



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra rostlinné výroby

Bakalářská práce

Biologická ochrana skleníkových kultur proti
svilušce chmelové

Autor práce: David Drtina

Vedoucí práce: Ing. Andrea Bohatá, Ph.D

České Budějovice 2022

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne 14. 4. 2022



Podpis

Abstrakt

Sviluška chmelová *Tetranychus urticae* patří mezi nejvýznamnější škůdce skleníkových plodin vyskytující se téměř po celém světě. Jedná se o polyfágní druh škůdce se širokým spektrem hostitelských rostlin. Sviluška chmelová škodí zejména sáním na rostlinách, kde vytváří chlorotické skvrny. Svilušky se vyznačují schopností vyvíjet si rychle rezistenci vůči účinným látkám pesticidů, a to během 2 až 4 let. Vzhledem vzniku resistance se hledají alternativní metody ochrany rostlin. Velmi důležitý je monitoring, pomocí kterého je nutné včasné detekovat přítomnost svilušky chmelové a následně provést včasné opatření. Ve sklenících se využívá hlavně biologická metoda ochrany rostlin. V biologické ochraně rostlin ve skleníkových kulturách se proti svilušce chmelové používá strategie sezónní inokulativní introdukce. Introdukce spočívá v záměrném vysazení přirozených nepřátel. Proti svilušce se používají přípravky na bázi makroorganismů, predátorů. Nejvýznamnější komerční přípravky jsou na bázi dravých roztočů jako je *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseilus californicus* a *Amblyseius swirski*. Zároveň jsou ve světě registrovány přípravky na bázi mikroorganismů, mezi které patří entomopatogenní a akaropatogenní houby na bázi *Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*. Významnými houbami, které regulují populace svilušky chmelové, jsou *Hirsutella thompsonii* a *Neozygites floridana*. Nicméně, na bázi těchto druhů hub není registrován žádný přípravek.

Klíčová slova: *Tetranychus urticae*, predátor, draví roztoči, entomopatogenní houby, biologická ochrana

Abstract

The two spotted spider mite *Tetranychus urticae* is one of the most important pests of greenhouse crops, occurring almost worldwide. It is a polyphagous pest species with a wide range of host plants. The two spotted spider mite is particularly damaging by sucking on plants where it forms chlorotic spots. The two spotted spider mite are characterised by their ability to develop resistance to pesticide active ingredients rapidly, within 2 to 4 years. As resistance develops, alternative methods of plant protection are being sought. Monitoring is very important to detect the presence of *T. urticae* early and to take timely action. In greenhouses, the main method of plant protection is biological method. In biological control in greenhouse crops, the strategy of seasonal inoculative introduction against *T. urticae* is used. Introduction consists of deliberately introducing natural enemies. Products based on macroorganisms, predators, are used against the *T. urticae*. The most important commercial products are based on predatory mites such as *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* and *Amblyseius swirski*. In the meantime, products based on microorganisms are registered worldwide, including entomopathogenic and acropathogenic fungi based on *Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Hirsutella thompsonii* and *Neozygites floridana* are important fungi that regulate populations of the *T. urticae* in the nature. However, no products based on these fungi species are registered.

Keywords: *Tetranychus urticae*, predator, predatory mites, entomopathogenic fungi, biological control

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především Ing. Andree Bohaté, Ph.D., zejména za čas, který mi při zpracování práce poskytovala, za její odborné rady a obrovskou ochotu. Poděkovat bych chtěl i svojí manželce Ivaně, za její podporu během mého studia.

Obsah

Úvod.....	9
1 Svluška chmelová <i>Tetranychus urticae</i>	11
1.1 Morfologie.....	11
1.2 Svluška, tvorba pavučin	12
1.3 Potrava.....	12
1.4 Rozmnožování.....	13
1.4.1 Oplodnění.....	13
1.4.2 Vajíčka	14
1.4.3 Larva	14
1.4.4 Protonymfa.....	15
1.4.5 Deutonymfa.....	15
1.4.6 Dospělec.....	15
1.5 Diapauza.....	17
1.6 Migrace.....	17
1.6.1 Vlastní pohyb	17
1.6.2 Pomocí zoochorie.....	18
1.6.3 Pomocí povětrnostních podmínek.....	18
1.7 Kanibalismus	18
2 Poškození rostlin svluškou.....	20
3 Biologická ochrana.....	22
4 Hmyzí predátoři	24
4.1 <i>Hemiptera, Anthocoridae</i> (Hladěnkovití).....	24
4.1.1 <i>Blaptostethus pallescens</i>	24
4.1.2 <i>Orius insidiosus</i>	27
4.2 <i>Diptera, Cecidomyiidae</i> (Bejlmorkovití).....	28
4.2.1 <i>Feltiella acarisuga</i>	28

4.3	<i>Coleoptera, Coccinellida</i> (Slunéčkovití).....	29
4.3.1	<i>Stethorus punctillum</i>	29
4.4	<i>Thysanoptera</i> (Třásnokřídli).....	33
4.4.1	<i>Scolothrips sexmaculatus</i>	33
5	Draví roztoči.....	38
5.1	<i>Phytoseiidae</i>	38
5.1.1	<i>Amblyseius swirskii</i>	38
5.1.2	<i>Neoseiulus californicus</i> (= <i>Amblyseius californicus</i>)	39
5.1.3	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	41
5.1.4	<i>Typhlodromus pyri</i>	42
6	Predace	44
6.1	Funkční odpověď – predátor a kořist	44
6.1.1	Typ I.....	44
6.1.2	Typ II.....	44
6.1.3	Typ III	45
6.2	Tritrofická interakce, hostitel-škůdce-predátor	45
6.2.1	Lokalizace škůdce predátorem	45
6.2.2	Kořenový mutualismus	45
6.2.3	Arbuskulárně mykorhizní houby a predátoři <i>T. urticae</i>	46
6.3	Interakce predátorů <i>T. urticae</i>	46
6.3.1	<i>Amblyseius swirskii</i> a <i>Phytoseiulus persimilis</i>	46
6.3.2	<i>Amblyseius degenerans</i> a <i>Neoseiulus (Amblyseius) californicus</i>	46
6.3.3	<i>Feltiella acarisuga</i> a <i>Phytoseiulus persimilis</i>	47
6.4	Komerčně dostupné přípravky na bázi predátorů.....	47
6.4.1	<i>Feltiella acarisuga</i>	47
6.4.2	<i>Stethorus punctillum</i>	48
6.4.3	<i>Amblyseius andersoni</i>	48

6.4.4	<i>Amblyseius swirskii</i>	48
6.4.5	<i>Neoseiulus californicus</i>	48
6.4.6	<i>Phytoseilus persimilis</i>	49
6.4.7	<i>Blaptostethus pallescens</i>	49
7	Akaropatogenní a entomopatogenní houby	51
7.1	<i>Hirsutella thompsonii</i>	52
7.2	<i>Beauveria bassiana</i>	53
7.3	<i>Metarhizium anisopliae</i>	54
7.4	<i>Isaria fumosorosea</i>	56
7.5	<i>Neozygites floridana</i>	57
7.6	Komerčně dostupné prostředky	58
8	Diskuse	59
	Závěr	62
	Seznam použité literatury	63
	Internetové zdroje	74
	Seznam obrázků	75
	Seznam tabulek	77
	Seznam použitých zkratk	78

Úvod

Zemědělská produkce čelí v současnosti výzvám, jako je zvýšení celosvětové produkce potravin v důsledku nárůstu lidské populace. Je také nutné omezovat používání pesticidů a jejich škodlivých vlivů na životní prostředí. Z důvodů zvyšování produkce potravin a snahy o dosažení co největší kvality a nutriční hodnoty plodin, je ochrana plodin proti škůdcům nezbytná.

Obrovský nárůst produkce byl zaznamenán v době zavedení syntetických pesticidů na ochranu rostlin proti škůdcům. V 50. letech 20. století začaly být používány pesticidy jako DDT, které velmi účinně hubily škůdce. V souvislosti s jejich masivní aplikací po celém světě ovšem velmi brzy došlo u škůdců k výskytu rezistencí na tyto látky. Zároveň se objevily první studie, které dokumentovaly jejich škodlivost na životní prostředí a hlavně se ukládaly do živočišných tkání a potravních řetězců. Dopady, do té doby hojně používaných pesticidů, na životní prostředí začaly být studovány a po čase docházelo a dochází k regulaci účinných látek a jejich používání.

Naproti tomu biologická ochrana rostlin se jeví jako udržitelná, nepoškozující životní prostředí a škůdce si na ní nevytvářejí rezistenci. Tento způsob ochrany rostlin je v přirozených biotopech nazýván jako „přirozená regulace“. Stejnou interakci použitou v zemědělských ekosystémech nazýváme „biologická ochrana“.

Biologická ochrana rostlin pomocí makroorganismů jako jsou predátoři, paraziti a parazitoidy, nebo ochrana pomocí mikroorganismů jako jsou entomopatogenní houby, nebo entomopatogenní bakterie je v dnešní době velmi diskutovanou alternativou k syntetickým pesticidům.

Úspěšnost biologické ochrany škůdců závisí na tom, aby kořist nebo hostitel byl specifický pro predátora nebo parazitoida, měli spolu synchronní vývoj a přirozený nepřítel byl schopen rychle se vyvíjet a zvyšovat svoji populaci. Přirození nepřátelé by dále měli být schopni udržovat svoji populaci i v případě, že je populace škůdců nízká. Toho někteří dosáhnou za použití alternativních zdrojů potravy. Dále by měli mít vysokou schopnost vyhledávání kořisti nebo hostitele.

V Evropské unii byla přijata opatření v rámci evropské směrnice 2009/128/EC, která má za úkol snížit používání pesticidů v zemědělství. Francie přijala opatření, kterým se zavázala snížit používání pesticidů v zemědělské produkci do roku 2025 až o polovinu. Vzhledem k tomu je biologická ochrana proti škůdcům klíčová. Jedna ze

strategií biologické ochrany proti škůdcům spočívá ve zvýšení počtu přirozených nepřátel škůdců a jejich management. Další strategií je záměrná introdukce přirozených nepřátel škůdců do prostředí. Tento způsob biologické ochrany je prováděn prodejem komerčních prostředků obsahujících přirozené nepřátele škůdců.

Celkem 84 % nákladů na biologickou ochranu proti škůdcům připadá na regulaci populací nejvýznamnějších skleníkových škůdců jako je sviluška chmelová, molice, třásněnky a mšice. Mezi nejvíce používané biologické prostředky patří např. *Encarsia formosa* (25 % celosvětového trhu), *Phytoseiulus persimilis*, nebo *Amblyseius cucumeris* (oba 12 % celosvětového trhu). Důležité prvky integrované ochrany rostlin jsou např. posilování populace dravých fytoseidních roztočů, kteří úspěšně regulují počet škůdců na pěstovaných rostlinách. Toho můžeme docílit třeba managementem půdopokryvných rostlin, které během vegetačního období zajišťují dostatek potravy (pylu) pro dravé roztoče (Malagnini 2022).

Bakalářská práce se zabývá problematikou využití přirozených nepřátel na bázi makroorganismů a mikroorganismů v biologické ochraně proti svilušce chmelové *Tetranychus urticae*.

1 Sviluška chmelová *Tetranychus urticae*

1.1 Morfologie

Sviluška chmelová náleží do řádu sametkoců (*Prostigmata*), čeledi sametkovitých (*Tetranychidae*). Jde o roztoče z podkmenu klepítkatci (*Chelicerata*). Výskyt *Tetranychus urticae* je zmapován až do spodního devonu (cca před 410 mil. let) (Grbić et al. 2011).

Jedná se o roztoče, který má tělo oválného, kapkovitého tvaru. Sviluška má viditelné střevo pod průhlednou kutikulou a na těle má dvě zřetelné tmavé skvrny. Díky tomu je v anglicky mluvících zemích sviluška nazývána také jako „The two-spotted spider mite“.

Trávicí ústrojí je podobně jako u hmyzu tvořeno předním střevem (*Stomodeum*), středním střevem (*Mesenteron*) a zadním střevem (*Proctodeum*). Má se za to, že sviluška tráví potravu intracelulárně (Mothes & Seitz 1981). Poté, co roztoč zabodne párové ústní ústrojí (stylet) do rostlinné buňky, potrava putuje do střeva prostřednictvím hltanu. Stylet svilušky patrně slouží jak k nasávání obsahu buňky rostlin, tak k transportu slinných žláz, které obsahují trávicí enzymy do rostlinné buňky (Bensoussan et al. 2018).

Zbarvení svilušky je nejčastěji průsvitné, zelenožluté nebo zelené, ale může mít i červenooranžovou nebo nahnědlou barvu (diapauza). Velikost pohlaví je rozdílná, samičky jsou větší než samečci. Samičky dosahují délky až 0,4 mm, a na hřbetu mají více než 12 páru štětín (*setae*). Přezimující samičky mají většinou oranžovou až načervenalou barvu. Sameček je menší, s oválným tělem postupně se zužujícím na konci, opatřeným pohlavním ústrojím (*aedeagus*).

Sviluška chmelová je schopná vytvářet jemné pavučiny, které slouží jako ochrana před predátory a abiotickými vlivy. Pavučiny využívají i k druhové komunikaci, k přechodu mezi rostlinnými částmi a vytváří pro ně také vhodný mikrobiotop.



Obrázek 1 - detail *T. urticae* z elektronového mikroskopu (Zdroj 6)

1.2 Sviluška, tvorba pavučin

Sviluška *Tetranychus urticae* je schopna vytvářet jemné pavučiny, které sprádají vždy při svém pohybu. Tyto sítě jsou zejména na spodní straně listů a stoncích rostlin, kde se sviluška běžně vyskytuje. Pavučina jim poskytuje ochranu před slunečními paprsky, deštěm i predátory. Pavučina slouží hlavně k přenosu a tím šíření jedinců svilušky mezi napadenými a zdravými rostlinami. Kladení vajec na spodní stranu listů také ztěžuje detekování svilušek a poskytuje jim čas na páření a rozšiřování populace. Pokud je síť hustá poskytuje sviluškám i dobrou ochranu před akaricidními prostředky. Samičky kladou vajíčka na sítěmi pokryté spodní části listů, které jim poskytují ochranu a vyvíjí se zde po vylíhnutí larvy a nymfy až do stadia dospělosti. Má se za to, že trus, který produkují svilušky do pavučin, přispívá svým rozkladem k tvorbě mikroklimatu pod pavučinou (Gerson 1985).

1.3 Potrava

Tetranychus urticae patří mezi polyfágní herbivory, kteří se živí širokou škálou rostlinných druhů z různých čeledí. Na těchto rostlinách způsobují viditelná poškození.

Uvádí se, že se živí na více než 1100 druzích rostlin, které náleží až do 140 čeledí, a to včetně druhů rostlin, které jsou na obranu proti herbivorům schopny produkovat nejrůznější toxiny (Grbić et al. 2011).

Napadá jedno i víceleté plodiny jako jsou např. okurky, rajčata, jahody, kukuřice, sója, chmel, ale i jabloně, révu vinnou, nebo citrusy. Jde tedy o velmi významného škůdce polních a skleníkových plodin v zemědělské produkci (Malais & Ravensberg 2003).

Zavlečení svilušky na území Evropy z Jižní Ameriky ukazuje na to, že jde o invazního škůdce. V důsledku klimatických změn a oteplování hrozí v nejbližších letech větší tlak svilušky jako škodlivého patogenu v zemědělské produkci.

Tetranychus urticae má ze škůdců největší odolnost proti používaným pesticidům (Van Leeuwen, et al 2010). Sviluška si vyvinula rezistenci k mnoha chemickým látkám a proto je chemická ochrana proti tomuto škůdci velmi náročná. Chemická ochrana proti svilušce vytváří často tzv. „křížovou rezistenci“, která vede k následné odolnosti proti novým pesticidům, a to ve velmi krátké době 2 až 4 let (Chapman et al. 1979).

1.4 Rozmnožování

Sviluška je vysoce polyfágní škůdce, který má rychlou reprodukční schopnost a krátký vývojový cyklus. *T. urticae* je diplo-haploidní a samičky nemusí být oplodněny nutně samečkami. Jedna přeživší samička je schopna naklást vajíčka, z nichž se líhnou pouze samečci. Tito „synové“ pak oplodní „matku“. Oplodněná samička již klade vejce, z kterých se líhnou obě pohlaví (Helle 1967).

Vývojový cyklus probíhá v 5 stádiích:

- vajíčko
- larva
- protonymfa
- deutonymfa
- dospělec

1.4.1 Oplodnění

Samečci jsou při vyhledávání samic aktivní a zdržují se vždy v jejich blízkosti. Jsou schopni se zdržovat v blízkosti deutonymfy v odpočivném stádiu, z které se později

vylíhne samička. Tuto samičku si hlídá a brání si ji před jinými samečkami a po jejím vylíhnutí jí hned oplodní. Sameček při páření nadzvedne hysterosom samičky a svým hysterosomem pod ní vklouzne obráceně. Samotné páření trvá asi 2 až 3 minuty. Samečci jsou schopni se obvykle pářit s více samičkami. Oplodněná samička je schopna naklást 40 až 110 vajíček, zatímco neoplozená samička naklade vajíček méně, kolem 14 až 48. Poměr pohlaví z vylíhnutých vajíček je následující, samečci – samičky 1:2,55 (po oplodnění samička) a 1:0 (neoplozená samička). Životaschopnost vajíček je kolem 91 % (Kaur et al. 2012; Aswathi & Bhaskar 2014).

Je popsáno, že neoplozené samičky produkují menší vajíčka, než samičky oplodněné, ale žijí déle. Na druhou stranu oplodněné samičky produkují větší vajíčka s větším obsahem živin, což vede k tomu, že vylíhlé vaječné larvy jsou větší a následně i nymfy a dospělci jsou větší a jsou schopny přijímat více potravy. Z oplodněných vajíček se vyvíjí větší samečci, a to jim umožňuje být více konkurenční při páření a sexuální selekci (Macke et al. 2011).

1.4.2 Vajíčka

Oplodněná samička klade vajíčka jednotlivě, nebo ve shluku. Vajíčka klade zejména na spodní stranu listů, a to v blízkosti žilnatiny (*venatio*). Toto umístění je zřejmě vhodné jako ochrana proti slunečnímu záření a dešti. Čerstvě snesená vajíčka jsou kulatá, průhledná a postupně mění barvu na bílou. Uvnitř vajíčka jsou zřetelně vidět dvě tmavé oči budoucí larvy. Vajíčka mají v průměru okolo 0,13 mm. Vývoj je v průměru 4 dny (Siddhapara & Virani 2018).

1.4.3 Larva

Vaječné larvy se líhnou krémově zbarvená, mají šest nohou a na délku měří kolem 0,15 mm. Po prvním příjmu potravy se barva larev mění na světle zelenou. Mají patrné oči a larvální období trvá cca 2,5 dne (sameček) a cca 4 dny (samička) (Siddhapara et al. 2018).

Po této době vstupuje vaječná larva do prvního tzv. klidového stadia, které se nazývá nymphochrysalis. Vyhledá si vhodné místo na listu, kde se usadí. Během toho období se vaječná larva zvětší, její velikost je kolem 0,18 mm. Vaječná larva protáhne své přední a zadní končetiny. Klidové stadium trvá přibližně 15-17 hodin. Následně se vylíhne protonymfa.

1.4.4 Protonymfa

V prvním stadiu nymfy zvané protonymfa má již svluška chmelová zřetelné 4 páry končetin. Protonymfa je tmavší než vaječná larva a její velikost je kolem $0,19 \pm 0,02$ mm. Období protonymfy trvá přibližně 2 až 4 dny.

Na konci období protonymfy vstupuje nymfa do další klidové fáze deutochrysalis. Protonymfa se usadí a zůstává v klidu nehnutě na listu podobně jako v případě nymphochrysalis. Klidové stádium je charakteristické tím, že u protonymfy směřují první dva páry končetin podél těla dopředu a zadní dva páry končetin směřují podél těla dozadu. Velikost protonymfy je v klidové fázi kolem 0,22 mm. Období nymphochrysalis trvá přibližně 16 hodin u samečků a až 22 hodin u samiček v závislosti na podmínkách prostředí (Siddhapara et al. 2018). Z klidového stádia deutochrysalis se línne po prasknutí pokožky deutonymfa.

1.4.5 Deutonymfa

U deutonymfy jsou již rozpoznatelné pohlavní orgány. Samičky jsou větší než samečci, kteří jsou menší, protáhlejší a jejich tvar těla je kosočtvercovitý. Stadium deutonymfa trvá u samečka přibližně 1 až 3 dny a u samičky 1 až 4 dny. Na konci vývoje deutonymfy nastává třetí klidové stádium teliochrysalis. Tato fáze byla ovšem pozorována pouze u samiček, u samečků chyběla. Po ukončení klidového stádia praskne jedinci pokožka a línne se dospělec.

1.4.6 Dospělec

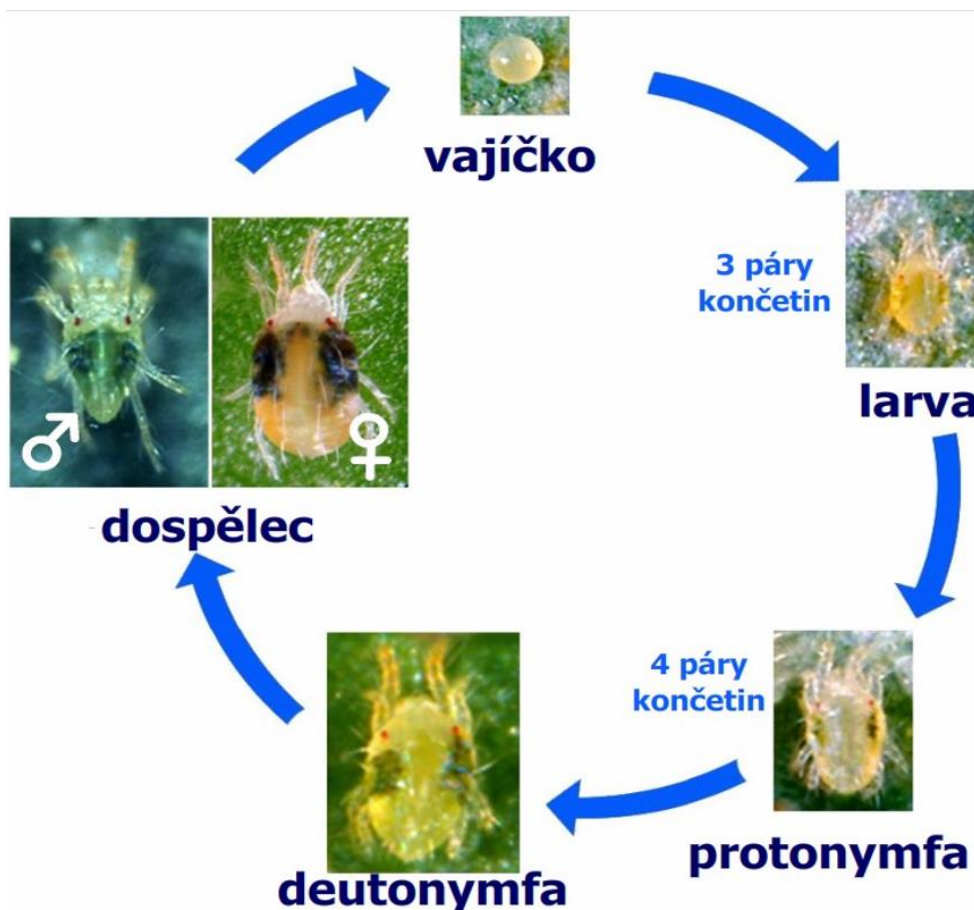
Dospělci vykazují zřetelnou pohlavní dvojtvárnost. Samičky jsou menší s protáhlým tělem a světle červenou nebo nazelenalou barvou. Samičky jsou větší, červené, s delšími štětínami. Délka života trvá u samečků průměrně 10 dní a u samiček průměrně 11 dní.

U svlušek je běžná partenogeneze (arrhenotokie), která vede k následné generaci nově vylíhnutých samečků (Kaur et al. 2012; Aswathi & Bhaskar 2014). Samičky procházejí mimo ovipozici také pre-ovipozičním a post-ovipozičním obdobím. To se liší u oplodněných a neoplodněných samiček.

