

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

---

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: 4106R013 Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**VYUŽITÍ MAKROORGANISMŮ A MIKROORGANISMŮ V BIOLOGICKÉ  
OCHRANĚ ROSTLIN PROTI MOLICÍM**

**Vedoucí diplomové práce:**

Ing. Andrea Bohatá, Ph.D.

**Autor:**

Erika Žáková

---

České Budějovice  
duben 2019

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 15.04.2019

.....  
Erika Žáková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Mé největší díky patří vedoucí bakalářské práce Ing. Andree Bohaté, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, drahocenný čas, bezbřehou trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

Zároveň děkuji mé rodině, především manželovi a dceři. Dále přátelům, kteří se mnou měli trpělivost a dodávali mi sílu k dopsání mé práce.

*Erika Žáková*

## ABSTRAKT

Molice patří mezi významné skleníkové škůdce, kteří mohou způsobovat nemalé škody na pěstovaných plodinách. Jejich škodlivost spočívá v tom, že vysávají z rostlin šťávu a produkují medovici, na které se usazují a poté rostou saprotrofní černě, které snižují asimilační plochu listů. Nejzávažnější škodlivost molic je přisuzována přenosem rostlinných virů. Nejvýznamnějšími zástupci molic, které se běžně ve skleníku vyskytují, jsou molice skleníková *Trialeurodes vaporariorum* a molice bavlníková *Bemisia tabaci*. Pro regulaci populací molic ve skleníku se používá sezónně inokulativní strategie biologické ochrany rostlin, kdy je cílem okamžité překrytí tohoto škůdce správnou volbou přirozených nepřátel. V regulaci populace molic ve skleníku přispívá biologická ochrana rostlin, a to konkrétně využívání přirozených nepřátel na bázi makroorganismů a mikroorganismů. Mezi makroorganismy jsou řazeny parazitoidi a predátoři molic. Nejvýznamnějšími komerčně používanými parazitoidy molic jsou dravé vosičky *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* a *E. mundus*. Predátory využívanými záměrně v biologické ochraně rostlin jsou dravá ploštice *Macrolophus caliginosus*, dravé slunéčko *Delphastus catalinae* a dravý roztoč *Amyseius swirskii*. Parazitické vosičky jsou úzce specializované na oba druhy molic, zatímco predátoři jsou polyfágní druhy, které se mohou živit na více druhů škůdců. Proti molicím se v zahraničí využívají i biopreparáty na bázi entomopatogenních hub. Nejvýznamnějšími druhy jsou *Aschersonia aleyrodis*, *Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana* a *Lecanicillium muscarium*. Pro efektivní použití těchto bioagens je důležité mít znalosti nejen o škůdci samotném, ale mít znalosti interakce škůdce – přirozený nepřítel - hostitelská rostlina. Důležité je tedy provádět kvalitní monitoring molic ve skleníku, aby použití přirozených nepřátel bylo rentabilní.

**Klíčová slova:** molice, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, biologická ochrana, parazitoid, predátor, entomopatogenní houby

## ABSTRACT

Whitefly is one of the most important greenhouse pests that can cause significant damage to crops. Whitefly suck juice from plants and produce honeydew which is sugar source for saprotrophic fungi called sooty mold. Fungi cover the leaves and reduce the leaf assimilation area. The most serious harm of whiteflies is attributed to transfer of many plant viruses. The most serious whiteflies commonly found in the greenhouses are *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. For the control of whitefly populations, the seasonal inoculum strategy of biological control is used, with the aim of immediately overlapping the pest with the right choice of natural enemies. Biological control contributes to the control of whiteflies in the greenhouse, specifically the use of natural enemies based on macro-organisms and microorganisms. The macroorganisms include parasitoids and predators. The most important commercially used whitefly parasitoids are *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* and *E. mundus*. Predators used in biological control against whitefly is the predatory bug *Macrolophus caliginosus*, the predatory ladybug *Delphastus catalinae* and the predatory mite *Amyseius swirskii*. Parasitic wasps are narrowly specialized in both whitefly species, while predators are polyphagous species that can feed on more pest species. Bioproducts based on entomopathogenic fungi are also used against whiteflies in the abroad. The most important species are *Aschersonia aleyrodis*, *Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium*. For the effective use of these bioagents, it is important to have knowledges not only about pest, but also about interaction among pest - natural enemy - host plant. So it is important to perform quality monitoring of whiteflies in the greenhouse to make the use of natural enemies profitable.

**Keywords:** whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, natural enemy, biological control, parasitoid, predator, entomopathogenic fungi

## OBSAH

1.	Úvod .....	1
2.	Literární přehled .....	2
2.1	Integrovaná ochrana rostlin .....	2
2.2	Biologická ochrana rostlin .....	4
2.3	Skupiny přirozených nepřátel .....	5
2.4	Základní strategie biologické ochrany rostlin .....	7
2.4.1	Klasická biologická ochrana .....	7
2.4.2	Inokulativní strategie .....	9
2.4.3	Inundativní strategie .....	9
2.4.4	Sezónně inokulativní strategie .....	10
2.4.5	Podpora a konzervace přirozených antagonist .....	11
2.5	Použití zásobních rostlin .....	11
2.6	Molice (Aleyrodidae), morfologie, bionomie a význam .....	12
2.7	Využití biologické ochrany ve sklenících .....	15
2.8	Biologická ochrana rostlin proti molicím .....	15
2.9	Makroorganismy .....	18
2.9.1	Parazitoidi .....	18
2.9.1.1	Parazitická vosička <i>Encarsia formosa</i> .....	19
2.9.1.2	Parazitické vosičky rodu <i>Eretmocerus sp.</i> .....	22
2.9.2	Predátoři .....	24
2.9.2.1	Dravá ploštice <i>Macrolophus caliginosus</i> .....	24
2.9.2.2	Predátor <i>Delphastus catalinae</i> .....	27
2.9.2.3	Dravý roztoč <i>Amblyseius swirskii</i> .....	29
2.10.	Mikroorganismy .....	30
2.10.1	Entomopatogenní houby .....	32
2.11	Entomopatogenní houby asociované s molicemi .....	33
2.11.1	Druh <i>Aschersonia aleyrodis</i> Webber .....	35
2.11.2	Druh <i>Isaria fumosorosea</i> Wize .....	36
2.11.3	Druh <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill. ....	37
2.11.4	Druh <i>Lecanicillium muscarium</i> (Petch) Zare & W. Gams .....	38
3.	Diskuze .....	39
4.	Závěry .....	48
5.	Použitá literatura .....	50

## 1. ÚVOD

Již od raného dětství se učíme, že existují podmínky nezbytně nutné pro život na Zemi. Mezi tyto základní podmínky patří zejména voda, vzduch, světlo, teplo a živiny. Živiny jsou zdrojem energie pro všechny živé organismy. Rostliny čerpají živiny z půdy a samy se stávají potravou pro další živé organismy a ty zase potravou těm dalším. Tomu se říká koloběh živin a souvisí s ním tok energie v ekosystémech. Již od nepaměti nám energii potravou dodávají rostliny, kterými se živíme nebo jimi krmíme domácí zvířata. Ta jsou pak pro nás potravou, nezbytně nutnou k přežití, a dalším zdrojem energie.

Následkem evoluce se lidé stávali rozumnějšími a více přemýšleli nad budoucností. To, co budou jíst, bylo a je jedním z nejdůležitějších otázek, kterou si pokládali. Z toho důvodu se snažili vypěstovat více rostlin sloužících k potravě. Vymýšleli různé způsoby jak úrodu zvýšit a likvidovat nežádoucí faktory, které úrodu eliminují.

Po druhé světové válce se díky různým výzkumům chemických látek našly ty, které se později začaly využívat jako pesticidy. Dlouhodobé používání pesticidů vedlo k neblahým účinkům. Nejen, že se škůdci, patogeny a plevely stávaly proti pesticidům rezistentní, ale docházelo k otravám i jiných organismů, těch necílených. Jedovaté látky se hromadily v organismech, v půdě, ve vodě a škodily dál a dostávaly se do dalších článků potravního řetězce.

Jako první na problémy spojené s chemickým ošetřováním rostlin upozornila Rachel Louise Carsonová, která v roce 1962 vydala knihu *Mlčící jaro*, vize katastrofy, kvůli používání DDT. Díky této knize vzniklo hnutí na ochranu životního prostředí. Po vydání knihy se lidstvo snažilo řešit problémy jinak. Snažili se najít ekologicky šetrné metody, a tak vznikl nápad, založený na principech integrované ochrany rostlin. Škůdce potlačovali jejich přirozenými nepřáteli, a tím se vyvinula tzv. biologická ochrana rostlin.

Biologická ochrana rostlin je v souladu s trvale udržitelným systémem hospodaření. Nemůže tudíž dojít ke kontaminaci vody, půdy, zkrátka, je to zdravý způsob eliminace škůdců. Možná bychom se měli zamyslet nad tím, zda by nebylo lepší snažit se více využívat biologické metody ochrany nebo jiné alternativní metody v převaze nad těmi chemickými. Pro budoucnost naší a budoucích generací.

Bakalářská práce je zaměřena na záměrné využití přirozených nepřátel v rámci biologické ochrany rostlin proti molicím ve skleníkových kulturách.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Integrovaná ochrana rostlin

Používání pesticidů v zemědělství má dlouhou historii. První zmínka o použití pesticidů pochází z období 2500 př. n. l., kdy staří Sumerové používali proti hmyzím škůdcům a roztočům síru. Mezi tímto obdobím a druhou světovou válkou bylo mnoho dochovaných záznamů o počátcích cílené ochrany rostlin. Následovalo období „Zelená revoluce“, které se datuje na konec druhé světové války, kdy byly chemické pesticidy a další agrochemikálie široce adaptovány k potlačení škodlivých činitelů. Použití chemických pesticidů přinášelo mnoho výhod a stalo se nedílnou součástí moderního zemědělství spolu s používáním minerálních hnojiv, nové zemědělské techniky a zároveň s pěstováním vysoce výnosových odrůd jednotlivých plodin. Během tohoto období byl zaznamenán velký nárůst produktivity, a to zejména kvůli rozšíření používání nových vysoce účinných pesticidů (Rajinder *et al.* 2009). Použití velkého množství pesticidů zajišťovalo vysoký a rychlý nárůst produkce, nicméně tato intenzita aplikací pesticidů vyústila v budoucnu k neblahým dopadům nejen na zemědělství samotné, ale vedla i k negativním vlivům na životní prostředí a sociálně politické prostředí. V roce 1962 byla vydána kniha „Mlčící jaro“ od Rachel Carson, která spolu s dalšími vědci poukazovala na negativní dopad širokého použití pesticidů na životní prostředí. Tlak veřejného mínění vedl mnoho zemí ke změně legislativních podmínek v používání pesticidů. Díky tomuto tlaku se začaly objevovat první návrhy na použití jiných metod v ochraně rostlin, než jen používání syntetických pesticidů. Negativním příkladem bylo používání pesticidu DDT, které bylo v té době velmi oblíbené a to nejen proti zemědělským škůdcům, ale i proti lidským parazitům. Rachel Carson ve své knize prokázala, jak DDT a další pesticidy používané masově v zemědělství postupují vzhůru potravním řetězcem a ohrožují tak vyšší druhy živočichů včetně jejich konzumentů i člověka (Huffaker *et al.* 1976).

Jak bylo uvedeno, už v 50. letech minulého století docházelo vlivem pesticidů k problémům v ochraně rostlin. Opakovanými aplikacemi pesticidů docházelo k navyšování rezistence v populacích škůdců. V roce 1959 entomologové zjistili, že spolu se mšicemi byli kvůli použití širokospektrálních pesticidů zabíjeni i jejich přirození nepřátelé, čímž nebyly populace mšic přirozeně regulovány. Zároveň tento stav vedl ke snížení biodiverzity v prostředí (Stern *et al.* 1959). Kalifornští entomologové Stern, Smith, van den Bosch a Hagen tím prokázali, že snížením aplikací širokospektrálních pesticidů dochází k nárůstu četnosti přirozených nepřátel v prostředí, což vede vedle chemické ochrany i k přirozené regulaci



populací mšic. Na základě tohoto pozorování došli k myšlence zapojení „integrací“ biologických metod s dosavadním používáním chemických metod a vymezili koncepci systémového přístupu k potlačování škodlivých organismů (Bajwa a Kogan 1996). Myšlenka integrace biologické a chemické ochrany rostlin proti škůdcům byla označována jako „integrováná kontrola.“

*První myšlenka integrované kontroly byla tak definována v roce 1959 (Stern et al. 1959):*

"Aplikovaná ochrana proti škůdcům, která kombinuje a integruje biologické a chemické metody. Chemická ochrana se používá podle potřeby, a to způsobem, který nejméně narušuje biologické metody ochrany. Integrovaná ochrana může využívat přirozeně se vyskytujících biologických kontrolních mechanismů, jakož i biologickou ochranu uskutečňovanou manipulací nebo indukci biotických činitelů.“

Integrovaná ochrana se tak zaměřila na ochranu všech přirozených nepřátel prostřednictvím selektivního použití pesticidů, které byly kompatibilní s přirozenými nepřáteli. Kvalifikovaní entomologové začali ve světě monitorovat výskyt škůdců a přirozených nepřátel v porostech a na základě poznatků pak rozhodovali o aplikaci pesticidů. Klíčovým aspektem integrované kontroly byla myšlenka harmonického propojení obou metod biologické a chemické ochrany rostlin. Zároveň se došlo k závěru, že kombinace těchto metod je považována za lepší než použití obou metod samostatně (Rajinder *et al.* 2009). Koncept cílené ochrany škůdců byl navržen v roce 1961 (Geier a Clark 1961). Důležitým krokem bylo pochopit přirozený systém výskytu škůdců a propojit znalosti několika vědních oborů za účelem pochopení základních aspektů populačních teorií. Škůdce má v systému pěstování rostlin důležitou roli, a to zejména tu, že je zdrojem potravy pro přirozené nepřátele. Nicméně, škůdce se může v agroekosystémech vyskytovat, ale nesmí překročit práh škodlivosti, aby nedošlo ke škodám na výnosu pěstované plodiny (Castle *et al.* 2009).

Pojem „integrováná ochrana rostlin“ (IOR) proti škůdcům byl formulován poprvé v roce 1967 právě entomology Smithem a van den Boschem a oficiálně uznán Národní akademií věd Spojených států amerických v roce 1969 (Rajinder *et al.* 2009). V průběhu let byly i na základě výzkumů integrovány další dostupné metody ochrany rostlin (mechanické, fyzikální, bioracionální, genetické, agrotechnické). Metody ochrany rostlin musí být kompatibilní a účinné proti stejnému škodlivému organismu. Integrovaná ochrana rostlin spojuje znalosti z různých oborů jako je entomologie, fytopatologie, nematologie, akarologie, herbologie a dalších disciplín (Landa 2002).

V současné době je na Integrovanou ochranu rostlin kladen velký důraz, protože od 1. 1. 2014 je každý profesionální uživatel povinen dodržovat zásady Integrované ochrany rostlin vyplývající z rámcové směrnice Evropského parlamentu a Rady o udržitelném využívání pesticidů 2009/128/ES, článek č. 14 a příloha č. III. V současné době jsou zásady IOR implementovány do legislativy ČR a konkrétně se jedná o Vyhlášku 205/2012 Sb., o obecných zásadách integrované ochrany rostlin. V průběhu doby bylo koncipováno mnoho definic IOR a na světě jich existuje zhruba 77 (Dufour 2001).

*Definice IOR podle rámcové Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/128/ES zní:*

„Integrovanou ochranou rostlin se rozumí pečlivé zvažování veškerých dostupných metod ochrany rostlin a následná integrace vhodných opatření, která potlačují rozvoj populací škodlivých organismů a udržují používání přípravků na ochranu rostlin a jiných forem zásahu na úrovních, které lze z hospodářského a ekologického hlediska odůvodnit, a které snižují či minimalizují rizika pro lidské zdraví nebo životní prostředí. Integrovaná ochrana rostlin klade důraz na růst zdravých plodin při co nejmenším narušení zemědělských ekosystémů a podporuje přirozené mechanismy ochrany před škodlivými organismy.“

V rámci IOR jde zejména o to, aby se všechny dostupné metody vzájemně doplňovaly a přispívaly k zamezení výskytu škodlivých organismů. Důraz je kladen na monitoring škodlivých činitelů a jejich přirozených nepřátel. Důležité je využívat komplexní informace o životních cyklech škůdců a patogenů rostlin. Jejich interakcí s prostředím a díky monitoringu je na základě vyhodnocení stavu škodlivých činitelů v porostu následně volena vhodná metoda pro regulaci populací škodlivých činitelů v agroekosystémech (Whipps a Lumsden 2001, Waage 1996).

## **2.2 Biologická ochrana rostlin**

Biologická ochrana rostlin je jednou z metod využívanou v rámci integrované ochrany rostlin. Termín biologická ochrana rostlin byla poprvé zavedena entomologem Smithem v roce 1919, kdy se dostaly do popředí studie zaměřené na pozorování přirozených nepřátel použitých při regulaci populací škůdců. Během těchto experimentů bylo prokázáno, že populace škůdců je v přítomnosti přirozených nepřátel daleko nižší, než při jejich absenci (Omkar a Kumar 2016). Živé organismy (bakterií, hub, virů, hlístic, roztočů aj.) jsou cíleně používány pro potlačování škodlivých organismů (škůdců, původců onemocnění, plevelných rostlin), pro omezení jejich vývoje, šíření a udržení jejich přítomnosti pod tolerovatelnou

úrovni (Crump *et al.* 1999, Hodek *et al.* 2012). Celkově jsou ve světě v současné době k dispozici prostředky využívající téměř sto druhů a kmenů mikroorganismů a více než padesát druhů makroorganismů (Omkar a Kumar 2016). Prostředky biologické ochrany rostlin se stále vyvíjí a výzkum sdružuje vědce z mnoha vědních disciplín včetně ekologů, entomologů, fytopatologů, patologů hmyzu, mikrobiologů a též vědců zabývajících se herbologií. Biologická ochrana je zaměřena na: (1) regulaci škůdců pomocí predátorů, parazitoidů a patogenních mikroorganismů; (2) regulaci plevelů pomocí herbivorů nebo patogenů; (3) regulaci původců onemocnění rostlin pomocí antagonistických a mykoparazitických mikroorganismů jakou jsou antagonistické bakterie a antagonistické nebo mykoparazitické houby (Eilenberg *et al.* 2001, Matthew *et al.* 2010).

Přirozené nepřátele lze definovat jako živé organismy, které se běžně vyskytují v přírodě a jsou schopny usmrcovat nebo oslabovat populace jiných organismů nebo přímo snižovat i reprodukční potenciál těchto organismů. Mezi přirozené nepřátele jsou řazeni predátoři, paraziti, parazitoidi, patogenní mikroorganismy a antagonisti (Landa 2002). Biologické biopreparáty se dlouhodobě využívají při regulaci škodlivých organismů v různých částech světa. Nicméně v posledních 3 až 4 desetiletích došlo k dramatickému nárůstu jejich využití poté, co byly zjištěny některé nevýhody vlivu konvenčních širokospektrálních pesticidů na životní prostředí. V praktické biologické ochraně rostlin jsou tyto skupiny přirozených nepřátel záměrně využívány a ve světě jsou na jejich bázi koncipovány biopreparáty tj. biopreparáty na bázi makroorganismů a mikroorganismů. Biopreparáty jsou komerčně vyráběny a ve světě je několik firem, které produkují makroorganismy ve velkokapacitních chovech, anebo produkují mikroorganismy pomocí velkokapacitních biotechnologií (Ravensberg 2010). Biopreparáty na bázi makroorganismů a mikroorganismů jsou záměrně využívány a aplikovány v různých systémech hospodaření. Základní strategie introdukce přirozených nepřátel do agroekosystémů jsou klasická biologická ochrana rostlin, inokulativní strategie, inundativní a sezónně inokulativní strategie a podpora a konzervace přirozených nepřátel (Landa 2002).

