním křídel (Psota a Kopta 2010). Parazitované, tzv. mumifikované mšice jsou nafouklé, většinou žlutě nebo světlehnědě zbarvené. Samičky vosiček kladou vždy jedno vajíčko do mšice. Celý vývojový cyklus parazitoida probíhají uvnitř parazitované mšice (Rod et al. 2005). Přibližně 9 až 10 den parazitace mšice náhle změní barvu, zesvětlá, přestane se pohybovat a mumifikovatí. Mumie je přilepena na hostitelské rostlině. Po přibližně pěti dnech se z této mumie vylíhne nová parazitická vosička, která okamžitě vyhledává další mšice. Jedna vosička tak stačí během 2 až 3 dní po vylíhnutí parazitovat několik desítek mšic a zabrání tak rapidnímu nárůstu populace mšic (Bagar a kol. 2003). Délka životního cyklu závisí na teplotě a trvá přibližně při teplotě 21 °C 14 dní, zatímco při teplotě 15 °C se vývoj protahuje na 20 dní (Psota a Kopta 2010). Po vypuštění parazitických vosiček ve skleníku může pěstitel pozorovat účinnost tohoto způsobu biologické ochrany rostlin v době, kdy začnou parazitované mšice mumifikovatět. Doporučuje se vypouštět parazitoida do skleníku v době, kdy se tam již vyskytuje nízká populace mšic, tím zajistíme kontinuální vývoj parazitoida. Případná preventivní introdukce se nedoporučuje, z důvodu, že pokud se ve skleníku nevyskytují žádné mšice, tak parazitické vosičky odlétají pryč nebo hynou. Důležité je si i uvědomit, že různé druhy mšic jsou úspěšně regulovány odlišnými druhy parazitických vosiček. Druh *A. colemani* reguluje hlavně menší mšice rodu *Aphis* a *Myzus*, zatímco větší druh *A. ervi* je schopen regulovat výskyt velkých mšic, kyjatek (Bagar et al. 2003).



Obr. 10 Parazitická vosička *Aphidius colemani* Foto: Biocont

Druh *A. colemani* je schopen napadat více než 40 druhů mšic, ale v ochraně rostlin ve sklenících se využívá hlavně proti mšici bavlníkové (*Aphis gossypii*) a mšici broskvoňové (*Myzus persica*) (Prado et al. 2015). Parazitické vosičky se dodávají v sypkém substrátu ve stádiu mumifikovaných mšic. Mumie se rozsypávají do prostředí po prvním nálezů mšic na signalizačních žlutých lepových deskách. Nádobka obsahující mumifikované mšice se umísťuje do blízkosti prvních populací mšic, zejména do zastíněného místa. Aplikuje se 1 až 5 kukel na m². Parazitické vosičky se dají skladovat při teplotě 8 až 10 °C v temném prostředí maximálně 2 dny (Psota a Kopta 2010). V případě použití parazitoidů a predátorů ve sklenících může dojít k interakci. Predátoři jsou schopni zkonsumovat mšici, která už byla parazitována parazitickou vosičkou, tím dochází ke snížení počtu parazitoidů. Kombinace predátorů s parazitoidy rodu *Aphidius* může být užitečná v případě výskytu různých druhů mšic. Kombinovat parazitické vosičky s entomopatogenními houbami může být problematické. Druh *Beauveria bassiana* je schopen infikovat i druh *A. colemani*. Účinek *B. bassiana* byl prokázán už i na parazitovaných mšicích, kdy dojde k ovlivnění vývoje parazitoida uvnitř mšice (Prado et al. 2015, Ludwig a Oetting 2001).

5.2 Mšicovník (*Aphelinus abdominalis*)

Druh *Aphelinus abdominalis* náleží do řádu blanokřídlí (Hymenoptera), čeledi *Aphelinidae*, a rodu *Aphelinus*. V čeledi *Aphelinidae* se vyskytuje více než 1000 druhů parazitujících na různých druzích mšic, molíc a červců (Singh a Singh 2016). Parazitickou vosičku *A. abdominalis* je možné využívat v biologické ochraně rostlin proti mšici broskvoňové, kyjatkám a asi zhruba proti 200 dalším druhům mšic. Dospělec *A. abdominalis* může dorůst až do velikosti 3 mm a jsou černě zbarveni se žlutohnědým zadečkem. Mají krátké končetiny a krátká tykadla. Samečci jsou menší a tmavší než samičky (Biological Services 1). Většina samiček je schopna začít klást vajíčka hned první den po vylíhnutí. Samičky parazitují i okřídlené mšice (Wahab 2009). Po naklazení vajíčka se larva parazitoida líhne po 2 dnech. Larva ihned začne mšici požírat zevnitř, ale mšice nemusí ihned umírat. Parazitované mšice tímto parazitoidem *A. abdominalis* se přeměňují v černě zbarvené mumie. Ke změně tvaru a barvy parazitované mšice při teplotě okolo 20 °C dochází v průběhu 7 dní po naklazení vajíčka do zdravé mšice. Po zhruba 8 dnech od zakuklení si dospělec vykouše kruhový otvor a mumii opouští. Vývoj parazitoida od larvy po dospělého trvá při teplotě 24 °C přibližně 16 dní. Během svého života je samička schopna při ideálních podmínkách prostředí klást 5 až 10 vajíček denně. Parazitická vosička *A. abdominalis* se využívá především k ochraně rychlené zeleniny ve skleníku. Parazitickou vosičku je možné využívat preventivně v množství 0,5 až 2 jedince na m², v případě většího výskytu mšic se doporučuje vypouštět v množství 2 až 4 jedince

na m². Introdukce se mohou aplikovat týdně po dobu 3 týdnů. Druh *A. abdominalis* je distribuován v přípravcích, které obsahují mumifikované mšice. Některá balení mohou obsahovat až 1000 jedinců. Skladování je možné po dobu 2 dní při teplotě okolo 10 °C. Jednou z nevýhod *A. abdominalis* je jeho citlivost k některým pesticidům (Biological Services 1). Nicméně, v komerčních sklenicích se využívá v současné době jen biologická ochrana rostlin ve formě introdukce parazitoidů a predátorů, proto k aplikacím pesticidů může docházet je sporadicky při přemnožení škůdců, které již nejsou přirození nepřátelé schopni regulovat.



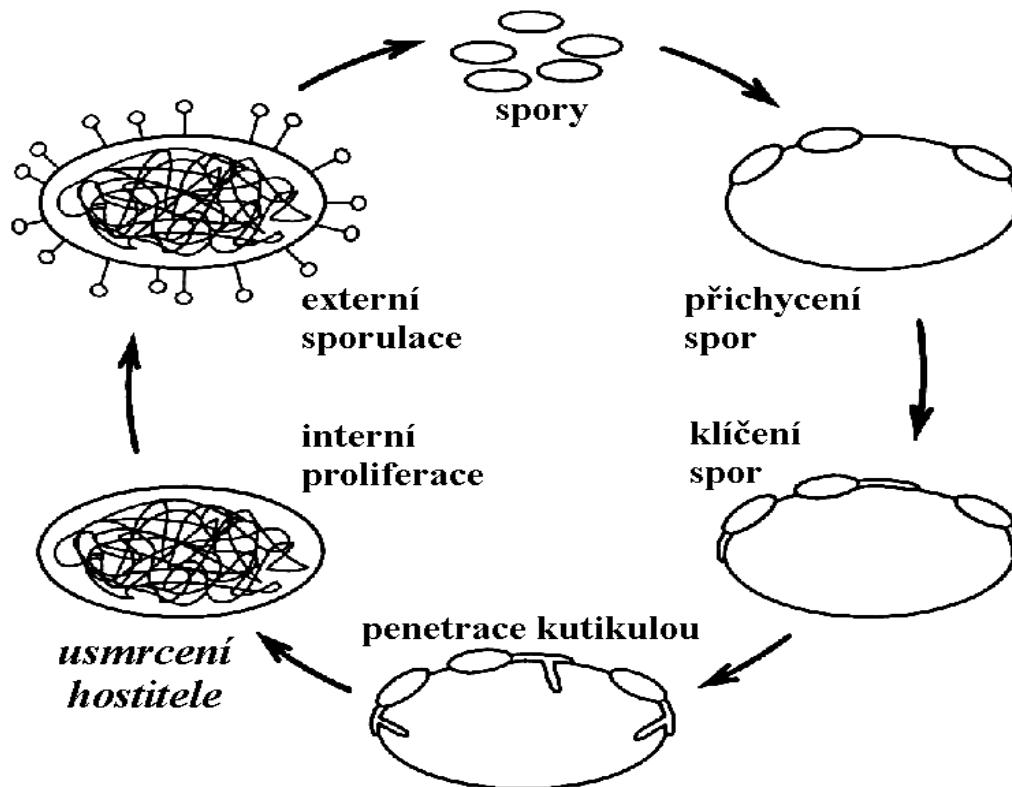
Obr. 11 Samička *Aphelinus abdominalis* klade vajíčko do těla mšice (Biological Services 1)