	Oplodněná samička	Neoplozená samička
Preovipozice	1,80 ± 1,13 dne	3,00 ± 1,56 dne
Ovipozice	8,37 ± 1,12 dne	5,55 ± 1,61
Postovipozice	3,23 ± 1,04 dne	2,30 ± 1,08

Tabulka 1 – Rozdíl v době ovipozice u oplodněných a neoplozených samiček *T. urticae*

Celková doba vývoje trvala u samečků v laboratorních podmínkách 7,81 dní a u samiček 10,66 dní (Siddhapara et al. 2018). Při nejvhodnějších podmínkách v laboratoři jsou schopny prodělat cyklus za 5 až 6 dní. Při optimální vlhkosti 77,30 % jsou svilušky schopny vytvořit 2 až 5 generací za měsíc. U oplodněných samiček je délka života v průměru delší než u samiček neoplozených (Rajkumar et al. 2005).



Obrázek 2 - Vývojový cyklus *T. urticae* (Namin 2017)

1.5 Diapauza

Diapauza je u svilušek strategií, kterou regulují svůj životní cyklus před nepříznivými podmínkami, jako je teplota nebo nedostatek potravy. U svilušek v ČR je diapauza nejčastěji iniciována fotoperiodicky. Se zkracujícím se dnem si samička vyhledává místo k hibernaci a do diapauzy upadají také nevyklíhlá vajíčka (Veerman 1977).

V období diapauzy nepřijímají samičky potravu, a jsou schopny přezimovat v úkrytech, jako jsou opadané listy, kůra stromů, nebo v konstrukcích skleníků. Diapauza se vyskytuje pouze u samiček *T. urticae*, samečci do diapauzy neupadají. Samičky nemohou tuto fázi jednoduše přerušit. Končí zpravidla poté, kdy se začne prodlužovat den a teplota začne stoupat (Tauber et al 1986). Ve sklenících, kde jsou plodiny pěstovány celoročně, sviluška do diapauzy neupadá.

1.6 Migrace

Pokud se prostředí, ve kterém se svilušky nachází, stane nepříznivé, migrují na jiné vhodnější stanoviště, kde vyhledávají vhodné zdravé rostliny. Začátek procesu migrace může mít několik důvodů.

Jedním z důvodů je velký nárůst populace a s tím související nedostatek potravy. Dalším důvodem může být pokles výživové hodnoty stravy, který může způsobit například špatná výživa hostitelské rostliny. Pokud rostlina trpí nedostatkem biogenních prvků (N, P, K) je tím přímo ovlivněna i životaschopnost samiček svilušky. Bylo zjištěno, že nedostatek dusíku N má největší vliv na celkovou prosperitu svilušky, naopak nejmenší vliv má nedostatek fosforu P . Stáří listu hostitelských rostlin nemá na plodnost takový vliv, nicméně svilušky dávají přednost mladým listům před starými. Stáří rostlin také snižuje nárůst populace, ale schopnost reprodukce není zastavena (Watson 1964).

1.6.1 Vlastní pohyb

Jedinci svilušky se pohybují aktivně na rostlinách. Při menším poškození rostlin jsou nacházeny na spodní straně listu. Při vyšším poškození přelézají i na svrchní stranu listů a začínají vytvářet pavučinu. Při vysokém přemnožení se pavučinkou přenáší na další hostitelské rostliny. Snadnější přenos je v zapojeném a hustém porostu.

1.6.2 Pomocí zoochorie

Byla provedena studie, která zjišťovala, zda svilušky využívají k migraci forézy. Z experimentu vyplynulo, že *T. urticae* je schopná za určitých podmínek využívat k přesunu mezi rostlinami zejména létavý nebo kráčivý hmyz, kdy se sviluška uchytí na těle tohoto hmyzu. Nicméně tento způsob migrace je spíš ojedinělý (Yano & Shuichi 2004).

1.6.3 Pomocí povětrnostních podmínek

Pavučiny, které svilušky produkují, mohou za určitých podmínek použít i jako prostředek k migraci. Tento způsob označený jako „balooning“ slouží k přemístění na jiné stanoviště pomocí vzdušného proudění. Pokud se blíží vyčerpání zdrojů, začínají svilušky vytvářet pavučinu ve tvaru koule, a to zpravidla na vrcholu rostliny. Ta může být také zavěšená na vláknu z pavučiny (Suski & Naegele 1963).

Tvorba koule (shluk pavučiny) je iniciována jakýmsi náborovým chováním známým např. u mravenců. *T. urticae* se pohybuje na vrcholu rostliny, kde zanechají vlákno pavučiny a tím iniciují stejné chování také u dalších jedinců. Shluk pavučiny, který vytvoří, obsahuje v průměru až 800 jedinců (Gwendoline et al. 2011). Zastoupení vývojových stadií v takto vytvořené kouli je od vajíček po dospělé. Shluky obsahují také mrtvé jedince, kteří se většinou nacházejí ve vnitřní části. Ve volné přírodě většinou dochází k přesunu pavučin pomocí větru nebo větších obratlovců.

Hypotéza vyplývající ze zkoumání tvorby pavučinových koulí předpokládá, že tento způsob migrace může být úspěšným řešením tzv. Alleho efektu popsáného v populační ekologii (Gwendoline et al. 2011).

1.7 Kanibalismus

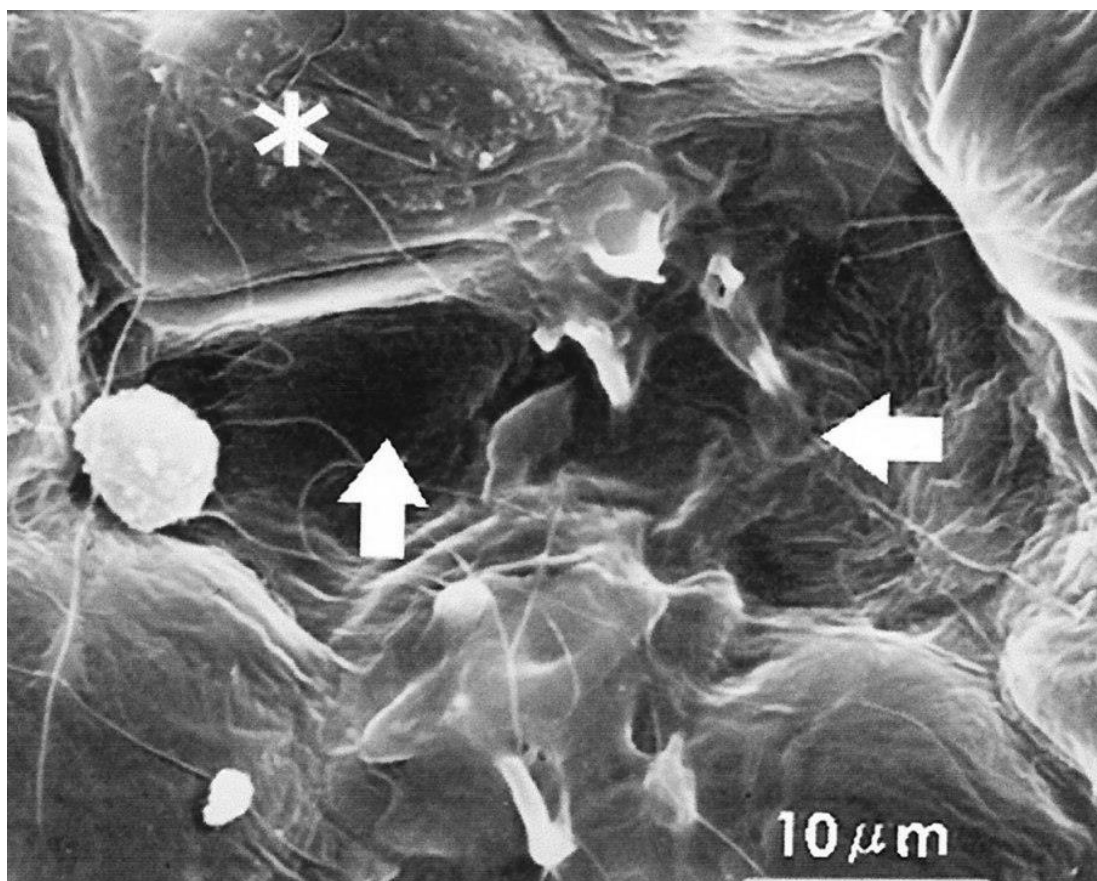
Dospělí samečci *T. urticae* často napadají jiné samečky. Pokud je koncentrace sameček na jednom listu vysoká, dochází mezi nimi k vzájemnému napadání. Samečci zaujmou výhružný postoj, kdy mají natažené přední končetiny směrem k druhému samečkovi. Slabší sameček se zpravidla dává na ústup, a tím útok končí. Někdy ovšem dochází k vzájemnému napadání za pomoci chelic. Sameček, který je v boji úspěšnější zasazuje druhému slabšímu samečkovi další a další údery chelicery. Vítěz potom vyleze na oběť a z laterálního pohledu je patrné, že sací ústrojí proniká do těla oběti a vítěz se krmí hemolymfou poraženého. Ten později uhynie na následky zranění.

Při pokusu bylo umístěno 15 samečků *T. urticae* na list jabloně. Do 48 hodin bylo pozorováno, že tímto způsobem bylo v populaci usmrceno 11 samečků. Tento způsob kanibalismu je typický pouze pro samečky *T. urticae*. U samiček kanibalismu nebyl zaznamenán. Hliffakek et al. (1969) prokázali, že stejným způsobem napadali samečci *T. urticae* i samičky svilušky chmelové *Panonychus ulmi*.

2 Poškození rostlin sviluškou

Tetranychus urticae poškozuje rostliny sáním na listech. Svými stylety proniká do buňky listu, zejména z jeho spodní (abaxiální) strany. Sviluška chmelová se totiž primárně vyskytuje na spodní straně listů. Roztoč vysává obsah buněk a tím je poškozuje (Tomczyk et al. 1991). Takto poškozené buňky snižují svůj počet chloroplastů z 5,7 (nepoškozená buňka) na 2,7 (poškozená buňka). Jistou míru poškození vykazují i buňky sousedící s buňkami napadenými sviluškou (Park & Lee 2002). Významně se tím u rostliny snižuje obsah chloroplastů a tak se snižuje rychlost fotosyntézy. Následně se omezují i další procesy, jako asimilace, nebo vodní bilance rostliny. I přesto, že sviluška saje zejména na abaxiální straně listu, poškození je patrné i na straně adaxiální a projevuje se chlorotickými skvrnami. Míra poškození listu je dána jeho tloušťkou a také vývojovým stupněm svilušky. Stylety kterými proniká do buňky rostliny, mají délku u dospělé samičky kolem 132 μm a u larvy kolem 103 μm . Hloubka poškození rostlinné buňky je tedy rozdílná u dospělého, nebo u larvy. Stylet dospělé *T. urticae* tedy z abaxiální strany listu dosáhne do mezofylové tkáně listu, která je fotosynteticky aktivní. Larvy zřejmě pronikají pouze do houbového parenchymu. Z toho vyplývá, že poškození způsobená dospělými sviluškami jsou závažnější.

Svilušky poškozuje rostliny přímo, a to zejména sáním na rostlinných buňkách. Velmi často dochází v důsledku poranění tkání rostlin k druhotným virovým infekcím, nebo jsou rostliny napadány různými houbovými patogeny (Thomas 1969).



Obrázek 3 - snímek z el. mikroskopu z abaxiální strany listu. Buňky poškozené *T. urticae* jsou označeny hvězdičkou (Park & Lee, 2002).

3 Biologická ochrana

Biologické metody rostlin spočívají v záměrné introdukci přirozených nepřátel do cílových agroekosystémů. V biologické ochraně rostlin se používají biopreparáty na bázi makroorganismů a mikroorganismů. Mezi makroorganismy řadíme predátory a parazitoidy, kteří jsou schopny regulovat populace škůdců a mezi mikroorganismy patogeny, které způsobují primární onemocnění škůdců (Landa 2002; Malais a Ravensberg 2003).

Biopreparáty lze aplikovat v rámci 3 strategií biologické ochrany. První strategie je cílena do sadů a vinic, kde se záměrně vypouští dravý roztoč *Typhlodromus pyri* proti svilušce chmelové nebo svilušce ovocné. Tato strategie se nazývá inokulativní. Druhá inundativní strategie je cílena do polních podmínek, kde reguluje jednogenerační škůdce. Typickým příkladem je vypouštění parazitické vosičky *Trichogramma evanescens*, která klade svá vajíčka do vajíček zavíječe kukuřičného *Ostrinia nubilalis* (Eilenberg et al. 2001; Landa 2002). V rámci inundativní strategie lze aplikovat i biopreparáty na bázi mikroorganismů, kdy v minulosti byl v České republice registrován přípravek BOVEROL na bázi entomopatogenní houby *Beauveria bassiana*, který byl určen k regulaci populace mandelinky bramborové *Leptinotarsa decemlineata* (Landa 2002). Třetí strategie takzvaná sezónně inokulativní je určena do skleníků, kde velkým množstvím záměrně vypouštěných predátorů a parazitoidů dochází k regulaci skleníkových škůdců, zejména rychlené zeleniny. V rámci této strategie se vyžaduje okamžité překrytí populací škůdců, protože v řízených podmínkách skleníků jsou škůdci zvýhodněni a jsou schopni realizovat velké počty generací. V případě přemnožení škůdců dochází k výrazným populačním hustotám a tím značným ztrátám na výnosu (Landa 2002; Osborne et al. 2004).

Mezi významné parazitoidy patří *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* (proti molicím), *Aphidius colemani*, *Aphidius ervi*, *Aphelinus abdominalis* (proti mšicím), *Dacnusa sibirica* a *Diglyphus isaea* (proti vrtalkám). Mezi predátory patří například *Aphidoletes aphidimyza* (proti mšicím), *Chrysoperla carnea* (proti mšicím, molicím), *Macrolophus pygmaeus* (proti mšicím, molicím), *Amblyseius swirskii* (proti molicím, svilušce třásněnkám), *Orius laevigatus*, *Amblyseius cucumeris* (proti třásněnkám), *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* (proti svilušce chmelové). Z uvedených

příkladů vyplývá, že někteří predátoři jsou polyfágní, zatímco parazitoidy jsou úzce specializované na jeden druh/rod hostitele (Malais a Ravensberg 2003).

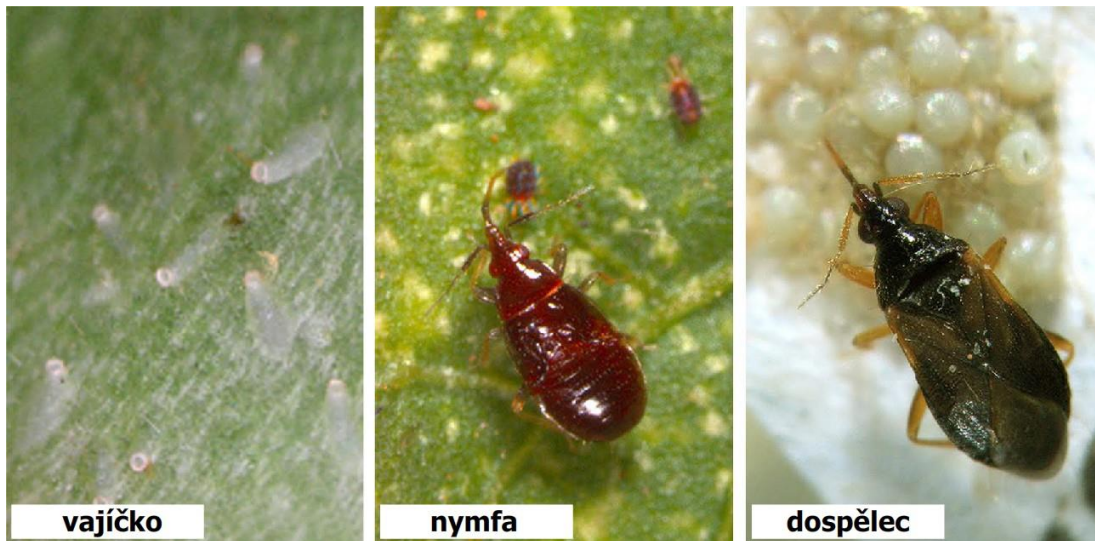
Po celém světě se v přírodě přirozeně vyskytuje celá škála predátorů, kteří se živí roztoči včetně svilušky chmelové. Jen některé druhy jsou záměrně využívány v biologické ochraně rostlin, což je dáno tím, že ne všechny druhy predátorů lze chovat a tím produkovat ve velkém množství v řízených podmínkách prostředí. Nejvýznamnější producenti biopreparátů na bázi makroorganismů jsou firma Biobest (Belgie) a Koppert (Holandsko). Sviluška chmelová je primárně infikována i některými druhy užitečných druhů hub. Mezi významné druhy patří entomopatogenní houby (*Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium brunneum*), které mají statut i akaropatogenů (Landa 2002; Osborne et al. 2004).

4 Hmyzí predátoři

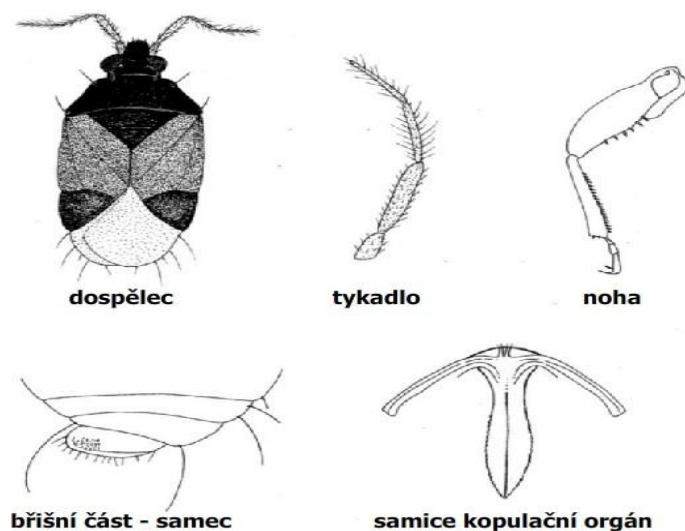
4.1 Hemiptera, Anthocoridae (Hladěnkovití)

4.1.1 *Blaptostethus pallescens*

Druh *B. pallescens* náleží do řádu Hemiptera (polokřídlí), čeledi Anthocoridae (hladěnkovití). Dospělci jsou od 26 do 29 mm dlouzí a mají šedé až tmavě hnědé zbarvení.



Obrázek 4 – vývojová stadia *Blaptostethus pallescens* (Ballal et al. 2003)



Obrázek 5 – *Blaptostethus pallescens* morfologie (Ballal et al. 2003.)

Vajíčka jsou oválná, krémově bílá, na horní straně opatřená víčkem (*operculus*), které se v době líhnutí otevírá. Vylíhnutá nymfa prochází postupně pěti instary. Dospělci mají jasný sexuální dimorfismus. Samičky jsou větší, se silnějším trupem. Samečci mají na hřbetu brvy, které jsou ve shluku. Délka vývoje vajíčka je od 3 do 7 dnů. Nymfa se vyvíjí v průběhu 16,5 dne (Sobhy et al. 2014). Délka života samečků se pohybuje od 31 do 42 dnů, a u samic od 47 do 58 dnů. Tabulka níže ukazuje úspěšnost líhnutí v různých teplotních podmínkách.

Teplota	Líhivost v %	Plodnost	Věk
20°C	68,3	46,55	47,4
25°C	81,6	84,25	-
30°C	76,6	65,15	20,3

Tabulka 2 - vliv teploty a plodnost a líhivost *B. palleescen* (Sobhy et al. 2014)

Predátor *Blaptostethus palleescen* je široce polyfágní. Živí se vajíčky různých motýlů např. *Chilo agamemnon* (Bleszynski), *Ostrinia nubilalis* (Hübner) a *Spodoptera littoralis* (Boisduval), dále se živí např. mšicí *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), a některými roztoči rodu *Tetranychus* (Sobhy et al. 2014). Daní škůdci se mohou vyskytovat na různých plodinách (Jalali & Singh 2002; Ballal et al. 2003).

Vývojové stadium	Délka (mm)	Max. šířka (mm)
Vajíčko	0.82±0.02	0.38±0.0
Nymfální stadia		
1. instar	0.93±0.02	0.38±0.00
2. instar	1.07±0.02	0.45±0.02
3. instar	1.66±0.06	0.69±0.04
4. instar	1.97±0.11	0.88±0.02
5. instar	2.60±0.14	0.90±0.02
Dospělec		
samec	2.70±0.06	0.92±0.08
samička	2.90±0.24	0.98±0.03

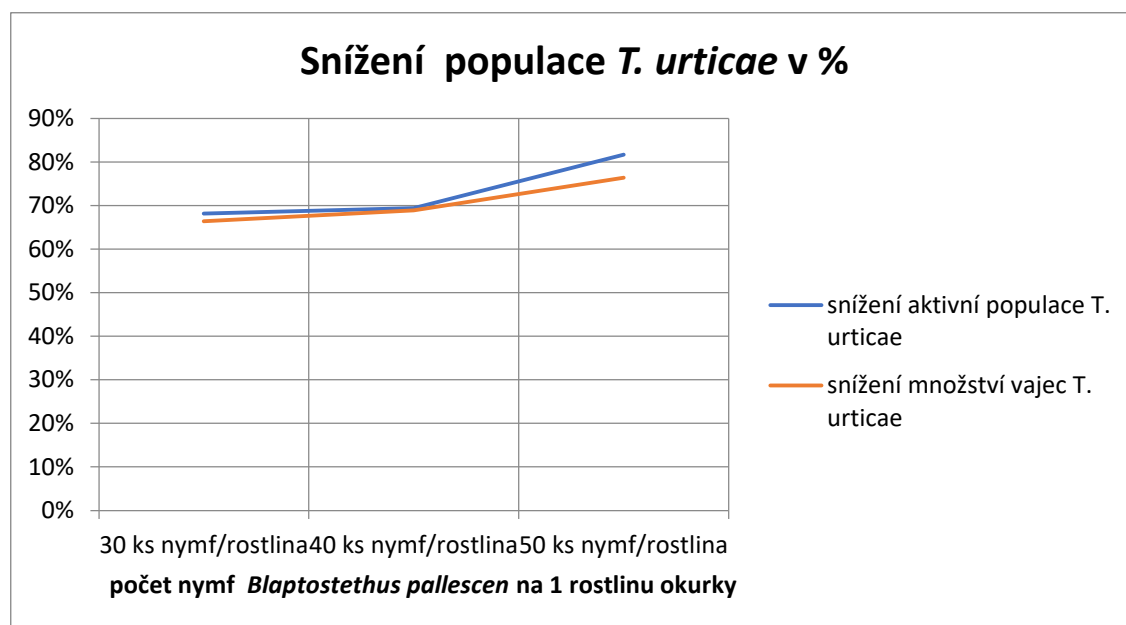
Tabulka 3 - rozměry vývojových stadií *B. palleescen* (Gupta 2018)

Druh *B. palleescen* dá chovat v laboratorních podmínkách, nicméně chov *B. palleescen* na cílovém organismu jako je např. *T. urticae* se zdá být poměrně složitý. Z tohoto důvodu se druh nejčastěji chová v řízených podmínkách a zdrojem potravy jsou pro něj vajíčka zavíječů např. *Corcyra cephalonica*, *Galleria mellonella* nebo ma-

kadlovky *Sitotroga cerealella*. Při daném chovu je možné odchovat až 7 generací *B. palleescen*. Následně je nutné do chovu přidat jedince z přirozeně se vyskytujících populací, aby nevzniklo riziko inbreedingu (Gupta 2018).

Nymfa 1. instaru se první 2 až 3 dny živí rostlinnými šťávami a až od třetího dne začínají nymfy aktivně vyhledávat svou kořist.