### **2.3 Skupiny přirozených nepřátel**

Charakteristika jednotlivých skupin přirozených nepřátel podle (Landa 2002):

#### *a) parazit*

- ✓ druh, který je na svého hostitele vázán potravně

- ✓ druh, který je na svého hostitele vázán alespoň částí svého vývoje
- ✓ druh, který svého hostitele oslabuje, nemusí ho vždy usmrtit

*b) parazitoid*

- ✓ druh, který je na svého hostitele vázán potravně
- ✓ druh, který je na svého hostitele zároveň vázán alespoň částí svého vývoje
- ✓ druh, který svého hostitele vždy usmrtí
- ✓ druh, který zabije v životě vždy jen jednoho hostitele
- ✓ druh, který neosidluje stejnou niku s hostitelem
- ✓ druh, který je úzce vázaný na konkrétní druh hostitele, je zde úzká specializace
- ✓ druh, který je synchronizován s určitým vývojovým stádiem hostitele (larvální parazitoid, vaječný parazitoid)
- ✓ řád *Hymenoptera*

*c) predátor (dravec)*

- ✓ druh, který je na svou oběť (kořist) vázán pouze potravně
- ✓ druh, jehož vývoj není vázán na vlastní oběť (kořist)
- ✓ druh, který ale osidluje s obětí (kořistí) shodný biotop
- ✓ druh, který v průběhu vývoje zpravidla usmrtí více jedinců oběti (kořisti)
- ✓ druh, který může být polyfágní, tj. je schopen žít se na více druzích z různých řádů hmyzu nebo roztočů, je zde široká specializace
- ✓ druh, který není synchronizován na vývojové stádium hostitele, tj. je schopen predovat na jakémkoliv stádiu hmyzu nebo roztočů
- ✓ predátoři jsou zastoupeni v mnoha řádech třídy hmyz (*Insecta*) a v některých čeledích roztočů (*Acarina*)

*d) patogenní mikroorganismus*

- ✓ obligátní nebo fakultativní patogen, který je schopen vyvolat onemocnění svého hostitele
- ✓ v širším slova smyslu jsou do této kategorie zahrnovány i druhy, jejichž interakce s okolními druhy má charakter antagonizmu, kompetice nebo inhibice

- ✓ entomopatogenní mikroorganismy, které jsou přímo asociovány s hmyzem (entomopatogenní viry, entomopatogenní bakterie, entomopatogenní houby, entomopatogenní resp. entomoparazitické hlístice)
- ✓ akarifágní mikroorganismy, které jsou přímo asociovány s roztoči
- ✓ nematofágní mikroorganismy, které jsou přímo asociovány s háďátky
- ✓ mykoparazitické a antagonistické houby a bakterie

## 2.4 Základní strategie biologické ochrany rostlin

Základní strategie biologické ochrany jsou: podpora a konzervace, introdukce a uchycení (augmentace) přirozených nepřátel (Waage a Mills 1992). Konzervace ochraňuje nebo navyšuje jedince v populacích přirozených nepřátel, kteří se už v daném prostředí vyskytují a jsou součástí ekosystémů. Introdukce znamená záměrné vypouštění, ať už exotických, nebo původních, přirozených nepřátel pro eliminaci cizích nebo původních škůdců. Pro záměrné vypouštění přirozených nepřátel jsou zavedeny velkokapacitní chovy, které ve světě zajišťují firmy zabývající se vývojem, výrobou a prodejem biopreparátů na bázi makroorganismů i mikroorganismů. V rámci strategií lze vzájemně kombinovat i různé druhy přirozených nepřátel za účelem eliminace jednoho škůdce (Landa 2002).

### 2.4.1 Klasická biologická ochrana

*"Záměrné zavádění (obvykle) exotického, obvykle koevolučně spjatého přirozeného nepřítele se škůdcem, s cílem trvalého usazení se přirozeného nepřítele v systému a dlouhodobého efektu regulace populace škůdce."*

Strategie klasické biologické ochrany je definována jako zavedení přirozeného nepřítele exotického původu pro regulaci škůdce, obvykle také exotického, který byl do nového areálu nevědomky zavlečen. Cílem strategie je pak dlouhodobé uchycení se přirozeného nepřítele v dané oblasti s cílem eliminovat zavlečený druh škůdce, popřípadě vypouštění přirozeného nepřítele jen po nezbytně nutnou dobu (Eilenberg *et al.* 2001).

Doporučené kroky pro úspěšný a bezpečný program strategie klasické biologické ochrany rostlin jsou (Kenis *et al.* 2017):

- a) Strategie klasické biologické ochrany rostlin vyžaduje vyhodnocení problému včetně identifikace škůdce a zjistit region původu, odkud byl škůdce do dané oblasti zavlečen,
- b) posoudit hospodářské a environmentální dopady škůdce,
- c) zavést spolupráci mezi regionem původního výskytu přirozeného nepřitele a oblasti jeho vysazení,
- d) zjistit veškeré dostupné informace nejen o škodlivém organismu, ale i o jeho přirozených nepřítelích,
- e) zjistit, zda se v oblasti zavlečení exotického škůdce nevyskytují přirození nepřítelé, kteří by byli schopni škůdce eliminovat,
- f) v případě, že se v oblasti proti exotickému škůdci nevyskytuje žádný přirozený nepřítel, je zapotřebí vytipovat a následně vybrat oblast potencionálního výskytu přirozeného nepřitele v oblasti přirozeného výskytu daného škůdce,
- g) zjistit v této oblasti přirozenou účinnost přirozeného nepřitele proti danému škůdci,
- h) nasbírat dostatečné množství jedinců potřebných k namnožení populace, s cílem regulovat populace škůdce v jeho novém „nepůvodním“ areálu rozšíření,
- i) pokud je to reálné a tam, kde je to nezbytně nutné, provést předběžné studie v původní oblasti výskytu přirozeného nepřitele a zjistit co nejvíce informací o jeho vývoji a ekologických podmínkách pro jejich existenci,
- j) v případě, že byl nalezen vhodný přirozený nepřítel, je nutné po jeho dovozu do nového areálu rozšíření zajistit prostory s certifikovaným karanténním zařízením, kde je důležité namnožit populaci přirozeného nepřitele a zároveň založit studie pro determinaci rozsahu hostitelského spektra a vyhodnocení biologických a bionomických aspektů během vývoje přirozeného nepřitele a v neposlední řadě optimalizovat chov,
- k) sledovat dopady na necílové organismy,
- l) pokud je přirozený nepřítel považován za vhodného a bezpečného pro daný region na základě provedených studií, je třeba podat žádost na příslušné úřady o povolení použití tohoto přirozeného nepřitele,

- m) v případě získání povolení je možné introdukovat přirozeného nepřitele do vybraných lokalit s cílem eliminovat populaci exotického škůdce a zabránit tak jeho šíření do nových lokalit,
- n) následně sledovat, co se v přírodě odehrává a hodnotit dopad přirozeného nepřitele na populaci škůdce a zároveň i v přírodě sledovat vliv introdukce na necílové organismy.

#### **2.4.2 Inokulativní strategie**

*"Záměrné využití živého organismu jakožto biologického agens s očekáváním jeho následného množení a usazení se v areálu rozšíření a cílem regulovat škůdce v delším časovém úseku."*

Strategie inokulativní biologické ochrany rostlin je založena na introdukci malého množství endemického nebo neendemického druhu přirozeného nepřitele (predátor, parazit, parazitoid nebo patogenní mikroorganismus) do nového areálu rozšíření škodlivého činitele, popřípadě je bioagens introdukováno do areálu, kde se již v dřívější době vyskytoval, nicméně vlivem negativních vlivů byl vyhuben. Cílem strategie je zajistit dlouhodobý efekt, který lze dosáhnout za předpokladu, že se přirozený nepřítel v areálu uchytí, tj. že se přirozený nepřítel v novém areálu adaptuje, kolonizuje ho, reprodukuje se v něm a následně se v něm přirozeně šíří. Realizovaný příklad této strategie je zavedení populace dravého roztoče *Typhlodromus pyri* do ovocných sadů a vinic proti svilušce chmelové popř. svilušce ovocné. V rámci této strategie je do cílových agro-ekosystémů introdukován malý počet jedinců přirozených nepřátel. Z tohoto důvodu má tato strategie výrazně ekologický charakter s velmi malým podílem technologických prvků, tj. pro produkci užitečného organismu jsou zavedeny nízkokapacitní chovy predátorů a parazitoidů nebo nízkokapacitní produkce patogenních mikroorganismů (Landa 2002). Někdy se do této strategie řadí předchozí klasická biologická ochrana rostlin.

#### **2.4.3 Inundativní strategie**

*„Záměrné využití živých organismů v ochraně rostlin proti škůdcům a původcům onemocnění, kdy je ochrany polních plodin dosaženo jednorázovou nebo opakovanou introdukcí většího množství přirozených nepřátel.“*

Při této strategii jsou indigenní nebo neindigenní druhy přirozených nepřátel masově produkovány a buď jednorázově, nebo periodicky introdukovány do cílového agroekosystému s cílem dosáhnout okamžitého překrytí škodlivého činitele, ať už se jedná o regulaci populace škůdců nebo suprese šíření a vývoje patogenů způsobujících onemocnění rostlin. Inundativní strategie je používána převážně u jednoletých plodin proti škůdcům prodávajícím jednu (monovoltinní), nebo méně než jednu (univoltinní) generaci v roce. Cílem je dosáhnout po introdukci přirozených nepřátel okamžitého „bio-insekticidního“ účinku. Tím, že má tato strategie výrazný technologický charakter, eliminace populace škůdců je dosažena tzv. překrytím populace výrazným počtem jedinců přirozeného nepřítele. Mezi úspěšné modely zavedení inundativní strategie je využití parazitických vosiček rodu *Trichogramma* spp. proti zavíječi kukuřičnému (Manandhar a Wright 2015), nebo aplikací biopreparátu na bázi entomopatogenní bakterie *Bacillus thuringiensis* subs. *kurstaki* proti témuž škůdci (Cook *et al.* 2004). Dalším modelem je aplikace mykoparazitické houby *Coniothyrium minitans* proti patogenu hlízence obecné (*Sclerotinia sclerotiorum*) způsobující bílou hnilobu u řepky (Smolińska a Kowalska 2018).

#### **2.4.4 Sezónně inokulativní strategie**

***„Záměrné využití živých organismů v ochraně rostlin zejména proti škůdcům, kdy se do krátkodobých pěstovaných plodin periodicky introdukuje velké množství přirozených nepřátel s cílem okamžitého překrytí škůdců.“***

Biologické kontrolní agens, aplikované v rámci strategie sezónní inokulativní biologické ochrany rostlin, musí být introdukováno buď přímo do populací škůdců, nebo je nutné vysadit přirozené nepřátele alespoň v blízkosti populací škůdců. Metoda opakovaných introdukcí v průběhu jedné vegetační sezóny je výhradně využívána v komplexní biologické ochraně rychlené zeleniny a okrasných květin. Cílem je nejen okamžitý ochranný efekt, ale i dlouhodobější regulace populací multivoltinních (více-generačních) druhů škůdců, a to po celou dobu pěstitelského cyklu. Účinnost přirozených nepřátel by měla být prokazatelná i na další generace cílového škůdce, které se vyvinou až po jejich introdukci. Strategie má opět výrazný technologický charakter, kdy ve firmách zaměřených na produkci přirozených nepřátel jsou zavedeny masové chovy a umělé produkce/kultivace patogenních mikroorganismů. Strategie je komerčně realizována standardními prostředky a přípravky biologické ochrany rostlin (Landa 2002, Nafiu *et al.* 2014). Příkladem této strategie je vysazování parazitické



vosičky *Encarsia formosa* proti molicím, nebo vysazení dravého roztoče *Phytoseiulus persimili*, nebo *Amblyseius californicus* do populací svilušky chmelové. Proti mšicím se využívá vysazování parazitoida *Aphidius colemani*, nebo predátora *Aphidoletes aphidimyza*. Dále mohou být vysazovány další druhy parazitoidů a predátorů produkovaných a distribuovaných pro účely biologické ochrany skleníkových plodin (Landa 2002).

#### **2.4.5 Podpora a konzervace přirozených antagonistů**

*"Změna životního prostředí, nebo stávajících postupů a zavádění ekologických prvků za účelem ochrany, podpory a navýšení populací přirozených nepřátel popřípadě jiných užitečných organismů vyskytujících se volně v přírodě s cílem snížit negativní vliv škůdců a původců onemocnění rostlin."*

V rámci této strategie se jedná o cílenou podporu, ochranu a konzervaci přirozených nepřátel vyskytujících se volně v přírodě. Strategie má výrazně ekologický charakter. V zájmovém prostředí je snaha navýšit účinnost indigenních druhů přirozených nepřátel pomocí zavádění nových technologických postupů nebo podpory ekologických prvků v přírodě. V principu jde o všechna opatření, která nejen podporují výskyt, vývoj a populační dynamiku přirozených nepřátel, ale zejména snižují přímé negativní vlivy na autochtonní populace přirozených nepřátel. Mezi podpurná opatření mohou být výsevy kvetoucích pásů na okrajích polí, vytvoření zimovišť pro užitečný hmyz, podporovat větší diverzitu pěstovaných plodin, podporovat a zavádět interakční prvky v krajině. Snížením nepřímých vlivů se rozumí zejména omezené a selektivní využívání pesticidů. Minimalizace negativních vlivů na přirozené nepřátele je v obecné rovině významnějším prvkem než jejich samotná podpora nebo konzervace. Principiálně není cílem této strategie záměrná introdukce biologického kontrolního agens do zájmového prostředí (Eilenberg *et al.* 2001, Landa 2002, Nafiu *et al.* 2014).

#### **2.5 Použití zásobních rostlin**

Ve světě byla vyvinuta metoda používání tzv. zásobních rostlin („banker plants“), které se používají preventivně nebo i kurativně k ochraně rostlin proti skleníkovým škůdcům. Zásobní rostliny mohou být v systému ochrany rostlin proti molicím používány v rámci sezónní inokulativní strategie. Systém zásobních rostlin spočívá v tom, že se na rostlinách jiného druhu, než je pěstovaná plodina ve skleníku, v několika ohniscích vysadí škůdce, který

není škůdcem hlavní plodiny ve skleníku. Po namnožení daného necílového škůdce se na tyto zásobní rostliny vypustí parazitoidi nebo predátoři, kteří začnou necílového škůdce regulovat. Necílový škůdce slouží jako alternativní hostitel pro parazitoida nebo potrava pro predátora. Takto vysazený přirozený nepřítel je určen pro regulaci cílového škůdce na hlavní plodině. Po rozvoji populace přirozeného nepřitele na zásobních rostlinách, se tyto rostliny umístí do skleníku, odkud se začne přirozený nepřítel rozptylovat do prostředí a začne aktivně vyhledávat cílového škůdce hlavní skleníkové plodiny. V případě, že se ve skleníku nevyskytuje doposud cílový škůdce, přirozený nepřítel má stále na zásobní rostlině alternativní zdroj potravy, nebo hostitele, a tím může v systému zásobních rostlin přežít a množit se po delší dobu, než se cílový škůdce ve skleníku objeví (Osborne *et al.* 2005, Frank 2010, Pultar 2003). Ve světě se jako zásobní rostlina pro regulaci populací molice využívá papája obecná (*Carica papaya*), která je infestovaná molicí vyskytující se na papáje (*Trialeurodes variabilis*) a následně se na tyto rostliny vypustí buď parazitoid *E. formosa* (určená proti molici skleníkové), nebo *E. transvena* (určená proti molici bavlníkové) (Osborne *et al.* 2005, Xiao *et al.* 2011).

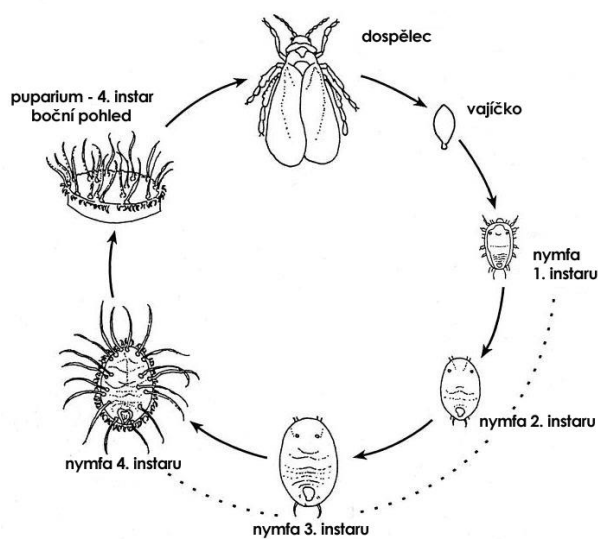
## **2.6 Molice (*Aleyrodidae*), morfologie, bionomie a význam**

Molice (*Hemiptera: Aleyrodidae*) jsou významné fytofágní druhy, které škodí na širokém spektru zemědělsky významných plodin, zejména pak na plodové zelenině, pěstovaných po celém světě. Molice jsou i významnými škůdci okrasných květin pěstovaných jak ve sklenicích, tak i ve venkovních podmínkách (Lee *et al.* 2013). Významnými klíčovými druhy, které se vyskytují v České republice, jsou molice skleníková *Trialeurodes vaporariorum* a molice bavlníková *Bemisia tabaci* (Landa 2002). Molice jsou široké polyfágní druhy, které jsou schopny prodělat kompletní vývojový cyklus včetně následné reprodukce na značném sortimentu rostlin. Molice se snadno adaptují na hostitelské rostliny a následně se šíří geograficky do nových areálů rozšíření, kde způsobují značné výnosové ztráty (Becker *et al.* 1992, Hadjistylli *et al.* 2015, Hadjistylli *et al.* 2016). Molice *T. vaporariorum* byla do Evropy zavlečena na počátku minulého století a od 70. let minulého století se stala běžnou součástí sortimentu klíčových škůdců v ČR. Molice *B. tabaci* byla v minulosti v České republice na seznamu karanténních škůdců, ale v současné době se na našem území běžně vyskytuje, nicméně je u nás vázána prakticky pouze na skleníky, protože u nás v polních podmínkách přezimuje (Landa 2002, Ovčarenko *et al.* 2014). Molice *B. tabaci* představuje velmi nebezpečný druh polyfágního škůdce, který se v současnosti vyskytuje

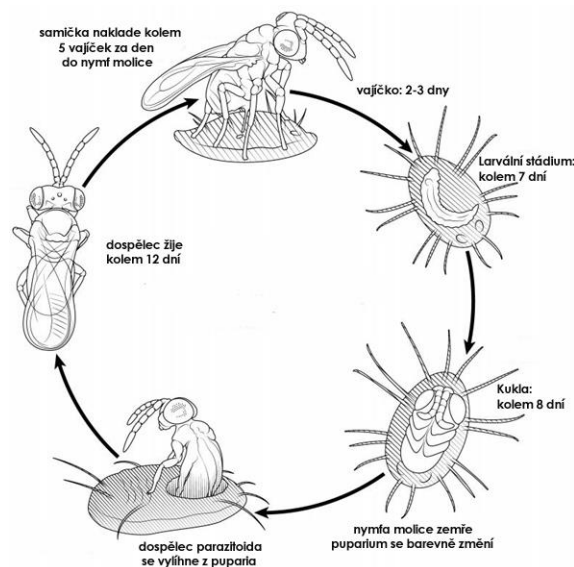
v převážné většině zemí EU. Molice *B. tabaci* je řazena do komplexu minimálně 34 morfofokryptických entit, které jsou označovány jako linie. Do Evropy se dostala kvůli mezinárodnímu obchodu s okrasnými květinami a sazenicemi zeleniny. Její výskyt je běžnější v jižních oblastech EU, kde se vyskytuje na mnoha druzích rostlin i mimo skleníky (Gilioli *et al.* 2013, Hadjistrylli *et al.* 2015). V současné době jsou tyto populace, které jsou adaptovány v Evropě, označovány jako evropské. Nicméně, neevropské populace molice *B. tabaci* jsou označovány za škodlivé organismy, které se nevyskytují v žádné části EU a jsou závažné pro celou EU (Anonym e-Agri 1). Molice jsou kosmopolitní škůdci a všeobecně se vyskytují na všech kontinentech kromě Antarktidy (Hadjistrylli *et al.* 2016). Kompletní vývojový cyklus molice probíhá na nadzemních částech rostlin, a to zejména na spodní straně listů (Summers 2002). Dospělci molice preferují vrcholy rostlin a na spodní stranu mladých listů kladou samičky vajíčka do kruhu, což je dáno tím, že samička při kladení vajíček saje a otáčí se kolem své osy (Byrne a Bellows 1991). Vajíčka molice skleníkové *T. vaporariorum* jsou po naklazení žlutobílá a jsou ovoidního tvaru a postupem času mění barvu do fialova (Fransen *et al.* 1987). Vajíčka molice jsou k listu přichycena stopkou, která je zapuštěna do štěrbin vznikajících při kladení vajíček na hostitelské rostlině (Byrne a Bellows 1991). Z vajíčka molice se líhne nymfa 1. instaru, která je spolu s dospělci pohyblivým jedincem a může se pohybovat na vzdálenost 50 mm až 20 cm (Summers 2002). Nymfa se po vyhledání vhodného místa k sání usadí, začne sát pomocí bodavě savého ústního ústrojí a na tomto místě prodělá celý vývoj až do vylíhnutí dospělého. Nymfy 1. až 4. instaru jsou oválné a jsou téměř průhledné, na zadečku mají dvě žluté skvrny zvané mycetomy obsahující vnitrobuněčné symbionty (Gill 1990). Čtvrtý instar molice je rozdělen do tří podstupňů (časná nymfa, střední nymfa a pozdní nymfa), které se liší morfologicky, barvou a vytvářením druhově specifických voskových ostnů. Časná nymfa 4. instaru je plochá a stále přijímá potravu z listů. Při přechodu do střední fáze přestává nymfa sát rostlinné šťávy a jedinec už potravu vůbec nepřijímá. V průběhu této vývojové fáze nymfy 4. instaru dochází k morfologickým změnám, kdy se z těla nymfy tvoří silná vosková schránka a přes povrch prosvítají výrazně červeně zbarvené oči. V poslední fázi vývoje nymfy 4. instaru lze i přes voskový tělní povrch zaznamenat formujícího se dospělého. V této fázi je nymfa 4. instaru nazývána jako puparium (Lei *et al.* 1996). Morfologie puparia slouží jako determinativní znak pro identifikaci molice skleníkové a molice bavlníkové. Puparium molice skleníkové má na povrchu výrazné voskové trny, které u puparií molice bavlníkové chybí (Malais a Ravensberg 2003). Dospělci molice se líhnou na hřbetu, kde se vytvoří otvor ve tvaru písmene T (Gill 1990). Délka vývojového cyklu molice závisí na teplotě,

nicméně i druh hostitelské rostliny může mít nepatrný vliv na délku vývoje molice (Osborne a Landa 1992).