6. Entomopatogenní houby

Z důvodů používání chemických pesticidů po mnoho let, a jejich negativních účinků přimělo vědce hledat možné ekologicky přijatelnější náhrady. Jako jednou z možných alternativ se jeví právě entomopatogenní houby. Nejvýznamnější druhy entomopatogenních hub patří do *Entomophthoromycota* a *Ascomycota*. Houby jsou schopné způsobit onemocnění druhům hmyzu náležejících téměř do všech řádů. Existuje asi 750 druhů entomopatogenních hub, které jsou schopny infikovat škůdce. Nejdůležitějšími rody entomopatogenních hub jsou rody náležející do *Ascomycota*, řádu *Hypocreales* a to *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria* a *Lecanicillium*. Houby infikují svého hostitele pomocí spor, které klíčí na povrchu těla hostitele, prorůstají kutikulou dovnitř hostitele nebo do něj pronikají pomocí přirozených otvorů, ústního a řitního otvoru. Následně hostitele usmrcejí a houba zpětně prorůstá na povrch těla hostitele, kde v optimálních podmínkách prostředí sporulují. Po smrti se spory šíří dál na nové zdravé jedince v populaci konkrétního hostitele (Skinner et al. 2014, Sinha et al. 2016). Díky několika pozitivním vlastnostem jsou entomopatogenní houby vhodné pro použití v integrované ochraně rostlin (IOR). Mezi hlavní výhody patří jejich nízká škodlivost k přirozeným nepřítelům škůdců a jejich malý dopad na přirozenou biodiverzitu a na životní prostředí. Přes svoje výhodné vlastnosti mají houby několik nevýhod, která omezují jejich použití v ochraně rostlin. Mezi nejvýznamnější faktory, které snižují jejich efektivitu, jsou abiotické faktory zejména pak teplota a relativní vzdušná vlhkost. Životnost spor entomopatogenních hub může po aplikaci ovlivňovat i sluneční záření. Optimální teplota pro vývoj entomopatogenních hub je v rozmezí od 20 do 25 °C. Důležitou roli hraje relativní vzdušná vlhkost, která by se měla v kritických fázích vývoje hub (klíčení a sporulace) pohybovat okolo 90 % (Skinner et al. 2014). V porovnání s pesticidy je nevýhodou v používání entomopatogenních hub jejich dlouhá doba potřebná k usmrcení škodlivého organismu, která se pohybuje od několika dnů do několika týdnů v závislosti na druhu houby (Ondráčková et al. 2017). Nicméně, ve sklenících jsou schopny prodělavat vývoj velmi rychle a jsou schopny infikovat a usmrcovat škůdce do několika dní a vzhledem k tomu, že se v produkčních sklenících při pěstování rychlené zeleniny nedají používat pesticidy, jsou entomopatogenní houby v případě přemnožení škůdců ideální volbou.

Houbová infekce škůdce se dá rozdělit do několika fází, jako první je přilnutí spor na povrch těla hostitele, resp. na jejich kutikulu, klíčení spor, proniknutí kutikulou, růst uvnitř hostitelova těla, smrt hostitele, a nakonec dochází ke sporulaci (Sinha et al. 2016). K přilnutí spor na kutikulu hostitele je zapotřebí adhezni substance, kterou má na svých konidiích druh *Lecanicillium lecanii*. Jedná se o takzvanou mucilagenní hmotu. Tuto schopnost přilnutí na kutikulu hostitele nemají všechny entomopatogenní houby, protože některé druhy produkují suché

spory, jako jsou například *Beauveria bassiana*, *Metarhizium brunneum*, *Metarhizium anisopliae* a *Isaria fumosorosea*. Konidie těchto druhů se na povrch těla hostitele přichytí pomocí elektrostatických sil (Landa et al. 2008). K proniknutí do hostitelova těla využívají entomopatogenní houby penetrační hrot. Během penetrace vytvářejí hyfy apresorium, což je útvar, který produkuje degradační enzymy, které narušují kutikulu hmyzu. K proniknutí do těla hostitele využívají entomopatogenní houby málo sklerotizované části hostitelova těla. Po proniknutí do dovnitř těla se začne houba uvnitř rozrůstat, pomocí hyf začne využívat živiny a v hemolymfě produkovat blastospory, které se množí pučením. Blastospory následně zaplní vnitřek hostitelova těla, až dojde k jeho úmrtí a následné mumifikaci hostitele. K usmrcení hostitele využívají entomopatogenní houby i sekundární metabolity, toxiny, které produkují. Příkladem to mohou být beauvericiny, beauverolidy nebo destruxiny. Wang a Xu (2012) zjistili, že *B. bassiana* produkuje toxin nazývaný beauvericin, který má antimikrobiální, insekticidní a antivirové účinky a dá se dále syntetizovat z entomopatogenních hub rodu *Isaria* a *Fusarium*. V poslední fázi houba prorůstá na povrch hostitelova těla, kde vytváří konidiofory, na kterých se tvoří konidie. V optimálních podmínkách skleníků trvá vývojový cyklus 3 až 5 dnů (Sinha et al. 2016, Landa et al. 2008).



Obr. 12 Schéma vývojového cyklu entomopatogenních hub (Landa et al. 2008)

Tab 2: Rody entomopatogenních hub náležejících do řádu Hypocreales

	Čeleď		
	Clavicipitaceae	Cordycipitaceae	Ophiocordycipitaceae
Teleomorfa	<i>Hypocrella</i> , <i>Metacordyceps</i> , <i>Regiocrella</i> , <i>Torrubiella</i>	<i>Cordyceps s.str.</i> , <i>Torrubiella</i>	<i>Ophiocordyceps</i> , <i>Elaphocordyceps</i>
Anamorfa	<i>Aschersonia</i> , <i>Metarhizium</i> , <i>Nomuraea</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Pochonia</i> , <i>Rotiferophthora</i> , <i>Verticillium</i>	<i>Beauveria</i> , <i>Engyodontium</i> , <i>Isaria</i> , <i>Lecanicillium</i> , <i>Mariannaea</i> , <i>Microhilum</i> , <i>Simplicillium</i>	<i>Haptocillium</i> , <i>Harposporium</i> , <i>Hirsutella</i> , <i>Hymenostilbe</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Paraisaria</i> , <i>Sorosporella</i> , <i>Syngliocladium</i> , <i>Tolypocladium</i> , <i>Verticillium</i>

Některé entomopatogenní houby jsou úzce specializované a jsou schopny infikovat určitý druh škůdce nebo jeho příbuzné druhy. Příkladem je například druh *Aschersonia aleyrodis*. Jiné druhy jsou široce polyfágní a vyznačují se tím, že napadají velký počet různých druhů škůdců z jiných řádů. Jedná se o takzvané polyfágní druhy entomopatogenních hub, kam patří zejména druhy náležející do rodu *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria*, *Paecilomyces* a *Lecanicillium*. Entomopatogenní houby se se komerčně vyrábějí a jsou formulovány do granulí, smývateľného prášku, tekutého koncentrátu a popřípadě jsou součástí návnad. Při používání je možné entomopatogenních houby aplikovat několika různými způsoby. Mezi první možnost patří postřik, kdy jsou spory aplikovány na nadzemní části rostlin, tato metoda je velmi běžná. Houby se mohou v prostředí šířit i zoochorně, kdy jedinci škůdců v populaci roznášejí spory do místa, kde se houba zatím nevyskytovala. Takto vznikají v přírodě přirozené epizoocie v populacích škůdců (Skinner et al. 2014). V průběhu evoluce si hmyz vyvinul několik mechanismů, jak se bránit proti napadení patogeny. Jsou pasivní (kutikula) a aktivní způsoby ochrany. V případě napadení hmyz produkuje melanin, který může částečně ochránit kutikulu před houbovými enzymy, ale jenom v případě slabého nebo pomalého napadení houbovým patogenem. Další možností obrany je humorální reakce a buněčná reakce (Sinha et al. 2016).