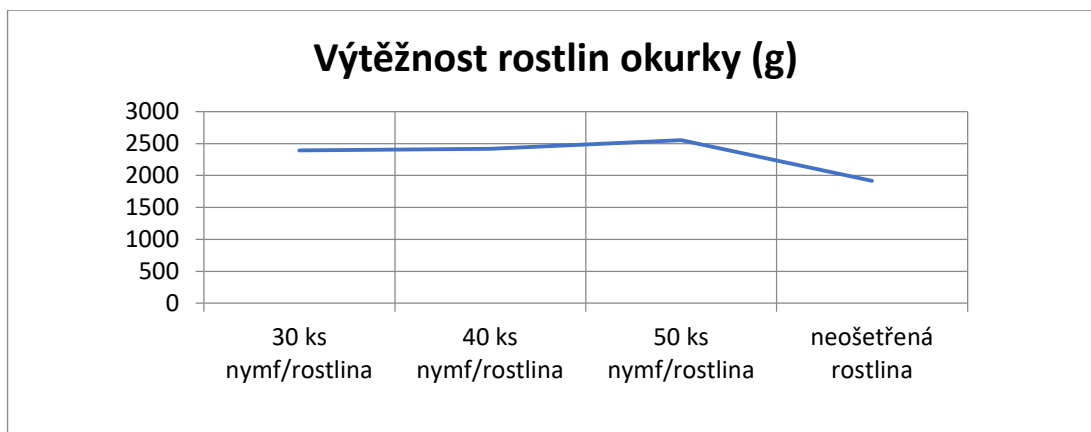
Výzkum prováděný na listech partenokarpické okurky ukázal, že *B. palleescen*, který byl v počtu 30/40/50 jedinců introdukován na hostitelskou rostlinu, snížil v populaci *T. urticae* početnost nymf a dospělců o více než 80 % a vajíček o více než 76 % oproti kontrolní variantě. Nejlepšího výsledku se dosáhlo při aplikaci 50 ks jedinců *B. palleescen* na rostlinu. Na rostlinách, kde bylo vysazeno 30 a 40 jedinců predátora byla statisticky zaznamenána velmi podobná účinnost (Ghongade et al. 2022).



Graf 1 – predace *B. palleescen* (Ghongade et al. 2022)

Ghongade et al. (2022) porovnávali výnosotvorné prvky u rostlin s výskytem *T. urticae* a u rostlin, kde byl do populace svlušky vysazen predátor *B. palleescen*.

Na základě výsledků bylo zjištěno, že na rostlinách, kde byl záměrně vysazen predátor, došlo k výraznému rozdílu ve výnosu okurek (viz graf 2). Výnos okurek stoupal s množstvím vysazených jedinců predátora. Při vysazení 50 jedinců byl výnos až o 33 % vyšší ve srovnání s kontrolní variantou (Ghongade et al 2022).



Graf 2 – výtěžnost okurek při napadení rostlin *T. urticae* (Ghongad et al. 2022)

Přirozeně se vyskytující populace *B. palleseca* je nedostatečná, protože není schopna regulovat populaci svlušek pod úrovní prahu škodlivosti. Je tedy nutné záměrně introdukovat predátora *B. palleseca* na produkční plodiny. Predátor se záměrně využívá k ochraně rostlin v Indii.

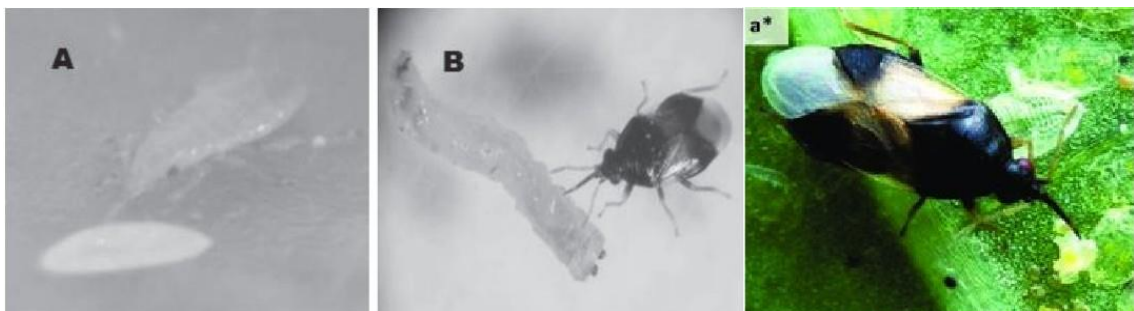
4.1.2 *Orius insidiosus*

Druh *O. insidiosus* náleží do řádu *Hemiptera* (polokřídílí), čeledi *Anthocoridae* (hladěnkovití). Zástupci rodu *Orius* jsou v dospělosti dlouzí asi 3 mm. Jejich křídla černá se světlými skvrnami. Jde o důležitého predátora škůdců zemědělských plodin, jako jsou třásněnky, roztoči, nebo mšice.

Vytváří několik generací ročně a samička klade vajíčka přímo do rostlinných pletiv, které slouží jako ochrana před jinými predátory a abiotickými faktory a zároveň je udržena potřebná vlhkost (Lattin 1999). Vajíčka jsou oválná dlouhá 0,44 mm a široká 0,13 mm. Samička klade 1 až 3 vajíčka denně (Malais & Ravensberg 2003). Samička klade vajíčka v blízkosti žilnatiny listů, nebo v případě nedostatku vody vyhledávají místa, která jsou méně náchylná na vysychání (Seagraves & Lundgren 2010). Nymfy se líhnou za 6 až 10 dní a celková doba vývoje od vajíčka do dospělce trvá asi 3 až 4 týdny. Vývoj prochází stadiem vajíčko, nymfa (5 instaru) a dospělec. Vajíčka jsou dlouhá 0,4 mm a mají světlou barvu. Z vajíček se za 4 až 5 dnů od nakladení líhnou nymfy (Wright 1994). První instar nymfy má světle žlutou barvu, další instary postupně tmavnou. Každý instar trvá ve vývoji 2 až 3 dny a od druhého instaru je patrný základ křídel (Funderburk 2016). Vývoj *O. insidiosus* probíhá formou nedokonalou, což znamená, že nymfy se podobají dospělcům, ale nemají ještě plně vyvinutá křídla a reprodukční orgány (Ha-

jek 2004). Dospělci mají dlouhé bodavě-savé ústní ústrojí (rostrum), kterým mohou vysávat kořist jako je *T. urticae* (Wright 1994). Sací ústrojí je v klidu uložené podél těla a není patrné. Samičky mají symetrické tělo oproti samečkům (Slater 2005).

Ve studii, která se zabývala tritrofickou reakcí mezi *Rosa sp.* – *T. urticae*, *Frankliniella insularis* – *Orius insidiosus*, bylo zjištěno, že těkavé látky, které růže produkuje v důsledku sání škůdce, přitahuje predátora *O. insidiosus*. V přítomnosti svlušky a třásněnky na listech rostliny, preferuje predátor jako zdroj potravy svlušku chmelovou (Mendes et al. 2002; Sousa et al. 2020).



Obrázek 6 – A) 1. instar, B) dospělec, C) dospělec (Kalsi et al. 2014; Renzi & Cantamutto 2013)

4.2 *Diptera, Cecidomyiidae* (Bejlmorkovítí)

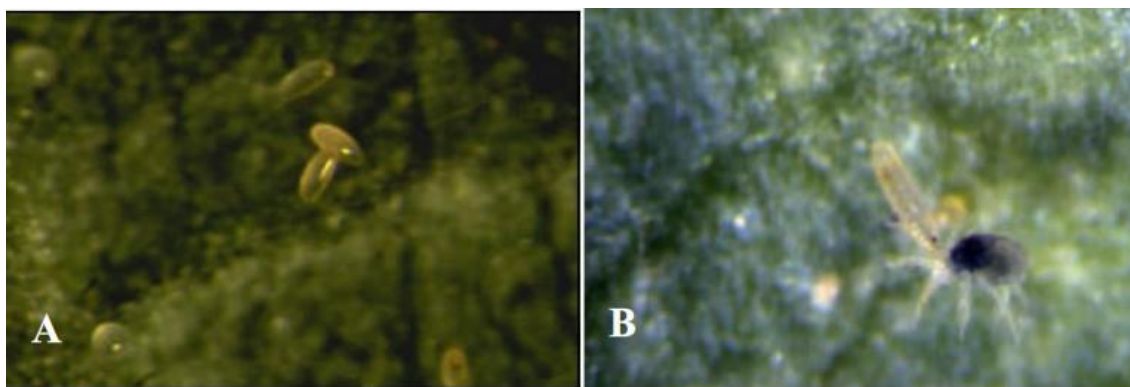
4.2.1 *Feltiella acarisuga*

Druh *F. acarisuga* náleží do řádu *Diptera* (dvoukřídílí), čeledi *Cecidomyiidae* (bejlmorkovítí) a rodu *Feltiella* (dravá bejlmorka). Druh je dlouhý kolem 2 mm a má světlou až lehce narůžovělou barvu. Dospělci *F. acarisuga* nejsou draví, živí se nektarem a pylem (Idan et al. 2016). Jde o kosmopolitní druh, který se vyskytuje všude kromě neotropické oblasti. Larvy *F. acarisuga* jsou dravé a jejich kořisti jsou roztoči (Opit et al. 1997). Pokud je hustota kořisti vysoká, je schopná samička naklást za svůj život až 30 vajíček. Vylíhlé larvy zkonsumují denně v průměru 30 jedinců různých vývojových stadií *T. urticae* (Gillespie 1998).

Vývojový cyklus *F. acarisuga* se skládá ze stádií, vajíčko, larva (4 instary), kukla a dospělec. Samičky kladou vajíčka do blízkosti kolonií *T. urticae*. Vajíčka jsou oválná, o délce kolem 2,5 mm a jsou průsvitná. Larvy, které se z nich líhnou asi po 3 až 5 dnech začínají ihned konzumovat všechna vývojová stadia *T. urticae*, přednost ovšem dávají vajíčkům a nymfám. Během larválního stadia zkonsumují cca 150 jedinců *T. urticae* a během jednoho dne jsou schopny zkonsumovat více jedinců než *P. perismilis* (Opit et

al., 1997). Pokud mají larvy nedostatek kořisti, jsou schopny se zakuklit, i když nedosáhly obvyklé velikosti. Larva vytváří zámotek 6 až 7 den od vylíhnutí. Zámotky vytváří larvy většinou v blízkosti žilnatin listů. Uvnitř zámotku se kuklí. Dospělci se z kukly líhnou asi po 4 až 6 dnech a po vylíhnutí se do 24 hodin začínají pářit (Gillespie 1998).

Komerční dostupnost predátora *F. acarisuga* zajišťuje například společnost Koppe-rt. Produkt s názvem Spidend obsahuje kukly *F. acarisuga*, které se aplikují do míst napadených *T. urticae*. Dospělci, kteří se líhnou z dodaných kukel, se následně páří a samičky kladou vajíčka, z kterých se líhnou larvy. Vylíhlé larvy aktivně vyhledávají a konzumují různá vývojová stadia *T. urticae*. Je prokázáno, že 1000 jedinců *F. acarisuga* vysazených na 1 hektar pěstovaných plodin jako jsou okurky, rajčata, nebo papriky udrží populaci *T. urticae* pod prahem ekonomické škodlivosti. Tato introdukce se opakuje po 7 dnech. *F. acarisuga* bývá jako predátor svlušky introdukována i do porostu jahod pěstovaných ve sklenících (Gillespie 1998).

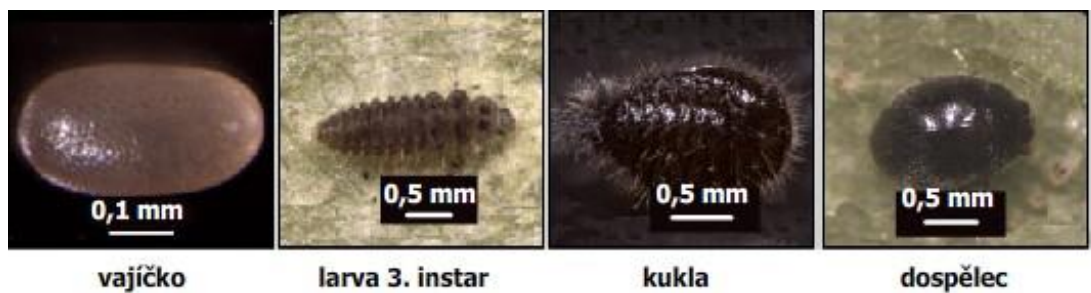


Obrázek 7 – A) vajíčka *F. acarisuga*, B) Larva 1. Instaru živící se na *T. urticae* (Gillespie 1998).

4.3 Coleoptera, Coccinellida (Slunéčkovití)

4.3.1 *Stethorus punctillum*

Druh *S. punctillum* náleží do řádu *Coleoptera*, čeledi *Coccinellidae* (slunéčkovití) je černého zbarvení se žlutým ústním ústrojím a tykadly. Nohy jsou žlutého až žlutohnědého zbarvení (Gordon 1985). Dospělec je dlouhý asi 1,5 mm a jeho hmotnost je kolem 450 μ g. Vajíčka jsou oválná, nažloutlá. Larvy jsou oligopodní, mají 3 páry končetin a pohybují se po rostlině. Kukly mají tmavohnědou až černou barvu a jsou ochlupené. Samičky predátora *S. punctillum* kladou svá vajíčka jednotlivě na spodní stranu listů přímo do populace svlušek.

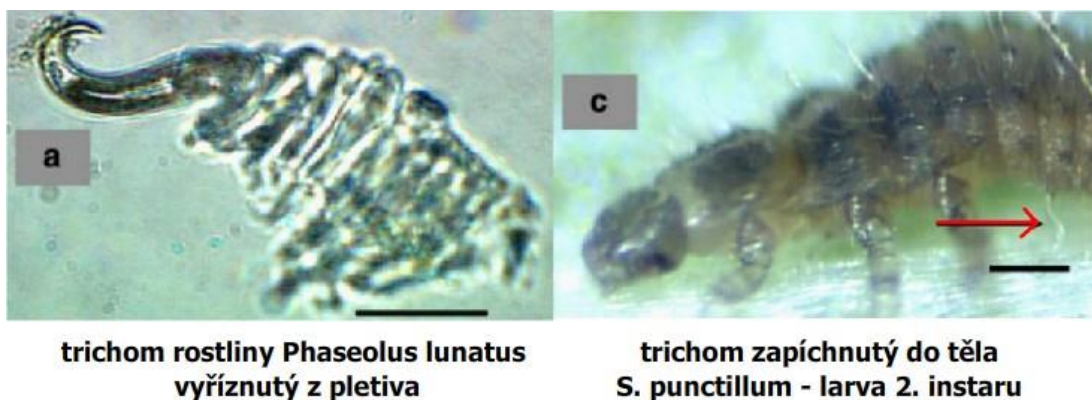


Obrázek 8 - Vývojový cyklus *Stethorus punctillum*, (Zdroj 1)

Predátor *S. punctillum* se přirozeně vyskytuje na různých rostlinách, kde aktivně vyhledává a napadá roztoče z čeledi *Tetranychidae*, včetně *Tetranychus urticae*. Predátor *S. punctillum* reguluje svilušku chmelovou na rostlinách pěstovaných ve sklenicích, v interiérech, i na rostlinách pěstovaných v polních podmínkách (Biddinger 2009; Van Lenteren 2003).

Samičky *S. punctillum* kladou asi po jednom týdnu od vylíhnutí vajíčka na spodní stranu listu do populace *T. urticae*. Podmínkou je dostatečně početná populace škůdce na rostlině, kdy jedinci škůdce budou sloužit larvám jako potrava. Samička musí kvůli dostatečné produkci vajíček zkonsumovat denně kolem 20 svilušek v různých vývojových stádiích. Uvádí se, že samičky dávají přednost vajíčkům před jinými vývojovými stádii (Ragkou et al. 2004).

Samička snáší denně 3 až 13 vajíček. Populace *S. punctillum* může být ovlivněna určitými morfologickými vlastnostmi různých druhů rostlin. Rostliny, které mají větší množství trichomů, jako např. rajčata nebo *Phaseolus lunatus*, mohou být pro *S. punctillum* méně vhodné. Pokusy provedené na listech fazolu měsíčního *P. lunatus* ukázaly, že existuje souvislost mezi hustotou trichomů a mortalitou larev. Při velké hustotě zahnutých epidermálních trichomů s háčky, se snižuje míra přežití larev na 40 až 60 %. Nejnižší míra přežití je potom na malých listech, kde bývá hustota trichomů nejvyšší. Larvy, které se napíchnou na trichom rostliny, a nepodaří se jim uniknout, umírají zpravidla od 18 do 24 hodin. Pokud jsou larvy zraněné trichomem, je pozorován únik hemolymfy z jejich těla. Dochází pak k jejich dehydrataci a následnému úhynu. Dospělci jsou k tomuto typu zranění náchylnější daleko méně (Riddick & Wu 2011).



Obrázek 9 – Trichom rostliny *Phaseolus lunatus* (Riddick & Wu 2011)

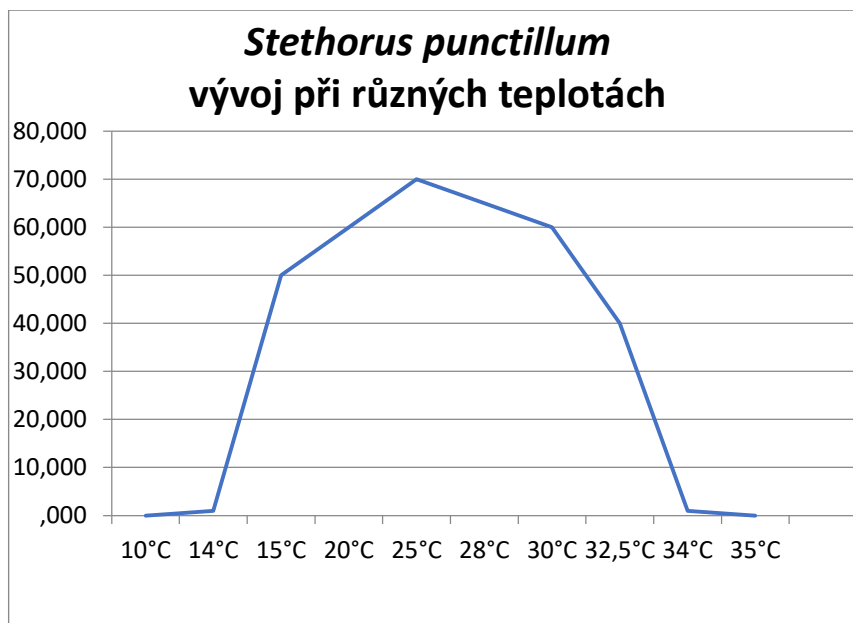
Doba vývoje stádií predátora se liší v závislosti na teplotě. Nejkratší doba vývoje byla v laboratorních podmínkách při teplotě 31 °C. Zároveň se se zvyšující teplotou snižuje plodnost (Biswas et al. 2007). Optimální teplota pro vývoj *S. punctillum* je v intervalu od 14 °C do 34 °C. Pod a nad touto hranicí se z vajíček larvy nelíhnou (Michèl et al. 2002). Tabulka níže ukazuje průměrnou plodnost samiček a poměr pohlaví.

Teplota	Líhnutí	1. instar	2. instar	3. instar	4. instar	Kukla	Plodnost	Věk	♂:♀
23°C	4,37	3,11	2,56	3,22	3,94	5,11	166,35	61,55	1:1,05
27°C	4,28	2,78	1,94	2,67	3,5	4,39	213,25	46,05	1:0,94
31°C	2,72	1,67	1,39	1,83	2,5	3,06	125,85	36,2	1:0,93

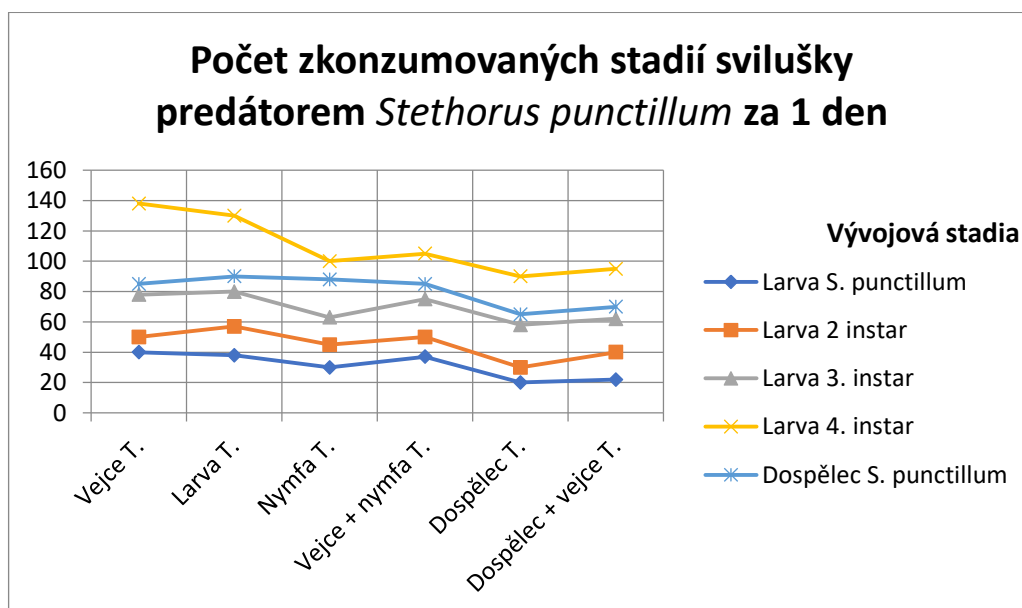
Tabulka 4 – Vývoj *S. punctillum* při různých teplotách (Biswas et al. 2007).

Míra predace *S. punctillum* je nejvyšší u larvy 4. instaru. V tomto instaru byla larva schopna v laboratorních podmínkách během 24 hodin, pozřít až 136 vajíček *T. urticae*. Dospělec za stejnou dobu pozřel kolem 83 vajíček. Predační tlak se postupně zvyšuje od 1. do 4. instaru.

S. punctillum je schopný se úspěšně živit a snižovat tak populaci *T. urticae* ve volné přírodě, i ve sklenících. Ve španělské Valencii ve výsadbě jahod jsou schopni udržovat populaci *T. urticae* pod prahem škodlivosti (Garcia 1999).