Molice *B. tabaci* a *T. vaporariorum* škodí na více než 600 druzích hostitelských rostlin pěstovaných jak v polních podmínkách, tak i ve skleníku, na kterých mohou způsobit poškození. Mezi významné plodiny napadané *B. tabaci* patří bavlna, okurka, salát, sója a rajče, dále napadá okrasné květiny a vývoj může prodělavat i na mnoha druzích plevelů. Dospělci a všechny nymfální instary molice škodí sáním na listech. Největší škody sáním jsou způsobeny na mladých, vrcholových listech hostitelských rostlin, kde sají dospělci molice (Osborne *et al.* 2004). Molice škodí i nepřímo, a to vylučováním medovice, která obsahuje velké množství cukrů, na kterých následně rostou saprotrofní černě. Saprotrofní černě pokrývají svrchní stranu listu, což je dáno tím, že nymfy i dospělci molice kolonizují spodní stranu listů hostitelských rostlin a odkapávající medovice ulpívá na svrchní straně listů nižších pater rostlin. Listová plocha může být černěmi pokryta úplně celá, a tím může docházet ke snížení fotosyntézy a zároveň tak černě, znehodnocují estetický vzhled okrasných květin (Henneberry *et al.* 2002).



Obr. 1 Vývojový cyklus molice skleníkové *T. vaporariorum*



Obr. 2 Vývojový cyklus parazitoida *E. formosa* po parazitaci nymfy molice

Dospělé molice škodí i přenosem mnoha nebezpečných virů. Přenáší zástupce virů z rodu *Begomovirus* (*Geminiviridae*), *Crinivirus* (*Closteroviridae*), *Ipomovirus* (*Potyviridae*), *Carlavirus* (*Betaflexiviridae*) a *Torradovirus* (*Secoviridae*). Tyto viry mají rozdílnou morfologickou strukturu virionů, složení genomu a různý modus přenosu (Boykin *et al.* 2018). Nejvíce ekonomicky významné rostlinné viry jsou begomoviry. Molice skleníková

*T. vaporariorum* přenáší jen zástupce virů z rodu *Crinivirus*. Příkladem jsou viry *Beet pseudo-yellows virus* (BPYV) a *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV), které jsou přenášeny pouze molicí skleníkovou *T. vaporariorum* (Parrella 2008, Jhan *et al.* 2019). Zástupci begomovirů jsou považovány za nejvýznamnější a stále se rozrůstající skupinu rostlinných virů, které jsou z 90% přenášeny výhradně molicí bavlníkovou *B. tabaci* a těmito viry je infikována zelenina, hlíznaté rostliny a přadné rostliny v subtropických a tropických oblastech. Mezi významného zástupce skupiny *Closteroviridae* patří např. *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) a *Beet pseudo-yellows virus* (BPYV) přenášené molicí *B. tabaci*. *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) patří k nejvýznamnějším a nejrozšířenějším původcům virových onemocnění rajčete na světě (Jhan *et al.* 2019).

## 2.7 Využití biologické ochrany ve sklenících

Biologická ochrana rostlin je nejvíce využívána ve sklenících, kde je možné regulovat podmínky prostředí, zejména pak udržovat stálou teplotu a relativní vzdušnou vlhkost, které vyžadují pěstované plodiny. Zajištění vhodných podmínek pro pěstované plodiny nese i negativní aspekty, a to v přítomnosti škůdců a patogenů, kteří se do skleníku dostanou dříve nebo později z okolního prostředí ekosystémů. V případě pěstování rostlin v hydroponickém systému, odpadá problém s patogeny přenosné půdou. V příznivých podmínkách skleníků se mohou škůdci snadno vyvíjet a díky vyšším teplotám vytvořit daleko větší počet generací, než je schopen daný škůdce realizovat v polních podmínkách. Biologická ochrana rostlin je velmi dobře využívána právě ve skleníkových podmínkách, a to z toho důvodu, že jde o uzavřený systém, ve kterém lze snadno vytvořit podmínky i pro vypouštění přirozených nepřátel skleníkových škůdců. Z takto uzavřeného systému pak nemohou přirození nepřátelé migrovat do okolí a díky tomu je dosažena vysoká účinnost těchto bioagens na regulaci populací škůdců (Zídek a Ševčík 1992, Pultar 2003).

## 2.8 Biologická ochrana rostlin proti molícím

Ve sklenících se nachází řada škůdců, mezi ně patří molice, mšice, třásněnky, svilušky, červci, smutnice aj. (Landa 2002). Ve sklenících se využívají různí přirození nepřátelé pro regulaci dané populace škůdce. Molice jsou významní, polyfágní škůdci, kteří sají rostlinné šťávy z různých druhů rostlin z různých čeledí. Ve sklenících se vyskytují zejména na rychlené zelenině a na okrasných květinách. Na těchto kulturách prodělají během jedné pěstitelské sezóny několik generací. V praktické ochraně proti molícím jsou vedle

syntetických insekticidů běžně využívány i nechemické metody ochrany, včetně metod biologických. Metodicky diverzifikované systémy ochrany rychlené zeleniny a okrasných květin proti molícím, s převažujícím podílem biologických metod, jsou vysoce účinné a funkční. Metody ochrany rostlin proti molícím jsou voleny podle plodinového systému integrované ochrany rostlin (PIO). Při pěstování rychlené zeleniny se výhradně používají prostředky biologické ochrany, a to z toho důvodu, že plody jsou sklízány každý den a někdy i dvakrát denně. Při použití pesticidů musí být dodržena ochranná lhůta, která by limitovala sklizeň pěstované zeleniny, a tím by docházelo ke ztrátám na výnosu a ke snížení kvality pěstovaných plodů.

Přehled záměrně využívaných přirozených nepřátel (parazitoidů, predátorů a patogenních mikroorganismů):

- parazitoid *Encarsia formosa* – larva parazitické vosičky je potravně i vývojem vázaná na molici skleníkovou, pro komerční účely je parazitoid produkován ve velkokapacitních chovech, na komerční bázi je *E. formosa* využívána na celém světě, včetně ČR
- parazitoid *Eretmocerus* sp. – parazitická vosička je opět vázána jak vývojem, tak i potravně na molice, zejména pak na molici bavlníkovou
- dravá ploštice *Macrolophus caliginosus* – nymfy a dospělci ploštice predují na nymfách molic a jsou na svou oběť vázáni jen potravně
- dravé slunéčko *Delphastus pusillus* - larvy a dospělci slunéčka predují na vajíčkách a larvách molic, opět jsou vázáni na svou kořist pouze potravně
- dravý roztoč *Amblyseius swirskii* – nymfy a dospělci predují na vajíčkách a nymfách molic
- entomopatogenní houby – houby infikují převážně larvy a dospělé molice, některé mohou infikovat i vajíčka, v zahraničí jsou registrovány a komerčně dostupné biopreparáty na bázi různých druhů hub (např. houba *Lecanicillium lecanii* – biopreparát Mycotal®, houba *Isaria fumosorosea* – PreFeRal®, PFR 97 WDG®, houba *Beauveria bassiana* – BotaniGard®, Mycotrol®), případně i specificky působící patogen molice – entomopatogenní houba *Aschersonia aleyrodinis*, na bázi tohoto druhu není ve světě registrován žádný přípravek

Pro zvolení vhodných prostředků na regulaci molice je důležitá fáze sledování přítomnosti a posléze hodnocení četnosti populace molice. Pro zjišťování přítomnosti dospělců

molic jsou využívány žluté lepové desky, které se vyvěšují těsně nad porost, nebo do porostu pěstovaných rostlin. Na začátku pěstitelské sezóny se lepové desky vyvěšují v blízkosti vstupů do skleníků a na jižní stěny skleníků. Na jižní straně skleníků je největší teplo, které molic v prvotní infestaci preferují. V případě prvních výskytů dospělců se lepové desky vyvěšují po celém skleníku. Metoda sledování přítomnosti škůdců se nazývá monitoring a během pěstitelské sezóny musí být prováděna vizuální kontrola porostů, kterou provádí rostlinolékař nebo zkušený odborný pracovník. Při monitoringu je sledována četnost populací molic, ale nejdůležitější je v jaké fázi vývoje daný škůdce je a jaké převažují nymfální instary v porostu.

Molice lze rozlišit i na základě uspořádání křídel dospělců a pupárií molice skleníkové a molice bavlníkové (Škaljac *et al.* 2012).



Obr. 3 Křídla molice bavlníkové nepřekrývají tělo, jsou střechovitě uspořádány



Obr. 4 Křídla molice skleníkové *T. vaporariorum* překrývají tělo, které není z vrchního pohledu vidět



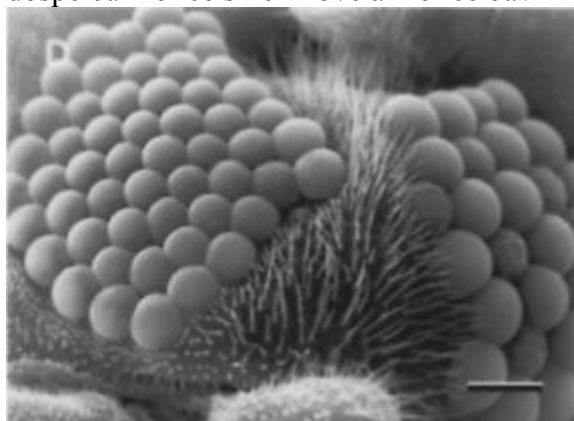
Obr. 5 Puparium molice bavlníkové *B. tabaci* nemá na povrchu voskové trny a je nepravidelně oválné



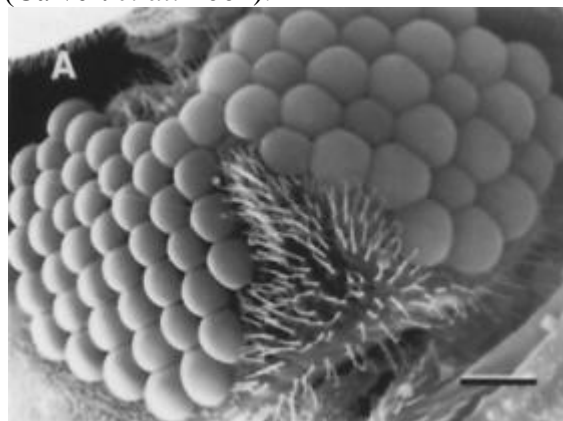
Obr. 6 Puparium molice skleníkové *T. vaporariorum* má na povrchu voskové trny a je pravidelně oválné

V České republice je nejrozšířenějším druhem molice skleníková *T. vaporariorum*, ale v neposlední době se u nás vyskytuje i molice bavlníková *B. tabaci*. Velmi důležitým krokem během monitoringu je odlišit tyto dva druhy, protože jejich škodlivost (ve vztahu k přenosu virových onemocnění) je různá. Na základě identifikace škůdce a celkovému vyhodnocení stavu porostu je zahájena cílená biologická ochrana záměrnou introdukcí vybraných přirozených nepřátel. V porostech lze kombinovat více druhů přirozených nepřátel, avšak musí být vybrána vhodná kombinace, aby nedocházelo k redukci jednoho druhu přirozeného nepřítele. Někteří predátoři nerozlišují při konzumaci parazitované a neparazitované larvy, čímž by docházelo ke snižování následné generaci v populaci parazitoidů (Malais a Ravensberg 2003, Pultar 2003).

Molice lze rozlišit na základě uspořádání malých oček (ommatidií) ve složených očích dospělců molice skleníkové a molice bavlníkové (Calvert *et al.* 2001).



Obr. 7 Složené oko molice sleníkové *T. vaporariorum*



Obr. 8 Složené oko molice bavlníkové *B. tabaci*

## 2.9 Makroorganismy

Skupina makroorganismů se člení podle vztahu k dané skupině škůdců, kterou jsou schopni regulovat, na parazitoidy a predátory. Základ těchto vztahů je vázán na potravu. Parazitem se rozumí cizopasník, který žije na úkor těl svých hostitelů, které oslabuje, ale ve finální fázi vývoje nemusí hostitele zabít. Parazitoid je organismus živící se v jiném živém organismu nebo na jeho povrchu, kdy konzumuje všechny, nebo většinu tkání a na konci vývoje je vždy usmrtí. Predátor je organismus, který v průběhu svého života spotřebuje více než jednoho jedince kořisti (Landa *et al.* 2007).

### 2.9.1 Parazitoidi

Hmyzí parazitoidi se vyvíjejí uvnitř hostitele (endoparazitoid), nebo na povrchu hostitele (ectoparazitoid). Dospělci parazitoidů jsou úzce asociováni s jejich hostiteli a jsou



úzce specializováni na jeden druh nebo rod. Parazitoidi jsou zpravidla menší než jejich hostitel a dospělci jsou volně žijící organismy, v tom smyslu, že se nemusí zdržovat v blízkosti populace hostitele, ale létají v prostředí skleníků (Osborne et al. 2004). Někteří parazitoidi lokalizují hostitele náhodným setkáním, ale většina z nich reaguje na chemické podněty vyprodukované hostiteli, nebo jejich výměšky, popřípadě reagují vizuálně, nebo reagují na vibrace vydávané hostitelem. Tyto stimuly mohou být produkovány přímo hostitelem, nebo uvolněnými látkami z rostlin při jejich konzumaci, nebo při sání, anebo přímo interakce hostitel vers. hostitelská rostlina. V případě, že parazitoid lokalizuje hostitele, začíná parazitoid s ohledáním a v krátkém časovém úseku buď samička naklade vajíčko do hostitele, nebo se hostitelem začne živit, nebo může nevyhovujícího opustit (van Lenteren a Woets 1988). V případě použití pesticidů nebo mechanické poškození rostlin může parazitoida na určitou dobu odehnat od populace hostitele. Vyhledávání hostitele parazitoidem může být ovlivněno i mnoha podmínkami prostředí. Světlo, teplota, hostitelská rostlina, postavení listů na rostlině resp. její architektura a přítomnost medovice může mít vliv na rychlost chůze při ohledávání jednotlivých stádií parazitoidem (Osborne et al. 2004). Objevení endofytického hostitele parazitoidem v jeho mikrohabitatu je důležité pro uskutečnění interakce parazitoid-hostitel. Nalezení hostitele je tedy pro parazitoida rozhodujícím krokem a má hlavní vliv na jeho další vývoj (Djemai et al. 2004). Při optimálních podmínkách prostředí a při nalezení vhodného hostitele naklade samička vajíčko do vhodného stádia hostitele, nevhodné stádium usmrtí a žíví se na něm. Parazitoid svou predanční schopností může z malé části navýšit mortalitu daného hostitele (Osborne et al. 2004).

### 2.9.1.1 Parazitická vosička *Encarsia formosa*



Foto: Koppert B.V.

*Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) je velmi významná a ve světě hojně používaná parazitická vosička proti molícím ve skleníkových kulturách. Parazitická vosička *E. formosa* byla poprvé popsána v roce 1924 jako parazitoid, který se vyskytl ve skleníku na neurčeném druhu molice v Idaho, USA. Nicméně, přesný původ není znám, ale pravděpodobně pochází ze stejných oblastí jako její hostitel molice skleníková *T. vaporariorum*, tj. z tropických a subtropických oblastí Jižní a Střední Ameriky. Hostitelské spektrum parazitické vosičky není úplně prozkoumáno, avšak jde o známého parazitoida, který prodělává svůj vývojový cyklus na čeledi *Aleyrodidae*, včetně druhů *Dialeurodes citri*, *T. vaporariorum*, *Aleuroglandulus malangae*, *Aleurotrachelus trachoides*, *Aleyrodes lonicerae*, *Aleyrodes proletella*, *B. tabaci* a *Dialeurodes chittendeni* (Gerber a Schaffner 2016). Parazitická vosička *E. formosa* se začala ve sklenících v USA a Evropě komerčně používat od roku 1926 (Hu *et al.* 2002). Hojně byla používána až do konce války. Po válce však došlo k rozvoji chemické ochrany rostlin a vyvíjené pesticidy tak vytlačily používání biologických agens včetně *E. formosa*. V 70. letech minulého století došlo opět k rozvoji použití biopreparátů na bázi makroorganismů a od 90. let se zvyšovaly i plochy skleníkových kultur, kde byla *E. formosa* masově hojně používána (Hoddle *et al.* 1998). Mimo Evropu byla parazitická vosička použita i v Egyptě, kde pomocí dospělců pěstitelé regulovali populace molice bavlníkové *B. tabaci*. V Austrálii, Izraeli a v USA na Havaji byla použita jako biologické agens proti molici skleníkové *T. vaporariorum* (Malais a Ravensberg 1992). V mnoha evropských zemích je používána ve sklenících, ale do současné doby není jasné, zda se v přirozených podmínkách ekosystémů parazitická vosička v těchto zemích vůbec vyskytuje. V polních podmínkách nebyla *E. formosa* doposud použita pro regulaci populací molic (Gerber a Schaffner 2016).

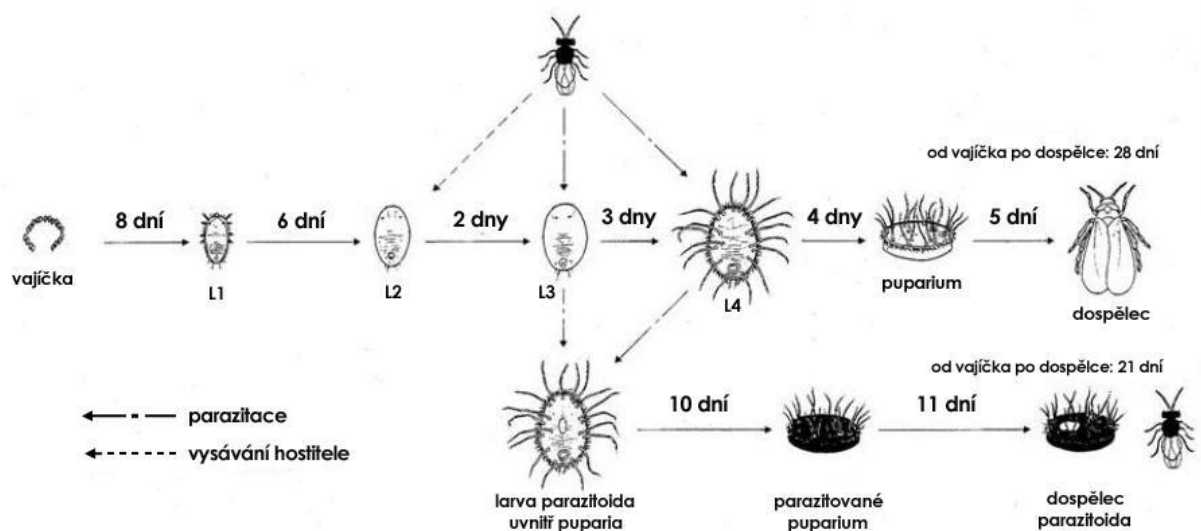
Samička *E. formosa* je kolem 0,6 mm velká s 2. páry blanitých křídel. Hlavu a hrud' mají samičky černě zbarvenou, zatímco zadeček je žlutý. Mají lomená tykadla, která hrají velmi důležitou roli v rozpoznávání hostitele. Sameček *E. formosa* je zcela černý a o něco větší než samička. Druh *E. formosa* se rozmnožuje partenogeneticky formou thyletokie indukovanou infekcí bakterie *Wolbachia* (Hu *et al.* 2002). Bakterie *Wolbachia* je schopna navodit partenogenezi, při níž se nový organismus vyvíjí z neoplozeného vajíčka. Infikované samičky kladou neoplozená vajíčka do nymf molic, z nichž se vyvinou pouze samičky, které jsou nadále infikované *Wolbachii* (Lom 1995). V populaci se mohou vyvíjet i samečci, nicméně v populaci jsou zastoupeni pouze 1 – 2 % a nejsou schopni úspěšně oplodnit samičku (Zchori-Fein *et al.* 1992).