6.1 Nejvýznamnější druhy entomopatogenních hub

6.1.1 *Lecanicillium lecanii*

Lecanicillium lecanii dříve známá jako *Verticillium lecanii* je jednou z nejběžnějších a nejdůležitějších entomopatogenních hub, která se využívá k ochraně zejména proti mšicím a červcům vyskytujících se v tropických, subtropických oblastech a oblasti mírného pásma. Houba byla objevena a poprvé popsána v roce 1861. Dříve se řadila do pomocného oddělení *Deuteromycetes*, a řádu *Moniliales* (Alavo 2015). V současné době se druhy entomopatogenních hub řadí do systému pohlavního rozmnožování (telemorfni stádium). Telemorfni stádium náleží do řádu *Hypocreales* a čeledi *Cordycipitaceae*. V řadě ekosystémů po celém světě *Lecanicillium* objevuje v nepohlavní formě (anamorfni stádium), kdy tento druh vytváří konidie, které se následně šíří v prostředí. V tropických a subtropických oblastech je druh *L. lecanii* schopen napadat svého hostitele přirozeně a způsobovat rozsáhlé epizoozie v populacích škůdců. V mírném podnebném pásu je možné nacházet infekci v populacích škůdců jen sporadicky. Nicméně v mírném podnebním pásmu je možné izolovat houby rodu *Lecanicillium* z půdního prostředí, protože půdy jsou značným rezervoárem entomopatogenních hub (Inglis et al. 2001). Nejdůležitějšími faktory pro správný růst a vývoj druhu *L. lecanii* jako i u ostatních druhů entomopatogenních hub jsou hlavně vysoká relativní vzdušná vlhkost a teplota (Alavo 2015, Malais a Ravensberg 1992). Mezi nejideálnější podmínky pro růst houby jsou teploty v rozmezí 15 až 28 °C a relativní vzdušná vlhkost minimálně 80 % (Rod et al. 2005). Při teplotě 5 °C jsou schopny spory *L. lecanii* ještě klíčit ale velmi pomalu. Naopak při teplotě vyšší než 30 °C se může růst i vývoj houby zastavit. Konidie jsou eliptické nebo válcovité a zhruba 3-7 x 1-2 μm veliké (Shinde et al. 2010, Alavo 2015).

Entomopatogenní houba *L. lecanii* infikují svého hostitele, tak že vyklíčené spory se přichytí na povrchu hostitele, k proniknutí kutikulou využívá degradačních enzymů proteázy a chinázy. Po infekci škůdce vytváří houba na jeho povrchu bílé nebo krémově bílé vatovité mycelium. Následně dochází ke sporulaci. Na myceliu se vyvíjí lahvicovité nebo jehlovité 20-35 μm dlouhé konidiogenní buňky (fialidy), které rostou buď jednotlivě, nebo v přeslenech. Na konci fialid jsou produkovány konidie, které se tvoří postupně a drží se v kulovitých shlucích, což je dáno tím, že jsou drženy pospolu lepkavou mucilagenní hmotou. Konidie jsou oválné o délce $6,1 \pm 0,9$ μm a šířce $2,2 \pm 0,3$ μm (Rod et al. 2005, Shinde et al. 2010, Seifert et al. 2011).

Díky velkému potenciálu *L. lecanii* docházelo v 70. letech 20. století ve Velké Británii k řadě laboratorním pokusům. Jedním z pokusů byl pokus proveden na rostlinách chryzantém, kdy byla houba aplikována na přemnožené populace mšic ve skleníku. Výsledky, které prokázaly vysokou účinnost na mšice, vedly v Evropě k výrobě dvou biopreparátů Vertalec a Mycotal, které

byly komerčně prodávány pěstitelům proti mšicím a molicím (Alavo 2015). Oba výrobky vyráběla firma Koppert Biological Systems z Holandska. V současné době mají na trhu je přípravek Mycotal. Oba druhy mají specifické účinky, díky kterým neohrožují užitečné organismy. Vertalec je možné použít ve sklenících k ochraně okurek, rajčat, paprik a řezaných květin (Malais a Ravensberg 1992). Bylo také prokázáno, že je možné kombinovat *L. lecanii* s jinými přirozenými nepřáteli jako například s parazitickou vosičkou *Aphidius colemani* (Alavo 2015, Shinde et al. 2010). V České republice není registrovaný žádný přípravek na bázi entomopatogenní houby rodu *Lecanicillium*. V Indii je vyráběn přípravek Mealikil® obsahující spory *L. lecanii*, který je určen proti mšicím, molicím, roztočům a dalším škůdcům, a to ve formě smývateľného prášku nebo ve formě rozpustného prášku (Anonym 3). V ochraně proti škůdcům se výrobky obsahující *L. lecanii* používají od 80. let 20. století (Rod et al. 2005).

6.1.2 *Beauveria bassiana*

Rod *Beauveria* obsahuje asi 49 druhů, mezi nevýznamnější druh patří *Beauveria bassiana*, která se taky nazývá jako bílá muskardina (Saranraj a Jayaprakash 2017). Druh *B. bassiana* je entomopatogenní houba, která se přirozeně vyskytuje v půdě po celém světě kromě Antarktidy (Sinha et al. 2016, Landa et al. 2008). V 19. století byla tato houba poprvé objevena na bourci morušovém (*Bombyx mori*) a popsána italským vědcem Agostinem Bassi di Lodi. Původní název byl *Botrytis bassiana*, kdy druhovým jménem *bassiana* byla houba pojmenováno na jeho počest. V roce 1912 Vuillemin vytvořil nový rod *Beauveria* a zařadil ji jako druh *Beauveria bassiana* (Saranraj a Jayaprakash 2017). Houba *B. bassiana* má široké využití jako přirozený nepřítel mnoha druhů škůdců. Houba se vyskytuje přirozeně v půdách lesích ekosystémů i v půdě polních agroekosystémů (Mwamburi 2020, Šimková 2009). Nalezena je nacházena i na nadzemních částech stromů, kdy způsobuje infekci na dospělých kůrovců. Houba *B. bassiana* byla izolována z více než 700 druhů. Mezi nejvýznamnější škůdce, které infikuje ve volné přírodě, je mandelinka bramborová, zejména přezimující dospělce v půdě. Vývoj houby *B. bassiana* je ovlivněn abiotickými podmínkami prostředí. Mezi nejvýznamnější patří teplota, sluneční záření a relativní vzdušná vlhkost. Optimální teplota pro klíčení konidií se pohybuje mezi 20 a 30 °C. Relativní vzdušná vlhkost by se měla pohybovat okolo 90 % (Saranraj a Jayaprakash 2017, Mwamburi 2020).