Graf 3 – Vývoj *S. punctillum* při různých teplotách (Michèle et al. 2002)



Graf 4 Počet zkonzumovaných *T. urticae* predátorem *S. punctillum* – (Biswas et al. 2007)

4.4 *Thysanoptera* (Třásnokřídli)

4.4.1 *Scolothrips sexmaculatus*

Hmyz z řádu *Thysanoptera* (třásnokřídli) čeledi *Thripidae* (třásněnkovití) a jedná se o malý, protáhlý, okřídlený hmyz. Má světlé nebo žlutavé zbarvení. Dospělci jsou dlouzí okolo 1 mm, s dlouhými štíhlými křídly opatřenými množstvím brv. Mají prodloužený třetí segment (*Metanotum*). Na křídlech, která jsou v klidu složená podél abdomenu, je patrných šest tmavých skvrn, čímž je druh *S. sexmaculatus* lépe identifikovatelný od jiných druhů *Thysanoptera*. Bodavé a sací ústrojí je asymetrické.



dospělci

dospělci

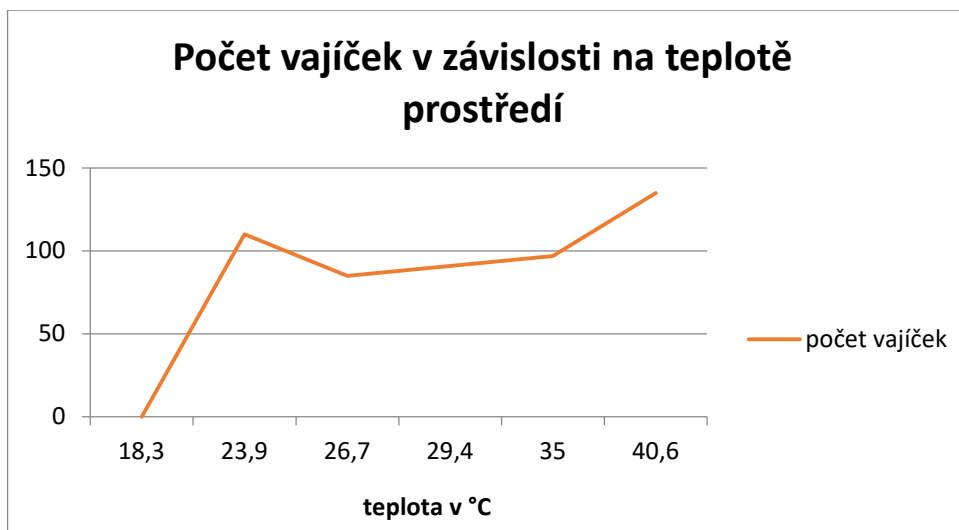
nymfa

Obrázek 10 – dospělci a nymfa *S. sexmaculatus* (Zdroj 7)

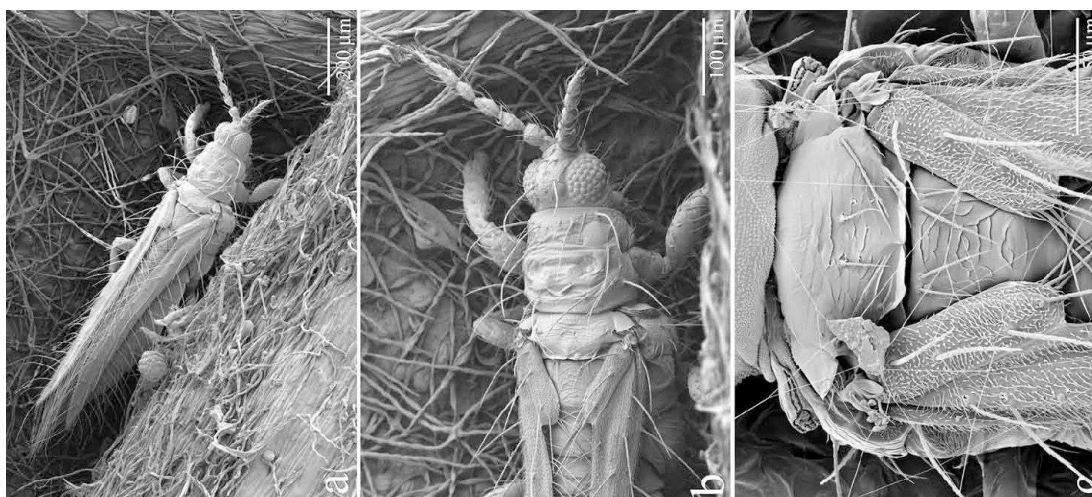
U *S. sexmaculatus* je vyvinuta arrhenotokní partenogeneze. Z oplodněných vajíček se líhnou samičky i samečci, z neoplozených pouze samečci.

Vývojová stadia jsou vajíčko, 2 nymfální instary, prepupální stadium, pupální stadium (ontogeneze) a dospělci (Perdikis et al. 2008). Samičky kladou vajíčka do pletiva rostlin a nymfy se líhnou krátce po naklazení vajíček. Larva začíná přijímat potravu asi 40 minut od vylíhnutí. Doba vývoje od vajíčka po dospělého trvá 8,9 dní (při 26,7 °C, relativní vzdušné vlhkosti 50 %) (Gilstrap 1995). Larva je průsvitně bílá až žlutohnědá a velikostně je podobná dospělci. Má šestisegmentová tykadla (Bailey 1939).

Počet kladených vajec je závislý na teplotě prostředí. Samičky kladou vajíčka v rozpětí teploty 23,9°C – 40,6 °C (Gilstrap & Oatman 1976).



Graf 5 – počet nakladených vajíček *S. sexmaculatus* v závislosti na prostředí (Gilstrap & Oatman 1976).



Obrázek 11 – *S. sexmaculatus*, snímek kryofixovaného vzorku (Nickle & Bauchan 2012)

Denní konzumace <i>S. sexmaculatus</i> na <i>T. urticae</i>			
Vývojové stadium trásněnky	Vývojové stadium svilušky		
	Vajíčka	Nymfa	Dospělec
Nymfa	4,80 ± 1,00	2,20 ± 0,23	1,73 ± 0,30
Dospělec	58,80 ± 5,71	38,47 ± 2,82	15,60 ± 1,6

Tabulka 4 – konzumace *S. sexmaculatus* na *T. urticae* (Haque et al. 2005).

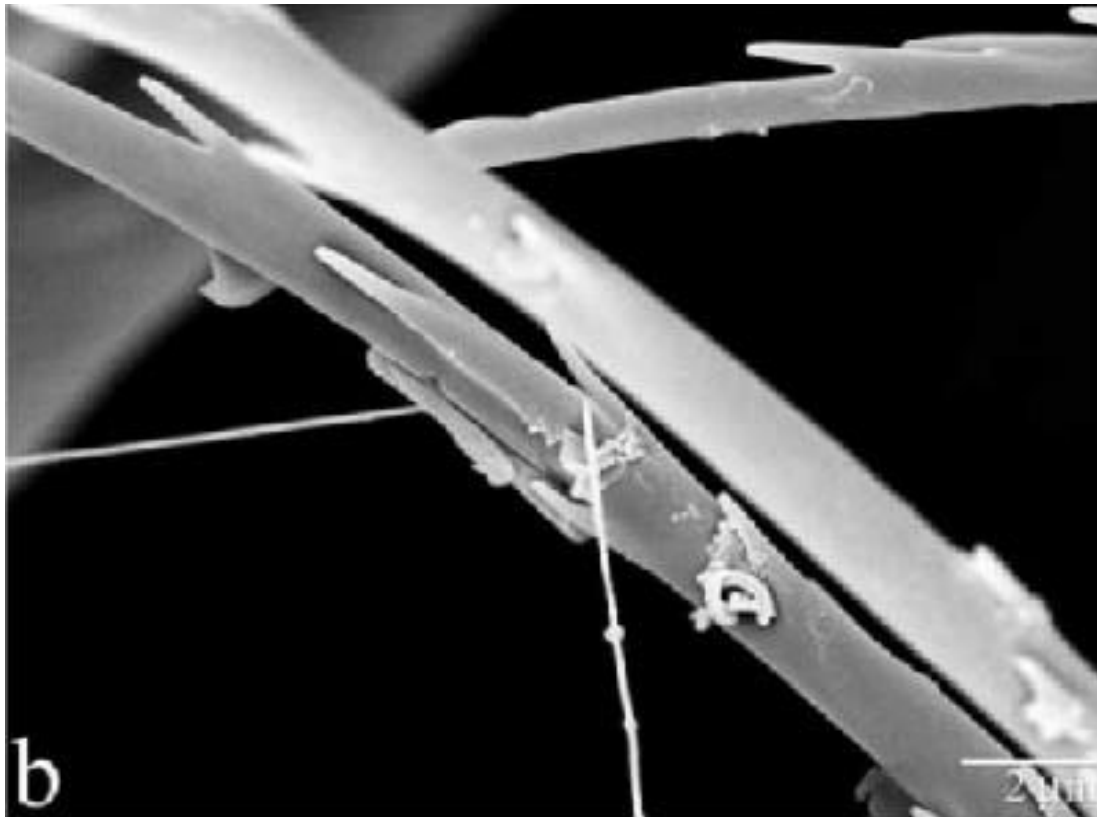
Obecně jsou *Thysanoptera* škůdci rostlin, které poškozují zejména svým sáním. Druh *Scolothrips* se ovšem vyvinul jako predátor jiných škůdců, jako jsou svilušky druhu *Eutetranychus*, *Eotetranychus*, *Bryobiini*, *Panonychus*, *Oligonychus* a také svilušky

rodu *Tetranychus* (McMurtry 1970). Její výskyt je hojný zejména tam, kde se nachází dostatek potravy.

Třásněnka *S. sexmaculatus* se při hledání potravy pohybuje na mnoha druzích rostlin. Jsou to například mandloně, jabloně, fazole, ostružiníky, buxusy, citrusy, kukuřice, jalovec, broskvoně, hrušně, slivoně, ořešáky (Bailey 1939), jilm, meloun cukrový, datu-
ra, tykvovitě, pryšce, slunečnicovité, chmel otáčivý, jírovec maďal, hrách, granátová jablka, skočce, růže, sója luštiná (Priesner 1950), nebo tis červený (Stannard 1968).

U *S. sexmaculatus* se vyvinuly podobné sety (setae), které pokrývají její tělo jako u *T. urticae*. Tato adaptace možná vznikla jako důsledek možnosti se pohybovat v přítomnosti pavučin, které svilušky vytváří. Na snímcích z elektronového mikroskopu je patrné, že pavučina je zaháknutá za sety *S. sexmaculatus* a třásněnka pomocí ní stírá lepkavé proteiny pavučiny, které na třásněnce pak neulpívají a zůstávají na základně mezi patou setae a končetinou, nebo tělem. Sety zřejmě slouží i jako systém navigace k nalezení jedinců v populaci svilušek (Obrázek 13 – Pavučiny zaháknuté za končetinou *S. sexmaculatus* (Nickle & Bauchan 2012). Z obrázku je patrné, že tři vlákna pavučiny jsou zaháknutá za sety a třásněnka zřejmě využívá vibrace způsobené kořistí k orientaci a jejímu nalezení (Nickle & Bauchan 2012).

Ačkoliv třásněnka dává přednost potravě v podobě *T. urticae* je zaznamenán případ, kdy se živila vajíčky dravého roztoče *Phytoseiulus persimilis*, který je predátorem svilušky chmelové (McMurtry 1970).



Obrázek 12 - Pavučiny zaháknuté na štetinách *S. sexmaculatus* (Nickle & Bauchan 2012)



Obrázek 13 – Pavučiny zaháknuté za končetinou *S. sexmaculatus* (Nickle & Bauchan 2012)

Souhrn vědeckých prací zabývajících se predátory, kteří regulují populace svlušky chmelové *T. urticae*

Predátor	Výskyt	rostlina	zdroj
<i>Stethorus aethiops</i>	Keňa	<i>Manihot esculenta</i>	(Yaseen et al. 1982)
<i>Stethorus chengi</i>	Taiwan	<i>Carica papaya</i>	(Wen & Lee 1981)
<i>Stethorus fenestralis</i>	Austrálie	<i>Carica papaya</i>	(Houston 1980)
<i>Stethorus incoinpletu</i>	Reunion (fr)	různé rostliny	(Chazeau et al. 1974)
<i>Stethorus jejunus</i>	Keňa	<i>Manihot esculenta</i>	(Yaseen et al. 1982)
<i>Stethorus loi</i>	Taiwan	<i>Carica papaya</i>	(Wen & Lee 1981)
<i>Stethorus loxtoni</i>	Austrálie	<i>Glycine max</i>	(Houston 1980)
<i>Stethorus punctillum</i>	Kanada	Fazolovité	(Putman 1955)
<i>Stethorus siphonulus</i>	Havaj	<i>Carica papaya</i>	(Raros & Haramoto 1974)
<i>Stethorus tridens</i>	Kolumbie	<i>Manihot esculenta</i>	(Gordon 1982)
<i>Stethorus vagans</i>	Austrálie	<i>Glycine max</i>	(Houston 1980)
	Austrálie	Fazolovité	(Houston 1980)
	Nová Kaledonie	zelenina	(Chazeau et al. 1974)
<i>Oligota chrysopigia</i>	Tahiti	---	(Coiffait 1976)
	Samoa	---	(Coiffait 1976)
<i>Oligota fageli</i>	Keňa	<i>Manihot esculenta</i>	(Yaseen et al. 1982)
<i>Oligota oviformi</i>	Kalifornie	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>	(Oatman et al. 1981)
	Taiwan	<i>Carica papaya</i>	(Wen & Lee 1981)
<i>Oligota pallidicornis</i>	Keňa	<i>Manihot esculenta</i>	(Yaseen et al. 1982)
<i>Cryptothrips nigripes</i>	Německo	různé rostliny	(McMurtry et al. 1970)
<i>Aeolothrips fasciatus</i>	Kanada	<i>Prunus sp.</i>	(Putman & Herne 1966)
<i>Aeolothrips melaleucus</i>	Kanada	<i>Prunus sp.</i>	(Putman, Herne 1966)
<i>Scolothrips indicus</i>	Thajsko	Fazolovité	Reddy & Jagadish 1977)
<i>Scolothrips longicornis</i>	Německo	Fazolovité	(McMurtry et al. 1970)
<i>Scolothrips sexmaculatus</i>	Kalifornie	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>	(McMurtry et al. 1970)
<i>Anthocoris nemorum</i>	Evropa	Fazolovité	(McMurtry et al. 1970)
<i>Orius insidiosus</i>	Sev. amerika	Chmel, jahody, melouny	(McMurtry et al. 1970)
<i>Orius laeuigatus</i>	Egypt	Fazolovité	(Tawfik & Ata 1973a)
<i>Wollastoniella gatti</i>	Keňa	<i>Manihot esculenta</i>	(Yaseen et al. 1982)
<i>Hyaliodes hart</i>	USA	jabloň	(Horsburgh & Asquith 1968)
<i>Arthrocnodax occidentalis</i>	Kalifornie	jahody	(Oatman et al. 1981)
<i>Arthrocnodax sp.</i>	Austrálie	ovocné stromy	(Readshaw, 1975)
<i>Therodiplosis sp</i>	Keňa	<i>Manihot esculenta</i>	(Yaseen et al. 1982)
<i>Coniopteryx crassicornis</i>	Keňa	<i>Manihot esculenta</i>	(Yaseen et al. 1982)

Tabulka 5 – predátoři *T. urticae*

5 Draví roztoči

5.1 *Phytoseiidae*

5.1.1 *Amblyseius swirskii*

Roztoč řádu *Mesostigmata* (čmelíkovci), čeledi *Phytoseiidea*, rod *Amblyseius*. Jedinec *A. swirskii* má světlou barvu, v dospělosti je velký okolo 0,5 mm. Samičky jsou větší než samečci. Má čtyři páry končetin, přední dva páry směřují dopředu před tělo a nemají segmenty. Prochází 5 stádii: vajíčko, larva, protonymfa, deutonymfa a dospělec.

Vajíčka jsou oválná, světlé barvy o velikosti kolem 0,15 mm. Samičky kladou vajíčka na spodní stranu listu, nejvíce v průsečíku vedlejších a hlavního žebra listu, pokud možno v blízkosti trichomu a domatii, pravděpodobně proto, aby byla vajíčka chráněna před jinými predátory. Vaječná larva je průhledná a má pouze 3 páry končetin. Další nymfální stadia, protonymfa a deutonymfa jsou tmavší než vaječné larvy a mají již 4 páry končetin (Dogramaci et al. 2013).



vajíčko

larva - 3 páry končetin

dospělec a larva třásněnky

Obrázek 14 – Vývojová stadia *A. swirskii* (Kumar 2013)

U *A. swirskii* je zjištěna potravní různorodost, protože pokud nemá dostatek potravy v podobě kořisti (molice, třásněnky nebo svilušky), může se živit rostlinnými exsudáty, nebo pylem. To je významné, protože v době, kdy nemá *A. swirskii* dostatek kořisti, je schopen v systému přežít a žít se alternativní potravou, a tím se zlepšuje jeho použití jako biologického agens v ochraně rostlin (Ragusa & Swirski 1975).

Počet nakladených vajíček a vývoj vajíček je ovlivněn potravou, kterou *A. swirskii* přijímá. V případě, kdy se predátor živí na kořisti, je délka vývoje od vajíčka po dospělce kratší a samičky kladou daleko více vajíček, než když se *A. swirskii* živí pouze na alternativní potravě (Park et al. 2011).

Délka vývojového cyklu je závislá na teplotě a relativní vzdušné vlhkosti. *A. swirskii* se vyvíjí se při teplotách od 15° C do 36° C a relativní vzdušné vlhkosti kolem 60 % (Lee & Gillespie 2011).

Teplota	Líhnutí	Larva	Protonymfa	Deutonymfa	Plodnost	Věk ♂	Věk ♀	♂:♀
15°C	6	3	6,9	7,6	1,3	62,7	107,8	59:35
18°C	3,8	1,4	5,7	6,6	2,6	46,3	55,7	71:23
20°C	3,1	1,3	3,2	3,3	13,9	39,2	44,5	62:35
25°C	1,7	1	2,3	2	16,1	29,6	25,8	69:31
30°C	1,1	1	2,2	1,7	14,5	26,6	21,8	60:39
32°C	1,2	0,8	1,4	2,1	10,1	22,2	14,9	65:31
34°C	1,8	0,9	1,6	1,8	9,5	21,2	14,5	58:38
36°C	2	0,8	1,9	2,2	3,3	16,9	15	72:22

Tabulka 6 – vývoj *A. swirskii* při různých teplotách (Lee & Gillespie 2011).

Predátor *A. swirskii* konzumuje všechna vývojová stadia *T. urticae*. Deutonymfy svilušek, které jsou větší a aktivnější, konzumuje *A. swirskii* méně. Deutonymfy svilušek také vytvářejí sítě a *A. swirskii* nebyl v sítích svilušek pozorován, patrně proto že kořist vyhledává mimo ně. Patrně proto, že pohybu na pavučině není schopen (Van Houten 2007).

A. swirskii preferuje třásněnky a molice, které loví přednostněji než svilušky. V přítomnosti třásněnek i svilušek v porostu, je schopen *A. swirskii* strávit jen 25 % svého času lovením jedinců *T. urticae*. Výskyt obou druhů současně u skleníkových kultur může být z tohoto důvodu problematický (Xu & Enkegaard 2010), proto je třeba řešit regulaci svilušky dalším specializovanějším predátorem, např. *Phytoseiulus persimilis*.

5.1.2 *Neoseiulus californicus* (= *Amblyseius californicus*)

Roztoč řádu *Mesostigmata* (čmelíkovci), čeledi *Phytoseiidae*, rodu *Neoseiulus* je roztoč, který má průhlednou barvu, ale zbarvení může být i světle oranžové až narůžovělé. Dospělé samičky mají na délku okolo 0,15 mm, samci jsou menší. Vývojová stadia jsou vajíčko, larva, nymfa (deutonymfa, protonymfa), dospělec. Vajíčka jsou průhledná, kulatá a mají průměr okolo 0,04 mm. Vylíhlá larva má pouze tři páry končetin a je průhledná. Obě nymfální stadia, protonymfa a deutonymfa, vypadají stejně jako dospělci, ale jsou menší a nemají vyvinuté pohlavní ústrojí (Barber 2010).



Obrázek 15 – vývojová stadia *Neoseiulus californicus* (Zdroj 4)

N. californicus se vyskytuje v mírném pásmu USA, Jižní Americe a Evropě i v okolí Středozemního moře. Je vázán na svou kořist, která se vyskytuje např. na jahodách, malinách, okrasných růžích, různých okrasných rostlinách, citrusech, nebo u některých druhů zeleniny (Rondon 2004).

Živí se širokým spektrem roztočů, jako je *Tetranychus urticae*, *Polyphagotarsonemus latus*, *Tarsonemus pallidus* a dalšími (Hoddle 2000). Mohou ovšem několik dnů přežít i bez příjmu kořisti, v této době se živí pyllem rostlin (Malais & Ravensberg 2003).

Vývoj *N. californicus* má rád teplé prostředí, nejrychlejší vývoj prodělává při teplotě na 33 °C. Vývoj od vajíčka po dospělce trvá při teplotě 37 °C v průměru pouze 3,7 dne a samička za svůj život naklade v průměru nejvyšší počet vajíček, a to okolo 65. Průměrná doba života predátora ve venkovních podmínkách mírného pásma je 20 dnů (Castagnoli & Simoni 1991).

Teplota	Líhnutí	Larva	Protonymfa	Deutonymfa	Plodnost	Vývoj	Nakladená vajíčka
21°C	3,1	1,0	2,0	1,4	64	7,5	1,9
25°C	2,2	0,7	1,7	1,2	60	5,8	2,9
33°C	1,6	0,3	1,0	0,8	65	3,7	3,5

Tabulka 5 – Vývoj stádií *N. californicus* ve dnech a počet nakladených vajíček za den v závislosti na teplotě a RH 75 % (Castagnoli & Simoni 1991)

N. californicus účinně reguluje populaci *T. urticae* na jahodníku ve sklenících (Velká Británie, Argetnina), nebo na poli (USA). Doporučená aplikace je 1 samička *N. californicus* na 10 jedinců *T. urticae* (Rhodes & Liburd 2005).

5.1.3 *Phytoseiulus persimilis*

Roztoč řádu *Mesostigmata* (čmelíkovci), čeledi *Phytoseiidae* je roztoč, v dospělosti dlouhý asi 0,5 mm a má oranžové nebo až načervenalé zbarvení. Poměrně rychle se pohybuje. Vývojová stadia jsou vajíčko, larva, nymfa (deutonymfa, protonymfa) a dospělec. Vajíčka jsou průhledná, vývojem postupně tmavnou a velikost mají přibližně dvojnásobnou než je velikost vajíček *T. urticae*. Vylíhlé nymfy jsou světlejší než vajíčka.

P. persimilis se žíví výhradně na roztočích z podčeledi *Tetranychinae*, při nedostatku potravy ovšem může napadat i čeleď *Thripidae* (třásněnkovití), nebo se u něj projeví kanibalismus (Hoffmann & Frodsham 1993).

Samička klade vajíčka do populace svlušek. Vylíhlá larva se nežíví, potravu přijímá až vyvinutá protonymfa a deutonymfa. Po přeměně na dospělé se začínají samičky pářit se samečky (Laing 1968). Neoplozené samičky vajíčka nekladou (Amano & Chant 1978).



Obrázek 16 – Vývojová stadia *P. persimilis* (Zdroj 5)

Rychlost vývoje *P. persimilis* je znázorněn v tabulce. Nejrychlejší vývoj predátora byl v laboratorních podmínkách při teplotě 30 °C.

Teplota	Líhnutí	Larva	Protonymfa	Deutonymfa	° C	Vývoj dnů celkem
15°C	8,6	3,0	3,9	4,1	5,6	25,2
20°C	3,1	1,1	1,4	1,6	1,9	9,1
30°C	1,7	0,6	0,8	0,8	1,1	5,0

C = počet dnů, kdy začíná samička klást vajíčka

Tabulka 8 – rychlost vývoje *P. persimilis* při různých teplotách (Sabelis 1981)

Samička se dožívá v průměru 50 dnů a po celou dobu snáší vajíčka. Nejdůležitějšími faktory pro plodnost jsou teplota, relativní vzdušná vlhkost a množství zkonzumované kořisti (Sabelis 1981). Predační schopnost *P. persimilis* se úměrně zvyšuje s hustotou porostu plodin, kde se rychleji vyvíjí populace svilušek. Predátoři jsou schopni aktivně vyhledávat kořist a mají větší úspěšnost v lovu kořisti, pokud se listy sousedních rostlin dotýkají, tj. když je porost dostatečně propojen. Pokud je porost rostlin řídký, může být predace snížena až o 70 % (Takafuji 1977). Dalším faktorem ovlivňujícím míru predace je přítomnost pavučin, které *T. urticae* vytváří. *P. persimilis* je aktivnější ve vyhledávání kořisti v přítomnosti pavučin (Schmidt 1976). Stejně tak zvyšuje predaci přítomnost nakladených vajíček kořisti. Snadnější vyhledávání kořisti má souvislost s vylučováním semiochemikálií (kairomonů), pomocí kterých je *P. persimilis* schopen kořist vyhledávat a identifikovat (Sabelis & Van der Bean 1983).

	Vajíčka <i>T. urticae</i>		Vajíčka <i>T. urticae</i>
Protonymfa ♀	5,57	Protonymfa ♂	7,28
Deutomfa ♀	8,03	Deutomfa ♂	4,16
Dospělec ♀	665	Dospělec ♂	60,16

Tabulka 9 – počet zkonzumovaných vajec *T. urticae* predátorem *P. persimilis* v různých vývojových stádiích a podle pohlaví (Moghadas 2013)

5.1.4 *Typhlodromus pyri*

Roztoč z řádu *Mesostigmata* (čmelíkovci), čeledi *Phytoseiidae* je kosmopolitní druh, který je běžnou součástí evropské fauny. Je dlouhý okolo 0,3 mm, má kapkovitý tvar a je světlý až průsvitný. Determinačním znakem jsou dlouhé nohy, které mu umožňují snadnější pohyb po rostlinách a chlupy, které pokrývají tělo (Šefrová 2006).