Dospělé samičky *E. formosa* se mohou živit medovicí, nebo se chovají jako predátoři, kdy samičky svým kladélkem usmrtí nymfy molice a následně vysají jejich hemolymfu. Pro obživu dává *E. formosa* přednost nymfám 2. instaru, ale může se živit i ostatními instary nymf (Malais a Ravensberg 1992).

Po introdukci *E. formosa* do skleníkových kultur začnou samičky vyhledávat svého hostitele zejména pomocí čichových podnětů. Nejčastěji reagují na těkavé látky uvolňující se do prostředí z molicemi vyprodukované medovice. Po nalezení populace hostitele dochází samičkami k ohledání jednotlivých nymfálních instarů, k čemuž používají tykadla, na kterých jsou umístěny čichové buňky. Po ohledání kladou vajíčka do vhodných nymfálních instarů a ty nevhodné pro reprodukci zvolí ke své výživě. Parazitaci i výběr nymfálních instarů k obživě ovlivňuje teplota prostředí (Hoddle *et al.* 1998).

Druh *E. formosa* je osamělý nymfální endoparazitoid, kdy samičky nakladou kolem 8 až 10 vajíček za den jednotlivě do nymf molice. Pro svou parazitaci preferují molici skleníkovou *T. vaporariorum*, ale v přítomnosti molice bavlníkové jsou schopny parazitovat i nymfy tohoto druhu (Malais a Ravensberg 1992). Parazitoid *E. formosa* klade vajíčka do nymf všech vývojových instarů *T. vaporariorum*, s výjimkou pohyblivého stadia nymf 1. instaru, avšak upřednostňují nymfy 3. instaru nebo časného 4. instaru. Rychlost úspěšného vývoje parazitoida je nejvyšší v těchto instarech. Zároveň je schopna klást i svá vajíčka do nymf 2. instaru (Hoddle *et al.* 1998).

Schéma průběhu vývojového cyklu molice skleníkové *T. vaporariorum* a souběžný vývoj parazitické vosičky *E. formosa* (Malais a Ravensberg 1992).



V průběhu života naklade samička 60 až 80 vajíček. Vývojový cyklus parazitoida probíhá uvnitř parazitovaných nymf. Parazitované nymfy molice *T. vaporariorum* vlivem vývoje parazitoida zcela zčernají a po ukončení vývoje se dospělý parazitoid vykousne na hřbetní straně usmrčené nymfy 4. instaru, to znamená, že nymfa molice se i nadále po parazitaci vyvíjí do posledního nymfálního instaru. Neparazitovaná puparia molice jsou bílá nebo krémově žlutá, zatímco parazitovaná puparia jsou černá. Z tohoto důvodu je snadné určit účinnost parazitoida introdukovaného do skleníků za účelem eliminace populací molice. Jak bylo uvedeno v kapitole věnované škůdcům čeledi *Aleyrodidae*, ze zdravých puparií se vylíhnou dospělci molice, kdy výletový otvor je ve tvaru písmene T, zatímco u parazitovaných puparií je po uvolnění dospělců parazitoida výletový otvor kruhový, což je dáno tím, že parazitoid má ústní ústrojí kousavé. Teplota ovlivňuje délku vývoje parazitoida *E. formosa*. Při teplotě 21°C (ve třetím stadiu nymfy *T. vaporariorum*) vylétne dospělec za 25 dnů (Malais a Ravensberg 1992, Hoddle *et al.* 1998).

Parazitická vosička *E. formosa* se využívá v praktické biologické ochraně rostlin proti molicím zejména na rychlené zelenině. Na okrasných květinách se může také používat, nicméně vzhledem k nulové toleranci škůdců je využití makroorganismů nízké. Po introdukci parazitoida *E. formosa* je cílem udržet molice pod hladinou významnosti a co nejrychleji snížit jedince v populaci těchto škůdců. Druh *E. formosa* vykazuje velmi malou účinnost proti molici bavlníkové *B. tabaci* (Malais a Ravensberg 1992). Pro regulaci populací molice bavlníkové *B. tabaci* se ve světě používá jiný druh rodu *Encarsia* sp., a to *E. transvena*, ale v České republice není tento druh parazitoida registrován.

### 2.9.1.2 Parazitické vosičky rodu *Eretmocer* sp.



Foto: Koppert B.V.

Parazitoidi rodu *Eretmocer* (*Hymenoptera: Aphelinidae*) jsou malé parazitické vosičky o velikosti kolem 1 mm, které pochází z pouštních oblastí Kalifornie a Arizony a

vedle *E. formosa* se řadí mezi hojně používané parazitoidy molíc (Urbaneja *et al.* 2007).

Samičky mají světle žluté zbarvení se zelenýma očima a lomenými tykadly. Rodové jméno *Eretmocerus* je odvozeno z latiny, což znamená "veslovitý" a označuje se tak tvar samičích tykadel. Tykadla samiček jsou žlutohnědě zbarvená a jsou delší než u samečků. Parazitoidi rodu *Eretmocerus* sp. parazitují na larvách molice skleníkové (*T. vaporariorum*) i molice bavlníkové (*B. tabaci*). Parazitovaná puparia molíc parazitoidy *Eretmocerus* sp. mění barvu na béžovou až světle hnědou. Neparazitované nymfy molíc se snadno odliší od parazitovaných, protože jsou bělavé. Larva parazitoida se živí obsahem nymf molice a po zakuklení se dospělci parazitoida líhnou na hřbetní straně puparii tak, že vykousají kruhovitý otvor, ze kterého následně vylézají (Zolnerowich a Rose 2008). Samičky i samečci parazitoidů rodu *Eretmocerus* sp. jsou primárními parazitoidy molíc.

V komerčních chovech se v populacích vyskytují jak samičky, tak i samečci v poměru 1:1, nicméně po introdukci do skleníků časem v populacích převažují samičky. Parazitoidům vyhovuje pro parazitaci teplota v rozmezí od 21 do 35 °C a relativní vzdušná vlhkost 60 %. Při těchto podmínkách jsou schopni parazitovat velké množství nymf molíc (Malais a Ravensberg 1992).

Samičky parazitoida *Eretmocerus* sp. nekladou vajíčka přímo do nymf molíc jako je to u samiček *E. formosa*, ale vajíčka kladou pod nymfu molice. Jsou schopny klást vajíčka pod všechny nymfální instary molíc, ale preferují 2. a 3. instar (Devine *et al.* 2000). Každá samička může za život naklást až 150 vajíček. Po naklazení vajíček se po 4 dnech vylíhne larva, a ta se vyvíjí z počátku jako ektoparazitoida, časem jako endoparazitoid. Larva přiloží své háčkované ústní ústrojí na spodní stranu nymfy molice a vytvoří malou díрку do nymfy molice. Po 3 až 4 dnech od vytvoření dířky larva pronikne do hostitele, kde zůstane v dormantním stavu, než se molice vyvine do 4. instaru, puparia. V této době vypouští larva parazitoida trávicí enzymy do těla puparia, které způsobí ztekucení těla a larva se začne živit tekutinou. Larva parazitoida prochází přes 3. instary a přibližně po 12 dnech dokončuje vývoj v dospělce. Dospělec parazitoida vykouše kruhový otvor, kterým se uvolní z těla hostitele. Mezi významné druhy patří *E. munus* a *E. eremicus*. Dospělá samička *E. mundus* žije kolem 12 až 18 dní při teplotě kolem 27 °C (Malais a Ravensberg 1992).

Délka života závisí na teplotě a zdroji přijímané potravy. Samičky se mohou živit hemolymfou molíc, kdy pomocí kladélka nymfu usmrtí a následně ji vysají. Zároveň se mohou živit i medovicí produkovanou nymfami nebo dospělci molíc. Samička naklade 3 až 5 vajíček za den. Parazitoidi rodu *Eretmocerus* sp. aktivně vyhledávají svého hostitele. Samičky

pomocí tykadél monitorují všechny instary molic. Kolem 74 % ohledaných nymf, které za svůj život vyhledá, je parazitováno. Optimální teplota pro naklazení vajíček je kolem 25-29 °C. Díky řízeným podmínkám ve skleníku se může docílit toho, že parazitoid se bude vyvíjet rychleji než jeho hostitel (Zolnerowich a Rose 2008).

## 2.9.2 Predátoři

Predátoři jsou živočichové, kteří se živí požíváním většího počtu kořisti, kterou zabíjí. Jejich životní strategie se od strategie parazitoidů liší i specializací, kdy některé druhy parazitoidů jsou převážně specializované na úzkou skupinu hostitelů, kdežto predátoři mají širší výběr druhů, kterými se živí. Polyfágní predátoři napadají větší počet druhů kořisti z různých řádů hmyzu. Během svého vývoje jsou schopni konzumovat převážně všechna vývojová stádia a zároveň jsou schopni se bez přítomnosti kořisti živit pylem, nektarem nebo medovicí produkovanou škůdci rostlin (Osborne *et al.* 2004).

### 2.9.2.1 Dravá ploštice *Macrolophus caliginosus*



Foto: Koppert B.V.

*Macrolophus caliginosus* (Hemiptera: Miridae) je dravá ploštice, která se záměrně introdukuje do skleníků v rámci biologické ochrany rostlin proti molicím. Ploštice *M. caliginosus* se vyvíjí formou nedokonalou a prochází tedy přes stádium vajíčka, nymfa a dospělce. V průběhu vývoje prochází nymfa pěti instary (Mohd Rasdi *et al.* 2009).

Dospělci mají štíhlé protáhlé tělo a jsou zeleně zbarveni. Mezi dospělou samičkou a samečkem jsou rozdíly ve velikosti. Samičky jsou větší a mají objemnější zadeček, kde mají ukryté kladélko. Dospělé samičky jsou velké kolem 3,0–3,6 mm, zatímco samečci jsou o něco menší (2,9–3,1 mm). Tykadla mají zelená, ale první článek tykadla je černý a tmavý pruh se táhne až za složené oči tohoto druhu. Přední křídla jsou průhledná a nazelenalá s malou tmavou skvrnou uprostřed. Zadní část křídel je zbarvená zeleně s hnědým lemem.

Dravá ploštice *M. caliginosus* má tmavě hnědé oči, které jsou umístěné po straně hlavy a ústní ústrojí ploštice je bodavě savé. Tento druh má dlouhé nohy, usnadňující jim pohyb na rostlinách, které mají na svém povrchu přítomny trichomy. Díky dlouhým nohám jsou ploštice dobře pohyblivé, a tím jsou schopny snadno vyhledávat svou kořist (Malais a Ravensberg 1992).

Samičky kladou vajíčka hluboko do stonku nebo do žilnatiny listů v blízkosti populací molic. Vajíčka jsou žlutozelená nebo žlutohnědá a díky vnoření vajíček do stonků nebo žilnatin jsou téměř neviditelná. Vajíčka mohou být kladena i ve větších snůškách a tvoří tak shluky. Samičky nikdy nekladou vajíčka na vrcholy rostlin, což je dáno vývojem molice skleníkové, která má populace nejstarších nymf vždy na spodnějších listech infestovaných rostlin. Z vajíčka se rodí nymfa prvního instaru, která je s druhým nymfálním instarem žlutozeleného zbarvení. Starší nymfy jsou barevně podobné dospělcům s tím rozdílem, že první článek tykadel je zelený a není ani patrná barevná skvrna u očí nymf. Základy křídel jsou viditelné až u starších nymf (Mohd Rasdi *et al.* 2009).

Predátor *M. caliginosus* je polyfágní druh náležející do čeledi *Miridae*. Původem pochází ze Středomoří, zejména jižní Francie, Itálie, Španělska a Kanárských ostrovů. Jedinci jsou nacházeni zejména na rostlinách čeledi *Solanaceae*. Jedná se o polyfágní druh, ale prokazatelně preferuje jako svou kořist zástupce molic. V místě původu se spontánně vyskytují na kulturách plodin pěstovaných jak v polních podmínkách, tak i v krytých porostech, kde predují na rostlinách investovaných molicemi. V Evropě se záměrně používá v ochraně rostlin proti molici skleníkové (*T. vaporariorum*) a molici bavlníkové (*B. tabaci*) (Alomar *et al.* 2006, Mohd Rasdi *et al.* 2009).

Vývoj a růst populace závisí na vhodných podmínkách prostředí, a to zejména na teplotě, ale i potrava sehrává důležitou roli v rychlosti vývoje ploštice. Vývoj je pomalejší ve srovnání s jinými přirozenými nepřáteli. Po naklazení vajíček dochází 10 den k líhnutí nymf 1. instaru a následně se jedinec vyvíjí přes další nymfální instary. Po 19 dnech od vylíhnutí nymfy z vajíčka se objevují v populaci dospělci. Optimální teplota pro vývoj ploštice je okolo 25 až 30 °C. Při 10 °C dochází k zastavení vývojového cyklu ploštice a naopak při 40 °C dochází k smrti jedinců. Líhnutí vajíček též ovlivňuje teplota, kdy při nízkých teplotách může docházet k vylíhnutí vajíček až po dvou měsících, z čehož lze usoudit, že ploštice *M. caliginosus* přezimuje ve stádiu vajíček (Malais a Ravensberg 1992).

Počet nakladených vajíček závisí na množství zkonsumovaných jedinců kořisti a na podmínkách prostředí. Pokud se samičky *M. caliginosus* živí pouze mšicemi, nakladou méně

vajíček ve srovnání se samičkami, které se živí molicemi. Pokud se samičky živí na sviluškách, kladou nejmenší počet vajíček ve srovnání s předchozími dvěma škůdci. V případě, že není na plodinách přítomen žádný škůdce, jsou schopny se samičky ploštice *M. caliginosus* živit rostlinnými šťávami. V tomto případě samičky pokračují po nějakou dobu v kladení vajíček, ale počet nakladených vajíček se kvůli nevhodné potravě snižuje. Poměr mezi samičkami a samečkami je 1:1. Jak už bylo uvedeno, *M. caliginosus* preferuje pro svou obživu molice, ale je schopen se vedle mšic a svilušek živit také i vajíčky a housenkami různých motýlů, třásněnkami a larvami vrtalek. Pokud se vyskytuje v prostředí velká populace predátora, může se živit všemi výše uvedenými druhy škůdců. (Mohd Rasdi *et al.* 2009, Malais a Ravensberg 1992).

U molic konzumuje všechna stádia molic, nicméně *M. caliginosus* preferuje vajíčka a nymfy. Dospělec může zkonzumovat kolem 30 až 40 vajíček za den, 15 až 20 pupáří nebo 2 až 5 dospělců. Jedinci *M. caliginosus* vysávají obsah všech stádií molic a nechávají pouze prázdná těla, tzv. exuvie. Pokud se pro predátora po jeho introdukci nebo v průběhu času nevyskytuje dostatečné množství kořisti, začnou sát rostlinné šťávy a bude docházet ke škodám na pěstovaných plodinách. Z tohoto důvodu se dravá ploštice *M. caliginosus* používá pro regulaci molic, resp. škůdců zejména na plodové zelenině. V případě, že by se nevhodně použila ploštice na okrasných květinách, docházelo by k výrazným škodám, protože sání by kosmeticky znehodnotilo listy nebo květy, a tím by docházelo k neprodejnosti okrasných květin. Jakmile se v systému pěstovaných plodin objeví škůdci, přecházejí jedinci *M. caliginosus* automaticky na predační způsob života (Alomar *et al.* 2006).

Na ochranu okrasných květin se jedinci *M. caliginosus* používají tedy jen v případě, že se na rostlinách vyskytují početnější populace škůdců. Z tohoto důvodu je velmi důležité monitorování škůdců, a zároveň přirozených nepřátel, po jejich vysazení na cílových rostlinách. Ploštice mohou svou kořist vyhledávat i na značně velké vzdálenosti, protože jde o velmi dobře pohyblivý druh přirozeného nepřítele a i schopnost dospělců létat, hraje důležitou roli v přemísťování se predátora do jiných zón skleníků. Dospělci se zdržují převážně na vrcholových částech rostlin a na stoncích, zatímco nymfy je snadné nalézt na spodní straně listů, kde se vyskytují nymfy molic (Malais a Ravensberg 1992). Vedle *M. caliginosus* se dnes využívá v biologické ochraně rostlin i predátor *M. pygmeus*, který byl zaveden do systémů pěstování plodin teprve nedávno. Predátor *M. pygmeus* se velmi dobře vyvíjí na molici skleníkové *T. vaporariorum* a na mšici broskvoňové *Myzus persicae*. Tento predátor je schopen se adaptovat na podmínky skleníku, ale i na polní podmínky v oblasti Středomoří. Ve



srovnání s ostatními druhy přirozených nepřátel molice, např. s *E. formosa*, populace predátora *M. pygmeus* se mohou rozrůstat i v relativně nižších teplotách (Perdikis a Lykouressis 2004).

### 2.9.2.2 Predátor *Delphastus catalinae*



Foto: Koppert B.V.

Druh *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae) je predátor, který je považován za vysoce účinný druh přirozeného nepřitele, protože je schopen zkonsumovat během svého života velké množství kořisti. Zároveň je ve srovnání s jinými přirozenými nepříteli dlouhověký a má vysoký potenciál reprodukce (Heinz *et al.* 1999). *D. catalinae* byl poprvé zaznamenán jako predátor molice *B. tabaci* profesorem Lancem S. Osbornem z Univerzity Florida. Molice *B. tabaci* je ekonomicky významný škůdce zemědělských plodin, rychlené zeleniny a okrasných květin kvůli tomu, že přenáší nebezpečné viry (Osborne *et al.* 2004).

V současné době jsou vedle *D. catalinae* (Horn) známé i druhy *D. pallidus* (LeConte) a *D. pusillus* (LeConte). V roce 1994 provedl Gordon (1994) revizi rodu *Delphastus* a během této revize popsal nové druhy a aktualizoval geografický výskyt jednotlivých druhů. Druhy predátorů *D. dejavu* a *D. sonoricus*, dříve považované za druh *D. pusillus*, pocházejí ze západní části USA. Výskyt druhu *D. pusillus* je v současnosti zúžen na východní část USA a výskyt druhu *D. catalinae* se táhne od Kolumbie přes Mexico do jižní Kalifornie a na východ k ostrovu Trinidad. Druh *D. catalinae* byl záměrně introdukovan pro regulaci molice na Havajské ostrovy, odkud se neúmyslně rozšířil lodní dopravou na Fidži a na Kanárské ostrovy. Hoelmer a Pickett (2003) dospěli k závěru, že firmy, které komerčně distribuují pěstitelům predátora pro regulaci molice, chovají druh *D. catalinae* místo *D. pusillus*, ale některé firmy stále používají na svých produktech jméno druhu *D. pusillus*. Záměrné introdukce tohoto komerčně chovaného predátora jsou realizovány ve sklenících v Evropě i USA.

Dospělci *D. catalinae* jsou drobní černí brouci o velikosti 1,4 mm se žlutými končetinami. Zbarvení hlavy je determinačním znakem pro odlišení samic od samečků, kdy hlava samic je černě zbarvená, zatímco hlava samečků je oranžová. Larvy jsou oligopodní, campodeiformního typu, a mají tři páry končetin. Jejich tvar je protáhlý a jsou krémově zbarvené. Kukly jsou žlutavé a oválného tvaru (Osborne *et al.* 2004). Predátor *D. catalinae* prochází přes 4 vývojová stádia: vajíčko, larva, kukla a dospělec. Vývojový cyklus od vajíčka po dospělce trvá od 21 do 25 dní, a to při teplotě od 25 do 30 °C. Samičky kladou oválná žlutavá vajíčka, která jsou kladena ve shlucích na spodní stranu listu. Samička naklade během svého života kolem 200 až 300 vajíček (Hoelmer *et al.* 1993). Larvy jsou schopny před tím, než se zakuklí, zkonzumovat kolem 1000 vajíček molic. Larvy starších instarů se přemísťují do spodních pater rostlin, kde se následně kuklí. Kukly jsou často nacházeny podél žilnatiny na spodní straně listů a jsou opět nacházeny ve shlucích. Dospělí brouci jsou schopni zkonzumovat za den kolem 160 vajíček molic. Celkem mohou za svůj život zkonzumovat až 10 000 vajíček a kolem 700 nymf molic. Dospělé samičky se dožívají přibližně 60 dnů, samečci o něco méně. Larvy i dospělci *D. catalinae* se živí vajíčky a nymfami molic, kdy u molice *B. tabaci* upřednostňují konzumaci vajíček než larev. Parazitované nymfy molic nekonzumují, což je důležité ve strategii ochrany rostlin, protože se mohou kombinovat s parazitoidy molic *E. formosa* nebo *Eretmocerus* sp. Pokud se na rostlinách vyskytuje malá populace molic, jsou schopni se živit dalšími škůdci, jako jsou mšice nebo svilušky. Larvy rodu *Delphastus* sp. se mohou živit i medovicí, kterou molice produkují. Dostupnost alternativních zdrojů potravy, jako je právě medovice, umožňuje zástupcům rodu *Delphastus* přežít i období, kdy se na rostlinách objevuje velmi nízká četnost v populaci kořisti. V přirozených podmínkách mohou malé populace přežít i při nízkých teplotách. V chladnějších podmínkách prostředí je účinnost predátora *D. catalinae* velmi nízká a zároveň i nízká relativní vzdušná vlhkost snižuje predační aktivitu. Zároveň plodnost samic je nízká, kladou malé počty vajíček (Simmons *et al.* 2008). Díky migrační schopnosti se *D. catalinae* používá hojně k regulaci populací molic ve skleníkových porostech. Doporučuje se introdukovat predátora *D. catalinae* bezprostředně hned po výskytu molice ve sklenících. Záměrné vysazování jedinců predátora se v tomto případě doporučuje vysazovat v týdenních intervalech po dobu 3 až 4 týdnů. Pro jejich schopnost rychle eliminovat populace molic je tento predátor oblíbeným přirozeným nepřítelem u pěstitelů zeleniny a okrasných rostlin ve sklenících (Hoelmer a Pickett 2003).