Houba *B. bassiana* svého hostitele infikuje pomocí konidií, které po uchycení se klíčí na povrchu kutikuly, a pomocí penetračního hrotu pronikají do tělní dutiny hostitele. K proniknutí do hostitelova těla opět produkují degradační enzymy, které narušují kutikulu a umožňují proniknutí penetračnímu hrotu, následně druh produkuje sekundární metabolity (beauvericiny, bassianolidy,

beauveriolidy, a další), které mají za úkol překonat imunitní systém hostitele (Landa et al. 2007, Patočka 2016). V tělní dutině houba začne využívat jeho živiny ke svému růstu a k tvorbě blastospor, které klíčí a dále vytváří uvnitř husté mycelium. Vlivem sekundárních metabolitů dochází k úmrtí hostitele. Hyfová vlákna prolifерují na povrch a na povrchu svého mrtvého hostitele produkují vzdušné mycelium, na kterém se vyvíjí nová generace konidií. Na myceliu se tvoří konidiofory, kde na konci vznikají konidiogenní buňky (fialidy). Fialidy mají kulovitou nebo baňkovitou bazální část a z ní vyrůstá rachis, který může mít délku až 20 μm . Rachis má cik-cak uspořádání, kdy na každém výstupku se vyvíjí konidie, které jsou hyalinní, kulovité až široce eliptické. Velikost konidií se pohybuje většinou kolem 2-3 x 2-2,5 μm . Konidie vznikají samostatně, ale v plné sporulaci se uspořádání konidií jeví jako shluky (Zimmerman 2007). Konidie se mohou v prostředí šířit a opět infikovat nové jedince. Celý cyklus může za optimálních podmínek trvat 4 až 6 dní (Landa et al. 2007, Mwamburi 2020).

Na světě je registrováno několik biopreparátů na bázi houby *B. bassiana*. Nejvýznamnějšími v Evropě a USA jsou biopreparáty BotaniGard WP, BoteGHA ES, Mycotrol WPO a Naturalis L. Všechny druhy přípravků se používají proti savému hmyzu ve sklenicích (Ondráčková et al. 2017, Forolunso et al. 2020). Biopreparáty jsou formulovány ve formě olejových suspenzí nebo ve formě rozpustného prášku (Sinha et al. 2016). Houbu *B. bassiana* je možné kombinovat s jinými druhy entomopatogenních hub. Například je možné použít *B. bassiana* a *L. lecanii* proti mšici broskvoňové a mšici bavlníkové (Mwamburi 2020). Jednou z negativních vlastností, může být u biopreparátu na bázi rozpustného prášku to, že při špatné manipulaci a bez ochranných pomůcek může u lidí manipulujících s biopreparátem vznikat alergie. A to z toho důvodu, že prášková formulace je prašná a člověk může tento prášek obsahující spory vdechovat (Rubin 2001). Z tohoto důvodu je důležité obecně dodržovat veškerá doporučení, která souvisí s používáním přípravků nejen na bázi chemických látek. V současné době je u nás v registru přípravků na ochranu rostlin registrován biopreparát BotaniGard WP a Naturalis L.

6.1.3 *Isaria fumosorosea*

Isaria fumosorosea dříve známá jako *Paecilomyces fumosoroseus* je celosvětově známá polyfágní entomopatogenní houba, která se využívá v biologické ochraně proti celé řadě škůdců (Zimmermann 2008). Využívá se především k ochraně rostlin proti škůdcům z řádu polokřídílí (*Hemiptera*), trásnokřídílí (*Thysanoptera*), motýli (*Lepidoptera*) a brouci (*Coleoptera*). Mezi nejvýznamnější škůdce, proti kterým je houba *I. fumosorosea* registrována, jsou mšice, molice a trásněnky (Weng et al. 2019, Landa et al. 2008). Po infekci jedince škůdce houbou *I. fumosorosea* vzniká na povrchu těla zpočátku bílé vzdušné mycelium, které postupně mění barvu na růžovou,

fialovou nebo šedou. Na vzdušném myceliu se tvoří konidiofory, které nesou lahvicovité konidiogenní buňky (fialidy). Z ústí fialidy se formují konidie, které se tvoří v řetězcích. Konidie jsou oválné, o velikosti 3-4 x 1-2 µm. Mezi hlavní abiotické faktory, které umožňují infekci škůdce, patří optimální teplota v rozmezí od 20 do 25 °C a relativní vzdušná vlhkost. Sluneční záření hraje též významnou roli v degradaci konidií po aplikaci. Optimální relativní vzdušná vlhkost pro klíčení a sporulaci je okolo 90 %. V případě poklesu relativní vzdušné vlhkosti pod 75 % může dojít k zastavení klíčivosti konidií. Účinnost, kterou měla entomopatogenní houba *I. fumosorosea* proti molicím, přimělo odborníky k jejímu použití i proti mšici *Diuraphis noxia* nebo *Amphorophora idaei*. Ze získaných výsledků bylo patrné, že *I. fumosorosea* měla mnohem větší účinnost na mšici než druh *Beauveria bassiana* (Zimmermann 2008, Elmekabaty et al. 2020). Později došlo k izolování některých kmenů a k pokusům na mšici broskvoňové (*Myzus persicae*) a mšici bavlníkové (*Aphis gossypii*) (Zimmermann 2008). Na trhu v Evropě a USA jsou biopreparáty PFR 97 20 % WDG, PreFeRal WG a NoFly WP™. Biopreparáty na bázi *I. fumosorosea* jsou zejména v USA registrovány proti savému hmyzu, jako jsou mšice, molice a třásněnky, popřípadě svilušky (Anonym 6).

7. Diskuse

V ochraně proti mšicím lze využívat různé metody integrované ochrany rostlin, zejména chemické a biologické metody ochrany rostlin. Ve sklenících, kde je pěstována plodová zelenina, se využívají pouze biologické metody ochrany rostlin. Mšice jsou schopny způsobit velké škody nejen na pěstované rychlené zelenině, ale zároveň na okrasných květinách (Landa 2002). Nejdůležitějším krokem v integrované ochraně rostlin je monitorování a identifikace přítomného škůdce. Monitorování mšic ve skleníkovém prostředí je možné hlavně pomocí žlutých lepových desek. V polních podmínkách jsou to pak žluté misky, které jsou napuštěny vodou nebo smáčedlem, které se umísťují na pole v blízkosti porostu. V přírodě jsou mšice unášeny i pasivně pomocí vzdušných proudů, v době, kdy mšice migrují ze zimního hostitele na hlavní plodiny. Pro monitoring mšic je v České republice vytvořena síť sacích pastí Johnson-Taylor, ze které jsou data sbírána a publikována v publikaci Monitorování letu mšic (Aphid Bulletinu), který vydává každoročně ÚKZÚZ (Fryč 2020, Rychlý et al. 2020). Identifikací přítomného škodlivého organismu je možné docílit v polních podmínkách snížení aplikace chemických látek nebo vyvarovat se chybám při aplikaci špatného pesticidu. Po identifikaci lze aplikovat chemické přípravky s upřednostněním selektivního přípravku, aby se tím neohrožovali necílové druhy. Metody integrované ochrany mají tu výhodu, že je možné je uplatnit jak na velkých zemědělských půdách, tak na malých plochách jako jsou sady nebo zahrady (Anonym 7, Sorensen 2009). Na ochranu rostlin je vyvíjen tlak, s cílem snížit vliv chemických přípravků na životní prostředí a na produkci zdravějších a kvalitnějších potravin.