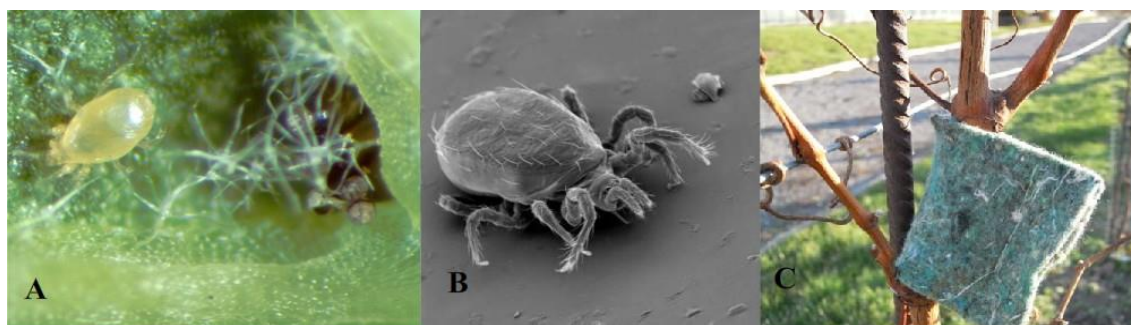
T. pyri nejčastěji přezimuje v puklinách stromů a pod jejich kůrou (Zacharda 1989). Některé záznamy uvádějí, že je schopný přezimovat ve spadaném listí a suchém podrostu (Raworth et al. 1994). Po přezimování oplozené samičky začínají vyhledávat potravu, jako jsou různí roztoči, nebo larvy třásněnky. Po několika týdnech příjmu potravy začínají samičky klást vajíčka. Vajíčka jsou oválná průsvitná, o velikost kolem 0,11 x 0,16 mm (Helyer 2003). Z vajíčka se vylíhne šestinohá larva, která přechází do prvního nymfálního stadia protonymfa, později do druhého stadia deutonymfa. V té době mají již 4 páry končetin. Samičky kladou v průměru 16 vajíček, jejich dceřiná populace potom až 29 vajíček. *T. pyri* vytváří přibližně 2 až 3 generace za rok (Zemek 1993).

Má široké spektrum potravy, jeho kořistí se stává i mnoho členovců zejména *Acari*, *Tetranychidae*. Může se živit i na pylu rostlin, ale také šťávami z rostlinných buněk. Pokud se *T. pyri* živí rostlinnými šťávami tak kvůli nízké nutriční hodnotě tohoto typu stravy nekladou samičky vajíčka (Nomikou et al. 2003).

Predátor *T. pyri* preferuje vyhledávat kořist na kultivarech rostlin s listy, které mají vyšší počet nežláznatý trichomů. Tento fakt může být způsoben i vyšší dostupností alternativní potravy, kterou je např. pyl, v době nedostatku kořisti. Pyl se vyskytuje v blízkosti trichomů rostlin ve větší míře než na listech rostlin bez trichomů (Loughner 2008). V České republice je výskyt *T. pyri* nejčastější v jabloňových sadech a vinicích, kam se též v rámci inokulativní strategie záměrně introdukuje k regulaci populace svilušky chmelové a svilušky ovocné (Eilenberg et al. 2001).

Může se živit i pylovými zrny a byla prokázána korelace mezi počtem pylových zrn na rostlinách vinné révy a počtem nakladených vajíček *T. pyri*. Množství pylu pomáhá roztočům udržet populaci zejména v době, kdy nemají dostatek potravy, kořisti v podobě roztočů. Malagnini (2022) prováděl experiment, kdy dodával pyl na rostliny révy vinné a chmele otáčivého v době, kdy *T. pyri* nemá dostatek kořisti. Dále množství pylu pro predátora může být poskytnuto půdopokryvnými rostlinami, které kvetou a produkují pylová zrna prakticky po celou vegetační sezónu, kdy je aktivní také *T. urticae*. Tyto půdopokryvné rostliny mohou být též hostiteli pro svilušku chmelovou, ale nebylo prokázáno, že by se populace svilušky na těchto rostlinách držely více než na rostlinách révy vinné.

Introdukce *T. pyri* v sadech a vinicích se provádí umístěním plstěných pásek obsahujících samičky v počtu více než 30 jedinců na pás. Pásy se umísťují na kmeny stromů v průběhu prosince až února, v počtu cca 1000 pásek na hektar vinic (Hluchý & Zacharda, 1994).



Obrázek 17 – A) *T. pyri* (foto: Schrameyer), B) makro *T. pyri* (foto: Zemek), C) plstěné pásky s jedinci *T. pyri* na révě vinné (www.biocont.cz)

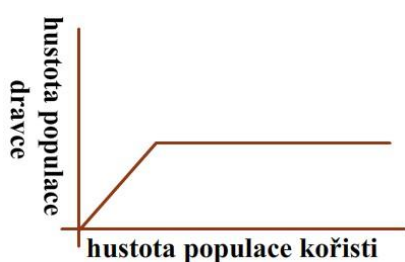
6 Predace

6.1 Funkční odpověď – predátor a kořist

Evoluční ekologie používá pro vztah predátor – kořist tzv. teorii „Funkční odpovědi“. Tento model určuje chování predátorů vzhledem k jejich kořisti. Dělí se na tři typy. Ekolog Holling (1959) vypracoval svojí tezi na myšlence, že každý predátor dělí svůj čas na čas t_1 – vyhledávání kořisti a čas t_2 – konzumaci kořisti.

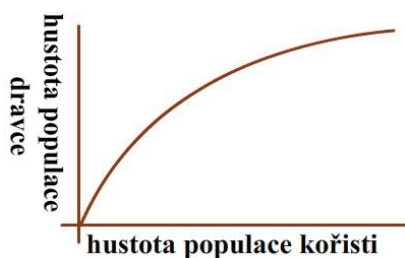
6.1.1 Typ I

Tento typ funkční odpovědi se vyskytuje typicky například u tzv. filtrátorů. Tam řadíme např. velryby, které „filtrují“ plankton z vody. Svoji kořist, tedy plankton aktivně nevyhledávají, ale filtrují pasivně při pohybu. Rychlost spotřeby potravy roste lineárně (Fernandez-Arhex & Corley 2003).



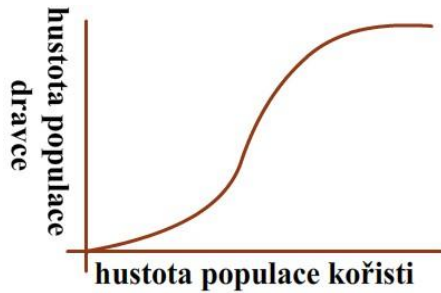
6.1.2 Typ II

Tento typ je nejčastěji využíván bezobratlými živočichy. V době, kdy je malá populace kořisti, křivka predace (vyhledávání kořisti) prudce roste. V době, kdy vyrostla populace kořisti, je již křivka predace prakticky neměnná, protože díky velkým zdrojům již nad predací převažuje nasycení. Tento typ reakce můžeme vyjádřit asymptotickou křivkou (Fernandez-Arhex & Corley 2003).



6.1.3 Typ III

Třetí typ využívají např. ptáci při lovu hmyzu. Vychází z toho, že s růstem hustoty kořisti roste i vyhledávací schopnost dravce. Vyvíjí se v čase např. určením, nebo přesunem predátora na jiný zdroj kořisti (Fernandez-Arhex & Corley 2003).



Někteří predátoři *T. urticae* využívají funkční odezvu typu III a tím je možné stanovit míru predace v rámci abiotických a biotických faktorů (Li et al. 2007).

6.2 Tritrofická interakce, hostitel-škůdce-predátor

6.2.1 Lokalizace škůdce predátorem

Predátor musí v rámci hledání potravy správně lokalizovat herbivory, kterými se živí. Tato lokalizace se u bezobratlých děje prostřednictvím čichových, nebo hmatových vjemů. Zejména hmatové podněty jsou velmi ovlivněny morfologií hostitelské rostliny a různými chemickými látkami, které rostlina vylučuje (Cloyd & Sadof 2000). Rostliny se snaží nalákat predátory prostřednictvím různých metod jako je např. tvorba úkrytů pro predátory (*domatium*), nebo tím, že vylučují extraflorní nektarium, které je přitahuje (Dicke 1999). Predátor vyhledává škůdce i pomocí alelochemikálií, které slouží k mezidruhové komunikaci. Kořist produkuje substance, které láká predátora, tento typ alelochemikálie se nazývá kairomon.

6.2.2 Kořenový mutualismus

Rostliny a jejich mutualisté jako jsou např. mykorhizní houby (Arbuskulární mykorhiza) spolu vytvářejí vzájemně prospěšná spojení. Rostliny fazolu nebo bobu jsou prostřednictvím mykorhizních hub schopny detekovat mšice na sousedních rostlinách, protože jejich kořeny jsou díky mykorhize propojeny. To vede ke zvýšené tvorbě látky methylsalicylátu jako VOC (těkavá látka), která přitahuje predátory mšic, a to ve větší míře než u rostlin neinfikovaných mykorhizní houbou (Babikova et al. 2013).

6.2.3 Arbuskulárně mykorhizní houby a predátoři *T. urticae*

V důsledku přítomnosti mykorhizních hub AMF *Glomus mosseae* má rostlina fazolu *Phaseolus vulgaris* možnost většího příjmu dusíku *N* a fosforu *P*. Vyšší obsah nutrientů má za následek vyšší rychlost rozmnožování a vývoj kvalitnější generace *T. urticae*. Tento jev ovšem vyvolává i zvýšený výskyt *Phytoseiulus persimilis* na této rostlině, protože se na ní nachází kvalitnější populace *T. urticae*. Samičky *P. persimilis* si tedy přednostně vybírají vajíčka *T. urticae*, která jsou nakladena na rostlinách *F. vulgaris* asociovaných s houbami AMF (Hoffmann et al. 2011). *P. persimilis* může tyto rostliny rozeznat podle zvýšené produkce β -ocimenu a β -karyofylenu, které rostliny asociované s AMF po napadení *T. urticae* produkují (Schausberger et al. 2012).

6.3 Interakce predátorů *T. urticae*

6.3.1 *Amblyseius swirskii* a *Phytoseiulus persimilis*

V laboratorní studii se prokázalo, že roztoči *A. swirskii* a *P. persimilis*, mají při společném nasazení vysokou míru účinnosti v redukci populace *T. urticae*, a to až o 86 % (Tabulka 6 – míra predace *A. swirskii* a *P. persimilis* (Nachman & Zemek (2002))). Test byl prováděn na listech rajčete *Solanum lycopersicum*, které byly umístěny v Petriho miskách (\varnothing 9 cm) na navlhčeném filtračním papíru. Na každý list bylo umístěno 30 dospělců *T. urticae* a následně byla zkoumána míra predace jednotlivých druhů dravých roztočů i jejich společná interakce (Nachman & Zemek 2002). Z výsledků vyplynulo, že pokud byl dravý roztoč vysazen zvlášť, mortalita v populaci svlušky byla téměř o 18 % (*Amblyseius swirskii*), resp. 28% (*Phytoseiulus persimilis*) nižší.

<i>Predátor</i>	Počet zkonzumovaných <i>Tetranychus urticae</i>		
	Kontrola	Predace po 15 dnech	Mortalita
<i>Amblyseius swirskii</i> (10 ks)	30	9,6	68 %
<i>Phytoseiulus persimilis</i> (10 ks)	30	12,6	58 %
<i>A. swirskii</i> (5 ks) + <i>P. perismilis</i> (5 ks)	30	4,2	86 %

Tabulka 6 – míra predace *A. swirskii* a *P. persimilis* (Nachman & Zemek (2002))

6.3.2 *Amblyseius degenerans* a *Neoseiulus (Amblyseius) californicus*

Test kompatibility byl prováděn na Petriho miskách (\varnothing 9 cm) s navlhčeným filtračním papírem a listy rajčete *Solanum lycopersicum*. Na každý list v Petriho misce bylo umís-

těno 30 dospělců *T. urticae*. Nejvyšší účinnost byla prokázána při interakci *A. degenerans* společně s *N. californicus*, a to 72 % (Nachman & Zemek 2002). Samotní predátoři zajistili 6% mortalitu (*Neoseiulus (Amblyseius) californicus*), resp. 28% (*Amblyseius degenerans*) mortalitu v populaci svilušky.

Predátor	Počet zkonzumovaných <i>Tetranychus urticae</i>		
	Kontrola	Predace po 15 dnech	Mortalita
<i>Amblyseius degenerans</i> (10 ks)	30	16,8	44 %
<i>Neoseiulus (Amblyseius) californicus</i> (10 ks)	30	10,2	66 %
<i>A. degenerans</i> (5 ks) + <i>A. californicus</i> (5 ks)	30	8,4	72 %

Tabulka 7 – míra predace *A. degenerans* a *N. californicus* (Nachman & Zemek 2002).

6.3.3 *Feltiella acarisuga* a *Phytoseiulus persimilis*

Kombinace těchto predátorů se nedoporučuje, protože *P. persimilis* konzumuje také vajíčka *F. acarisuga* a významně tak snižuje populaci dravé bejlmorky. Nasazení těchto bioagens společně se jeví jako kontraproduktivní (Gillespie 1998).

6.4 Komerčně dostupné přípravky na bázi predátorů

V současné době je dostupné množství komerčních přípravků, které obsahují bioagens pro regulaci populací *Tetranychus urticae*. Přípravky podléhají procesu schvalování při uvedení na český trh. V České republice posuzuje a povoluje schválení nových prostředků Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (UKZUZ).

Z hlediska introdukce predátorů v boji proti svilušce chmelové je také nutné zkoumat kompatibilitu predátora s chemickými přípravky. Je pravděpodobné, že rostliny mohou být ošetřovány např. fungicidy proti houbovým chorobám a je tedy nutné zkoumat vztah predátora a používaných fungicidů.

6.4.1 *Feltiella acarisuga*

Použití *F. acarisuga*

- Skleníkové i polní kultury

Přípravky, které obsahují všechna vývojová stádia *F. acarisuga*

- SPIDENT – výrobce Koppert B.V. (Holandsko). Balení obsahuje kukly *F. acarisuga*.

-
- Aplikace se provádí umístěním sáčků s obsahem predátora na rostliny nebo rozsypem predátorů na napadené rostliny. Doporučuje se kombinovat *F. acarisuga* s prostředkem SPIDEX, který obsahuje *Phytoseiulus persimilis*.
 - FELTILINE – výrobce Bioline AgroSciences Ltd (Ji)

6.4.2 *Stethorus punctillum*

Přípravky, které obsahují všechna vývojová stádia *S. punctillum*.

- SPIDER MITE DESTROYER - výrobce Dragonfli Ltd. (Velká Británie)

6.4.3 *Amblyseius andersoni*

Přípravky, které obsahují všechna vývojová stádia dravého roztoče *A. andersoni*.

- AMBLYSEIUS ANDERSONI BOTTLES - výrobce Sesil Biological Systems Co. (Velká Británie). Balení obsahuje 1.000 ks, 2.000 ks, 4.000 ks, 10.000 ks predátora *A. andersoni*. Cena (2022) je 16,99 £ za balení 1.000 ks. Použití v rozmezí teplot 15° C až 28° C, při relativní vzdušné vlhkosti 75 %. Doporučené dávkování je u 1 m vysokých rostlin cca 100 roztočů na 1 rostlinu.

6.4.4 *Amblyseius swirskii*

Přípravky, které obsahují všechna vývojová stádia *A. swirskii*.

- SWIRSKI-MITE[®]. SWIRSKI-MITE PLUS[®] – výrobce Koppert B.V., (Holandsko) balení obsahuje nymfy a dospělce roztočů smíchané s otrubami. Balení 500 ml (50.000 ks *A. swirskii*); papírový sáček (100 ks *A. swirskii*) Aplikace se provádí rozsypáním na listy rostliny, za použití vzduchového rozprašovače, nebo rozmístěním sáčků na napadené rostliny.
- STARSKII – výrobce Bioline AgroSciences Ltd (Velká Británie). Sáčky o různých velikostech obsahující nymfy a dospělce roztoče.

6.4.5 *Neoseiulus californicus*

Přípravky, které obsahují všechna vývojová stádia *N. californicus*.

-
- SPICAL – výrobce Koppert B.V. (Holandsko). Balení 250 ml (5000 ks *N. californicus*), balení 500 ml (25.000 ks *N. californicus*). Aplikace se provádí rozsypáním na listy rostliny, nebo za použití vzduchového rozprašovače.
 - CALIFORNILINE – výrobce Bioline AgroSciences Ltd. (Velká Británie)
Balení 125 ml (200 ks *N. californicus*), balení 1 litr (25.000 ks *N. californicus*).

Aplikace se provádí otevřením balení v blízkosti napadených rostlin.

6.4.6 *Phytoseilus persimilis*

Přípravky, které obsahují všechna vývojová stádia *P. persimilis*.

- SPIDEX – výrobce Koppert B.V. (Holandsko). Balení obsahuje dospělce smíchané s hoblinami. Balení 100 ml (2.000 ks *P. persimilis*), balení 500 ml (10.000 ks *P. persimilis*). Aplikace se provádí rozsypáním na listy rostliny, umístěním do aplikačních nádob, nebo za použití vzduchového rozprašovače.
- PHITOLINE – výrobce Bioline AgroSciences Ltd. (Velká Británie). Balení o objemu 30 ml, balení 500 ml (2.000 ks, nebo 20.000 ks *P. persimilis*). Aplikace se provádí rozsypáním na listy rostliny.

6.4.7 *Blaptostethus pallescens*

Přípravky, které obsahují dospělce *B. pallescens*

- BLAPTOSTETHUS PALLESCENS – výrobce Cryptox BioSolutions (Indie).

Příklad kompatibility *F. acarisuga* s účinnými látkami pesticidů

- Látky obsažené v pesticidech, jako je abamectin, bifenazate, bifenthrin, cyfluthrin, chlorfenapyr, esfenvalarate, permethrin nebo spiromesifen mají vysoký účinek na *F. acarisuga* (mortalita více než 75 %). Naopak látky jako azadirachtin, flonicamid, pyriproxifen, spinosad nebo imidakloprid nemají na *F. acarisuga* žádný toxický účinek (Biobest 2012).

Obchodní název ↓	Evid. č. ↓	Držitel povolení ↓	BF ↓	Název účinné látky ↓	Konec platnosti rozhodnutí ↓	Ukončení uvádění na trh ↓	Ukončení používání ↓	Aktuální sta- rozhodnutí ↓
<u>Mirical</u>	1833-0B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Macrolophus pygmaeus (<i>Macrolophus pygmaeus</i>)	13.12.2028	13.12.2028	13.12.2028	Platné rozhodnutí
<u>Phytoseiulus persimilis</u>	4425-0B	Ing. Josef Plíva	BR	Phytoseiulus persimilis (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	14.12.2028	14.12.2028	14.12.2028	Platné rozhodnutí
<u>Phytoseiulus persimilis plus</u>	4433-1B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Phytoseiulus persimilis (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	2.6.2021	2.12.2021	2.12.2022	Do spotřebován zásob
<u>Phytoseiulus persimilis plus</u>	4433-1B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Phytoseiulus persimilis (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	29.10.2028	29.10.2028	29.10.2028	Platné rozhodnutí
<u>Phytoseiulus- System</u>	4458-0B	Biobest N.V.	BR	Phytoseiulus persimilis (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	14.12.2028	14.12.2028	14.12.2028	Platné rozhodnutí
<u>SPICAL</u>	1839-0B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Neoseiulus californicus (<i>Neoseiulus californicus</i>)	10.6.2029	10.6.2029	10.6.2029	Platné rozhodnutí
<u>SPICAL PLUS</u>	1824-0B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Neoseiulus californicus (<i>Neoseiulus californicus</i>)	15.3.2029	15.3.2029	15.3.2029	Platné rozhodnutí
<u>Spidend</u>	1832-0B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Feltiella acarisuga (<i>Feltiella acarisuga</i>)	14.2.2029	14.2.2029	14.2.2029	Platné rozhodnutí
<u>Spidex</u>	4433-0B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Phytoseiulus persimilis (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	2.6.2021	2.12.2021	2.12.2022	Do spotřebován zásob
<u>Spidex</u>	4433-0B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Phytoseiulus persimilis (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	29.10.2028	29.10.2028	29.10.2028	Platné rozhodnutí
<u>SPIDEX VITAL</u>	4433-2B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Phytoseiulus persimilis (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	29.10.2028	29.10.2028	29.10.2028	Platné rozhodnutí
<u>Typhlodromus pyri</u>	4431-0B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Typhlodromus pyri (<i>Typhlodromus pyri</i>)	4.2.2022	4.8.2022	4.8.2023	Do spotřebován zásob
<u>Typhlodromus pyri</u>	4431-0B	BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.	BR	Typhlodromus pyri (<i>Typhlodromus pyri</i>)	18.9.2028	18.9.2028	18.9.2028	Platné rozhodnutí

Obrázek 18 – přípravky na bázi predátorů svlušek z registru přípravků na ochranu rostlin dostupné v ČR (Zdroj 2)

7 Akaropatogenní a entomopatogenní houby

Entomopatogenní houby jsou organismy z říše *Fungi*. Jsou vysoce polyfágní a iniciují nákazu u celé řady členovců z řádu *Insect* jako jsou *Coleoptera*, *Diptera*, *Neuroptera*, *Lepidoptera*, *Hymenoptera*, *Thisanoptera*, nebo *Hemiptera*. Dále infikují fytofágní roztoče *Tetranychidae* včetně svilušky chmelové (*Tetranychus urticae*). V současné době představují významný prostředek v boji proti škůdcům. Entomopatogenní houby se vyskytují v nejrůznějším prostředí městské zeleně, parků, lesů, zemědělské půdy. Jsou vysoce virulentní pro mnoho druhů členovců, na které si nemohou vytvořit rezistenci (Rice & Cogburn 1999). K tomu, aby houby pronikly do těla hostitele, mají k dispozici enzymy, které narušují kutikulu (Kanost et al. 2004) a po proniknutí uvolňují různé sekundární metabolity, které potlačují imunitní reakci hostitele (Hoffmann & Reichhart 2002). Konidie entomopatogenních hub po aplikaci na hmyz nebo roztoče a za příznivých podmínek, pronikají kutikulou, kde iniciují infekční proces, po kterém škůdce umírá. Smrt nastává přibližně za 4 až 10 dnů, a to v závislosti na typu houby a množství spor, kterými byl hostitel infikován. Následně entomopatogenní houby prorůstají zpět na povrch těla hostitele, kde vytvářejí nové konidie, které se v prostředí šíří a mohou infikovat další zdravé jedince škůdců, jedná se o horizontální přenos (Kaushal et al. 2016). Toto je výhoda ve srovnání s chemickými pesticidy, protože dochází k samovolnému šíření konidií, které se v prostředí uchytí a způsobuje další onemocnění škůdců v populaci. Pesticidy musí být aplikovány častěji (Miller 1995).

Na bázi entomopatogenních hub je registrováno ve světě mnoho biopreparátů, které jsou cíleně aplikovány a musí přijít do přímého kontaktu se škůdci. To je rozdíl oproti systémovým pesticidům, které jsou distribuovány prostřednictvím rostlinných pletiv, a škůdce umírá během žíru vlivem účinné látky. Biopesticidy obsahují jako primární infekční jednotku konidie entomopatogenních hub. U biopreparátů, které obsahují entomopatogenní houby musíme počítat s tím, že se jedná o živé organismy, a tomu je nutné přizpůsobit vhodné skladovací podmínky a distribuci produktu (Lisansky 1990).

Další výhodou je to, že bylo prokázáno, že tyto druhy hub ve velmi malé míře způsobují infekci u necílových organismů, jako jsou paraziti, parazitoidy a predátoři. Jedná se o organismy ve vyšší potravní hladině (Cherry a Goettel, 2003). Některé z komerčně dostupných přípravků např. PFR-97™ (výrobce Certis USA LLC) mohou být aplikovány spolu s fungicidy na bázi mědi. Z akaropatogenních hub např. *H. thompsonii* jsou také extrahovány sekundární metabolity, které se následně používají jako akaricidy

s ovicidním účinkem (Buttachon & Zin 2022). Důležité je sledovat účinnost biopreparátů na bázi akaropatogenních hub na predátorech *T.urticae*. Po aplikaci hub je nutné sledovat kompatibilitu s predátory, a zaznamenávat, zda tato kombinace přirozených nepřátel vyvolává antagonistický nebo synergický efekt při regulaci škůdce (Boomsma et al. 2014).