### 2.9.2.3 Dravý roztoč *Amblyseius swirskii*



Foto: Koppert B.V.

*Amblyseius swirskii* (Acarina: Phytoseiidae) je dravý roztoč pocházející z oblasti východního Středomoří, Itálie, Izraele, Kypru, Turecka, Řecka a Egypta. V těchto státech se vyskytuje přirozeně na plodové zelenině, bavlně, ale i na ovocných stromech. Tento druh je považován za polyfágního predátora, který se dokáže živit různými druhy škůdců a zároveň je schopen se živit pylem nebo exsudáty rostlin. Predátor *A. swirskii* je schopen predovat ve sklenících na různých řádech hmyzu, jako jsou molice a třásněnky, ale může se živit i roztoči zejména sviluškou chmelovou. V současné době je komerčně chován různými firmami a je prodáván pěstitelům v Evropě i Severní Americe. V Severní Americe byl poprvé introdukovan pro regulaci škůdců v citrusových sadech v Kalifornii. Od roku 2005 byl *A. swirskii* testován a použit jako bioagens nejen v mnoha evropských zemích, ale i jiných částech světa (EPPO 2013). Používání *A. swirskii* jako bioagens se nadále rozšiřuje v dalších geografických oblastech. Dravý roztoč *A. swirskii* patří do čeledi Phytoseiidae, která se vyznačuje jedinci, kteří mají dlouhé nohy, díky kterým jsou schopni se rychleji v prostředí pohybovat a snadněji tak vyhledávat kořist. Barva jedinců se může lišit na základě kořisti, kterou konzumují, nicméně barva je spíše světle žlutá až světle krémová. Tohoto dravého roztoče není jednoduché pouhým okem odlišit od ostatních druhů rodu *Amblyseius* (např. *A. californicus*, *A. degenerans*, *A. cucumeris*). Identifikace se provádí u dospělců, kteří mají důležité morfologické znaky umístěny na dorzální straně těla. Jedná se o malé štětiny na jejich těle a délka těchto štětín je determinačním znakem jednotlivých druhů (Doğramaci *et al.* 2019).

Vývojový cyklus *A. swirskii* probíhá přes 5 stádií: vajíčko, larva, protonymfa, deutonymfa a dospělec. Dospělec nemá článkované tělo, jeho velikost se pohybuje kolem 0,5 mm a má čtyři páry končetin. Samečci jsou o něco menší než samičky. Samičky kladou oválná vajíčka, která jsou světlá o délce přibližně 0,15 mm a ukládají je na spodní stranu listů

v okolí žilnatiny a v místě populace kořisti. Preferují ukládat vajíčka na trichomy rostlin. Vaječné larvy jsou po vylíhnutí světlé téměř průhledné a mají tři páry končetin. Protonymfy a deutonymfy mají čtyři páry končetin a jsou tmavší než vaječné larvy. Predátor *A. swirskii* má široký hostitelský okruh. Kromě kořisti je schopen se živit pylem různých rostlin. Zároveň se může živit nektarem rostlin, což umožňuje jedincům přežít období s nízkou hustotou škůdců na pěstovaných plodinách a zároveň tak mohou být účinnými bioagens v rámci biologické ochrany rostlin (Ragusa a Swirski 1975). Predátor *A. swirskii* je adaptován na vyšší teploty a vlhké subtropické klima, což může hrát roli v biologické ochraně rostlin, zejména pak v řízených podmínkách skleníků. V chladnějších podmínkách a při nízké relativní vlhkosti je účinnost dravého roztoče výrazně nižší (Doğramaci *et al.* 2019, Calvo *et al.* 2011). Vývojový cyklus závisí na potravě, kterou přijímá a na podmínkách prostředí. Teplotní rozhraní pro vývoj roztoče je od 18 °C do 36 °C a relativní vzdušná vlhkost kolem 60 %. Při teplotě 25 °C se vývoj od vajíčka po dospělce realizuje za 5 dní. Predátor *A. swirskii*, predující na živočišné potravě, se vyvíjí rychleji, než jedinci živící se pylem rostlin. Ten samý jev se týká i počtu nakladených vajíček, kdy samičky živící se pylem kladou daleko méně vajíček. Samička živící se pylem naklade přibližně 26 vajíček, zatímco samička živící se kořistí naklade kolem 38 vajíček (Park *et al.* 2010).

Dravý roztoč se živí převážně vajíčky a nymfami škůdců jako jsou molice a třásněnky, nicméně u drobnějšího hmyzu je schopen predovat i na dospělých. Dravý roztoč se živí molicí skleníkovou, molicí bavlníkovou, třásněnkou západní, třásněnkou zahradní, *Thrips palmi*, *Scirtothrips dorsalis*, sviluškou chmelovou a jinými roztoči (Wimmer 2008). Juan-Blasco *et al.* (2012) zjistili, že se roztoč *A. swirskii* živí i na meře, *Diaphorina citri*.

Dravý roztoč může být introdukován spolu s některými jinými přirozenými nepřáteli do systémů pěstovaných plodin. Použití *A. swirskii* není kompatibilní s použitím dravého roztoče *Phytoseiulus persimilis*, protože tento dravý roztoč by byl schopný predovat na jedincích *A. swirskii* (Wimmer 2008).

## 2.10 Mikroorganismy

Entomopatogeny jsou mikroorganismy, které mohou primárně infikovat hostitele a následně způsobit jeho smrt. V přírodě se běžně entomopatogenní mikroorganismy vyskytují a při optimálních podmínkách prostředí mohou drasticky snižovat populace škodlivého hmyzu nebo roztočů. Přirozeně se vyskytující entomopatogeny jsou tak důležitými regulačními faktory v populacích hmyzu. Kromě přirozeně se vyskytujících ohnisek nákazy

jsou v současnosti některé prospěšné patogeny komerčně vyráběny a distribuovány k pěstitelům ve formě biopreparátů (Nafiu *et al.* 2014). Biopreparáty na bázi mikroorganismů reprezentují velmi rozmanitou skupinu. V současné době jsou na trhu biopreparáty na bázi entomopatogenních virů, bakterií, hub a hlístic (Landa 2002). Entomopatogenní viry čeledi *Baculoviridae* jsou velké tyčinkovité DNA viry, kdy jejich virion je buď samostatně (*Granulovirus*), nebo ve skupinách (viry jaderné polyedrie, Nuclear Polyhedrosis Viruses) obalen bílkovinnou membránou, která je zapouzdřena v sekundární proteinové matici. U *Baculoviridae* je úzká specializace. Znamená to, že mohou vyvolávat onemocnění pouze u jediného druhu hostitele. Mezi nejvýznamnější entomopatogenní bakterii patří *Bacillus thuringiensis*, která je využívána hojně v biologické ochraně rostlin proti škůdcům z řádu *Coleoptera* (brouci), *Lepidoptera* (motýli) a *Diptera* (dvoukřídli). V rodu *Bacillus* sp. jsou i další entomopatogenní druhy, např. *B. larvae*, *B. cereus*, *B. laterosporus*, a *B. popilliae*. Druh *B. thuringiensis* je kosmopolitně rozšířená tyčinkovitá bakterie, která se běžně vyskytuje v půdě, na povrchu rostlin i v různých organických odpadech (Omkar a Kumar 2016).

Infekce je u entomopatogenních virů i entomopatogenních bakterií iniciována poté, kdy se infekční propagule dostanou do těla pasivně s potravou. V alkalickém prostředí zažívacího traktu hostitele se rozpustí u virů bílkovinný obal granulí nebo polyedrů a uvolněné viriony napadají epitel středního střeva a způsobí tak primární infekci. U bakterie *B. thuringiensis* dojde v alkalickém prostředí k uvolnění krystalu ze sporangia bakterie, tento krystal se rozpustí a aktivují se z něho protoxiny, které v důsledku působení proteolytických enzymů jsou postupně degradovány na toxiny. Toxiny se vážou na specifické receptory na povrchu buněk epitelu středního střeva. Následně dojde vlivem působení toxinů k vytvoření mikroskopických pórů v buněčných membránách, kde dojde posléze k narušení semipermeability. Napadené buňky odumírají a v důsledku paralýzy a rozpadu buněk dochází k rychlé imobilizaci a desintegraci zažívacího traktu hostitele, který následně hyne. Po usmrcení hostitelů se u entomopatogenních virů začnou tvořit nové virové infekční jednotky a u entomopatogenních bakterií nová sporangia, která jsou uvolňována z usmrceného hostitele kapénkově do okolí (Landa 2002). Entomopatogenní hlístice jsou půdní organismy, které pronikají do těla hostitele pomocí přirozených otvorů a po kolonizaci hostitele do jeho těla uvolňují z jícnu symbiotické bakterie, které způsobí septikémii larev hmyzu. Symbiotické bakterie následně slouží jako potrava pro hlístice, které uvnitř těla prodělávají svůj vývojový cyklus (Půža a Mráček 2010).

### 2.10.1 Entomopatogenní houby

Entomopatogenní houby jsou organismy, které jsou běžnou součástí ekosystémů a vyskytují se jak v půdním prostředí, tak i na nadzemních částech rostlin, kde způsobují přirozené epizootie v populacích hmyzu (Butt a Goettel 2000). Entomopatogenní houby jsou mikroorganismy, které jsou zastoupeny ve všech odděleních říše Houby. Největší počet druhů je zastoupen v oddělení *Ascomycota* (*Hypocreales*) a oddělení *Glomeromycota* (*Zygomycota*: *Entomophthorales*). Entomopatogeny jsou také přítomny mezi ekologicky podobnými, ale fylogeneticky odlišnými, druhy zástupců *Oomycota* (*Chromista*). Entomopatogenní houby zahrnují široké rozpětí morfologických, fylogenetických i ekologicky rozmanitých houbových druhů. Jako skupina parazitů napadají entomopatogenní houby a vodní plísň (*Oomycota*) širokou škálu hmyzích hostitelů, od vodních larev až po dospělé jedince ve všech biotopech od tropických lesů až po pouště. Entomopatogenní houby jsou schopny parazitovat na zástupcích z téměř 20 řádů hmyzu, a to u všech vývojových stádiích: vajíčko, nymfa, larva, kukla a dospělec (Araujo a Hughes 2016). Nejčastěji napadanými druhy jsou zástupci řádů dvoukřídlí (*Diptera*), ploštice (*Hemiptera*), třásnokřídlí (*Thysanoptera*), rovnokřídlí (*Orthoptera*), brouci (*Coleoptera*), stejnokřídlí (*Homoptera*) a motýli (*Lepidoptera*) (Landa 2002). Takto široký okruh hostitelů vedl k tomu, že tito paraziti vyvíjejí značnou morfologickou rozmanitost, která vede k obrovské biodiverzitě (Araujo a Hughes 2016). V současné době je známo více než 750 druhů hub, které mohou vyvolávat onemocnění na hmyzích škůdcích, ale jen malý zlomek je prakticky využíván ve formě biopreparátů v rámci biologické ochrany rostlin. Nejdůležitějšími kritérii pro komerční využití entomopatogenních hub je virulence kmene, genetická stabilita a produkce infekčních propagulí (Landa 2002, Tarocco *et al.* 2005). Entomopatogenní houby se vyvíjejí a vyrábějí pomocí povrchových a submerzních kultivací na celém světě za účelem ochrany plodin proti hmyzím škůdcům nebo roztočům (Gul *et al.* 2014). Nejznámější druhy entomopatogenních hub, používané v biologické ochraně rostlin, jsou převážně fakultativně entomopatogenní vláknité houby *Aschersonia*, *Lecanicillium*, *Beauveria*, *Isaria* a *Metarhizium* (Landa 2002).

Vývojový cyklus entomopatogenních hub prochází přes několik fází. Houbové onemocnění způsobují vitální a virulentní konidie nebo blastospory, které musí být přichyceny na kutikulu hmyzu. Spory mohou být na povrch těla hostitele přichyceny adhezivní substancí a díky ní se přilepí na kutikulu hmyzu (např. houby rodu *Aschersonia* spp. a *Lecanicillium* spp.). U hub produkujících hydrofobní spory dochází k uchycení na povrch těla hostitele pomocí elektrostatických sil (např. houby rodu *Beauveria* spp.,

*Metarhizium* spp., *Isaria* spp. a *Paecilomyces* spp.) (Landa 2002). Pro vznik onemocnění hrají důležitou roli i abiotické faktory prostředí, zejména pak teplota a relativní vzdušná vlhkost. Klíčení je první fáze vývoje houbového organismu, kdy při optimální vlhkosti dochází k nabobtnání spory a následnému objevení se primárního klíčku. Pomocí klíčku začíná houba přijímat živiny a tím dochází k růstu hyf, které následně mohou přímo penetrovat do těla hostitele přes kutikulu hmyzu nebo pronikat do těla hostitele přes přirozené otvory hostitele (Zimmermann 2007). Při přímé penetraci se na konci hyfové špičky vytváří apresorium, které produkuje kutikulu degradující enzymy a vytvořeným penetračním hrotem proniká patogen pomocí mechanického tlaku do těla hostitele a následně ho kolonizuje. Častým místem penetrace jsou méně sklerotizované části povrchu těla. Po proniknutí do hemolymfy začne patogen produkovat hyfální tělíska „blastospory“, které se v hemolymfě rozmnožují pučením a po určité době vyplní celou tělní dutinu. Dochází tak k utilizaci tkání a orgánů hmyzu. V této fázi dochází k usmrcení jedince a končí parazitická fáze vývojového cyklu patogena (Goettel a Inglis 1997). V příznivých podmínkách prostředí dochází na mumifikovaném těle hostitele k proliferaci patogena na jeho povrch, kde se postupně vytvoří hustá síť mycelia. Následně se na vzdušném myceliu začnou vytvářet konidiofory, kde se formují nové konidie. Kompletní sporulaci je ukončena saprotrofní fáze vývoje hostitele. Konidie nové generace mohou následně opět iniciovat nákazu v populaci hmyzu (Inglis *et al.* 2001).

## **2.11 Entomopatogenní houby asociované s molicemi**

Entomopatogenní houby jako jediné patogenní mikroorganismy jsou schopny pronikat do těla hostitele aktivně přes kutikulu. Molicie přijímají potravu pomocí bodavě savého ústního ústrojí přímo z pletiv listů, což znemožňuje jejich infikaci entomopatogenními viry a bakteriemi, u kterých musí být infekční jednotky přijímány potravou. Molicemi produkovaná medovice podporuje asociaci hub s molicemi, protože medovice, jako zdroj živin, může sloužit pro entomopatogenní houby jako vhodné živné médium. Na medovici mohou houby prodělávat saprotrofní vývojový cyklus, kdy dojde díky sporulaci k tvorbě další generace spor, které mohou navýšit možnost primárního uchycení se hub v přítomných populacích molic.

Nejvýznamnějšími druhy, které jsou přirozeně asociované s molicemi, jsou *A. aleyrodis*, *I. fumosorosea* a *L. muscarium* (Osborne *et al.* 2004). Nicméně, podle Fransen (1990) bylo zaznamenáno 26 rodů hub, z nichž 8 rodů je prokazatelně vázáno na různé druhy molic jakožto primárních patogenů tohoto škůdce. Ostatní rody byly z molic také izolovány, ale jejich patogenita nebyla jednoznačně prokázána. Předpokladem je, že tyto druhy hub rostou na

mrtvých tělech molíc saprotrofně. Entomopatogenní druhy hub asociované s molícemi jsou buď úzce specializované (druhy rodu *Aschersonia* sp.), nebo se jedná o široké polyfágní druhy hub, které jsou schopny infikovat i jiné druhy škůdců z různých řádů hmyzu. Stručný přehled zástupců obou skupin je uveden v následující tabulce (Osborne a Landa 1992).

Tabulka 1 Příklady druhů entomopatogenních hub zjištěných na molících (Fransen 1990)

Rod / druh patogena	Rod / druh hostitele	Specializace
<i>Acremonium</i> sp.	<i>T. vaporariorum</i>	široká
<i>Aegeria webberi</i>	<i>Dialeurodes citri</i> , <i>D. citrifolii</i> <i>Aleurocanthus spiniferus</i> , <i>A. woglumi</i>	široká
<i>Aphanocladium album</i>	<i>T. vaporariorum</i>	široká
<i>Aschersonia</i> sp., <i>A. aleyrodis</i> , <i>A. placenta</i> , <i>A. goldiana</i> , <i>A. flava</i>	<i>B. tabaci</i> , <i>D. citri</i> , <i>D. citrifolii</i> , <i>T. vaporariorum</i> , <i>A. spiniferus</i> , <i>Aleurodicus dispersus</i> , <i>Aleurobolus barodensis</i>	úzká
<i>Beauveria bassiana</i> (*)	<i>T. vaporariorum</i> , <i>D. citri</i>	široká
<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Aleurodicus cocois</i>	široká
<i>Cladosporium aphidis</i>	<i>Aleurochiton aceris</i>	široká
<i>Erynia radicans</i>	<i>Bemisia tabaci</i>	široká
<i>Fusarium scripi</i> ( <i>F. aleyrodis</i> )	<i>Dialeurodes</i> sp.	široká
<i>Fusarium verticilloides</i>	<i>T. vaporariorum</i>	široká
<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>T. vaporariorum</i>	široká
<i>Microcera</i> sp. (? <i>Fusarium</i> )	<i>D. citrifolii</i> , <i>D. citri</i>	široká
<i>Paecilomyces cinnamomeus</i>	<i>D. citri</i>	široká
<i>Isaria farinosa</i> (*)	<i>B. tabaci</i> , <i>T. vaporariorum</i> , <i>Aleurocanthus woglumi</i>	široká
<i>Isaria fumosorosea</i> (*)	<i>T. vaporariorum</i> , <i>B. tabaci</i>	široká
<i>Sporotrichum</i> sp. (? <i>Beauveria</i> )	<i>D. citri</i>	široká
<i>Trichothecium roseum</i>	<i>T. vaporariorum</i>	široká
<i>Lecanicillium psalliotae</i>	<i>B. tabaci</i>	široká
<i>Lecanicillium fusisporum</i>	<i>T. vaporariorum</i>	široká
<i>Lecanicillium lecanii</i> (*)	<i>D. citri</i> , <i>B. tabaci</i> , <i>T. vaporariorum</i>	široká

\* druhy entomopatogenních hub, které již byly použity v biologické ochraně proti molícím



### 2.11.1 Druh *Aschersonia aleyrodis* Webber



Foto: KSPR, JU

Houby rodu *Aschersonia* (Hypocreales: Clavicipitaceae) se přirozeně vyskytují v tropických a subtropických oblastech. V současné době je známo kolem 90 druhů hub rodu *Aschersonia*, které jsou úzce specializované. V rámci rodu jsou odlišovány druhy, které jsou schopny způsobovat infekce výhradně v populacích molic (nejznámější druh *A. aleyrodis*) a druhy parazitující výhradně na červcích (Meekes et al. 2002).