Mšice někteří lidé považují za jeden z neškodlivějších druhů hmyzu na zemi. Je to velmi malý druh hmyzu, který škodí sáním a napadá celou řadu kulturních i nekulturních plodin. Po celém světě je známo více než 4000 druhů mšic. Před 2. světovou válkou se v chemické ochraně proti mšicím využívali přípravky jen ve formě nikotinu a arzeniku. Až po válce došlo k využívání DDT a dalších chlorovaných uhlovodíků jako univerzální prostředek k ochraně nejen proti mšicím, ale také proti dalším škůdcům (Sullivan 2008, Perring et al. 2018). Rachel Carson byla mezi prvními vědci, která ve svém díle z roku 1962 Tiché jaro (anglicky Silent spring) upozorňovala na nebezpečí z používání pesticidů (Prokopy a Kogan 2009). Používáním pesticidů docházelo k hromadění reziduí v potravním řetězci člověka a k tvorbě rezistentních populací různých druhů hmyzu, mezi které patřily i mšice (Perring et al. 2018, Sullivan 2008). Problémů způsobené chemickými přípravky se lze vyvarovat používáním alternativních způsobů ochrany jako je biologická ochrana. Biologická ochrana rostlin je záměrné použití přirozených nepřátel hmyzích škůdců, jako jsou užiteční predátoři, parazitoidi a patogeny (bakterie, viry, entomopatogenní

houby), za účelem snížení populace škodlivého hmyzu pod ekonomický práh škodlivosti, tím dochází ke snížení ztrát a ke zvýšení výnosů (Landa 2002). První pokusy v biologické ochraně rostlin se datují v Číně před tisíci lety, kdy docházelo k využívání mravenců na ochranu citronovníků před škůdci. Prováděné pokusy vedly k nastavení strategií, které se používají v biologické ochraně rostlin (Sullivan 2008, Mills 2014). V rámci biologické ochrany rostlin jsou využívány hlavně biopreparáty na bázi makroorganismů, predátoři a parazitoidy, které se aplikují pomocí sezónní inokulativní strategie ve sklenících. Tato strategie spočívá v zavedení velkého množství jedinců přirozených nepřátel proto, že populace mšic musí být ve skleníkovém prostředí velmi rychle potlačeny (Osborne et al. 2004, Driesche a Heinz 2004). V řízených podmínkách se mšice vyvíjí velmi rychle, a tím jsou ve velmi krátké době schopny navýšit počet jedinců v jejich populacích, do takové míry, že způsobují značné škody na pěstovaných plodinách. V biologické ochraně proti mšicím se využívají mnohem častěji parazitoidy než predátoři, a to hlavně z důvodu jejich úzké specializace na mšice, ve kterých se vyvíjejí (Blümel 2004, Osborne et al. 2004). Predátoři se vyznačují tím, že svoji kořist vyhledávají a požírají celou. Během celého života jsou schopni zkonzumovat několik stovek škodlivých jedinců (Perring et al. 2018, Sullivan 2008). K dosažení požadovaného účinku v biologické ochraně rostlin je zapotřebí znát nejen biologii konkrétního škůdce, ale i vývojový cyklus a potřeby přirozených nepřátel. Vedle predátorů a parazitoidů se v biologické ochraně rostlin mohou využívat i biopreparáty na bázi mikroorganismů, konkrétně na bázi entomopatogenních hub (Landa 2002).

V současné době bylo popsáno zhruba 700 druhů entomopatogenních hub, které jsou schopné způsobovat primární onemocnění na hmyzu. Entomopatogenní houby se liší od jiných mikroorganismů svojí schopností proniknutí do hostitelova těla skrze kutikulu (Zimmermann 2007). Entomopatogenní houby jsou velmi závislé na relativní vzdušné vlhkosti a teplotě, proto se nejčastěji využívají k ochraně skleníkových plodin, kde je možné regulovat podmínky. K ochraně rostlin je komerčně na zahraničním trhu k dostání okolo 170 biopreparátů (Faria a Wraight 2007). Každý takový biopreparát obsahuje jeden kmen entomopatogenní houby. Ve světě jsou komerčně využívány biopreparáty na bázi entomopatogenní houby *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium brunneum* (dříve *M. anisopliae*). Přípravky na bázi *Lecanicillium lecanii* se k ochraně proti mšicím využívají častěji než druhy jiných hub (Perring et al. 2018, Landa 2002, Osborne et al. 2004). Bohužel v ČR není registrovaný žádný přípravek na bázi *Lecanicillium lecanii*.

V České republice se v biologické ochraně proti mšicím využívají přípravky na bázi predátorů a parazitoidů. Ve formě parazitoidů jsou k dostání na trhu ve formě zmumifikovaných mšic parazitické vosičky *Aphidius colemani* a *Aphidius ervi* a to od 90. let minulého

století. Predátoři jsou doručováni ve formě larev, kukel nebo dospělců v sypkém substrátu. Z predátorů má velký význam hlavně dravá bejlmorka *Aphidoletes aphidimyza* a zlatoočko obecné *Chrysoperla carnea*. K potlačení nejen molic, ale i mšic má velký potenciál dravá ploštica *Macrolophus pygmaeus*. V zahraničí jsou k dostání sluněčka *Hippodamia convergens*, jejichž největší populace se nachází ve Spojených státech, odtud jsou sbírány a distribuovány k pěstitelům (Osborne et al. 2004). Ve skleníkových systémech je tak velmi dobře propracován systém biologické ochrany rostlin, proto plody rychlené zeleniny pěstované ve sklenících neobsahují rezidua chemických látek.

8. Závěr

Cílem této bakalářské práce je zpracování literární rešerše na základě odborné literatury zabývající se škodlivostí mšic ve skleníkových kulturách a možnostech jejich regulace. V práci je popsána morfolgie, vývojový cyklus a význam mšic v životním prostředí. Nejrozšířenějšími druhy skleníkových mšic jsou mšice bavlníková (*Aphis gossypii*) a mšice broskvoňová (*Myzus persicae*). Mšice broskvoňová je mnohem nebezpečnější, z důvodu přenosu většího množství rostlinných virů. Přes škody, které mšice způsobují, jsou důležitou součástí ekosystému. Jejich význam spočívá v tvorbě medovice, ze které včely vytváří med. Populace mšic dále slouží jako zdroj potravy velkému počtu druhů, které jsou na mšice úplně specializované nebo jen částečně. Zároveň se mšicích vyvíjí jiné organismy, parazitoidy.

Velká část práce se zabývá nejvýznamnějšími zástupci predátorů, parazitoidů a entomopatogenních hub používaných v biologické ochraně proti mšicím. Z parazitoidů jsou to hlavně parazitické vosičky, které přeměňují mšici v tzv. „mumii“. Nejvyužívanějším druhem parazitických vosiček v Evropě je hlavně *Aphidius colemani*, která napadá hlavně druhy rodu *Aphis* spp. a *Myzus* spp.. V případě výskytu větších mšic kyjatek je zapotřebí kombinovat parazitoida *Aphidius colemani* s větším druhem *Aphidius ervi*. K ochraně proti větším mšicím je možné dále využívat parazitickou vosičku *Aphelinus abdominalis*. Výhodou *A. abdominalis* oproti rodu *Aphidius* je vyšší odolnost vůči vyšším teplotám a nevýhodou nízká odolnost k pesticidům. V případě výskytu velkého množství mšic se doporučuje kombinovat parazitoidy s predátory, a to hlavně s dravou bejlmorkou *Aphidoletes aphidimyza*. Dravá bejlmorka *A. aphidimyza* vstříkuje paralyzující toxin do mšic, v případě velké kolonie dokáže zahubit velké množství mšic jen svým toxinem, aniž by byly zkonsumovány. Zlatoočko obecné (*Chrysoperla carnea*) a sluněčko sedmítečné (*Coccinella septempunctata*) jsou velmi důležité polyfágní druhy, kteří se živí převážně mšicemi a dalšími škůdci. Během celého života jsou schopni zahubit několik stovek mšic. K regulaci mšic je také možné využívat polyfágní druh dravé plošnice *Macrolophus pygmaeus*, která se živí kromě mšic i molicemi, sviluškami a třásněnkami. Je nutné dávat pozor na to, zda se ve skleníku vyskytují škůdci jakožto vhodná potrava pro tuto dravou plošnici, protože bez potravy je plošnice *M. pygmaeus* schopna sát rostlinné šťávy a tím způsobovat na rostlinných poškození.

Jako poslední možností se k regulaci mšic a dalších škůdců využívají entomopatogenní houby. V zahraničních zemích je registrována celá řada biopreparátů na bázi entomopatogenních hub. Houby se díky nízké toxicitě k člověku a užitečným organismům využívají jako alternativa za chemické přípravky, proto mají potenciál pro další vědecký výzkum.