Entomopatogenní, resp. acaropatogenní houby	Izolát	Mortalita <i>T. urticae</i>	Sporulace na mrvých jedincích %
<i>Metarhizium anisopliae</i>	442,99	43,2	9,7
<i>Verticillium lecanii</i>	450,99	35,7	22,2
<i>Beauveria bassiana</i>	455,99	33	27
<i>Lecanicillium lecanii</i>	19,79	31,6	28,6
<i>Hirsutella thompsonii</i>	73,82	29,7	6,7

Tabulka 8 – Porovnání mortality a sporulace EPH/APH na *T. urticae* (Chandler et al. 2005).

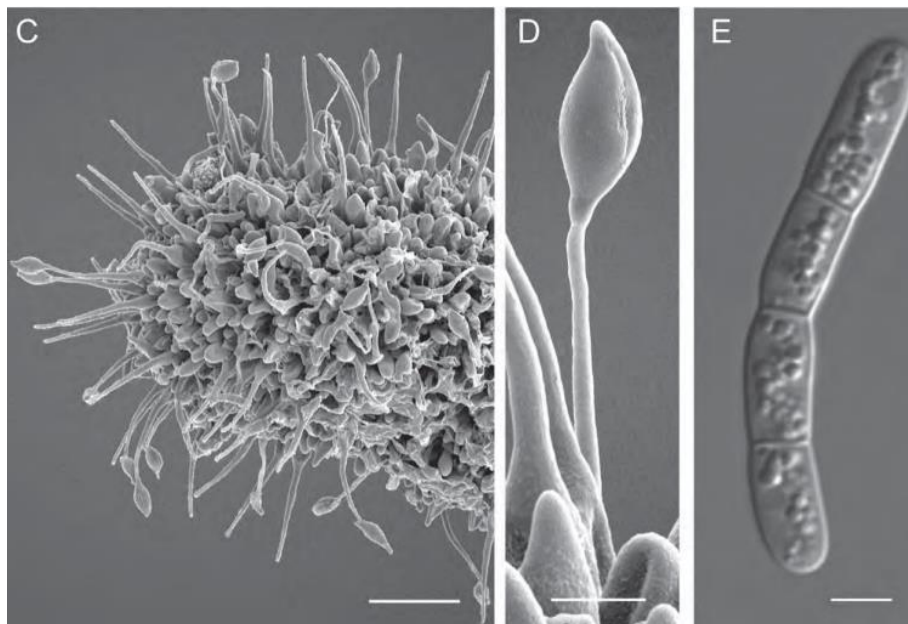
7.1 *Hirsutella thompsonii*

Druh *Hirsutella thompsonii* náleží do řádu *Hypocreales* a vykazuje entomopatogenní a akaropatogenní statut. Tato houba byla popsána již v 50 letech 20. století u roztoče *Phyllocoptruta oleivora* škodící na citrusích (Fisher 1950). Jedná se o patogena, který napadá vedle roztočů široké spektrum hmyzích hostitelů (např. druhy řádu *Lepidoptera*, *Hemiptera*) a hád'átek.

K infekci škůdce dochází po kontaktu s konidii houby. Pokud se zachytí na těle hostitele, začnou při vhodných podmínkách prostředí klíčit a hyby pronikají do hostitele buď přímo přes kutikulu, nebo pronikají pomocí přirozených otvorů do těla hmyzu a roztočů. K přímé penetraci využívá hydrolytické enzymy, jako proteázu, lipázu a chitinázu, které produkují a po proniknutí a kolonizaci hostitele produkuje houba sekundární metabolity, např. hirsutelin. Hirsutelin inhibuje buněčný růst, narušuje buněčné organely a stěny (Mazet & Vey 1995). Hodnota LC_{50} byla stanovena na $2,4 \times 10^3$ konidii na 1 ml (Pena et al. 1996). Růst a vývoj houby je ovlivněn vysokou relativní vzdušnou vlhkostí a teplotou. Teplota se musí pohybovat v rozmezí 13 °C – 35 °C (Gerson et al. 1979), přičemž optimální teplota pro vývoj je 25 °C až 30 °C (Kenneth 1979).

H. thompsonii se dá snadno kultivovat na různých agarových médiích. Izoláty *H. thompsonii* izolované z roztočů lze testovat a nejlepší izolát použít jako vhodný myko-akaricidní přípravek. V současné době je dostupný biopreparát na bázi houby *H. thompsonii* NO-MITE, který obsahuje 1×10^8 konidii v 1 ml, nebo 1×10^8 konidii 1 gra-

mu. Používá se na regulaci škůdců v rychlené zelenině, ovocných stromech a polních podmínkách. Má účinnost proti škůdcům *Tetranychus urticae*, *T. cinnabarinus*, *Galleria melonella*, *Eriophyidae spp.*, *Phyllocoptruta oleivora*, *Rhagoletis pomonella*.



Obrázek 19 – C) vrchol synnematu *H. thompsonii* D) konidie E) hyfální tělísko izolované z hemolymfy napadeného členovce (Meyer et al. 2007)

7.2 *Beauveria bassiana*

Druh *B. bassiana* náleží do řádu *Hypocreales*. Houba vytváří vatovité mycelium, na které se formují rachysy, na kterých se tvoří konidie. Na každém zubu je vždy jedna kulovitá konidie, při větší sporulaci vypadá sporulace jako sněhové koule (Samson et al. 1988, Glare & Inwood 1998). Houba se běžně vyskytuje v přírodě, zejména v půdním prostředí. Má bílou barvu. Její hyfy jsou tenké, bezbarvé rozvětvené a široké 0,12 μm . Konidie jsou kulovité kolem 0,20 μm (Bobobekovich et al. 2021). Do hmyzu proniká přes kutikulu, nebo přirozené otvory hmyzu. K jejímu úspěšnému proniknutí do těla hmyzu je nejdůležitějším abiotickým faktorem relativní vzdušná vlhkost. Po uchycení konidií na těle hmyzu začíná *B. bassiana* produkovat celou řadu enzymů jako je chitináza, nebo proteáza, které využívá k proniknutí přes kutikulu hmyzu (Brey et al. 1986). Enzym chitináza může proniknout i do střeva larev hmyzu, kde způsobuje poškození, která následně zabraňují larvám příjem potravy (Binod et al. 2007). Po proniknutí do hemolymfy hostitele, produkuje blastosporu, které pak přijímají a využívají tkáň a orgány. Po usmrcení hostitele a při vhodných podmínkách prostředí, zejména vzdušné vlh-

kosti nad 90 %, začíná houba proliferovat na povrch těla hostitele. Nejdříve prorůstají jednotlivé hyfy, které na těle vytvoří mycelium a následně houba sporuluje a vytváří konidie druhé generace.

Bugeme et al. (2008) testovali účinnost kmenů *B. bassiana*, kdy aplikovali suspenze o koncentraci 1.0×10^7 konidií v 1 ml na listy fazolu obecného. Na každý list umístili 25 dospělých samiček *T. urticae*. Virulence *B. bassiana* byla nižší při 20 °C než při 25, 30 a 35 °C. Některé kmeny byly vysoce virulentní vůči *T. urticae* i při teplotě 20 °C, mortalita *T. urticae* byla > 70 %.

Použití biopreparátů na bázi *B. bassiana* spolu s dravými roztoči *Phytoseiidea* proti svilušce chmelové je sporné, protože *B. bassiana* může mít vysokou účinnost i na dravé roztoče (Ullah & Lim 2017). V laboratorních podmínkách vykazovala *B. bassiana* mírnou až střední virulenci vůči *P. persimilis* (Duso et al. 2008). Kombinované použití *B. bassiana* a *P. persimilis* na rajčatech ukázalo, že účinnost této kombinace je vyšší, než pokud jsou používány preparáty samostatně (Chandler et al. 2005).

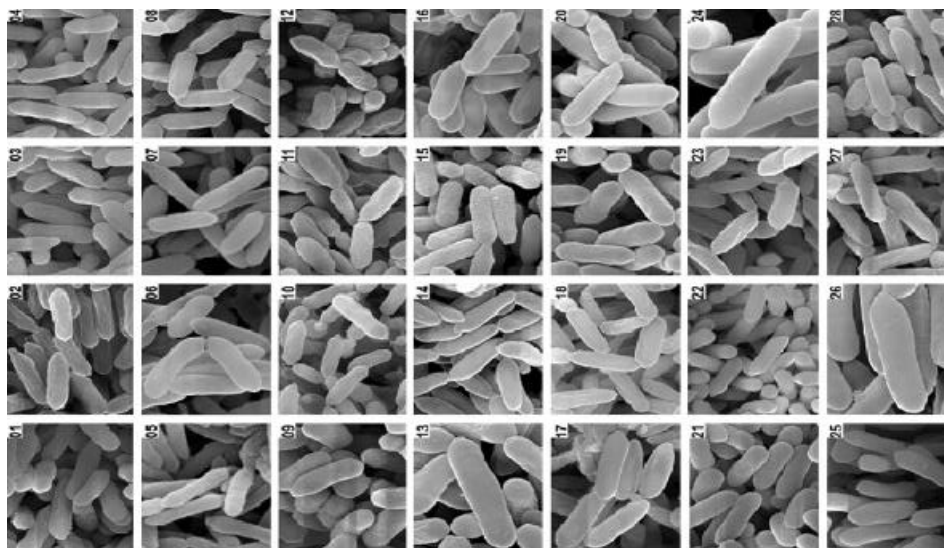


Obrázek 20 – *Beauveria bassiana* izolát z brouka *Diabrotica*, infikovaný nosatec (<https://www.usda.gov/media/blog/2014/07/15/brazil-search-fungi-control-disease-spreading-insects>)

7.3 *Metarhizium anisopliae*

Houba z rodu *Metarhizium* tvoří kolonie, které mají olivovou, žlutozelenou, nebo tmavě zelenou barvu (Brady 1979a). V přírodě se druh *M. anisopliae* (= nově *M. brunneum*) vyskytuje v hojné míře a to v půdě, rhizosféře rostlin, nebo jako saprofyt na mrtvých tělech členovců. Jejimi hostiteli jsou členovci z řádu *Insect* a třídy *Acari*. Její konidie sdílejí stejné prostředí s jejím hostitelem. Pokud se spory přichytí na tělo hostitele, za-

čnou klíčit. Hostitel se brání patogenu, nicméně *M. anisopliae* produkuje hydrolyzující enzymy, pomocí kterých narušuje chitinovou vrstvu kutikuly a proniká do něj. K degradaci kutikuly, která obsahuje proteiny, chitin a lipidy, musí tedy *M. anisopliae* vylučovat enzymy a to proteázu, lipázu a chitinázu (Frazzon et al. 2000). Ve fázi narušení kutikuly jsou spuštěny imunitní mechanismy hostitele. Aby se jim mohla houba účinně bránit, začíná produkovat imunomodulační látky, které potlačují imunitní odpověď hostitele. Pokud se *M. anisopliae* dostane přes kutikulu, až k hemolymfě začíná vylučovat enzym trehaláza. Tento enzym začíná rozkládat cukr, který je v hemolymfě hojně zastoupený. Trehalózu využívá houba pro svůj vývoj a zároveň tím snižuje dostupnost cukru pro hostitele. Hyfy *Metarhizium* v hemolymfě potom začínají vytvářet buňky blatospory, které se množí pučením a začínají se šířit v těle hostitele. (Zhang a Xia, 2009) V těle hostitele vylučuje *Metarhizium* dále různé sekundární metabolity jako jsou např. depsipeptidy. Ty poškozují svalový systém, oslabují imunitu, ovlivňují příjem potravy a vylučování (Pla et al. 2007). Tomuto se napadený členovec brání tím, že vyhledává místo s vyšší teplotou, aby inhibovat růst patogenu ve svém těle.



Obrázek 21 – spory různých genetických variant *M. anisopliae*. Stejně měřítko demonstruje rozdíl ve velikosti jednotlivých kmenů (Schrank & Vainstein 2010)

Po proniknutí houba kolonizuje hostitele a po usmrcení prorůstá zpět na povrch těla hostitele, kde produkuje sekundární konidie (Shah a Pell 2003). Infekce hostitele nastává pouze tehdy, pokud jsou příznivé podmínky prostředí, zejména teplota a relativní vzdušná vlhkost.

Druhy *M. anisopliae* a *B. bassiana* jsou v současnosti nejvíce popsané druhy entomopatogenních a akaropatogenních hub a na trhu je registrováno několik mykoinsekticidních prostředků na jejich bázi. Některé druhy *Metarhizium* infikují různé hostitele, jiné se specializují pouze na jeden druh (Lubeck et al. 2008).

7.4 *Isaria fumosorosea*

Houba z rodu *Isaria* (= *Paecilomyces*), dříve *Paecilomyces fumosoroseus*, patří k nejvýznamnějším mykoinsekticidním houbám z rodu *Isaria*, které se používají pro regulaci škůdců v porostech kulturních rostlin. Jde o saprofytický, entomopatogenní druh, který se vyskytuje v mírném pásu převážně v půdě. V devadesátých letech 20. století byla *I. fumosorosea* hlášena jako nejrozšířenější entomopatogenní houba v řadě států jako je USA, Rusko, Indie (Sani 2020). Biopreparát obsahující *I. fumosorosea*, byl v té době komerčně dostupný po celém světě (De Faria & Wraight 2007). Vyznačuje se vysokou patogenitou. Je používána jako prostředek ke snížení populace škůdců, kdy se aplikuje větší množství konidií. Pokud je populace škůdců malá, lze použít pro aplikace nižší koncentraci konidií, pokud je populace vyšší, použije se suspenze koncentrovanější, aby došlo k vyšší účinnosti a udržení populací škůdce pod prahem ekonomické škodlivosti (Tuncer et al. 2019).

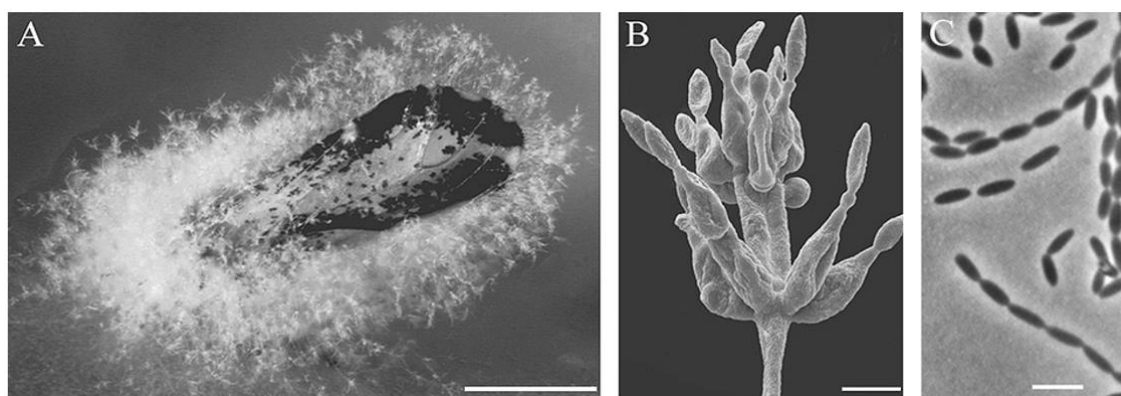
Houba vytváří vláknité kolonie, které jsou narůžovělé, postupně se zbarvují do fialova a do šeda. V myceliu se vytváření konidiofory, na kterých se formují fialidy a z nich se vyvíjí konidie. Konidie jsou oválné o velikosti 2-3 x 1.8 μm a tvoří se v řetězcích (Zimmermann 2008; Clerk 1969).

Houba je kosmopolitní a vyskytuje se po celém světě. Vyskytuje se ve všech typech půd, všech habitů (Domsch et al. 1980). V České republice byla *I. fumosorosea* izolována z dospělců lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) (Landa et al. 2001).

V porovnání s druhem *B. bassiana* má *I. fumosorosea* užší spektrum hostitelů, nicméně téměř ze všech řádů hmyzu. Napadá zástupce *Acari*, *Arachnida*, hmyzí řády *Blattodea*, *Coleoptera*, *Diptera*, *Isoptera*, *Hemiptera*, *Hymenoptera*, *Lepidoptera*, *Neuroptera*, *Thysanoptera* (Smith 1993; Kleespies et al. 2008; Humber & Hansen 2005).

Teplota, sluneční záření a relativní vlhkost jsou nejdůležitějšími abiotickými faktory, které ovlivňují klíčení, růst a životaschopnost akaropatogenních a entomopatogenních hub (Vidal a Fargues 2007). Houba *I. fumosorosea* je schopná růst při teplotách od 2 °C do 32 °C (Doberski 1981; Mietkiewski et al. 1994b), optimální teplota pro klí-

čení konidií je mezi 19°C a 22,8°C (Huang et al. 2005). Bylo zjištěno, že *I. fumosorosea* je schopná infikovat kůrovce jilmového (*Scolytus scolytus*) při relativní vzdušné vlhkosti 86 - 100% (Doberski 1981). Přirozené sluneční záření bylo shledáno jako škodlivé pro konidie *I. fumosorosea*, kdy po vystavení konidií vlnovému rozsahu 295 - 1100 nm došlo k prudkému poklesu jejich klíčivosti (Smits et al. 1996a). Jako nejškodlivější spektrum slunečního záření se jeví UV-B záření (280-320 nm), dále UV-A záření (320 - 400 nm). Jako nejméně škodlivé bylo vyhodnoceno viditelné a infračervené spektrum slunečního záření (Fargues et al. 1997).



Obrázek 22 – A) mrtvý dospělec *Diaphorina citri* napadený *I. fumosorosea*, B) konidie houby C) řetězec konidií (Meyer et al.2008)

Aplikace *I. fumosorosea* ve skleníku může být obtížná, pokud teplota je vyšší než 30 °C. Takové podmínky nejsou optimální pro rozvoj akaropatogenních hub a zejména *I. fumosorosea* je na vysoké teploty náchylná. Její virulence proti *T. urticae* je ovšem vysoká, ale kvůli výše uvedenému, je její použití jako akaropategenního biopreparátu vhodné spíše ve venkovním prostředí (Zemek et al. 2016).

7.5 *Neozygites floridana*

Houba z čeledi *Neozygiteaceae* je jedním z důležitých partogenů *T. urticae*. I když může být produkována in vitro je k tomu potřeba kultivace přímo na hostiteli, tj. *T. urticae* (Leite 2000). Je to dáno tím, že *N. floridana* není saprofytická, ale biotrofní, čímž je nutné pro produkci živého hostitele a to *T. urticae*. Houba dále infikuje mšice nebo třásněnky. Kvůli tomu, že se jedná o biotrofní houbu, byla by produkce velmi drahá a tím není žádný biopreparát na bázi této houby komerčně dostupný.

Konidie, které se uchytí na hostiteli, při vhodných podmínkách, jako je vhodná relativní vzdušná vlhkost a teplota, vyklíčí. Vytvoří se konidiogenní buňky o délce 60–100 µm z kterých se postupně uvolňují konidie nové generace. Ty mohou ulpět na končetinách, nebo těle hostitele (Trandem et al. 2015). Houba je úzce specializovaná. Tohoto jevu se dá využít při biologické kontrole škůdců v kombinaci např. *N. floridana* a *P. persimillis*, který nebude houbovým patogenem v takovém případě infikován. Podle studie se zdá, že po aplikaci houby *N. floridana* na svilušky se mírně sníží aktivita predace *P. persimilis* kořisti, ale *P. persimilis* není houbou nijak ohrožen (Jacobsen et al. 2019).

Pro rozvoj *N. floridana* je velmi důležitá relativní vzdušná vlhkost vzduchu a teplota. *T. urticae* klade vajíčka zejména na spodní stranu listů v blízkosti řapíku a žilnatiny, kde je vzhledem k transpiračním procesům rostliny vyšší vzdušná vlhkost. Tento fakt může přispět k tomu, že v takovém prostředí houba dobře sporuluje a navíc je v blízkosti vajíček *T. urticae*. Nejlepšího výsledku a to 95 % infekce bylo dosaženo při vlhkosti vyšší než 95 % a teplotě vzduchu 25 °C (Castro et al. 2018). Kritické hodnoty pro rozvoj *N. floridana* jsou teplota mimo interval 13 °C až 27 °C a RH vyšší než 95 % (Delalibera et al. 2006). Je ovšem důležité brát v potaz i geografický a klimatický původ izolátu *N. floridana*. Izoláty z Norska mají jiné požadavky na teplotu (18 °C), než izoláty ze Severní Karolíny (21 °C) a izoláty z Brazílie (27 °C) (Castro et al. 2018).

Vajíčka *T. urticae* jsou citlivější k infekci *N. floridana* než dospělci. Samičky mají vyšší citlivost k houbové nákaze (Rachna 2014).

7.6 Komerčně dostupné prostředky

V současné době je poměrně rozvinutý vývoj a výroba produktů založených na bázi entomopatogenních hub. Většina hub je komerčně produkována pomocí submerzní kultivace, kde se tvoří blastopory, nebo pomocí povrchové kultivace, kde druhy hub produkuje konidie (Jackson et al. 2010). Vyprodukované houby jsou následně formulovány buď do sybkých nosičů, nebo do tekutých produktů. Způsob aplikace spočívá v aplikaci konidií pomocí rozprašování na pěstované rostliny. V České republice byl vyvinut proces kultivace půdního substrátu spory *I. fumosorosea* CCM 8367. Tato metoda využívá přítomnosti EPH přímo v pěstebním substrátu (Zemek et al. 2018).

8 Diskuse

Sviluška chmelová *T. urticae* je nejvýznamnějším škůdcem polních plodin, rychlené zeleniny a okrasných květin pěstovaných ve skleníku. V polních podmínkách způsobuje sviluška též značné škody, nicméně během vegetační sezóny prodělá daleko méně generací vlivem povětrnostních podmínek. V sadech a ve vinicích lze populace svilušky chmelové *T. urticae* nebo svilušky ovocné *Panonychus ulmi* regulovat pomocí dravého roztoče *Typhlodromus pyri*, který se do cílových agroekosystémů introdukuje v rámci inokulační strategie biologické ochrany rostlin. Dravý roztoč je schopen se v podmínkách sadů a vinic usadit, rozmnožovat a přezimovat. Z tohoto důvodu nemusí být introdukovan každoročně. Reintrodukce se provádí tedy v případě, kdy dojde k nepříznivým podmínkám prostředí nebo dojde vlivem aplikace chemických látek k jeho redukci (Landa 2002). *Typhlodromus pyri* může být introdukovan i do chmelnic, kde sviluška chmelová může způsobovat též významné škody na výnosu chmele. V chmelnicích je schopen se dravý roztoč též adaptovat, nicméně introdukce musí být prováděna každoročně, protože při sklizni se strhávají celé rostliny, které jsou svázeny na česací zařízení. Tímto se značné množství jedinců *T. pyri* z chmelnic odstraní (Vostřel 2013).

V řízených podmínkách skleníků dokáže prodělat sviluška chmelová během svého krátkého vývojového cyklu více než 10 generací na plodové zelenině nebo okrasných rostlinách. V případě přemnožení způsobuje značné škody, které mohou snížit výnos pěstovaných kultur o více než 50 % (Osborne et al. 2004). Pro zjišťování přítomnosti škůdců u pěstovaných skleníkových kultur je důležité provádět správný monitoring. Na základě zjištění výskytu konkrétního škůdce je důležité zvolit správné přirozené nepřátele v pěstebních systémech, aby nedocházelo ke značným ztrátám na pěstovaných plodinách. Pro monitoring většiny skleníkových škůdců se používají žluté nebo modré lepkové desky. Žlutá barva je atraktivní zejména pro dospělé molic, okřídlených forem mšic, smutnic nebo vrtalek, zatímco modrá barva láká dospělé třásněnek. Pro monitoring svilušky chmelové je nutné provádět monitoring vizuálně. Důležité je projít porost důkladně a pomocí lupy nebo na základě příznaků poškození určit stav populace (Perring et al. 2018). Z důvodu značných ztrát na plodinách rychlené zeleniny byla ve sklenících zavedena výhradně biologická ochrana. Po vysazení přirozených nepřátel je též

důležité vědět, v jakém stádiu se škůdce a zároveň predátor vyskytuje a zda je vysazení predátora účinné.