Houba *A. aleyrodis* vytváří na živných půdách i na infikovaných nymfách molic žlutooranžové kolonie. Zpočátku vytváří bělavé vatovité mycelium, které posléze vlivem sporulace mění barvu na různé odstíny oranžové. Uvnitř kultury se tvoří nepohlavně vzniklé útvary, pyknidy, ve kterých se formují na konidiogenních buňkách větvenité pyknospory, které jsou pohromadě drženy mucilagenní hmotou. Mucilagenní hmota obsahuje  $\beta$ -karoten, který způsobuje typické zbarvení infikovaných nymf. Pravděpodobná funkce  $\beta$ -karotenu je ochranného rázu. Vědci se domnívají, že chrání pyknospory proti negativním účinkům slunečního záření (Landa 1989).

Druh *A. aleyrodis* infikuje hlavně nymfální stadia molic. Nejcitlivější k infekci jsou první tři instary nymf. Dospělce ani vajíčka molic houba *A. aleyrodis* neinfikuje (Meekes et al. 2002). Příznivé podmínky pro rozvoj infekce v populaci molic jsou teplota v rozmezí od 25 do 30 °C a relativní vzdušná vlhkost musí být minimálně 75 %. V případě, že jsou optimální podmínky příznivé, houba dokončí svůj vývojový cyklus na hostiteli během 5 až 7 dnů (Osborne a Landa 1992).

Ve světě není na bázi této houby koncipován žádný biopreparát, avšak farmáři v tropických a subtropických oblastech tento kmen využívají pro eliminaci molic. V případě, že se objeví epizootie způsobené houbou, utrhnou list s infikovanými molicemi, smočí ho ve odě a následně vzniklou suspenzi aplikují na další rostliny (Landa 1989).

### 2.11.2 Druh *Isaria fumosorosea* Wize



Foto: KSPR, JU

Druh *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) je kosmopolitně rozšířená entomopatogenní houba, která se vyskytuje jak v půdě, tak i ve fytoplánu. Dříve náležela do rodu *Paecilomyces*, ale po revizi rodu byly některé druhy začleněny do rodu *Isaria* (Luangsa-Ard *et al.* 2004). Jedná se o polyfágní houba, která má široké spektrum hostitelů z různých řádů hmyzu, avšak vykazuje i mykoparazitický a nematofágní status. První výskyt byl zaznamenán v Číně v okolí Pekingu v roce 1983, kdy houba *I. fumosorosea* způsobila infekci v populaci molice skleníkové *T. vaporariorum*. Zároveň byla zaznamenána přirozená epizoozie v populacích molice bavlníkové *B. tabaci*, a to na Floridě (Osborne *et al.* 1990). Odizolovaný kmen byl označen jako *PFR 97* – kmen Apopka (Apopka – jméno oblasti na Floridě, kde byl kmen *PFR 97* poprvé zachycen a odizolován). Kmen *PFR 97* je využíván k regulaci molice *B. tabaci* a *T. vaporariorum* jak ve sklenicích, tak i v polních kulturách (Osborne a Landa 1992). Houba vytváří na hostiteli z počátku bílé vatovité mycelium, které vlivem sporulace mění barvu na narůžovělou až šedofialovou. V průběhu konidiogeneze vytváří na myceliu lahvicovité konidiofory, které jsou přeslenovitě uspořádány. Na každém konidioforu se vyvíjí 3 až 6 konidiogenních buněk. Konidie se tvoří pučením z konidiogenních buněk a vždy nová konidie vytlačuje starší do řetízku. Konidie jsou oválné o velikosti 2,5 - 4,0 x 1,4 - 2,2  $\mu\text{m}$ . Houba může usmrtit hostitele v průběhu 2 až 3 dnů. K proliferaci houby na povrch hostitele a následné sporulaci může docházet 5 až 7 den od počátku infekce hostitele. Optimální podmínky pro vývoj je teplota od 20 °C do 25 °C a optimální relativní vzdušná vlhkost pro klíčení a sporulaci je 95 % (Vidal *et al.* 1997).

Ve světě jsou registrovány biopreparáty na bázi tohoto druhu. Jedná se o biopreparáty PreFeRal® WG a PFR 97 20% WDG. Oba preparáty vyrábí americká firma Certis U.S.A. LLC. Přípravek PreFeRal je distribuován v Evropě belgickou firmou Biobest. Další biopreparát má název NoFly™ WP a je vyráběn ve Španělsku firmou Futureco Bioscience.

Všechny tyto biopreparáty se využívají k regulaci populací molic (Faria a Wraight 2007).

### 2.11.3 Druh *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill.



Foto: KSPR, JU

Entomopatogenní houba *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) je kosmopolitní houba, která se primárně vyskytuje v půdním prostředí (Landa *et al.* 2010). Poprvé tento druh zaznamenal v Itálii Agostino Bassi z Lodi v roce 1835 na bourci morušovém, kde způsobil u housenek rozsáhlé infekce. Podle projevu infekce ji nazval bílou muscardínou, protože vytváří husté bílé mycelium (Zimmermann 2007). Houba *B. bassiana* vytváří bílé kolonie, které mohou stářím měnit barvu na krémovou. Na myceliu se vytváří konidiofory a na nich se tvoří kulovité nebo baňkovité buňky, ze kterých vyrůstá útvar rachis, na kterém se konidie formují tzv. cik-cak. Konidie jsou hyalinní, kulovité až široce eliptické, obvykle o velikosti 2-3 x 2-2,5  $\mu\text{m}$ . Konidie se formují ve shluku. V plně vysporulované kultuře tyto shluky vypadají jako bílé míčky. Charakterizovat lze tento druh jak morfologicky, tak i použitím molekulárních identifikačních technik (Zimmermann 2007). Houba *B. bassiana* je polyfágní, jejíž hostitelské spektrum zabírá více než 700 druhů hmyzu z různých řádů hmyzu, zejména Lepidoptera, Coleoptera, Thysanoptera, Homoptera, aj. (Inglis *et al.* 2001). Životní cyklus *B. bassiana* je realizován především v půdě, avšak houba byla odizolována také z infikovaných jedinců mimo půdní niku a ve velké míře způsobila infekce i v populaci lýkožrouta smrkového (Meyling *et al.* 2011, Landa *et al.* 2010).

Na bázi entomopatogenní houby *B. bassiana* je ve světě dostupná řada biopreparátů, ale v Evropě a v USA se jedná zejména o biopreparát BotaniGard WP 20, Mycotrol WPO vyráběné a distribuované firmou Certis U.S.A. Llc. Biopreparát Naturalis<sup>®</sup> je distribuován v Evropě a je vyráběn firmou Intrachem Bio International S.A. (Geneva, Švýcarsko). Biopreparáty jsou určeny k regulaci populací molic (Faria a Wraight 2007).

#### 2.11.4 Druh *Lecanicillium muscarium* (Petch) Zare & W. Gams



Foto: KSPR, JU

*Lecanicillium muscarium* (Hypocreales: Cordycipitaceae) je kosmopolitně rozšířená entomopatogenní houba, která byla poprvé popsána v roce 1861. Zare a Gams (2001) provedli revizi rodu *Verticillium*, ze kterého vyčlenili druhy způsobující infekce v populacích hmyzu a zařadili je právě do rodu *Lecanicillium*. Ve stávajícím rodě ponechali druhy, které jsou fytopatogenní. Typickým znakem pro druh *L. muscarium* je tvorba bílého vatovitého mycelia. V průběhu konidiogeneze se na vatovitém myceliu vytváří dlouhé lahvicovité konidiofory, na nichž se vyvíjejí oválné konidie, které se tvoří ve shlucích a ve finále vytvoří jakousi kuličku. Konidie jsou totiž drženy pohromadě pomocí mucilaginózní hmoty. Konidiofory se na myceliu tvoří v přeslenech, kdy mohou z jedné zóny vyrůstati proti sobě po 2, 3 nebo 4 (Cloyd 2005).

Houby rodu *Lecanicillium* mohou způsobovat v přírodě spontánní epizootie. Jedná se o širokého polyfága, ale ve srovnání s jinými druhy entomopatogenních hub infikuje spíše méně sklerotizovaný hmyz. Převážně se vyskytují na savém hmyzu, v populacích hmyzu molíc, červů, mšic, tj. podřádu Sternorrhyncha (řádu Hemiptera). Teplotní optimum pro *L. lecanii* je mezi 15 °C až 25 °C. Optimální relativní vzdušná vlhkost pro klíčení a sporulaci houby je v rozmezí od 85 % do 95 %. Vysoká vlhkost je nezbytná nejméně po dobu 10 – 12 hodin k tomu, aby infikovala škůdce (Drummond *et al.* 1987). Druh *L. lecanii* je součástí komerčně vyráběného biopreparátu Mycotrol<sup>®</sup>, který slouží k regulaci molíc, včetně *T. vaporariorum* a *B. tabaci*. Přípravek je registrován v několika evropských zemích a v Japonsku pro systém ochrany plodové zeleniny a okrasných květin. Houbu lze využít v ochraně proti molícím s řadou parazitoidů a predátorů, protože je s nimi kompatibilní. V kombinaci s parazitickou vosičkou *E. formosa* může docházet někdy k infekci již parazitoidem parazitovaných puparií, ale dospělce neinfikuje. Nicméně, v případě kombinace obou přirozených nepřátel, dochází k lepšímu potlačení populací molíc (Cloyd 2005).

### 3. DISKUZE

Molice patří mezi významné škůdce plodové zeleniny, okrasných květin i zemědělských plodin ve všech částech světa. Molice *T. vaporariorum* a *B. tabaci* jsou širocí polyfágní škůdci, kteří se snadno přemísťují z jedné plodiny na další. Mají vysoký reprodukční potenciál, mohou snadno nabýt rezistenci vůči pesticidům. Nebezpeční jsou z toho důvodu, že jsou přenašeči virů. Klazení vajíček, vývoj, přežívání a chování molice je většinou závislé na hostitelské rostlině (Osborne *et al.* 2004). Molice se snadno adaptují na různé druhy hostitelských rostlin. Asociovány jsou s více než 600 různými druhy rostlin, zahrnujících velké množství kulturních i nekulturních jednoletých i víceletých rostlin. Molice vytváří více generací během jedné vegetační sezony, což je dáno tím, že neupadají do diapauzy nebo nemají dormantní stádia. Molice mohou tedy během svého života kolonizovat více plodin během krátké doby (Landa 2002, Shah *et al.* 2015). Pohyb molice z jednoho druhu na další je základním atributem chování a ekologie molic, což jim usnadňuje snadno nalézt a kolonizovat velmi rozmanité druhy rostlin v různých ekosystémech.

Molice mohou být v přírodě po celém světě parazitovány velkou škálou parazitoidů a jsou konzumovány různými druhy predátorů. V populacích molic jsou zaznamenány přirozené epizootie způsobené entomopatogenními druhy hub. Nicméně, komerčně je chováno resp. produkováno pouze několik druhů makroorganismů a mikroorganismů určených proti tomuto škůdci. Zároveň praktická biologická ochrana rostlin proti molicím je realizována pouze ve sklenících, a to pomocí sezónní inokulativní strategie (Landa 2002, Osborne *et al.* 2004). Toto je dáno tím, že skleníky jsou uzavřeným systémem pěstování plodin, a tím je snadné v nich přirozené nepřátele používat. Nicméně, hlavním důvodem je ekonomický profit, protože ve sklenících jsou pěstovány plodiny, které během pěstitelského cyklu produkují velké množství ekonomicky rentabilních plodů. Mezi takové plodiny patří zejména plodová zelenina, ale i okrasné květiny. U plodové zeleniny je velmi snadné používat přirozené nepřátele, protože zde není zavedena nulová tolerance škůdce, jako je tomu u řezaných okrasných květin.

U řezaných květin je dán velký důraz na kvalitu květů. V případě, že se ve skleníku vyskytují ve velké míře saví škůdci, kteří by mohli poškozovat květy, volí se chemické ošetření rostlin. Pokud má pěstitel velké znalosti v oblasti interakčního systému: hostitelská rostlina – škůdce – přirozený nepřítel, lze biologickou ochranu u květin realizovat také. I přesto, že se ve sklenících v průběhu pěstebních cyklů točí velmi malý sortiment plodin a jde

o uzavřené a izolované prostory, v případě výskytu skleníkových škůdců a špatně zvoleného systému regulace, může docházet ke značným škodám na výnosech.

Pro správné zvolení přirozených nepřátel v pěstebních systémech je důležitý monitoring, který je periodicky prováděn u každé pěstované skleníkové plodiny. Pro monitorování přítomnosti skleníkových škůdců se používají leповé desky, které se vyvěšují nad porost, ať už při produkci sazenic nebo u plodin v produkčních sklenících. Do systému jsou vyvěšovány žluté nebo modré leповé desky. Žlutá barva slouží jako atraktant pro mnoho škůdců, jako jsou molice, okřídlené formy mšic, smutnice, vrtalky. Modré leповé desky se používají pro monitoring trásněnek. Leповé desky pomohou rychle zjistit a identifikovat jaký druh škůdce se ve skleníku vyskytuje, nicméně pro přesný monitoring je důležité projít porost a vizuálně přímo na rostlinách určit stav populace škůdce (Perring *et al.* 2018). Důležité je zjistit, jací škůdci jsou ve skleníku a v jakém množství. Zároveň je důležité vědět, v jakém stádiu se škůdce vyskytuje a u nymf/larev, jaký instar převládá. U molic napomáhá to, že dospělci se vyskytují vždy na vrcholcích rostlin, kde jsou nejmladší šťavnaté listy. Na těchto mladých listcích jsou převážně nakladena vajíčka a tím, že rostlina roste, tak vždy v nejnižších listových patrech se budou vyskytovat nejstarší nymfální instary, tj. 3 - 4. instar (Osborne *et al.* 2004).

Pro regulaci populací molic mohou být v systémech pěstování použity i tzv. lapací rostliny, které jsou molicemi více preferovány než hlavní plodina ve skleníku. V případě, že se ve skleníku vyskytne molice, první volba pro ni je právě lapací rostlina, která jí vyhovuje více (Perring *et al.* 2018). Preference hostitelských rostlin může hrát důležitou roli v bionomii škůdce. Sharma a Budha (2015) prokázali preferenčním testem s hostitelskými rostlinami, že molice vypuštěné do systému, preferovaly rostliny v následujícím pořadí: okurka, lilek vejcoplodý, rajče a poslední volbou byla paprika. Okurka byla pro molice nejlepší hostitelskou rostlinou a zároveň bylo prokázáno, že na ní bylo nakladeno nejvíce vajíček v porovnání s ostatními třemi druhy. Z tohoto jevu lze zvolit pro jednotlivé plodiny druh lapací rostliny. V případě, že ve skleníku budou pěstována rajčata nebo papriky, může se zvolit jako lapací rostlina lilek vejcoplodý nebo okurka. Lapací plodiny tak ovlivňují výběr hostitelské rostliny molicí před tím, než napadne hlavní pěstovanou plodinu.

Výskyt škůdců prokázáný během monitoringu hraje důležitou roli ve volbě vhodného biologického přirozeného nepřítel. Zároveň i populační hustota a stupeň vývoje škůdců je důležitým aspektem při volbě bioagens. V případě výskytu několika druhů škůdců v pěstované plodině lze jednotlivá bioagens kombinovat. Zejména u predátorů lze vybírat

takový druh, který je polyfágní a je schopen regulovat populace více druhů škůdců, nicméně i u predátorů může hrát roli preference určitého druhu škůdce. Při regulaci více druhů škůdců se mohou využívat různé druhy nebo kategorie přirozených nepřátel. Z tohoto důvodu je důležité mít znalosti a zkušenosti s introdukcí přirozených nepřátel a zároveň je důležité provádět a neustále monitorovat ve zvolených časových intervalech. Při monitoringu je pak nutné vedle vývoje škůdců sledovat i populace vypuštěných parazitoidů a predátorů a mít znalosti o jejich bionomii a sledovat jejich účinnost (Pultar 2003). Ve sklenících, např. v Holandsku a Belgii, jsou plodiny, zejména pak plodová zelenina, ošetřována pouze pomocí parazitoidů, predátorů popřípadě entomopatogenními druhy hub. Chemická ochrana rostlin je ve sklenících nevhodná kvůli tomu, že nejkratší ochranná lhůta u některých pesticidů jsou 3 dny, což je v rozporu se sklizní plodů. Protrhávky plodů jsou ve sklenících dělány každý den, někdy i dvakrát denně.

Jak už bylo řečeno, v praktické biologické ochraně rostlin se mohou kombinovat různé druhy i skupiny přirozených nepřátel, které se mohou vzájemně ovlivňovat. Objevuje se jev, který se nazývá vnitřní predace (anglický ekvivalent = intraguild predation, IGR). Vnitřní predace nastane, když dva druhy, které se živí stejným druhem škůdce nebo ho parazitují, si navzájem konkurují. Včetně kombinace přirozených nepřátel různých kategorií (parazitismus a predace). Vnitřní predace je široce rozšířená v mnoha případech použití přirozených nepřátel v rámci biologické ochrany rostlin (Rosenheim *et al.* 1995).

Běžné formy vnitřní predace zahrnují kombinace: 1) patogeny, které infikují jak škůdce, tak i parazitoidy nebo predátory; 2) fakultativní hyperparazitoidi, kteří mohou parazitovat buď škůdce, nebo primární parazitoidy škůdců; 3) predátory atakující škůdce, anebo vyvíjejícího se parazitoida uvnitř nebo vně škůdců; 4) predátory, kteří se navzájem atakují. Více druhů přirozených nepřátel může být introdukováno často společně, aby eliminovali populaci jednoho druhu škůdce současně. Na začátku pěstitelského cyklu při nízké populaci škůdce lze introdukovat pouze jeden druh, a to i preventivně, pokud se v prostředí vyskytuje alternativní potrava ve formě pylu nebo nektaru. Nicméně, v případě, kdy populace škůdce rychleji stoupá, aplikuje se kurativně další druh přirozeného nepřítel, který musí co nejdříve potlačit rozvoj populace škůdce (Yano 2005). Mezidruhové nebo vnitrodruhové kompetitivní interakce působí mezi druhy na určování funkce a struktury populací.

Parazitoidi se vyvíjí uvnitř (endoparazitoid) nebo vně (ektoparazitoid) svého hostitele. Larvální stádia jsou striktně asociována s jejich hostitelem a tělo hostitele neopouštějí.

Parazitoid je obvykle menší než jeho hostitel a volně žije pouze dospělec parazitoida. Většinou jsou primárně používány k regulaci škůdců ve skleníkových kulturách a jsou to zástupci řádu Hymenoptera. Dospělci mají dva páry blanitých křídel a pomocí nich jsou schopny vyhledávat aktivně populaci hostitelů. Dospělci parazitických vosiček se chovají i jako predátoři, protože se mohou živit i svým hostitelem, tzv. hostfeeding“. Pomocí kladélka jsou schopny usmrtit nevhodné stádium hostitele a následně vysát jeho hemolymfu. Parazitace probíhá tak, že samičky nakladou jedno nebo více vajíček (záleží na druhu) do hostitele nebo je kladou v blízkosti hostitele, popřípadě na jeho povrch. Larva vylíhla z vajíčka se hned začne živit hostitelem. Hostitelé jsou většinou imobilizováni samičkou při kladení vajíčka, proto nedochází k jejich pohybu. Parazitací je dané to, že larvy parazitoidů nemusí shánět potravu, jako je tomu u larev/nymf predátorů (Osborne *et al.* 2004). Gelman *et al.* (2005) zaznamenali fyziologické a biochemické vztahy mezi parazitoidem a molicí a předpokládají, že parazitoid po naklazení svého vajíčka produkuje biochemické látky uvnitř hostitele, které interferují s imunitním systémem hostitele. Většinou po parazitaci hostitele dochází ke změně zbarvení parazitovaného stádia/instaru, což může napomáhat při kontrole účinnosti záměrně introdukovaného druhu do systému pěstování.

Parazitoid musí synchronizovat svůj vlastní vývoj s vývojem svého hostitele i v případě, kdy samička nakladla vajíčko do nymfy 4. instaru, který není až tak vhodný. Je prokázáno, že parazitoidi preferují pro naklazení vajíček větší hostitele, tj. starší nymfální instary pro jejich vlastní vývoj larválních stádií, ačkoliv parazitace mladších instarů by byla efektivnější v ochraně rostlin (Lee *et al.* 2013). Kompetice mezi parazitoidy by mohly významně snížit jejich účinnost v důsledku snížení jejich reprodukční schopnosti. Parazitoidi patří mezi nejvýznamnější přirozené nepřátele molic, kdy nejenže parazitují jejich nymfy, ale nevhodné nymfální instary usmrcují a následně je vysávají (Osborne *et al.* 2004). Získané živiny z hemolymfy hostitelů mají pozitivní vliv na reprodukci parazitoidů a na plodnost samiček a zároveň mají i vliv na líhivost nakladených vajíček. Zároveň i živiny získané z produkované medovice mohou parazitoidům dodávat mnoho energie (Henneberry *et al.* 2002).