9. Použitá literatura

- Alavo B.C.T. (2015): The insect pathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas and its use for pest control: A review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 3(4): 337-345.
- Backer D. L., Megido C. R., Haubruge É., Verheggen J. F. (2014): *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) as an efficient predator of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Europe. A review, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 18(4): 536-543.
- Backer D. L., Wackers L.F., Francis F., Verheggen J. F. (2015): Predation of Peach Aphid *Myzus persicae* by the mirid Predator *Macrolophus pygmaeus* on Sweet Peppers: Effect of Prey and Predator Density. *Insects*, 6: 514-523.
- Bagar M., Honěk A., Lukáš J., Pekár S., Pultar O., Stejskal V., Zacharda M., Ždárková E. (2003): Predátoři a parazitoidi v biologické ochraně polních kultur, skleníků a skladovaných komodit. *Metodika, Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha-Ruzyně*, 65 s.
- Bale J. S., Lenteren van J. C., Bigler F. (2008): Biological control and sustainable food production. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 363(1492): 761-776.
- Blümel S. (2004): Biological control of aphids on vegetable crops. In: Heinz K.M., van Driesche R.G., Parrella P. (Ed.): *Biocontrol in protected culture*. Ball Publishing, Batavia, pp. 1-24.
- Böhringer M., Günter J. (1996): *Ochrana rostlin. vydavatelství a nakladatelství Blesk, Ostrava 2*, 155 s.
- Čáča Z., Dušek J., Římovský K., Svítal J. (1990): *Ochrana polních a zahradních plodin. Státní nakladatelství v Praze*, 368 s.
- Dhandapani N., Sarkar P., and Mishra G. (2016): *Chrysopids*. In: Omkar (Ed.): *Ecofriendly pest management for food security*. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 311-327.
- Driesche van R.G., Heinz K. M. (2004): An overview of biological control in protected culture. In: Heinz K.M., van Driesche R.G., Parrella P. (Ed.): *Biocontrol in protected culture*. Ball Publishing, Batavia, pp. 1-24.
- Dušková L. (2009): *Ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům*. Grada, Praha, 96 s.
- Eilenberg J., Hajek A., Lomer C. (2001): Suggestions for unifying the terminology in biological control, *BioControl*, 46: 387-400.
- Elmekabaty M.R., Hussain M.A., Ansari M.A. (2020): Evaluation of commercial and non-commercial strains of entomopathogenic fungi against large raspberry aphid *Amphorophora idaei*. *BioControl*, 65: 91–99.
- Faria M., Wraight S. P. (2007): Mycoinsecticides and mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*, 43(3): 237–256.
- Folorunso E.A., Roy K., Gebauer R., Bohata A., Mraz J. (2020): Integrated pest and disease management in aquaponics: A metadata-based review. *Reviews in Aquaculture*, 13(2): 971-995.
- Fryč D., Rychlý S., (2014): *Mšice: Malý atlas do ruky 1. díl. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha*, 39 s.

- Fryč D., Rychlý S., 2014: Mšice: Malý atlas do ruky 2. díl. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha, 33 s.
- Fryč D., Rychlý S., (2018): Mšice na kulturních plodinách: Zelenina, 1. vydání. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha, 85 s.
- Hagen K. S., Mills N. J. Gordh G., McMurtry J. A. (1999): Terrestrial Arthropod Predators of Insect and Mite Pests. In: Bellows T. S., Fisher T. W. (Ed.): Handbook of Biological Control: Principles and Applications of Biological Control, Academic Press, USA, pp. 383-503.
- Hluchý M. (1994): Ekologické zemědělství: Prostředky biologické a biotechnologické ochrany rostlin. Biocont laboratory s. r. o., Brno. 80 s.
- Hluchý M., Ackermann P., Zacharda M., Laštůvka Z., Bagar M., Jetmarová E., Vanek G., Szöke L., Plíšek B. (2008): Ochrana ovocných dřevin a révy v ekologické a integrované produkci. Biocont Laboratory spol. s. r. o., Brno, 498 s.
- Hensel W., Jany C., Kluth S., Mayer J. Späth M. (2007): Praktická zahrada. Vašut, Praha, 600 s.
- Hrdý I., Bírová H., Havelka J., Marec F., Mráček Z., Landa V., Sehnal F., Soldán T., Weiser J., Zahrada M., Vrkoč J., Plíva J., Pulta O., Veselý D. (1991): Biopesticidy v zemědělství. Ministerstvo zemědělství, Praha, 107 s.
- Hrudová E., Pokorný R., Víchová J. (2006): Integrovaná ochrana rostlin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Praze. 153 s.
- Hrudová E. (2015): Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 144 s.
- Hudec K., Gutten J. (2007): Encyklopedie chorob a škůdců 1. vydání. Computer press a. s., Brno, 360 s.
- Inglis G.D., Goettel M.S., Butt T.M., Strasser H. (2001): Use of hyphomycetes fungi for managing insect pests. In: Butt T.M., Jackson C., Magan N. (Ed.): Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential. CAB International, Wallingford. UK, pp. 23-69.
- Jursík M., Holec J., Hamouz P., Soukup J. (2018): Biologie a regulace plevelů. Česká zemědělská univerzita, Praha, 359 s.
- Kalyanasundaram M., Kamala M. I. (2016): Parazitoids, In: Omkar (Ed.): Ecofriendly pest management for food security. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 109-138.
- Kazda J. Mikulka J., Prokinová E. (2010): Encyklopedie ochrany rostlin. Profí Press, Praha, 399 s.
- Kazda J., Prokinová E., Ryšánek P. (2007): Škůdci a choroby rostlin. Euromedia Group k. s. – Knižní klub, Praha, 288 s.
- Kocourek F., Bagar M., Falta V., Holý K., Harašta P., Chroboková, E., Kloutvorová J., Kúdela V., Lánský M., Náměstek J., Navrátil M., Ouředníčková J., Pluhař P., Psota V., Pultar O., Stará J., Sus J., Suchá J., Šafářová D., Špak J., Valentová L., 2015: Integrovaná ochrana ovocných plodin. 1. vyd. Profí Press, Praha, 320 s.
- Křístek J., Urban J., (2013): Lesnická entomologie. Academina, Praha, 445 s.