Využití biopreparátů na bázi mikroorganismů a makroorganismů bylo zavedeno zejména z důvodu toho, že v rychlené zelenině nelze aplikovat insekticidní přípravky, protože by docházelo k značným ztrátám produkce. Ke značným ztrátám by docházelo kvůli tomu, že plody rychlené zeleniny jsou sklizeny každodenní probírkou. Tím, že nejkratší ochranná lhůta některých insekticidů jsou 3 dny, docházelo by v průběhu tohoto období k přezrávání a opadávání plodů. Zároveň predátoři nebo parazitoidy jsou velmi sensitivní k účinným látkám insekticidů (Fernandes 2010).

Predátoři svilušky chmelové by měly být do systému introdukovány tam, kde se již populace svilušky vyskytuje. Nízká populace škůdce nezajistí predátorovi možnost se vyvíjet a vytvářet silný predáční tlak (Osborne *et al.* 2004). Důležitá přítomnost svilušky je zejména u dravého roztoče *Phytoseiulus persimilis*, který když nemá svou kořist, uchýlí se jedinci predátora ke kanibalismu (Hoffmann & Frodsham 1993). Mezi nejvýznamnější predátory používané ve sklenících jsou draví roztoči, *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* a *Amblyseius swirskii* (Osborne *et al.* 2004, Tanigoshi *et al.* 2004). Přípravky na bázi těchto predátorů jsou registrovány i v ČR a lze je dohledat v registru přípravků na ochranu rostlin (Zdroj 2). Predátor *A. swirskii* je schopen predovat ve sklenících nejen na svilušce chmelové, ale i na různých řádech hmyzu, jako jsou molice a třásněnky. Predátor *A. swirskii* však upřednostňuje nymfy molice skleníkové a molice bavlníkové (Wimmer *et al.* 2008). Dravý roztoč *Neoseiulus californicus* je znám i pod druhovým jménem *Amblyseius californicus*. Jedná se o predátora, který se živí vedle svilušky i jinými druhy roztočů a při přítomnosti kořisti a vhodných podmínkách prostředí se rychleji vyvíjí (Malais & Ravensberg 2003). Obecně se mohou draví roztoči živit na alternativním zdroji potravy. Živí se pylem mnoha rostlin, nektarem nebo též mohou získávat energii z medovice, kterou produkují zejména mšice nebo molice (Malais & Ravensberg 2003). V případě výskytu kořisti jsou však více plodní. Samička naklade daleko více vajíček, když se živí kořistí než když se živí jen alternativní potravou. Nicméně, schopnost žít se alternativní potravou je výhodná u biologické ochrany kvetoucích rostlin, protože pokud na pěstovaných plodinách není zatím přítomen živočišný zdroj potravy, dožívají se predátoři delšího věku. U nekvetoucích plodin, kde se nevyskytuje kořist, by predátoři přežívali kratší dobu. Některé firmy prodávají přípravky pro dokrmování predátorů, které obsahují buď pyl, nebo larvy much. Predátor *Phytoseiulus persimilis* je typický dravec, který se alternativní potravou neživí. *P. persimilis* má

dlouhé končetiny, pomocí kterých se na porostech rychle pohybuje a tím je schopen vyhledávat snadněji kořist. Kořist vyhledává i pomocí látek, které svlušky vylučují, jsou to kairomony (typ semiochemikálií) (Sabelis & Van der Bean 1983). Mezi predátory svlušky chmelové patří i zástupci z třídy Hmyz. Jedná se zejména o dravou plošnici *Orius insidiosus*, dravou bejlmorku *Feltiella acarisuga*, nebo zástupce řádu brouci *Stethorus punctillum*. Dravá plošnice *O. insidiosus* je široce polyfágní a vedle svlušky chmelové se živí i třásněnkami. V preferenci však upřednostňuje svlušku chmelovou (Mendes et al. 2002; Sousa et al. 2020).

V přirozených podmínkách tropických i subtropických oblastí se v populacích roztočů vyskytují epizootie způsobená houbovými patogenními mikroorganismy. Mezi nejvýznamnější entomopatogenní houby, které jsou schopny infikovat i roztoče, tj. mají akaropatogenní statut, jsou *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii* i *Metarhizium anisopliae*. Druhy hub jako je *Hirsutella thompsonii* a *Neozygites floridana* jsou typickými patogeny roztočů. Shi & Feng (2004) zaznamenali letální efekt na vajíčka *T. urticae* po aplikaci hub *B. bassiana*, *M. anisopliae* a *I. fumosorosea*. Rozdíl v mortalitě vajíček závisel na tom, jaký druh/kmen entomopatogenní houby byl aplikován. Nižší mortalitu způsoboval druh *M. anisopliae*. Nicméně, Chandler et al. (2002) prokázali, že izolát 442.99 entomopatogenní houby *M. anisopliae* vykázal nejvyšší virulenci v populaci svlušky chmelové po aplikaci ve skleníku. Houba *M. anisopliae* byla vysoce patogenní ke klíšťatům (Acari: Ixodidae), např. druhu *Ixodes scapularis* (Gisberg et al. 2002). Entomopatogenní houby mohou také vedle predátorů hrát významnou roli v biologické ochraně rostlin proti škůdci svlušky chmelové.

Pro komerční účely se používají přirození nepřátelé, které chovají a produkuje firmy po celém světě, nejvýznamnější evropskou firmou je belgická firma Biobest a holandská firma Koppert. V České republice lze přirozené nepřátele zakoupit u firmy Biocont Laboratory, spol. s r.o., sídlící v Brně.

Závěr

- ✓ Nejrozšířenějším druhem roztoče, který škodí na skleníkových kulturách je na našem území sviluška chmelová *Tetranychus urticae*.
- ✓ Sviluška chmelová způsobuje též značné škody na polních plodinách, v sadech a vinicích.
- ✓ Pro regulaci svilušky chmelové se využívají predátoři, nejvýznamnější skupinou jsou draví roztoči.
- ✓ Na rychlené zelenině pěstované ve sklenicích je využíván proti *T. urticae* dravý roztoč *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* a *Amblyseius swirskii*.
- ✓ Naopak v sadech a ve vinicích je využíván dravý roztoč *Typhlodromus pyri*.
- ✓ Dalšími predátory jsou zástupci z třídy Hmyz, *Feltiella acarisuga* (Diptera), *Orius insidiosus* (Heteroptera) a *Stethorus punctillum* (Coleoptera).
- ✓ Produkty obsahují všechna vývojová stádia v případě dravých roztočů, u hmyzích predátorů se jedná o larvy, kukly a dospělé.
- ✓ Vývojová stádia predátorů jsou formulována do sypkého nosiče a baleny do sáčků nebo falkonek. Natržené sáčky se zavěšují na listy nebo větve rostlin a roztoči se z nich samovolně rozlézají do porostu.
- ✓ Z falkonek se obsah s roztoči sype ručně do porostu, důležité je rovnoměrné rozmístění predátorů na rostlinách.
- ✓ Proti svilušce chmelové se dá ve skleníku kombinovat více predátorů.
- ✓ Vhodná kombinace je např. *Amblyseius swirskii* s *Phytoseiulus persimilis*, naopak nevhodná je kombinace *Feltiella acarisuga* a *Phytoseiulus persimilis*.
- ✓ Klíčový je monitoring, protože je důležité sledovat nejen populaci svilušky chmelové v porostech, ale i interakci: škůdce vers. přirozený nepřítel, nebo i kombinace: predátor vers. predátor.
- ✓ Predátor *A. swirskii* je využíván vedle svilušky též k ochraně rostlin proti molicím. Jedná o polyfágní druh predátora. *Orius insidiosus* je též polyfágní, žíví se i třásněnkami.
- ✓ Proti svilušce chmelové jsou též účinné entomopatogenní a akarypatogenní houby. Nejvýznamnějšími druhy náležející do řádu Hypocreales jsou *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *Hirsutella thompsonii*, do řádu Entomophthorales patří *Neozygites floridana*.

Seznam použité literatury

- Amano H., Chant D.A. (1978). Some factors affecting reproduction and sex ratios in two species of predacious mites, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acarina:Phytoseiidae). *Can. J. Zool.* 56:1593-1607.
- Aswathi K.R., Bhaskar H. (2014): Biology of two-spotted spider mite *Tetranychusurticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on okra. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 3(2): 97-101.
- Babikova Z., Gilbert L., Bruce T. J., Birkett M., Caulfield J. C., Woodcock C. et al. (2013). Underground signals carried through common mycelial networks warn neighbouring plants of aphid attack. *Ecol. Lett.* 16: 835–843.
- Bailey S. F. (1939). The six-spotted thrips, *Scolothrips sexmaculatus* (Pergande). *J. Econ. Entomol.* 32: 43–46.
- Ballal C.R., Singh S.P., Poorani J., Gupta, T.B. (2003). Biology and rearing requirements of an anthocorid predator, *Blaptostethus pallescens* Poppius (Heteroptera: Anthocoridae). *Journal of Biological Control*, 17: 29-33.
- Barber A., Campbell C., Crane H., Lilley, Ri., Tregidga E. (2010). Biocontrol of Two-spotted Spider Mite *Tetranychus urticae* on Dwarf Hops by the Phytoseiid Mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Biocontrol Science and Technology*. June 1: 275-284.
- Bensoussan N., Zhurov V., Yamakawa S., O'Neil Ch., Suzuki T., Grbić M., Grbić V. (2018). The Digestive System of the Two-Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch, in the Context of the Mite-Plant Interaction. *Front. Plant Sci.*, 9: 1206.
- Biddinger D.J., Weber D.C., Hull L.A. (2009). *Coccinellidae* as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biological Control*, 51: 268-283.
- Binod P., Sukumaran R.K., Shirke S.V., Rajpur J.C., Pandey A. (2007). Evaluation of fungal culture filtrate containing chitinase as a biocontrol agent against *Helicoverpa armigera*. *J Appl Microbiol.* 103:1845–1852.
- Biswas G., Islam W., Haque M.D. (2007). Biology and Predation of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Bio-Science*. 15.
- Boomsma J.J, Jensen A.B, Meyling N.V, Eilenberg J. (2014). Evolutionary interaction networks of insect pathogenic fungi. *Annu Rev Entomol*, 59:467–485.
- Brady B. L. K. (1979). CMI descriptions of pathogenic fungi and bacteria. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, (Set 61).
- Bugeme D.M., Knapp M., Boga H.I., Wanjoya A.K., Maniania N.K. (2008) Influence of temperature on virulence of fungal isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Mycopathologia*. 2009 Apr,167(4):221-7.
- Buttachon S., Zin W. W. M. (2022). Toxicity and ovicidal activity of different entomopathogenic fungi, *Hirsutella* extracts on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Persian Journal of Acarology*, 11(1):133-143.
- Bobobekovich B. Q., Majitovna Q. M., Qaxramonovich S. N. (2021). Cultural and morphological features of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* isolated from the Colorado potato beetle. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 13408-13412.

-
- Castagnoli M., Simoni S. (1991). Influenza Della Temperature Sullincremento Delle Popolazioni di *Amblyseius californicus* (McGregor) (*Acari:Phytoseiidae*). *Redia* 74(2):621-640.
- Castro T., Moral R.D.A., Demétrio C.G.B., Delalibera I., Klingen I. (2018). Prediction of Sporulation and Germination by the Spider Mite Pathogenic Fungus *Neozygites floridana* (*Neozygitomycetes: Neozygiales: Neozygitaceae*) Based on Temperature, Humidity and Time. *Insects*. 2018, 9(2):69.
- Clerk, G.C. (1969). 'Influence of Soil Extracts on the Germination of Conidia of the Fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces farinosus*', *Journal of Invertebrate Pathology*, 13: 120-124.
- Clotuche G., Maillieux A.C., Fernández A.A., Deneubourg J.L., Detrain C., Hance T. (2011). The formation of collective silk balls in the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *PLoS One*, 6(4): e18854.
- Cloyd, R. A., Sadof, C. S. (2000). Effects of plant architecture on the attack rate of *Lepitomastix dactylopii* (*Hymenoptera: Encyrtidae*), a parasitoid of the citrus mealybug (*Homoptera: Pseudococcidae*). *Environ. Entomol.* 29, 535–541.
- Coiffait H. (1976). Contribution i la connaissance des Staphylinides de Tahiti et desiles Marquises (*Coleoptera*). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.)*, 12: 215-245.
- De Faria M.R., Wraight S.P. (2007). Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A Comprehensive list with Worldwide Coverage and International Classification of Formulation Types. *Biol. Control*, 43: 237–256.
- Delalibera Jr. I., Demétrio C. G., Manly B. F., Hajek A. E. (2006). Effect of relative humidity and origin of isolates of *Neozygites tanajoae* (*Zygomycetes: Entomophthorales*) on production of conidia from cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (*Acari: Tetranychidae*), cadavers. *Biological Control*, 39(3): 489-496.
- Dicke, M. (1999). "Evolution of induced indirect defense of plants," in *The Ecology and Evolution of Induced Defenses*, eds R. Tollrian and C. D. Harvell (*Princeton, NJ: Princeton University Press*), 62–88.
- Doberski J.W. (1981). 'Comparative Laboratory Studies on Three Fungal Pathogens of the Elm Bark Beetle *Scolytus scolytus*: Effect of Temperature and Humidity on Infection by *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*', *Journal of Invertebrate Pathology*, 37: 195-200.
- Dogramaci M., Kakkar G., Kumar V., Chen J., Arthurs S. (2013). *Amblyseius swirskii*. Featured Creatures.
- Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H. (1980). *Compendium of Soil Fungi*, London: *Academic Press*, pp. 130-140.
- Duso C., Malagnini V., Pozzebon A., Castagnoli M., Liguori M. Simoni S. (2008). Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (*Acari Tetranychidae*, *Phytoseiidae*). *Biological Control*, 47, 16–21.
- Eilenberg J., Hajek A., Lomer C. (2001): Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol*, 46:387–400.
- Fargues J., Rougier M., Goujet R., Smits N., Coustere C., Itier B. (1997). 'Inactivation of Conidia of *Paecilomyces fumosoroseus* by Near-ultraviolet (UVB and UVA) and Visible Radiation', *Journal of Invertebrate Pathology*, 69: 70-78.
- Fernandez-Arhex V., Corley J.C. (2003). The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontr. Sci. Tech.* 13:403–413.

-
- Fernandes F. L., Bacci L., Fernandes M. S. (2010). Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. *EntomoBrasilis*, 3(1): 1-10.
- Fisher F. E. (1950). Two new species of *Hirsutella Patouillard*. *Mycologia* 42: 290-7.
- Frazzon A.P., Vaz Junior I., Masuda A., Schrank A., Vainstein M.H. (2000). In vitro assessment of *Metarhizium anisopliae* isolates to control the cattle tick *Boophilus microplus*. *Vet. Parasitol.*, 94: 117e125.
- Funderburk J.E, Stavisky J., Olson S. (2000). Predation of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in field peppers by *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Environmental Entomology*, 29: 376-382.
- Garcia-Mari F., Gonzalez -Zamora J. E. (1999) Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valencia, Spain. *Exp. Appl. Acarol.*, 23: 487-495.
- Gerson U. W. (1985). In: Spider mites, their biology, natural enemies and control. (Helle W. and Sabelis M.W. eds). *Elsevier, Amsterdam, The Netherlands*, 223-232.
- Gerson U., Kenneth R., Muttath T. I. (1979). *Hirsutella thompsoni* U a fungal pathogen of mites. II. Host-pathogen interactions. *Annals of Applied Biology*, 91(1): 29-40.
- Ghongade D., Sangha, K., Dhall R.K., Bhullar M. (2022). Field evaluation of *Blaptostethus pallescens* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae) in controlling *Tetranychus urticae* Koch on parthenocarpic cucumber under protected environments. *International Journal of Acarology*.
- Gillespie D.R., Roitberg B., Basalyga E., Johnstone M., Opit G., Rodgers., J, Sawyer N. (1998). Biology and application of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) for biological control of two-spotted spider mites on greenhouse vegetable crops. Pacific Agri-Food Research Centre (Agassiz) Technical Report 145 Agriculture and Agri-Food Canada
- Gilstrap F.E. (1995). Six-Spotted Thrips: A Gift from Nature that Controls Spider Mites.
- Gilstrap F.E., Oatman E. R. (1976). The bionomics of *Scolothrips sexmaculatus* (Pergrande) (Thysanoptera: Thripidae), an insect predator of spider mites. *Hilgardia* 44(2): 27-59.
- Ginsberg, H.S., Lebrun, R.A., Heyer, K., Zhioua, E., 2002: Potential Nontarget Effects of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) Used for Biological Control of Ticks (Acari: Ixodidae). *Environmental Entomology*, 31: 1191-1196.
- Glare T. R., Inwood A. J. (1998). Morphological and genetic characterisation of *Beauveria spp.* from New Zealand. *Mycological Research*, 102(2), 250-256.
- Gordon R.D. (1982). New species and new synonymy in neotropical *Stethorus* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Coleopt. Bull.*, 36 : 121-126.
- Gordon RD (1985) The *Coccinellidae* (Coleoptera) of America north of Mexico. *Journal of the New York Entomological Society*, 93: 1-912.
- Grbić M., Van Leeuwen T., Clark R. et al. (2011). The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*, 479: 487–492.
- Gupta T.B., Ballal C.R., Kadam S.S. (2018). Morphology and performance specifications of *Blaptostethus pallescens* Poppius (Heteroptera: Anthocoridae) when reared on two alternate laboratory hosts. *Journal of Biological Control.*, 32(4):239-245.
- Hajek A. (2004). *Natural enemies: An introduction to biological control*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

-
- Haque M. M., Islam W., Haque Md. (2005). Predation of three predators on two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Life Earth Science*. 1.
- Hayon I, Mendel Z, Dorchin N. (2016). Predatory gall midges on mealybug pests—diversity, life history, and feeding behavior in diverse agricultural settings. *Biol Control* 99:19–27.
- Helle, W. (1967), Fertilization in the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*: Acari). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 10: 103-110.
- Helyer N., Brown K, Cattlin N.D. (2003). Biological control in plant protection. *Manson publishing, London*. 126 s.
- Hliffakek C. B., Van de Vrie M., Mcmurtry J.A. (1969). The ecology of *Tetranychid mites* and their natural control. *Anti. Rev. Enr.* 14: 125-174.
- Hluchý M., Zacharda M. (1994). Prostředky a systémy biologické ochrany rostlin. Brno, *Biocont Laboratory*, 80 s.
- Hoddle, M. S. (2000). Using *Neoseiulus californicus* for control of *Persea* mite. In *California avocado Research Symposium. University of California, Riverside*.
- Hoffmann D., Vierheilig H., Schausberger P. (2011). *Mycorrhiza* induced trophic cascade enhances fitness and population growth of an acarine predator. *Oecologia* 166: 141–149.
- Hoffmann J. A., Reichhart J.M. (2002). *Drosophila* innate immunity: an evolutionary perspective. *Nature Immunol.* 3: 121–126.
- Hoffmann M.P. Frodsham A.C. (1993). Natural Enemies of Vegetable Insect Pests . Cooperative Extension, Cornell University, Ithaca, NY. str. 63.
- Holling C.S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.* 91: 385–398.
- Horsburgh R.L., Asquith D. (1968). The eggs and oviposition sites of *Hyaliodes uitripennis* on apple trees (*Miridae: Hemiptera*). *Can. Entomol.*, 100: 199-201.
- Houston K.J. (1980). A revision of the Australian species of *Stethorus* Weise (*Coleoptera: Coccinellidae*). *J. Amt. Entomol. Soc.*, 19: 81-91.
- Huang B., Fan M.Z., Li Z.Z., Zhou Q., Wang Z.X. (2005). ‘Biological characteristics of different strains of *Paecilomyces farinosus*’, *Journal of Anhui Agricultural University*, (in Chinese with English summary), 32: 811.
- Humber R.A., Hansen, K.S. (2005). ‘USDA-ARS Collection of entomopathogenic fungal cultures (ARSEF)’, ARSEF-Catalog: Host by Fungus. <http://arsef.fpsnl.cornell.edu>.
- Chandler D, Davidson G, Jacobson RJ. (2005). Laboratory and glasshouse evaluation of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae), on tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Biocontrol Sci Technol.* 15:37–54.
- Chapman R., Penman D. (1979): Negatively correlated cross-resistance to a synthetic pyrethroid in organo-phosphorus-resistant *Tetranychus urticae*. *Nature*, 281: 298–299.
- Chazeau J., Etienne J., Fürsch H. (1974). Les Coccinellidae de l’île de La Réunion (*Insecta Coleoptera*). *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. Zool.*, 210: 265-297.
- Cherry V.S., Goettel K.S. (2003). Hyphomycete fungi as microbial control agents. In: Hokkanen HMT Hajek, A.E. (Ed.), *Environmental Impacts of Microbial Insecticides*, pp. 35-62.