Účinnost parazitoidů je ovlivněna několika faktory, mezi které patří rychlost vývoje parazitoidů, intra- a inter-specifická kompetice, stáří a hustota nymf molic, jakož i faktory podmínek prostředí a role hostitelské rostliny. *Encarsia* a *Eretmocerus* jsou základní rody parazitoidů, které parazitují na molicích a jsou záměrně používány v biologické ochraně rostlin. Dodnes je zaznamenáno kolem 34 druhů *Encarsia* sp. a 12 druhů *Eretmocerus* sp.



V přírodě se vyskytují i jiné druhy parazitoidů molice, ale doposud nejsou komerčně produkováni. Příkladem jsou dva druhy *Amitus* spp. a po jednom druhu *Metaphycus* sp. and *Signiphora* sp. (Shah *et al.* 2015). Použitím kombinace dvou parazitoidů *E. formosa* a *E. eremicus* mohou být eliminovány oba druhy molice, *T. vaporariorum* a *B. tabaci*. Když byly nymfy molice parazitovány oběma druhy parazitoidů najednou, *E. eremicus* vždy přežil, zatímco *E. formosa* byla zabita v přímé interferenci s druhým parazitoidem (Yano 2005). Luo a Liu (2011) popsali, že dospělci *Encarsia sofia* vyvinutí v nymfě *T. vaporariorum* byly velikostně větší, než jedinci vyvinutí z nymfy *B. tabaci*. Zároveň prokázali, že dospělé samičky vylíhnuté z *T. vaporariorum* následně parazitovaly více nymf molice než samičky vyvinuté z *B. tabaci*. Collier a Hunter (2001) zaznamenali letální účinek parazitoida *E. eremicus* s *E. sophia*, který se odrazil v kombinaci multiparazitismu a požívání parazitovaných hostitelů. Parazitoid *E. eremicus* se choval jako hyperparazit na hostitelích parazitovaných již druhem *E. sophia*. Prokázalo se však, že kompetitivní vztahy mezi parazitoidy nikterak nenarušují potlačení populace hostitelů. Pang *et al.* (2011) studovali mezidruhové kompetitivní interakce parazitoidů *E. formosa* a *E. sophia*. V případě, kdy byly obě bioagens introdukovány zvlášť, zjistili, že *E. formosa* parazitovala více nymf molice ve srovnání s *E. sophia*. Když byly obě parazitické vosičky aplikovány současně, došlo ke snížení parazitace nymf molice *B. tabaci*, což se prokázalo jako negativní efekt. Obě parazitické vosičky se navzájem ovlivňují, což má za následek snížení jejich účinnosti proti cílovému škůdci. Z těchto poznatků lze vyvodit závěr, který říká, že je lepší aplikovat do systému jen jeden druh parazitické vosičky a v případě, že není škůdce efektivně potlačen, musí se zvolit jiný druh bioagens, který potlačí populaci škůdce pod hladinu škodlivosti.

Predátoři jsou introdukováni do systémů, kde je dostatečně hustá populace škůdce, protože nízká populace škůdce nezajistí predátorovi možnost se vyvíjet (Osborne *et al.* 2004). Příkladem mohou být predátoři právě molice, *Nephasis oculatus* (Blatchley) a *Delphastus catalinae* (Horn), kteří se živí všemi vývojovými stádii molice bavlníkové *B. tabaci*. Nicméně, oba druhy musí pozřít mnoho jedinců molice, aby samičky načerpaly energii a byly tak schopny klást vajíčka. Dospělá samička *D. catalinae* musí najít a pozřít minimálně 167 vajíček molice bavlníkové za den (Hoelmer *et al.* 1993), zatímco dospělá samička *N. oculatus* musí najít a pozřít jen 78 vajíček za den, aby byla schopna klást vajíčka (Liu *et al.* 1997). K potlačení ohnisek molice může být použita i dravá ploštice *Dicyphus hesperus* nebo predátor *D. pusillus*. Tito predátoři se živí vajíčky a vysávají nebo požívají nymfy prvních instarů, které parazitoidi vůbec neparazitují. Někteří predátoři mohou konzumovat

i alternativní potravu, jako je pyl, pokud je v přítomnosti malé množství kořisti. Mnoho dravých roztočů se živí pylem příležitostně, ale některé druhy jsou schopny dokončit svůj vývoj právě na tomto alternativním zdroji. Například samičky zlatoočka (*Chrysoperla* spp.) mohou klást vajíčka i v době, kdy se živí medovicí. Pyl a cukry jsou používány v masových chovech predátorů jako doplňkový a levný zdroj potravy (Osborne *et al.* 2004).

V současné době jsou známy dvě možnosti vnitřní predace predátorů vůči parazitoidům. První možnost je popisována jako jev, kdy se predátoři živí přímo larvami ektoparazitoidů, anebo dospělci parazitoidů. Druhá možnost je ta, kdy se predátoři živí již parazitovanými nymfami/larvami škůdců (Rosenheim *et al.* 1995). Mnoho predátorů jsou nespécializovaní a mohou konzumovat široké spektrum kořisti. Vnitrodruhová predace mezi predátory je rozšířená a přirozeně se vyskytuje buď jednosměrně (jen jeden ovlivňuje druhého) nebo obousměrně (oba se mohou ovlivňovat vzájemně). Při vypuštění dvou predátorů za účelem eliminace jednoho druhu škůdce nastane situace, kdy je do systému dodána případná další alternativní kořist v podobě jednoho z nich. Alternativní kořist vedle škůdce může sloužit jako potrava tomu druhému. Obecně platí, že větší predátor využívá k obživě toho menšího. Obousměrná vnitrodruhová predace se projevuje tím, že starší larvální instary nebo dospělci obou predátorů se vzájemně živí menšími (mladšími) larvální instary, nebo konzumují vajíčka toho druhého (Yano 2005).

Při introdukci dvou dravých roztočů *Amblyseius californicus* (syn. *Neoseiulus californicus*) a *Phytoseiulus persimilis* do skleníku proti svilušce chmelové se ukázalo, že predátor *A. californicus* je schopen odlišit nymfy svého druhu od nymf dravého roztoče *P. persimilis*. V průběhu času predátor *A. californicus* se živil z velké části nymfami *P. persimilis*, zatímco u predátora *P. persimilis* byl zaznamenán větší predační podíl v neprospěch kanibalismu, než konzumací nymf *A. californicus* (Schauberger a Walzer 2001). Schauburger a Walzer (2001) zároveň porovnávali introdukci obou dravých roztočů zvlášť, i v jejich kombinaci, a prokázali, že po samotné introdukci *P. persimilis* došlo k nárůstu jeho populace, zatímco při introdukci obou druhů predátorů jeho populace klesala. Populace *A. amblyseius* rostla a následně klesala daleko více, když byl do systému introdukován i *P. persimilis*. Tyto rozdíly v populační dynamice dvou roztočů z čeledi Phytoseiidae mohou být připsány kontrastním konkurenčním vlastnostem a kanibalismem. Dravé ploštice *Orius majusculus* nebo *Dicyphus tamaninii* určené k boji proti třásněnkám jsou schopny se živit nymfálními stádii jiné dravé ploštice *M. caliginosus*, která se používá v biologické ochraně rostlin proti molicím. I přesto, že byla zaznamenána predace *M. caliginosus* dravou plošticí

*D. tamaninii*, druh *M. caliginosus* se stále živil nymfami molic, nicméně populace této dravé plošnice začala časem klesat (Lucas a Alomar 2002). Tím, že se ve sklenicích běžně vyskytuje mezi přirozenými nepřáteli v biologické ochraně rostlin vnitřní predace, měli by se vybírat pro kombinaci různě velcí predátoři z různých taxonů. Ačkoli účinky vnitřní predace na populační dynamiku škůdců a přirozených nepřátel byly studovány pouze v několika případech, očekává se, že účinek vnitřní predace bude ve sklenicích méně významný, než u jednoletých plodin i víceletých plodin v polních podmínkách (Yano 2005).

V přirozených podmínkách prostředí byly zaznamenány i infekce v populacích molic. Obecně patří patogeny hmyzu (viry, bakterie, houby, háďátka) k velmi odlišným taxonomickým skupinám. Pro ochranu proti molicím mohou být využity pouze patogenní houby. Entomopatogenní houby klíčí na kutikule hmyzu, pronikají kutikulou do hostitele, a pak kolonizují tělní dutinu hostitele. Houby jsou náročné na vysokou relativní vzdušnou vlhkost a z tohoto hlediska je velmi obtížné aplikovat houby v některých oblastech. U druhu *A. aleyrodis* a *L. lecanii* je pozitivum, že pyknostry jsou drženy mucilaginózní hmotou, která do jisté míry zajistí vlhkost při klíčení spor (Fransen 1990). Nejčastější přirozené výskyty entomopatogenních hub v populacích molic byly zaznamenány na druzích vyskytujících se na citrusech (např. *Dialeurodes citri*, *D. citrifolii*), na molicích *T. vaporariorum* a *B. tabaci* (přirozené epizootie převážně zaznamenané v populacích v polních agroekosystémech). Houby z rodu *Aschersonia* se vyskytují v subtropických a tropických pásmech různých zoogeografických oblastí západní i východní polokoule. Ostatní druhy entomopatogenních hub molic jsou zaznamenávány i v jiných pásmech včetně mírného pásma palearktické oblasti, kde jsou dominantními patogeny molic houby rodu *Lecanicillium* spp. Největší význam patogenů molic mají druhy *A. aleyrodis*, *L. muscarium* a *I. fumosorosea* (Osborne a Landa 1992, Meekes *et al.* 2002). V současné době jsou ve světě registrovány biopreparáty na bázi entomopatogenních hub určených k regulaci populací molic. Jedná se zejména o biopreparáty na bázi výše zmíněných hub jako je Mycotal (*L. muscarium*), PreFeRal, PFR 97, NoFly (*I. fumosorosea*) a zároveň je na trhu biopreparát BotaniGard a Mycotrol na bázi houby *B. bassiana*. Bohužel v České republice není registrován ani jeden z uvedených biopreparátů.

Vývoj programů biologické ochrany rostlin vyžaduje interdisciplinární výzkumnou spolupráci a zapojení odborníků v oblasti entomologie, ekologie, fyziologie rostlin, genetiky, akarologie, nematologie i fytopatologie. Na základě znalostí odborníci na ochranu rostlin, entomologové, šlechtitelé rostlin, agronomové, producenti přírodních nepřátel a pěstitelé

společně vytvořili praktické, ekonomicky atraktivní programy biologické ochrany pro nejvýznamnější druhy plodové zeleniny. Kombinace základního výzkumu a aplikovaných problémů učinila projekt zavedení plodinových systémů za vědecky zajímavý a vzhledem k značnému praktickému využití velmi přínosný (Landa 1984).

Pro komerční účely se používají přirození nepřátelé, kteří jsou chováni a produkováni firmami po celém světě. V Evropě je nejznámější belgická firma Biobest a holandská firma Koppert. Obě tyto firmy mají ve svém portfoliu produkty na bázi makroorganismů i mikroorganismů, které distribuují po celém světě, včetně České republiky. Obě firmy se zabývají i výzkumem a vývojem nových produktů. Predátoři jsou volně žijící organismy, kdy dospělci i larvální resp. nymfální stádia musí zabít a konzumovat větší množství kořisti pro jejich přežití. Predátoři jsou většinou většího vzrůstu než jejich kořist a pro realizaci kompletního vývojového cyklu predátora je nutné, aby zkonsumoval velké množství kořisti. Při masových chovech musí tak firmy nejprve zajistit velkou hustotou škůdců, kteří musí být k dispozici predátorům. Kromě toho jsou někteří predátoři (např. *Phytoseiulus persimilis*) kanibalové, takže pokud není v chovech dostatečné množství potravy, dochází u *P. persimilis* k požívání vlastních jedinců, a o to více je jejich chov obtížnější (Walzer a Schausberger 1999, Osborne *et al.* 2004). Masové chovy některých predátorů jsou kvůli tomuto finančně náročné a cena se ve finále odrazí u zákazníka. Do ceny se promítá i podíl lidské práce, který je velký zejména při finalizaci produktů. Komerčně vyráběné produkty obsahují v sypkém materiálu nejen predátora, ale i jejich kořist, aby během skladování a transportu k pěstiteli měli predátoři stále co konzumovat. Díky obsažené potravě pro predátory se může stále predátor vyvíjet a dokončovat vývojový cyklus, tím se mohou vyvíjet další generace predátorů. Obdobné je to i s parazitoidy. Firmy musí mít chovy škůdců, do kterých následně vypustí parazitoidy. Po určité době musí parazitované nymfy sebrat a formulovat je do produktu. Parazitoidi se distribuují ve formě kartiček, na kterých jsou nalepeny parazitovaná puparia molic, nebo jsou formulováni do sypkého nosiče. Následně jsou produkty distribuovány k zákazníkovi (Pultar 2003).

Produkty musí splňovat kvalitu deklarovanou výrobcem. Vzhledem k rozvoji velkých firem v oblasti biologické ochrany rostlin jsou v současné době na trhu k dispozici kvalitní produkty. Ve výše uvedených firmách mají též oddělení kvality, kde je kvalita produktu testována. Firmy při testování uplatňují vypracované standardní pokyny, které byly pro rozvoj biologické ochrany rostlin vypracovány. Větší riziko je spojené s predátory a parazitoidy, než s mikroorganismy. Citlivou fází je transport k zákazníkovi. Při transportu jsou produkty

na bázi přirozených nepřátel uloženy v polystyrenových krabicích s chladicí vložkou, která zajistí podmínky pro přepravu (O'Neil *et al.* 1998). Doba transportu v dnešní době je velmi zkrácená. I přesto, že jsou v dnešní době produkty distribuovány na delší vzdálenosti, díky silniční a letecké dopravě jsou doručeny na místo určení řádově v několika málo dnech (Osborne *et al.* 2004). Například predátor *M. caliginosus* je distribuován v sypkém substrátu, který se aplikuje rozsypáním na rostliny v porostu. Produkt obsahuje jak dospělé, tak i nymfální stádia predátora, které hned po introdukci vyhledávají svou kořist. Predátor *A. swirskii* je běžně používán k regulaci populací molice a třásněnek ve sklenících na plodové zelenině a okrasných květinách. Jedinci jsou formulováni v různých nosičích, jako jsou otruby nebo vermikulit, a produkt obsahuje jak dospělé, tak i larvy a nymfy *A. swirskii*. Zároveň obsahuje i jedince svilušky chmelové. Díky sypkým nosičům jsou introdukovaní rovnoměrně rozsypem přímo na rostliny. V závislosti na hustotě škůdce se introdukuje přibližně 25 až 100 roztočů na 1 m<sup>2</sup>. Dravý roztoč může být introdukován spolu s některými jinými přirozenými nepřáteli do systémů pěstovaných plodin. Použití *A. swirskii* není kompatibilní s použitím dravého roztoče *P. persimilis*, protože dravý roztoč *A. swirskii* požírá nymfy *P. persimilis* (Maleknia *et al.* 2016).

V České republice jsou na trhu přípravky proti molicím pouze na bázi makroorganismů. V registru přípravků na ochranu rostlin lze nalézt produkty na bázi parazitoidů *E. formosa* a *E. eremicus* a na bázi predátorů *Macrolophus pygmaeus* a *Amblydromalus limonicus*. Oba druhy predátorů byly na trh uvedené nedávno a je o nich známo jen málo informací. Molice bavlníková představuje daleko větší riziko v pěstování skleníkových plodin než molice skleníková, což je dáno tím, že molice bavlníková přenáší daleko nebezpečnější virózy. V současnosti je k dispozici několik variant regulace populací molice *B. tabaci* (např. introdukce parazitoidů *Eretmocerus eremicus* nebo *Eretmocerus mundus*, dravé ploštice *Macrolophus caliginosus*), nicméně žádná z těchto variant nepředstavuje tak funkční a stabilní interakční systém jako „*E. formosa* versus molice skleníková *T. vaporariorum*“. Velkým příslibem je zavedení dravého roztoče *A. swirskii*. Standardní biologický prostředek na bázi tohoto predátora uvedla na trh jako první nizozemská firma Koppert B.V., a první zkušenosti naznačují, že se jedná o velmi účinný agens, který by mohl být využit i proti molici bavlníkové.

#### 4. ZÁVĚRY

1. Nejrozšířenějším druhem skleníkových kultur je na našem území molice skleníková *Trialeurodes vaporariorum*, nicméně v neposlední době se u nás vyskytuje i molice bavlníková *Bemisia tabaci*.
2. Odlišení obou druhů je velice důležité z důvodu jejich škodlivosti. Molice bavlníková přenáší daleko nebezpečnější viry než molice skleníková.
3. Pro regulaci molic se využívají jak parazitoidi, tak i predátoři samostatně nebo v kombinaci, a to vzhledem k tomu, jaký druh molice se ve skleníku vyskytuje.
4. Parazitoidi i predátoři molic se mohou kombinovat s přirozenými nepříteli regulující jiné druhy skleníkových škůdců.
5. Parazitická vosička *Encarsia formosa* se využívá k ochraně rostlin proti molici skleníkové, kdy se ve formě parazitovaných „černých“ puparií nalepených na kartičkách rozvěšuje na rostliny. Na molici bavlníkovou má *E. formosa* menší účinnost.
6. Při výskytu molice bavlníkové *B. tabaci* vždy kombinovat *E. formosa* s parazitoidy rodu *Eretmocerus* spp.
7. Oba druhy dodávat ve směsi 1:1, parazitoid *E. formosa* funguje lépe při nižších teplotách, což se může vyplatit v předjaří, zatímco *Eretmocerus* spp. funguje lépe při vyšších teplotách.
8. Parazitovaná puparia během kuklení parazitoidů mění barvu na černou (*E. formosa* vers. *T. vaporariorum*), nahnědlou (*E. formosa* vers. *B. tabaci*) a citrónově žlutou (*Eretmocerus* spp. vers. *T. vaporariorum* i *B. tabaci*). Změna barvy puparií napomáhá ke stanovení stupně parazitace škůdce.
9. Klíčový je monitoring, protože je důležité sledovat nejen interakci: škůdce vers. přirozený nepřítel, ale i kombinace: parazitoid vers. parazitoid, predátor vers. predátor a parazitoid vers. predátor.
10. Pro regulaci molic se používá predátor *Macrolophus caliginosus*. Zároveň se introdukuje do skleníků, kde je výskyt dalších škůdců, protože je schopen se žít vedle molic i sviluškami, mšicemi, třásněnkami a mladými housenkami.
11. Pozor! V případě, že bude ve skleníku nedostatečné množství škůdců, predátor *M. caliginosus* je schopen sít na rostlinách, což se může negativně projevit zejména na řezaných květinách.
12. Predátor *Amblyseius swirskii* je využíván též k ochraně molic. Opět se jedná o polyfágní druh predátora, který se může žít dalšími skleníkovými škůdci. Kombinace *A. swirskii* vers. *Phytoseiulus persimilis* může být negativní z důvodu, že *A. swirskii* je schopen se žít i na mladých nymfách *P. persimilis*.
13. Predátor *Delphastus catalinae* se využívá k ochraně molic a je vhodnou kombinací s parazitoidy *E. formosa* a *Eretmocerus* spp., protože na rozdíl od obou parazitoidů reguluje vajíčka a nižší nymfální instary molic.