- Landa Z. (2002): Biologická ochrana zahradních rostlin proti chorobám a škůdcům v polních podmínkách, ve skleníčích a folivních. In: Demo M., Hričovský I. (Ed.): Trvalo udržatelné technologie v záhradnictve. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 225-280.
- Landa Z., Křenová Z., Vojtěch O. (2007): Využití houby *Beauveria bassiana* v ochraně proti lýkožroutu smrkovému. Lesnická práce, 10: 14-15.
- Landa Z., Bohatá A., Kalista M., (2008): Záměrné využívání autochtonních kmenů vybraných druhů entomopatogenních hub. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 47 s.
- Laštůvka Z., Krejčová P., (2000): Ekologie. Konvoj, Brno 185 s.
- Lenteren J., Bueno V. (2003): Augmentative biological control of arthropods in Latin America. *BioControl* 48(2): 123-139.
- Ludwig S. W., Oetting R. D. (2001): Susceptibility of natural enemies to infection by *Beauveria bassiana* and impact of insecticides on *Ipheseius degenerans* (Acari:Phytoseiidae). *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 18(3): 169-178
- Malais M., Ravensberg W. J., (1992): Knowing and recognizing. Eduard Bos Electronic Publishing, Rotterdam, 109 s.
- Mills N. (2014): Plant Health Management Biological Control of Insect Pests. In: Van Alfen N. K. (Ed.): Encyclopedia of agriculture and food systems, Academic Press, Elsevier, pp. 375-387.
- Mwamburi L. A., (2020): *Beauveria*. In: Amaresan N. et al. (Ed.): Beneficial Microbes in Agro-Ecology, Academic Press, Elsevier, USA, pp 727-748.
- Omkar, Kumar B. (2016): Biocontrol of insect Pests. In: Omkar (Ed.): Ecofriendly pest management for food security. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 25-61.
- Omkar, Misfra G. (2016): Syrphid Flies (The Hovering Agents). In: Omkar (Ed.): Ecofriendly pest management for food security. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 259-279.
- Omkar, Pervez A. (2016): Ladybird Beetles. In: Omkar (Ed.): Ecofriendly pest management for food security. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 281-310.
- Osborne L.S., Bolckmans K., Landa Z., Peña J. (2004): Kinds of natural enemies. In: Heinz K.M., van Driesche R.G., Parrella P. (Ed.): Biocontrol in protected culture. Ball Publishing, Batavia, pp. 95-128.
- Patočka J. (2016): Bioactive metabolites of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*. *Military Medical Science Letters (MMSL)*, 85: 80-88.
- Perdikis D. Ch, Lykouressis D. P. (2002): Description of the Egg and Nymphal Instars of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *ENTOMOLOGIA HELLENICA*, 14: 32-40.
- Perring T. M., Battaglia D., Walling L. L., Toma I., Fanti P. (2018): Aphids. In: Wakil et al. (Ed.): Sustainable Management of Arthropod Pest of Tomato Academic Press, Elsevier, pp. 15-48.
- Pokorný V., Šifner F. (2004): Atlas hmyzu. Paseka, Praha, 176 s.
- Prado G. S., Jandricic S. E., Frank S. D. (2015): Ecological Interactions Affecting the Efficacy of *Aphidius colemani* in Greenhouse Crops. *Insects*, 6(2): 538-575.

- Prokopy R., Kogan M. (2008): Integrated Pest management. In: Resh V. H., Cardé R. T. (Ed.): Encyclopedia of Insects Academic Press, Elsevier, pp. 523-528.
- Rasocha V., Hausvater E., Doležal P. (2007): Virové choroby brambor a možnosti jejich omezení. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, pp. 8.
- Rod J., Hluchý M., Prášil J., Zavadil K., Somssich I., Zacharda M., (2005): Obrazový atlas chorob a škůdců zeleniny střední Evropy: ochrana zeleniny v integrované produkci včetně prostředků biologické ochrany rostlin. Biocont laboratory spol s. r. o., Brno. 392 s.
- Rubin A. L. (2001): Mammalian Toxicity of Microbial Pest Control Agents Rubin. Handbook of Pesticide Toxicology, pp. 859–871.
- Rychlý S., Fryč D., Škulavíková O. (2020): Monitorování letu mšic v České republice v roce 2019 a jejich očekávaný stav v roce 2020. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ), pp. 152.
- Saranraj P., Jayaprakash A. (2017): AGROBENEFICIAL ENTOMOPATHOGENIC FUNGI – *Beauveria bassiana*: A REVIEW, Indo – Asian Journal of Multidisciplinary Research (IAJMR), 3(2): 1051–1087.
- Seifert K, Morgan-Jones G, Gams W, Kendrick B (2011): The Genera of Hyphomycetes. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. Utrecht, NL. pp. 997.
- Shinde S.V., Patel K.G., Purohit M.S., Pandya J.R., Sabalpara A.N. (2010): “*Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare and games“ and important biocontrol agents for the management of insect pests: A review. Agri. Review, 31(4): 235–252.
- Shrestha, G., Enkegaard, A., 2013. The Green Lacewing, *Chrysoperla carnea* : Preference between Lettuce Aphids, *Nasonovia ribisnigri* and Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis*. Journal of Insect Science 13, 1–10.
- Schwarz A., Etter J., Künzler R., Potter C., Rauchenstein H. R. (1996): Obrazový atlas chorob a škůdců zeleniny: Ochrana zeleniny v integrované produkci. Biocont laboratory s. r. o., Brno, 320 s.
- Singh R., Singh G. (2016): Aphids and their biocontrol. In: Omkar (Ed.): Ecofriendly pest management for food security. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 63-108.
- Sinha K. K., Choudhary A. K., Kumari P. (2016): Entomopathogenic Fungi. In: Omkar (Ed.): Ecofriendly pest management for food security. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 475-505.
- Skinner M., Parker B. L., Kim J. S. (2014): Role of Entomopathogenic Fungi in Integrated Pest Management. In: Abrol (Ed.): Integrated pest management: Current Concepts and Ecological Perspective, Academic Press, Elsevier, USA, pp. 169-191.
- Skalský M., Ouředníčková J., Kloutvorová J., Suchá J. (2018): Metodika ochrany hrušní proti měřičce skvrnitě (*Cacopsylla pyri*). Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s. r. o., 64 s.
- Sorensen J. T. (2008): Aphids, In: Resh V. H., Cardé R. T. (Ed.): Encyclopedia of Insects. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 523-528
- Sylla S, Brévault T, Diarra K, Bearez P, Desneux N (2016) Life-History Traits of *Macrolophus pygmaeus* with Different Prey Foods. PLoS ONE 11(11): e0166610.

- Sullivan D. J. (2008) Aphids (Hemiptera: Aphididae). In: Capinera J. I. (Ed.) Encyclopedia of Entomology, Springer, pp. 191-215
- Sung G.H., Hywel-Jones N.L., Sung J.M., Luangsa-Ard J.J., Shrestha B., Spatafora J.W. (2007): Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. *Studies in mycology*, 57: 5-59.
- Šarapatka B., Rychnovská M., Dlouhý J. (2010): Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut o. p. s., Olomouc 440 s.
- Šefrová H. (2006): Rostlinolékařská entomologie. Konvoj s. r. o., Brno, 258 s.
- Šimková J. (2009): Influence of different storage conditions on vitality and virulence of *Beauveria bassiana* spores. *Journal of Agrobiology*, 26(2): 75-81.
- Truneček K. (2003): Technika a metody v ochraně rostlin. Mendelova univerzita v Brně, 178 s.
- Veselý V. (2013): Včelařství. Nakladatelství Brázda s. r. o., Praha, 270 s.
- Vráblíková J., Vráblík P. (2007): Úvod do agroekologie. Fakulta životního prostředí UJEP v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, 150 s.
- Wahab W. A. (2009): Observations on the biology and behaviour of *Aphelinus abdominalis* Dalm. (Hym., Aphelinidae), a parasite of aphids. *Journal of Applied Entomology* 100(1-5):290-296.
- Wang Q., Xu L. (2012): Beauvericin, a Bioactive Compound Produced by Fungi: A Short Review. *Molecules*, 17: 2367-2377.
- Wang L., Zhang S., Luo J.-Y., Wang C.-Y., Lv L.-M., Zhu X.-Z., Li C.-H., Cui J.-J. (2016): Identification of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) Biotypes from Different Host Plants in North China. *PLoS ONE* 11, e0146345.
- Weng Q., Zhang X., Chen W., Hu Q. (2019): Secondary Metabolites and the Risks of *Isaria fumosorosea* and *Isaria farinosa*. *Molecules*; 24(4): 664.
- Wright G. M. (2014): Biological Control of Invasive Insect Pests. In: Abrol (Ed.): Integrated pest management: Current Concepts and Ecological Perspective, Academic Press, Elsevier, USA, pp. 267-281.
- Zahradník P., Liška J., Žďárek J. (1993): Feromony hmyzu v ochraně lesa. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha, 56 s.
- Zahradník P. (2006): Aplikace přípravků na ochranu lesa. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady, 76 s.
- Zimmermann G. 2007: Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 17: 553-596.
- Zimmermann G. (2008): The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. *Biocontrol Science and Technology*, 18:9, pp. 865-901.