-
- Jackson M.A. Dunlap C.A. Jaronski S.T. (2010). Ecological considerations in producing and formulating fungal entomopathogens for use in insect biocontrol. *BioControl* 2010, 55: 129–145.
- Jalali SK, Singh SP. (2002). Seasonal activity of stem borers and their natural enemies on fodder maize. *Entomon*, 27(2): 137-146.
- Kalsi M., Seal D., Nuessly G., Capinera J., Martin C. (2014). Seasonal Timing, Abundance, and Predatory Status of Arthropods Associated with Corn Infested by Picture-Winged Flies (*Diptera: Ulidiidae*) in South Florida. *Florida Entomologist*.
- Kanost M. R., Jiang H., Yu X.-Q. (2004). Innate immune responses of a lepidopteran insect, *Manduca sexta*. *Immunol. Rev.* 198, 97–105.
- Kaur P., Dhooria M.S., Bhullar, M.B. (2012): Development of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (*Acari:Tetranychidae*) on rose. *Journal of Research*, 43(2): 117-20.
- Kaushal K. S., Ajoy K. Ch., Priyanka K. (2016). Chapter 15 - Entomopathogenic Fungi, Editor(s): Omkar, Ecofriendly Pest Management for Food Security, *Academic Press*, Pages 475-505.
- Kenneth R., Muttath T. I., Gerson U. (1979). *Hirsutella thompsonii*, a fungal pathogen of mites. I. Biology of the fungus in vitro. *Annals of Applied Biology*, 91(1): 21-28.
- Kleespies R.G., Huger A.M., Zimmermann G. (2008). 'Diseases of Insects and Other Arthropods: Results of Diagnostic Research Over 55 years', *Biocontrol Science and Technology*, 18: 439-484.
- Laing J.E. (1968). Life history and life table of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. *Acarologia* 10:578-88.
- Landa Z. 2002. Biologická ochrana zahradních rostlin proti chorobám a škůdcům v polních podmínkách, ve skleníčce a folivnicích. In: Demo M., Hričovský I. (Ed.): Trvalo udržatelné technologie v záhradnictve. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 225-280.
- Landa Z., Horňák P., Osborne L.S., Nováková A., Bursová, E. (2001). Entomogenous Fungi Associated with Spruce Bark Beetle *Ips typographus* L. (*Coleoptera, Scolytidae*) in the Bohemian Forest', *Silva Gabreta*, 6: 259-271.
- Lattin J.D. (1999). Bionomika *Anthocoridae*. *Annual Review of Entomology*, 44: 207-231.
- Lee H., Gillespie D. (2011). Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (*Acari: Phytoseiidae*) at different temperatures. *Experimental & applied acarology*. 53. 17-27.
- Leite L.G., Smith L., Moraes G.J., Roberts D.W. (2000). In vitro production of hyphal bodies of the mite pathogenic fungus *Neozygites foridana*. *Mycologia*, 92:201–207
- Li D.X. Tian J., Shen Z.R. (2007). Functional response of the predator *Scolothrips takahashii* to hawthorn spider mite, *Tetranychus viennensis*: Effect of age and temperature. *BioContr.* 52:41–61.
- Lisansky S.G. (1990), Fungi in biological control systems Edited by M. N. Burge, Manchester University Press, 1988, pp. 269. *Technol. Biotechnol.*, 48: 97-98.
- Loughner R., Goldman K., Loeb G., Nyrop, J. (2008). Influence of leaf trichomes on predatory mite (*Typhlodromus pyri*) abundance in grape varieties. *Exp. Appl. Acarol.*, 45:111–122.
- Lubeck I., Arruda W., Souza B.K., Stanisçuaski F., Carlini C.R., Schrank A., Vainstein M.H. (2008). Evaluation of *Metarhizium anisopliae* strains as potential biocontrol

-
- agents of the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* and the cotton stainer *Dysdercus peruvianus*. *Fungal Ecol.* 1: 78-88.
- Macke E., Magalhães S., Khan H. D., Luciano A., Frantz A., Facon B., Olivieri I. (2011) Sex allocation in haplodiploids is mediated by egg size: evidence in the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Proc. R. Soc. B.* 278: 1054–1063.
- Malagnini V., Pozzebon A., Facchin P., Paganelli A., Duso C. (2022). Airborne pollen can affect the abundance of predatory mites in vineyards: implications for conservation biological control strategies. *Pest Manag Sci.*
- Malais M. H. & Ravensberg W. J. (2003). Knowing and Recognizing: The biology of glasshouse pests and their natural enemies. Koppert B.V. Berkel en Rodenrijs, The Netherlands.
- Malais M.H., Ravensberg W.J. (2003). Knowing and Recognizing: the Biology of Glasshouse Pests and Their Natural Enemies. Koppert B.V. and Reed Business Information. 288.
- Mazet I., Vey A. (1995). Hirsutellin A, a toxic protein produced in vitro by *Hirsutella thompsonii*. *Microbiology (Reading)*. 1995 Jun, 141 (Pt 6):1343-1348.
- McMurtry J., Huffaker C, Van de Vrie M. (1970). Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review: I. Tetranychid enemies: Their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia* 40(11):331-390.
- Meyer J.M, Hoy M.A, Boucias D.G. (2007). Morphological and molecular characterization of a *Hirsutella* species infecting the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (*Hemiptera: Psyllidae*), in Florida. *J Invertebr Pathol.* Jun, 95(2):101-9.
- Meyer J.M., Hoy M.A., Boucias D.G. (2008). Isolation and characterization of an *Isaria fumosorosea* isolate infecting the Asian citrus psyllid in Florida. *Journal of invertebrate pathology*, 99 1, 96-102.
- Mietkiewski R., Tkaczuk C., Zurek M., Van der Geest L.P.S. (1994b). ‘Temperature Requirements of Four Entomopathogenic Fungi’, *Acta Mycologica*, 29: 101-120.
- Michèle R., Brodeur J., Cloutier C. (2002). Relationship Between Temperature and Developmental Rate of *Stethorus punctillum* (*Coleoptera: Coccinellidae*) and Its Prey *Tetranychus mcdanieli* (*Acarina: Tetranychidae*), *Environmental Entomology*, 31(1):177–187.
- Miller D. W. (1995). Commercial development of entomopathogenic fungi: formulation and delivery, 213-215.
- Moghadas M., Saboori A.L., Allahyari H. & Zahedi Golpayegani A. (2013). Prey stage preference by different stages of *Phytoseiulus persimilis* (*Acari: Phytoseiidae*) to *Tetranychus urticae* (*Acari: Tetranychidae*) on rose. *Systematic and Applied Acarology* , 18: 116–122.
- Mothes U., Seitz K. A. (1981). Functional microscopic anatomy of the digestive system of *Tetranychus urticae* (*Acari, Tetranychidae*). *Acarologia*, 22: 257–270.
- Nachman G., Zemek R. (2002). Interactions in a tritrophic acarine predator-prey metapopulation system IV: Effects of host plant condition on *Tetranychus urticae* (*Acari: Tetranychidae*). *Experimental & applied acarology*. 26: 43-70.
- Namin H. (2017) “Characterization of Acaricide Resistance, Plant-Mediated RNAi Against Two-Spotted Spider Mites (*Tetranychus urticae* Koch), and Assessing Off- and Non-Target Effects. *Thesis, Wester University*, 163 p.
- Nickle D., Bauchan G. (2012). Low Temperature–Scanning Electron Microscopy to Evaluate Morphology and Predation of *Scolothrips sexmaculatus* Pergande (*Thys-*

-
- anoptera: Thripidae*) on Spider Mites (*Acari: Tetranychidae: Tetranychus spp.*). *American Entomologist*. 58.
- Nomikou M., Janssen A., Sabelis M. W. (2003). Phytoseiid predators of whiteflies feed and reproduce on non-prey food sources. *Exp. Appl. Acarol.*, 31: 15–26.
- Oerke E. C. (2006). Crop losses to pests. *J. Agric. Sci.* 144:31–43.
- Opit G.P., Roitberg B., Gillespie D.R. (1997). The functional response and prey preference of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (*Diptera: Cecidomyiidae*) for two of its prey: Male and female twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (*Acari: Tetranychidae*). *Can. Entomol.*, 129: 221–227.
- 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.
- Pal S., St Leger R.J., Wu L.P. (2007). Fungal peptide destruxin A plays a specific role in suppressing the innate immune response in *Drosophila melanogaster*. *J. Biol. Chem.* 282: 8969-8977.
- Park Y.L., Lee J.H. (2002). Leaf Cell and Tissue Damage of Cucumber Caused by Twospotted Spider Mite (*Acari: Tetranychidae*). *Journal of economic entomology*. 95(5): 952–957.
- Park H.H., Shipp L., Buitenhuis R., Ahn J.J. (2011). Life history parameters of a commercially available *Amblyseius swirskii* (*Acari: Phytoseiidae*) fed on cattail (*Typha latifolia*) pollen and tomato russet mite (*Aculops lycopersici*). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 14: 497-501.
- Pena J.E., Osborne L.S., Duncan R.E. (1996). Potential of fungi as biocontrol agents of *Polyphagotarsonemus latus* (*Acari: Tarsonemidae*). *Entomophaga*, 41: 27–36.
- Perdikis D., Kapaxidi E., Papadoulis G. (2008). Biological control of insect and mite pests in greenhouse solanaceous crops. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 2: 125-144.
- 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.
- Power A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philos. Trans. R. Soc. B* 365, 2959–2971.
- Priesner H. (1950). Studies on the genus *Scolothrips* (*Thysanoptera*). *Bulletin de la Société Foudat I^{er} d'Entomologie* 34: 39–68.
- Putman W.L. (1955). Bionomics of *Stethorus punctillum* Weise (*Coleoptera: Coccinellidae*) in Ontario. *Can. Entomol.*, 87: 9-33.
- Putman W.L., Herne D.H.C. (1966). The role of predators and other biotic agents in regulating the population density of phytophagous mites in Ontario peach orchards. *Can. Entomol.*, 98: 808-820.
- Ragkou V.S., Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Tomanová Ž. (2004). Daily consumption and predation rate of different *Stethorus punctillum* instars feeding on *Tetranychus urticae*. *Phytoparasitica* 32:154-159.
- Ragusa S, Swirski E. (1975). Feeding habits development and oviposition of the predatory mite *Amblyseius swirskii* (*Acarina Phytoseiidae*) on pollen of various weeds. *Israel Journal of Entomology*. 15: 55-62.
- Rachna G. (2014). Eco-Friendly Management of Phytophagous Mites, Editor(s): Dharam P. Abrol, *Integrated Pest Management, Academic Press*, 21:461-491.

-
- Rajkumar E., Huger P.S., Patil B. V. (2005). Biology of red spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) on jasmine. *Karnataka Journal of Agriculture Science*, 18(1):147-149.
- Raros E.S., Haramoto F.H. (1974). Biology of *Stethorus siphonulus* Kapur (Coccinellidae: Coleoptera), a predator of spider mites in Hawaii. Proc. Hawaii. Entomol. Soc. 1972, 21: 457-465.
- Raworth D.A., Fauvel G., Auger P. (1994). Location, reproduction and movement of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) during the autumn, winter and spring in orchards in the south of France. - *Exp. Appl. Acarol.*, 18: 593–602.
- Readshaw J.L. (1975). The ecology of tetranychid mites in Australian orchards. *J. Appl. Ecol.*, 12: 473-495.
- Reddy D.N.R., Jagadish A. (1977). *Scolothrips indicus* (Thysanoptera: Thripidae) pre-dating on mites in Bangalore, Karnataka. *Acarol. Newsl.*, 5: 7.
- Renzi J., Cantamutto M. (2013). Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana.
- Rhodes E. M., Liburd O. E. (2005). Predatory mite, *Neoseiulus californicus* (McGregor)(Arachnida: Acari: Phytoseiidae). IFAS Extension. IN639. University of Florida, Gainesville, FL.
- Rice W.C., Cogburn R.R. (1999). Activity of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota: Hyphomycetes) Against Three Coleopteran Pests of Stored Grain. *J. Econ. Entomol.*, 92:691–694.
- Riddick E., Wu Z. (2011). Lima bean-lady beetle interactions: Hooked trichomes affect survival of *Stethorus punctillum* larvae. *BioControl*, 56: 55-63.
- Rondon S.I., Cantliffe D.J., Price J.F. (2004). Best Management Practices Started the Strawberry Season. In: UF/IFAS, Berry/Vegetable Times.
- Sabelis M.W. (1981). Biological control of twospotted spider mites using phytoseiid predators. I. Agric. Res. Report 910. Pudoc, Wageningen, The Netherlands.
- Sabelis M.W., Van der Beek H.E. (1983). Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. *Entomol. Exp. & Appl.* 33:303-314.
- Samson R. A., Evans H. C. Latge J.P. (1988). Atlas of Entomopathogenic Fungi. Springer-Verlag : Berlin.
- Sani I., Ismail S.I., Abdullah S., Jalinas J., Jamian S., Saad N. (2020). A Review of the Biology and Control of Whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with Special Reference to Biological Control Using Entomopathogenic Fungi. *Insects*, 11: 619.
- Seagraves M. P., & Lundgren J. L. (2010). Oviposition response by *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) to plant quality and prey availability. *Biol. Control*, 55:174–177.
- Shah, P.A., Pell, J.K., (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 61: 413-423.
- Shuichi Y. (2004). “Does *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) use flying insects as vectors for phoretic dispersal?” *Experimental & Applied Acarology*, 32: 243-248.
- Schausberger P., Peneder S., Juerschik S., a Hoffmann D. (2012). *Mycorrhiza* changes plant volatiles to attract spider mite enemies. *Funct. Ecol.* 26, 441–449.
- Schmidt V.G. (1976). Der einfluss der von den beutetieren hinterlassenen spuren auf suchverhalten und sucherfolg von *Phytoseiulus persimilis* A. & H. (Acarina, Phytoseiidae). *Z. Ang. Entomol.* 82:16-18.

-
- Schrank A., Vainstein M.H. (2010). *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins, *Toxicon*, 56: 7, 1267-1274.
- Siddhapara M.R., Virani V.R. (2018). Biology of two spotted red spider mite tetranychus urticae koch (acari: tetranychidae) on Okra. *Indian Journal of Entomology*, 80(1): 90-94.
- Slater J. A. (2005). Order Hemiptera: true bugs, cicadas, hoppers, psyllids, whiterflies, aphids, and scale insects, pp. 268–332.
- Smith P. (1993). 'Control of *Bemisia tabaci* and the Potential of *Paecilomyces fumosoroseus* as a Biopesticide', *Biocontrol News and Information*, 14: 71-78.
- Smits N., Rougier, M. Fargues, J, Goujet R., Bonhomme R. (1996). 'Inactivation of *Paecilomyces fumosoroseus* Conidia by Diffuse and Total Solar Radiation', *FEMS Microbiology Ecology*, 21:167-173.
- Sobhy I., Abdul-Hamid A., Sarhan A., Shoukry A., Mandour N., Reitz S. (2014). Life history traits of *Blaptostethus pallescens* (Hemiptera: Anthocoridae), a candidate for use in augmentative biological control in Egypt. *Applied Entomology and Zoology*. 49.
- Sousa A.L.V., Silva D.B., Silva G.G. et al. (2020). Behavioral response of the generalist predator *Orius insidiosus* to single and multiple herbivory by two cell content-feeding herbivores on rose plants. *Arthropod-Plant Interactions*, 14: 227–236.
- Stannard L. J. (1968). The thrips, or *Thysanoptera* of Illinois. *Bull. Illinois Nat. Hist. Surv.* 29 (4): 215–552.
- Suski ZW, Naegele JA.(1963). Light response in the two-spotted spider mite. II. Behavior of the sedentary and dispersal phases. *Advances in Acarology*, 1:193–198.
- Šefrová, H. (2006). Rostlinolékařská entomologie. Brno, *Konvoj*, 257 s.
- Takafuji A. (1977). The effect of the rate of successful dispersal of a phytoseiid mite, *Phytoseiulus persimilis* Athias- Henriot (*Acarina:Phytoseiidae*) on the persistence in the interactive system between the predator and its prey. *Res. Popul. Ecol.* 18:21-22.
- Tauber M.J., Tauber C.A., Massaki S. (1986). Seasonal adaptations of insects. *Oxford University Press, New York*. pp.
- Tawfik M.F.S., Ata A.M. (1973a). The life-history of *Orius albidipennis* (Reut.) (Hemiptera-Heteroptera; Anthocoridae). *Bull. Soc. Entomol. Egypte*, 57 : 117-126.
- Thomas C. E. (1969). Transmission of tobacco ringspot virus by *Tetranychus* sp.. *Phytopathology*, 59: 633–636.
- Tomczyk A., Kropczyńska D., Van De Vrie M. (1991). The effects of spider-mite feeding on plant performance in relation to biological control. In: Reinhart Schuster R., Murphy P.W. (Eds): *The Acari*. Springer, Dordrecht, 405-411.
- Trandem T., Bhattarai U.R., Westrum K., Knudsen G.K., Klingen I. (2015). Fatal attraction: male spider mites prefer females killed by the mite-pathogenic fungus *Neozygites foridana*. *J Invertebr Pathol*, 128:6–13.
- Tuncer C., Kushiyevev R., Erper I., Ozdemir I.O., Saruhan I. (2019). Efficacy of Native Isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against the Invasive Ambrosia Beetle, *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Egypt. J. Biol. Pest Control* , 29: 28.
- Ullah M.S. Lim U.T. (2017). Laboratory evaluation of the effect of *Beauveria bassiana* on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 148, 102–109.
- Van Houten Y.M., Hoogerbrugge H., Bolckmans K.J.F. (2007). The influence of *Amblyseius swirskii* on biological control of twospotted spider mites with the specialist

-
- predator *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *IOBC/wprs Bulletin* 30(5): 129-132.
- Van Leeuwen T., Vontas J., Tsagkarakou A., Dermauw W., Tirry L. (2010): Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 40: 563–572.
- Van Lenteren J.C. (2003) Commercial availability of biological control agents. In: van Lenteren J.C. (Ed): Quality control and production of biological control agents, theory and testing procedures. *CABI Publ, Oxon*, pp. 167-179.
- Van Lenteren J.C., Roskam M.M., Timmer R. (1997). Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe. *Biological Control*, 10: 143-149.
- Veerman A. (1977). Aspects of stage induction of diapause in a laboratory strain of the mite *Tetranychus urticae*. *J. Insect. Physiol.*, 23:703-711.
- Vidal C., Fargues J. (2007). ‘Climatic Constraints for Fungal Biopesticides’, in Use of Entomopathogenic Fungi in Biological Pest Management, eds. S. Ekesi and N.K. Maniania, Kerala, India: *Research Signpost*, pp. 39-55.
- Vostřel J. 2013. Protection of organic saaz hops against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) with the help of reared predatory mites *Typhlodromus pyri* Scheuten. *Acta Horticulturae*, (1010), 103–108.
- Watson T. (1964). Influence of host plant condition on population increase of *Tetranychus telarius* (Linnaeus) (Acarina: Tetranychidae). *Hilgardia*, 35(11): 273-322.
- Wen H.C., Lee H.S. (1981). Seasonal occurrence and chemical control of the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)) on papaya. *Plant Prot. Bull.*, (in Chinese, with English summary) *Taiwan*, 23: 131-135.
- 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.
- Wright B. (1994). Know your friends: Minute pirate bugs. *Midwest Biological Control News Online*, University of Nebraska-Lincoln.
- Xu X., Enkegaard A. (2010). Prey preference of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* between first instar western flower thrips *Frankliniella occidentalis* and nymphs of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae*, *Journal of Insect Science*, Volume 10, Issue 1, 149.
- Yaseen M., Bennett F.D., Ingram W.R. (1982). Investigations on the cassava mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) and its natural enemies in the neotropics and East Africa, 1979-1982. In: Cassava Mites, Final Rep., Commonw. *Inst. Biol. Control. Trinidad*, 14 pp.
- Zacharda M. (1989). Seasonal history of *Typhlodromus pyri* (Acari: Mesostigmata:Phytoseiidae) in a commercial apple orchard in Czechoslovakia. — *Exp. Appl. Acarol.*, 6: 307–325.
- Zemek R. (1993). Characteristic of development and reproduction in *Typhlodromus pyri* on *Tetranychus urticae* and *Cecidophyopsis ribis*. II. Progeny of overwintered females. *Exp. Appl. Acarol.*, 17: 847-858.
- Zemek R., Kopačka M., Šimáčková K. (2016). Evaluation of *Isaria fumosorosea* efficacy for the control of spider mites.
- Zemek R., Konopická J. Bohatá A. (2018). Inoculation of sphagnum-based soil substrate with entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae). *AIP Conference Proceedings* 2018, 1954, 030009.

-
- Zhang C., Xia Y. (2009). Identification of genes differentially expressed in vivo by *Metarhizium anisopliae* in the hemolymph of *Locusta migratoria* using suppression-subtractive hybridization. *Curr. Genet.* 55: 399-407.
- Zimmermann G. (2008). The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* spp. complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. *Biocontrol Science and Technology*, 18(9): 865–901.

Internetové zdroje

Zdroj 1. *Stethorus punctillum*, Cornell University, [online]. [cit. 5. 2. 2022]. Dostupné z: <https://biocontrol.entomology.cornell.edu/predators/spunctillum.php>

Zdroj 2. Vyhledávání v registru přípravků. [online]. [cit. 10. 4. 2022]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx>

Zdroj 3. Side Effect Manual, firma Biobest B.V. [online]. [cit. 10. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.biobestgroup.com/en/side-effect-manual>

Zdroj 4. *Neoseiulus californicus*, University of Florida, MREC, [online]. [cit. 12. 4. 2022]. Dostupné z: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/beneficial/neoseiulus_californicus.htm

Zdroj 5. *Phytoseiulus persimilis*, University of Florida, MREC, [online]. [cit. 12. 4. 2022]. Dostupné z: <https://mrec.ifas.ufl.edu/lso/spmite/b853a3.htm>

Zdroj 6. EENY150/IN307: Twospotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (*Arachnida: Acari: Tetranychidae*). Ask IFAS - Powered by EDIS [online]. Copyright © [cit. 15.04.2022]. Dostupné z: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN307>

Zdroj 7. Sixspotted Thrips / UC Statewide IPM Program (UC IPM). UC Statewide IPM Program (UC IPM) [online]. Copyright © 1996 [cit. 11.03.2022]. Dostupné z: <https://www2.ipm.ucanr.edu/natural-enemies/sixspotted-thrips/>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - detail <i>T. urticae</i> z elektronového mikroskopu (Zdroj 6).....	12
Obrázek 2 - Vývojový cyklus <i>T. urticae</i> (Namin 2017).....	16
Obrázek 3 - snímek z el. mikroskopu z abaxiální strany listu. Buňky poškozené <i>T. urticae</i> jsou označeny hvězdičkou (Park & Lee, 2002).....	21
Obrázek 4 – vývojová stadia <i>Blaptostethus pallescens</i> (Ballal et al. 2003).....	24
Obrázek 5 – <i>Blaptostethus pallescens</i> morfologie (Ballal et al. 2003.)	24
Obrázek 6 – A) 1. instar, B) dospělec, C) dospělec (Kalsi et al. 2014; Renzi & Cantamutto 2013)	28
Obrázek 7 – A) vajíčka <i>F. acarisuga</i> , B) Larva 1. Instaru živící se na <i>T. urticae</i> (Gillespie 1998).	29
Obrázek 8 - Vývojový cyklus <i>Stethorus punctillum</i> , (Zdroj 1)	30
Obrázek 9 – Trichom rostliny <i>Phaseolus lunatus</i> (Riddick & Wu 2011)	31
Obrázek 10 – dospělci a nymfa <i>S. sexmaculatus</i> (Zdroj 7)	33
Obrázek 11 – <i>S. sexmaculatus</i> , snímek kryofixovaného vzorku (Nickle & Bauchan 2012)	34
Obrázek 12 - Pavučiny zaháknuté na štetinách <i>S. sexmaculatus</i> (Nickle & Bauchan 2012)	36
Obrázek 13 – Pavučiny zaháknuté za končetinou <i>S. sexmaculatus</i> (Nickle & Bauchan 2012)	36
Obrázek 14 – Vývojová stadia <i>A. swirskii</i> (Kumar 2013)	38
Obrázek 15 – vývojová stadia <i>Neoseiulus californicus</i> (Zdroj 4)	40
Obrázek 16 – Vývojová stadia <i>P. persimilis</i> (Zdroj 5).....	41
Obrázek 17 – A) <i>T. pyri</i> (foto: Schrameyer), B) makro <i>T. pyri</i> (foto: Zemek), C) plstěné pásy s jedinci <i>T. pyri</i> na révě vinné (www.biocont.cz).....	43
Obrázek 18 – přípravky na bázi predátorů svilušek z registru přípravků na ochranu rostlin dostupné v ČR (Zdroj 2).....	50
Obrázek 19 – C) vrchol synnematu <i>H. thompsonni</i> D) konidie E) hyfální tělísko izolované z hemolymfy napadeného členovce (Meyer et al. 2007)	53
Obrázek 20 – <i>Beauveria bassiana</i> izolát z brouka <i>Diabrotica</i> , infikovaný nosatec (https://www.usda.gov/media/blog/2014/07/15/brazil-search-fungi-control-disease-spreading-insects)	54

Obrázek 21 – spory různých genetických variant <i>M. anisopliae</i> . Stejné měřítko demonstruje rozdíl ve velikosti jednotlivých kmenů (Schrank & Vainstein 2010).....	55
Obrázek 22 – A) mrtvý dospělec <i>Diaphorina citri</i> napadený <i>I. fumosorosea</i> , B) konidie houby C) řetězec konidií (Meyer et al.2008).....	57

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Rozdíl v době ovipozice u oplodněných a neoplozených samiček <i>T. urticae</i>	16
Tabulka 2 - vliv teploty a plodnost a líhnivost <i>B. pallese</i> (Sobhy et al. 2014)	25
Tabulka 3 - rozměry vývojových stádií <i>B. pallese</i> (Gupta 2018)	25
Tabulka 4 – Vývoj <i>S. punctillum</i> při různých teplotách (Biswas et al. 2007).	31
Tabulka 5 – Vývoj stádií <i>N. californicus</i> ve dnech a počet nakladených vajíček za den v závislosti na teplotě a RH 75 % (Castagnoli & Simoni 1991).....	40
Tabulka 6 – míra predace <i>A. swirskii</i> a <i>P. persimilis</i> (Nachman & Zemek (2002)	46
Tabulka 7 – míra predace <i>A. degenerans</i> a <i>N. californicus</i> (Nachman & Zemek 2002).47	
Tabulka 8 – Porovnání mortality a sporulace EPH/APH na <i>T. urticae</i> (Chandler et al. 2005).	52

Seznam použitých zkratek

μm – mikrometr, 0,000 001 metru

AMF - arbuskulárně mykorhizní houby

VOC - těkavá organická látka (volatile organic compound)

UKZUS - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

EPH – entomopatogenní houby

APH – akaropatogenní houby

RH – relative humidity (relativní vlhkost)