## 5. POUŽITÁ LITERATURA

- Alomar O., Riudavets J., Castañe C. (2006): *Macrolophus caliginosus* in the biological control of *Bemisia tabaci* on greenhouse melons. *Biological Control*, 36: 154–162.
- Anonym e-Agri 1: Vyhláška č. 215/2008 Sb., o opatřeních proti zavlékání a rozšiřování škodlivých organismů rostlin a rostlinných produktů Příloha 1. <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100507176.html>, [on-line: 4.3.2019].
- Araujo J.P.M., Hughes D.P. (2016): Diversity of Entomopathogenic Fungi: Which Groups Conquered the Insect Body? *Advances in Genetics*, 94:1-39.
- Bajwa W.I., Kogan M. (1996): A Collection of IPM Definitions and their Citations in Worldwide IPM Literature. <http://www.ipmnet.org/ipmdefinitions/preamble.html> [on-line: 19.02.2019].
- Becker H., Corliss J., Dequattro J., Gerriets M., Senft D., Stanley D., Wood M. (1992): Get the whitefly swatters-fast. *Agricultural research*, 40 (11): 4-13.
- Boykin L.M., Kinene T., Wainaina J.M., Savill A., Seal S., Mugerwa H., MacFadyen S., Tay W.T., de Barro P., Kubatko L., Alicai T., Omongo C.A., Iro F.I., Ndngruru J., Seruwag P. (2018): Review and guide to a future naming system of African *Bemisia tabaci* species. *Systematic Entomology*, 43: 427–433.
- Butt T.M., Goettel M.S. (2000): Bioassays of Entomopathogenic fungi. In: Navon, A., Ascher, K.R.S. (Eds.): Bioassays of entomopathogenic microbes and nematodes. *CAB International. Wallingford. UK*. 95–140.
- Byrne D.N., Bellows T.S. 1991: Whitefly Biology. *Annual Review of Entomology*, 36: 431-457.
- Calvert L.A., Cuervo M., Arroyave J.A., Constantino L.M., Bellotti A., Frohlich D. (2001): Morphological and mitochondrial DNA marker analyses of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) colonizing cassava and beans in Colombia. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 94: 512-519.
- Calvo F.J., Bolckmans K., Belda J.E. (2011): Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. *Biocontrol*, 56: 185-192.
- Castle S.J., Goodell P.B., Palumbo J.C.(2009): Implementing principles of the integrated control concept 50 years later-current challenges in IPM for the arthropod pests. *Pest Manag. Sci.*, 65:1263–1264.
- Cloyd R. (2005): The Entomopathogen *Verticillium lecanii*. [on-line: 19.03.2019], <http://www.entomology.wisc.edu/mbcn/kyf612.html>,
- Cook D.R., Leonard B.R., Gore J. (2004): Field and laboratory performance of novel insecticides against armyworms (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 87: 433-439.
- Collier T.R., Hunter M.S. (2001): Lethal interference competition in the whitefly parasitoids *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia sophia*. *Oecologia*, 129(1):147-154.
- Crump N.S., Cother E.J., Ash G.J. (1999): Clarifying the nomenclature in microbial weed control. *Biocontrol Science and Technology*, 9: 89–97.
- Devine G.J., Wright D.J., Denholm I. (2000): A Parasitic Wasp (*Eretmocerus mundus* Mercet) Can Exploit Chemically Induced Delays in the Development Rates of Its Whitefly Host (*Bemisia tabaci* Genn.). *Biological Control*, 19: 64–75.
- Djemai I., Casas J., Magal C. (2004): Parasitoid foraging decisions mediated by artificial vibrations. *Anim. Behav.*, 67:567–571.
- Doğramacı M., Kakkar G., Kumar V., Chen J., Arthurs S. (2019): Swirski mite (suggested common name) *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Arachnida: Mesostigmata: Phytoseiidae). <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN100100.pdf>, [on-line 16.03.2019].

- Drummond J., Heale J.B., Gillespie A.T. (1987): Germination and effect of reduced humidity on expression of pathogenicity in *Verticillium lecani* against the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Annals of Applied Biology*, 111:193-201.
- Dufour R. (2001). Bionintensive integrated pest management. *ATTRA*, 52 pp.
- Eilenberg J., Hajek A., Lomer C. (2001): Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol*, 46:387–400.
- EPPO (2013): Commercially used biological control agents - Arachnida, Acarina. *EPPO - European and Mediterranean Plant Protection Organization*, [on-line: 16.03.2019].
- 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.
- Frank S.D. (2010): Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control*, 52:8–16.
- Fransen J.J. (1990): Natural enemies of whiteflies - Fungi, In: Gerling D. (Ed.): Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. *Athenaeum Press, Newcastle upon Tyne*, 187 - 209.
- Fransen J.J, Winkelman K., van Lenteren J.C. 1987: The differential mortality at various life stages of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae), by infection with fungus *Aschersonia aleyrodis* (Deuteromycotina: Coleomycetes). *Journal of invertebrate Pathology*, 50: 158-165.
- Geier P.W., Clark L.R. (1961): An ecological approach to pest control. In: Proceedings of the eighth technical meeting. *International Union of Conservation of Nature and Natural Resources, Warsaw*, pp. 10-18.
- Gelman D.B., Gerling D., Blackburn M.B., Hu J.S. (2005): Host-parasite interactions between whiteflies and their parasitoids. *Arch. Insect Bioch. Physiol.*, 60: 209-222.
- Gerber E., Schaffner U. (2016): Review of invertebrate biological control agents introduced into Europe. *Boston, MA: CABI*, pp. 194.
- Gilioli G., Pasquali,S., Parisic S., Winterd S. (2013): Modelling the potential distribution of *Bemisia tabaci* in Europe in light of the climate change scenario. *Pest Management Science*, 70: 1611–1623.
- Gill R.J. (1990): The morphology of Whiteflies. In: Gerling D. (Ed.): Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. *Athenaeum Press, Newcastle upon Tyne*, 13-46.
- Goettel M.S., Inglis G.D. (1997): Fungi: hyphomycetes. In: Lacey L. (ed): Manual of techniques in insect pathology. *Academic Press, San Diego*, pp 213–249.
- Gordon R.D. (1994): South American Coccinellidae (Coleoptera). Part III: Taxonomic revision of the western hemisphere genus *Delphastus* Casey. *Frustula Entomologica*, 17: 71-133.
- Gul H.T., Saeed S., Khan F.Z.A. (2014): Entomopathogenic fungi as effective insect pest management tactic: a review. *Applied Sciences and Business Economics*, 1(1): 10-18.
- Hadjistylli M., Roderick G.K., Brown J.K. (2016): Global Population Structure of a Worldwide Pest and Virus Vector: Genetic Diversity and Population History of the *Bemisia tabaci* Sibling Species Group. *PLoS ONE*, 11(11): e0165105.
- Hadjistylli M., Roderick G.K., Gauthier N. (2015): First report of the Sub-Saharan Africa 2 species of the *Bemisia tabaci* complex in the Southern France. *Phytoparasitica* 43, 679–687.
- Heinz K.M., Brazzle J.R., Parrella M.P., Pickett C.H. (1999): Field evaluations of augmentative releases of *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae) for suppression of *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae) infesting cotton. *Biological Control*, 16: 241-251.



- Henneberry T.J., Jech L.F., de la Torre T. 2002: Effects of cotton plant water stress on *Bemisia tabaci* Strain B (Homoptera: Aleyrodidae) honeydew production. *Southwestern Entomologist*, 27 (2): 117-133.
- Hoddle M.S., Van Driesche R.G., Sanderson J.P. (1998): Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annu. Rev. Entomol.*, 43:645–669.
- Hodek I., van Emden H.F., Honek A. (2012): Ecology and Behavior of the Ladybird Beetles (Coccinellidae). *Blackwell Publishing Limited, UK*, p. 600.
- Hoelmer K.A., Osborne L.S., Yokomi R.K. (1993): Reproduction and feeding behavior of *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 86:322-329.
- Hoelmer K.A., Pickett CH. (2003): Geographic origin and taxonomic history of *Delphastus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) in commercial culture. *Biocontrol Science and Technology*, 13: 529-535.
- Hu J.S., Gelman D.B., Blackburn M.B. (2002): Growth and Development of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) in the Greenhouse Whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae): Effect of Host Age. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 49:125–136.
- Huffaker C.B., Simmonds F.J., Laing J.E. (1976): The theoretical and empirical basis of biological control. In: Huffaker C.B., Messenger P.S. (Eds.): Theory and Practice of Biological Control. *Academic Press, New York*, pp. 41–78.
- 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. (Eds.): Fungi as biocontrol agents – progress, problems and potential. *CAB International, Wallingford, UK*, 23-69.
- Jhan P.K., Shim J.K., Lee S., Lee K.Y. (2019): Differential responses between a vector species *Bemisia tabaci* and a nonvector species *Trialeurodes vaporariorum* following ingestion of tomato yellow leaf curl virus. *Archives of Insect Biochem. Physiol.*, 100(2):e21517.
- Juan-Blasco M., Qureshi J.A., Urbaneja A., Stansley P.A. (2012): Predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari Phytoseiidae), for biological control of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Florida Entomologist*, 95: 543-551.
- Kenis M., Hurley B.P., Hajek A.E., Cock M.J.W. (2017): Classical biological control of insect pests of trees: facts and figures. *Biol. Invasions* 19:3401–3417.
- Landa Z., Jegorov A., Mařha V., Novák J. (1989): Light induced production of carotenoids by the entomogenous fungus *Aschersonia aleyrodidis*. *Proc. Conf. „Biopesticides theory and practice“*, September 25.- 28.1989, České Budějovice, 110 - 119.
- Landa Z. (2002): Biologická ochrana zahradních rostlin proti chorobám a škůdcům v polních podmínkách, ve sklenících a fóliovnících. In: Demo M., Hričovský I. (Eds.): Trvalo udržatelné technologie v záhradnictve. *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre*, 225-280.
- Landa Z., Bohatá A., Šimková J., Skalický A., Doul L., Kalista M. (2010): Potential of local strains of entomopathogenic fungi as components of ecologically based program of protective treatments against spruce bark beetle *Ips typographus*. *Aktuality šumavského výzkumu IV, Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk*, s. 61-65.
- Landa Z., Bobková P., Bohatá A. (2007): Biologické metody, In: Kůdela V., Brunová M. (Eds.): Česko-anglická rostlinolékařská terminologie. *Academia, Praha*, 28:697-723.
- Landa Z. (1984): Ochrana proti molici skleníkové (*Trialeurodes vaporariorum* West.) v programech integrované ochrany skleníkových okurek. *Zahradnictví*, 11 (3): 215-228.
- Lee W., Park J., Lee G.S., Lee S., Akimoto S.I. (2013): Taxonomic status of the *Bemisia tabaci* complex (Hemiptera: Aleyrodidae) and reassessment of the number of its constituent species. *PLoS ONE*, 8:e63817.

- Lei H., Tjallingii W.F., van Lenteren J.C., Xu R.M. (1996): Stylet penetration by larvae of the greenhouse whitefly on cucumber. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 79: 77-84.
- Liu T.X., Stansly P.A., Hoelmer K.A., Osborne L.S. (1997): Life history of *Nephaspis oculatus* (Coleoptera: Coccinellidae), predators of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 90:776-782.
- Lom J. (1995): *Wolbachia*, o složitosti parazitohostitelských vztahů. *Vesmir* 74(12):667.
- Luangsa-Ard J.J., Hywel-Jones N.L., Samson R.A. (2004): The Polyphyletic Nature of *Paecilomyces* Sensu Lato Based on 18S-generated rDNA Phylogeny. *Mycologia*, 96:773-780.
- Lucas E., Alomar O. (2002): Impact of the presence of *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) on whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) predation by *Macrolophus caliginosus* (Wagner). *Biological Control*, 25:123-128.
- Luo C., Liu T.X. (2011): Fitness of *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Insect Sci.*, 18:84-91.
- Malais M., Ravensberg W.J. (1992): Knowing and recognizing. The biology of glasshouse pests and their natural enemies. *Koppert, B.V. Biological systems, The Netherlands*, pp. 109.
- Malais M.H., Ravensberg W.J. (2003): knowing and recognizing, The biology of glasshouse pests and their natural enemies. *Koppert B.V. A Reed Bussiness Information, The Netherlands*, 288.
- Maleknia B., Fathipour Y., Soufbaf M. (2016): Intraguild predation among three phytoseiid species, *Neoseiulus barkeri*, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii*. *Systematic and Applied Acarology*, 21(4):417-426.
- Manandhar R., Wright M.G. (2015): Enhancing biological control of corn earworm, *Helicoverpa zea* and thrips through habitat management and inundative release of *Trichogramma pretiosum* in corn cropping systems. *Biological Control*, 89:84-90.
- Matthew J.W.C., van Lenteren J.C., Brodeur J., Barratt B.I.P., Bigler F., Bolckmans K., Consoli F.L., Haas F., Mason P.G., Parra J.R.P. (2010): Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control? *BioControl*, 55(2): 199–218.
- Meekes E.T., Fransen J.J., van Lenteren J.C. (2002): Pathogenicity of *Aschersonia* spp. against whiteflies *Bemisia argentifolii* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 81(1): 1–11.
- Meyling N.V., Thorup-Kristensen K., Eilenberg J. (2011): Below- and aboveground abundance and distribution of fungal entomopathogens in experimental conventional and organic cropping systems. *Biol Control*, 59:180–186.
- Mohd Rasdi Z., Fauziah I., Wan Mohamad W.A.K., Abdul S., Rahman S.R., Che Salmah M.R., Kamaruzaman J. (2009): Biology of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) Predator of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *International Journal of Biology*, 1(2): 63-70.
- Nafiu B.S., Dong H., Cong B. (2014): Principles of biological control in integrated pest management. *International Journal of Applied Research and Technology*, 3(11): 104-106.
- Omkar O., Kumar B. (2016): Biocontrol of Insect Pests. In: Omkar O. (Ed.): Ecofriendly pest management for food security. *Elsevier Inc., Academic Press*, 25-61.
- O'Neil R.J., Giles K.L., Obrycki J.J., Mahr D.L., Legaspi J.C., Katovich K. (1998): Evaluation of the quality of four commercially available natural enemies. *Biological Control*, 11:1-8.
- Osborne L.S., Bolckmans K., Landa Z., Peña J. (2004): Kinds of natural enemies. In: Heinz K.M., van Driesche R.G., Parrella P. (Eds.): Biocontrol in protected culture. *Ball Publishing, Batavia*, 95-128.

- Osborne L.S., Landa Z. (1992): Biological control of whiteflies with entomopathogenic fungi. *Florida Entomology*, 75(4):456-471.
- Osborne L.S., Storey G.K., McCoy C.W., Walter J.F. (1990): Potential for controlling the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, with the fungus *Paecilomyces fumosoroseus*. *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Colloquium on Invertebrate Pathology and Biological Control, Adelaide, Australia*, 386-390.
- Osborne L.S., Landa Z., Taylor D.J., Tyson R.V. (2005): Using banker plants to control insects in greenhouses vegetables. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 118:127-128.
- Ovčarenko I., Kapantaidaki D.E., Lindström L., Gauthier N., Tsagkarakou A., Knott K.E., Vänninen I. (2014): Agroecosystems shape population genetic structure of the greenhouse whitefly in Northern and Southern Europe. *BMC Evolutionary Biology*, 14:165-182.
- Pang S.T., Wang L., Hou Y.H. Shi Z.H. (2001): Interspecific interference competition between *Encarsia formosa* and *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) in parasitizing *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on five tomato varieties. *Insect Sci.*, 18: 92–100.
- Park H.H., Shipp L., Buitenhuis R. (2010): Predation, development and oviposition by the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). *Journal of Economic Entomology*, 103: 563-569.
- Parrella G. (2008): Interveinal Yellowing Caused by Tomato infectious chlorosis virus in Lettuce and Escarole in Southern Italy. *Journal of Phytopathology*, 156(3): 190-192.
- Perdikis D.C., Lykouressis D.P. (2004): *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) as suitable prey for *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) population increase on pepper plants. *Environmental Entomology*, 33(3):499-505.
- Perring T.M., Stansly P.A., Liu T.X., Smith H.A., Andreason S.A. (2018): Whiteflies: Biology, Ecology, and Management. In: Wakil W., Brust G., Perring T. (Eds.): Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. *Elsevier Science Publishing Co Inc., San Diego, USA*, 73–110.
- Pultar O. (2003): Základní metodiky použití biologické ochrany rostlin v temperovaných prostorách. In: Honěk A., Martinková Z., Stejskal V. (Eds.): Predátoři a parazitoidi v biologické ochraně polních kultur, skleníků, a skladovaných komodit. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha*, 18-35.
- Půža V., Mráček Z. (2010): Mechanisms of coexistence of two sympatric entomopathogenic nematodes, *Steinernema affine* and *S. kraussei* (Nematoda: Steinernematidae), in a central European oak woodland soil. *Applied Soil Ecology*, 45: 65-70.
- Ragusa S., Swirski E. (1975): Feeding habits development and oviposition of the predaceous mite *Amblyseius swirskii* Acarina Phytoseiidae on pollen of various weeds. *Israel Journal of Entomology*, 15:55-62.
- Rajinder P., Bandral R.S., Zhang W.J., Wilson L., Dhawan A.K. (2009): Integrated pest management: a global overview of history, programs and adoption. In: Rajinder P., Dhawan A. (eds): Integrated pest management: innovation-development process (Vol. 1). *Springer, Dordrecht, The Netherlands*, pp 1–50.
- Ravensberg W. (2010): The development of microbial pest control products for control of arthropods: a critical evaluation and a roadmap to Access. *PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, NL*, pp. 348.
- Rosenheim J.A., Kaya H.K., Ehler L.E., Marois J.J., Jaffee B.A. (1995): Intraguild Predation Among Biological-Control Agents: Theory and Evidence. *Biological Control*, 5(3):303–335.
- Schauberger P., Walzer A. (2001): Combined versus single species release of predaceous mites: predator-predator interactions and pest suppression. *Biological Control*, 20:269-278.
- Shah M.M., Zhang S., Liu T. (2015): Whitefly, Host Plant and Parasitoid: A Review on Their Interactions. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, 4:48-61.

- Sharma M., Budha P.B. (2015): Host Preference Vegetables of Tobacco Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) in Nepal. *Journal of Institute of Science and Technology*, 20(1): 133-137.
- Simmons A.M., Legaspi J.C., Legaspi B.C. (2008): Responses of *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae), to relative humidity: Oviposition, hatch, and immature survival. *Annals of the Entomological Society of America* 101: 378-383.
- Smolińska U., Kowalska B. (2018): Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*—a review. *Journal of Plant Pathology*, 100(1):1-12.
- Stern V.M., Smith R.F., van den Bosch R., Hagen K.S. (1959): The integrated control concept. *Hilgardia*, 29: 81-101.
- Summers C.G. (2002): Leaf surface selection by *Bemisia argentifolii* crawlers. *Southwestern Entomologist*, 27(3/4): 263-267.
- Škaljac M., Žanic' K., Hrnčić' S., Radonjic' S., Perovic' T., Ghanim M. (2012): Diversity and localization of bacterial symbionts in three whitefly species (Hemiptera: Aleyrodidae) from the east coast of the Adriatic Sea. *Bulletin of Entomological Research*, 103(1):1-12.
- Tarocco F., Lecuona R.E., Couto A.S., Arcas J.A. (2005): Optimization of erythritol and glycerol accumulation in conidia of *Beauveria bassiana* by solid-state fermentation, using response surface methodology. *Appl Microbiol Biotechnol.* 68(4): 481–488.
- Urbaneja A., Sanchez E. Stansly P.A. (2007): Life history of *Eretmocerus mundus*, a parasitoid of *Bemisia tabaci*, on tomato and sweet pepper. *BioControl*, 52:25–39.
- van Lenteren J.C., Woets J. (1988): Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annual Review of Entomology*, 33:239-269.
- Vidal C., Lacey L.A., Fargue J. (1997): Pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) with a description of a bioassay method. *Journal of Economic Entomology*, 90(3):765-772.
- Waage J. (1996): Integrated pest management and biotechnology: an analysis of their potential for integration. In: Persley G.J. (Ed.): *Biotechnology and integrated pest management*. CAB International, pp. 37-60.
- Waage J.K., Mills N.J. (1992): Biological control. In: Crawley MJ (Ed.): *Natural enemies: the population biology of predators, parasites and diseases*. Blackwell Scientific, Oxford, pp 412–430.
- Walzer A., Schausberger P. 1999: Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: Predation rates and effects on reproduction and juvenile development. *BioControl*, 43(4): 457-468.
- Wimmer D., Hoffman D., Schausberger P. (2008): Prey suitability of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, and onion thrips, *Thrips tabaci*, for the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Biocontrol Science and Technology*, 18: 533-542.
- Whipps J.M., Lumsden R.D. (2001): Commercial use of fungi as plant disease biological control agents: status and prospects. In: Butt T., Jackson C., Magan N. (Eds.): *Fungal biocontrol agents—progress, problems and potential*. Wallingford: CAB International, pp. 9-22.
- Xiao Y., Chen J., Cantliffe D., Mckenzie C., Houben K., Osborne L.S. (2011): Establishment of papaya banker plant system for parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomato production. *Biological control*, 58: 239–247.
- Yano E. (2005): Effects of intraguild predation and interspecific competition among biological control agents in augmentative biological control in greenhouses. *Second International Symposium on Biological Control of Arthropods, Davos, Switzerland - September 12-16*, <https://www.bugwood.org/arthropod2005/vol2/11a.pdf>, [on-line: 17.03.2019].

- Zare R., Gams W. (2001): A revision of *Verticillium* section *Prostrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium*. *Nova Hedwigia*, 73: 1-50.
- Zchori-Fein E., Roush R.T., Hunter M.S. (1992): Male production induced by antibiotik treatment in *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), an asexual species. *Experientia* 48:102-105.
- Zídek T., Ševčík V. (1992): Nechemická ochrana rostlin, *Zemědělské nakladatelství Brázda*, 106.
- Zimmermann G. (2007): Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Sci Techn* 17:553–596.
- Zolnerowich G., Rose M. (2008): The Genus *Eretmocerus*. In: Gould J., Hoelmer K., Goolsby J. (Eds.): Classical Biological Control of *Bemisia tabaci* in the United States - A Review of Interagency Research and Implementation. *Springer Netherlands*, p. 89–109.