Internetové zdroje

- Anonym 1 [online], [cit. 25. 2. 2021] Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=8890
- Anonym 2, 2020: Slunéčkovití. [online], [cit. 15. 1. 2021] Dostupné z: <https://www.cswiki.cz/wiki/Slun%C3%A9%C4%8Dkovit%C3%AD>
- Anonym 3: *Mycrolophus pygmaeus*. [online], [cit. 10. 3. 2021] Dostupné z: <https://entocare.nl/biological-control-whitefly/macrolophus-pygmaeus/?lang=en>
- Anonym 4: *Mycrolophus pygmaeus*. [online], [cit. 10. 3. 2021] Dostupné z: <https://ecophytopic.fr/sites/default/files/2020-03/Biobest%20-%20Macrolophus%20System%20-%20Macrolophys%20pygmaeus.pdf>
- Anonym 5: Mealikil®. [online], [cit. 10. 3. 2021] Dostupné z: http://agri-life.in/products/microbial_mealikil.php
- Anonym 6: NOFLY WP™. [online], [cit. 10. 3. 2021] Dostupné z: <https://www.koppertus.com/nofly-wptm/>
- Anonym 7: Integrated Pest Mangement (IPM) Principles. [online], [cit. 30. 3. 2021] Dostupné z: <https://www.epa.gov/safepestcontrol/integrated-pest-management-ipm-principles>
- Aristizábal L. F., Arthurs S. P., 2018: Entomology and Nematology Department. University of Florida [online], [cit. 15. 12. 2020] Dostupné z: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/BENEFICIAL/convergent_lady_beetle.html
- Baker J. R. (2013): Melon Aphid. [online], [cit. 25. 2. 2021] Dostupné z: <https://content.ces.ncsu.edu/melon-aphid>
- Biological Services 1: *Aphelinus abdominalis*. Biological control, Australia, [online], [cit. 22. 12. 2020] Dostupné z: <http://biologicalservices.com.au/products/aphelinus-2.html>
- Capinera L. J. 2000: *Aphis gossypii* Glover (Insecta: Hemiptera: Aphididae). University of Florida [online], [cit. 16. 2. 2021] Dostupné z: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/aphid/melon_aphid.htm
- Capinera L. J. 2001: *Myzus persicae* (Sulzer) (Insecta: Hemiptera: Aphididae). University of Florida [online], [cit. 16. 2. 2021] Dostupné z: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/aphid/green_peach_aphid.htm
- Carrillo M. A., Woolfolk S. W., Hutchison W.D. 2021: Green Lacewings. Univerzity of Minnesota, [online], [cit. 16. 2. 2021] Dostupné z: <https://www.vegedge.umn.edu/pest-profiles/beneficials/green-lacewings>
- Fryč D. (2020): Nálety mšic do sacích pastí Johnson-Taylor v roce 2019. Agromanual. [online], [cit. 15. 4. 2021] Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/nalety-msic-do-sacich-pasti-johnson-taylor-v-roce-2019>
- Gall J. (2011): Aktuální přehled ochrany zahrad, sadů a vinic-červen a červenec [online], [cit. 20. 2. 2021] Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/aktualni-prehled-ochrany-zahrad-sadu-a-vinic-cerven-a-cervenec>

- Hausvater E., Doležal P., Baštová P. (2014): Mšice – přenašeči virových chorob brambor a ochrana proti nim. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, praktické informace č. 54, [online], [cit. 15. 04. 2021] Dostupné z: <https://www.vubhb.cz/cs/knihovna/prakticke-informace/msice-prenaseci-virovych-chorob-brambor-a-ochrana-proti-nim>
- Kocourek F. (2019): Uplatňování systému integrované ochrany rostlin v souvislosti se změnou legislativy (44): Řízení hmyzí rezistence I. – obecné zásady. [online], [cit. 25. 2. 2021] Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/uplatnovani-systemu-integrované-ochrany-rostlin-v-souvislosti-se-zmenou-legislativy-44-rizeni-hmyzi->
- McCraay K.W. (2008) Conservation Biological Control. [online], [cit. 23. 2. 2021] Dostupné z: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4020-6359-6_812#howtocite
- Ondráčková E., Ondřej M., Seidenglanz M. (2017): Entomopatogenní houby. Agritec, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o., Šumperk [online], [cit. 18. 10. 2020] Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/entomopatogenni-houby-v-ochrane-rostlin-proti-skudcum>
- Psota V., Kopta T. (2010): Bejlmorka – *Aphidoletes aphidimyza*. Mendelova univerzita v Brně, [online], [cit. 30. 9. 2020] Dostupné z: <http://user.mendelu.cz/xkopta/bejlmorka.html>
- Psota V., Kopta T. (2010): *Mšicomar-Aphidius*, Mendelova univerzita v Brně. [online], [cit. 30. 9. 2020] Dostupné z: <http://user.mendelu.cz/xkopta/msicomar.html>
- Suková I. (2012): Vyhláška o obecných zásadách integrované ochrany rostlin. Ministerstvo zemědělství, [online], [cit. 25. 2. 2021] Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/vyhlaska-o-obecných-zasadach-integrované-ochrany-rostlin.aspx>
- Šefrová H. (2014): Škodliví činitelé cukrové řepy – živočišní škůdci: Mšice broskvoňová – *Myzus persicae*. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta [online], [cit. 10. 1. 2021] Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2014/PDF/394-397.pdf
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (2014): Monitorování letu mšic-Aphid bulletin, Ministerstvo zemědělství. [online], [cit. 15. 12. 2020] Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organisms/aphid-bulletin/aphid-bulletin/uvodnik.html>
- Válek P. 1: Diflubenzuron. [online], [cit. 4. 3. 2021] Dostupné z: <https://arnika.org/diflubenzuron>

Použité obrázky

- Obr. 1: Fryč D., Rychlý S., (2018): Mšice na kulturních plodinách: Zelenina, 1. vydání. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha, 85 s.
- Obr. 2: Perring T. M., Battaglia D., Walling L. L., Toma I., Fanti P. (2018): Aphids. In: Wakil et al. (Ed.): Sustainable Management of Arthropod Pest of Tomato Academic Press, Elsevier, pp. 15-48
- Obr. 3: Capinera L. J. 2001: *Myzus persicae* (Sulzer) (Insecta: Hemiptera: Aphididae) University of Florida [online], [cit. 16. 2. 2021] Dostupné z:

http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/aphid/green_peach_aphid.htm

Obr. 4: Capinera L. J. 2001: *Myzus persicae* (Sulzer) (Insecta: Hemiptera: Aphididae) University of Florida [online], [cit. 16. 2. 2021] Dostupné z:

http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/aphid/green_peach_aphid.htm

Obr. 5: Baker J. R. (2013): Melon Aphid. [online], [cit. 25. 2. 2021] Dostupné z:

<https://content.ces.ncsu.edu/melon-aphid>

Obr. 6: Skalský M., Ouředníčková J., Kloutvorová J., Suchá J. (2018): Metodika ochrany hrušní proti meře skvrnitě (*Cacopsylla pyri*). Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s. r. o., 64 s.

Obr. 7: Gross J. *Aphidoletes aphidimyza*. [online], [cit. 25. 2. 2021] Dostupné z: <https://bugguide.net/node/view/48926>

Obr. 8: Skalský M., Ouředníčková J., Kloutvorová J., Suchá J. (2018): Metodika ochrany hrušní proti meře skvrnitě (*Cacopsylla pyri*). Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s. r. o., 64 s.

Obr. 9: Skalský M., Ouředníčková J., Kloutvorová J., Suchá J. (2018): Metodika ochrany hrušní proti meře skvrnitě (*Cacopsylla pyri*). Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s. r. o., 64 s.

Obr. 10: Biocont *Aphidius colemani* [online], [cit. 25. 2. 2021] Dostupné z: <https://biocont.cz/skudci/aphipar-aphidius-colemani>

Obr. 11: Biological Services 1: *Aphelinus abdominalis*. Biological control, Australia, [online], [cit. 22. 12. 2020] Dostupné z:

<http://biologicalservices.com.au/products/aphelinus-2.html>

Obr. 12: Landa Z., Bohatá A., Kalista M., (2008): Záměrné využívání autochtonních kmenů vybraných druhů entomopatogenních hub. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 47 s.