

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití druhů *Trichogramma* k biologické ochraně
v ekologickém zemědělství**

Bakalářská práce

**Magdaléna Matušková
Ekologické zemědělství**

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Hamouzová, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití druhů *Trichogramma* k biologické ochraně v ekologickém zemědělství" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.4. 2024

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce, Ing. Kateřině Hamouzové Ph.D., za vedení této práce, vstřícnost, lidskost a cenné rady.

Využití druhů *Trichogramma* k biologické ochraně v ekologickém zemědělství

Souhrn

Ekologické zemědělství má omezené možnosti ochrany rostlin. Ochrana proti škodlivým činitelům je z velké části založena na mechanických a biologických metodách. Jednou z možností je využití druhů *Trichogramma* spp. Tato bakalářská práce obsahuje základní informace a důvody používání tohoto parazitoida a jeho praktickém využití. V zemědělství se nejčastěji používá proti zavíječi kukuřičnému, ale jeho využití je mnohem širší. Významné je rovněž v zelinářství, konkrétně proti můře zelné a kapustové, černopásce bavlníkové a dalším škodlivým motýlům. Běžně se také využívá v domácnosti k ochraně proti molům. Součástí práce je popis životního cyklu parazitoida a praktické aspekty týkající se hromadných chovů, které mají vliv na jeho vývoj a následnou účinnost. V závěru práce je popsána problematika možných důvodů malého zájmu o používání *Trichogramma* spp.

Klíčová slova: drobněnka; ekologické zemědělství; regulace; škodlivý organismus; *Trichogramma*

***Trichogramma* species as biological control agents in organic farming**

Summary

Organic farming faces challenges in plant protection due to limited options for pest control. This thesis explores the potential of *Trichogramma* spp., a parasitoid, as a viable solution. *Trichogramma* spp. are commonly utilized in agriculture, primarily against the corn earworm but with broader applications in the vegetable industry and household pest management. This study provides fundamental insights into the biology of *Trichogramma* spp., its life cycle, practical applications, and mass rearing techniques affecting its efficacy. Despite its effectiveness, there remains a low interest in utilizing *Trichogramma* spp. in pest management. This thesis examines potential reasons for this phenomenon and proposes avenues for further research and adoption.

Keywords: organic farming; regulation; harmful organism; *Trichogramma*

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce.....	2
3 Literární rešerše.....	3
3.1 Ekologické zemědělství.....	3
3.1.1 Definice, historie a filozofie ekologického zemědělství.....	3
3.1.2 Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství.....	4
3.2 Biologická ochrana rostlin.....	5
3.2.1 Definice a filozofie	5
3.2.2 Přirození nepřátelé	6
3.2.3 Mechanismy působení biologické ochrany	6
3.2.4 Aplikace biologických přípravků	7
3.3 Biologická ochrana pomocí <i>Trichogramma</i> spp.	8
3.3.1 <i>Trichogramma</i> spp.....	8
3.3.2 Identifikace	8
3.3.3 Druhy a jejich využití	9
3.3.4 Životní cyklus	10
3.4 Hromadný chov <i>Trichogramma</i> spp. pro komerční využití	12
3.4.1 Hromadný chov hostitelů <i>Trichogramma</i> spp.	12
3.4.2 Umělá strava <i>Trichogramma</i> spp.....	13
3.4.3 Výživa dospělé <i>Trichogramma</i> spp.	13
3.4.4 Vliv skladování.....	14
3.4.5 Abiotické faktory	14
3.4.5.1 Teplota.....	14
3.4.5.2 Relativní vlhkost.....	15
3.4.5.3 Fotoperioda.....	15
3.5 Nejvýznamnější škůdci	16
3.5.1 Polní škůdci	16
3.5.1.1 Zavíječ kukuřičný (<i>Ostrinia nubilalis</i>).....	16
3.5.1.1 Černopáska bavlníková (<i>Helicoverpa armigera</i>).....	18
3.5.1.2 Můra zelná (<i>Memestra brassicae</i>).....	18
3.5.2 Škůdci ve skleníku.....	19
3.5.2.1 Makadlovka rajčatová (<i>Tuta absoluta</i>).....	19
3.5.2.1 Můra kapustová (<i>Lacanobia oleracea</i>)	20
3.5.2.2 Černopáska bavlníková (<i>Helicoverpa armigera</i>).....	20
3.5.3 Škůdci v domácnosti.....	20

3.5.3.1	Zavíječ moučný (<i>Ephestia kuehniella</i>)	21
3.5.3.2	Mol šatní (<i>Tineola bisselliella</i>).....	21
3.6	Přípravky na bázi <i>Trichogramma</i> spp. pro zemědělství	22
3.6.1	TrichoPlus	23
3.6.2	TrichoLet	23
3.6.3	TrichoTop	24
3.7	Přípravky na bázi <i>Trichogramma</i> spp. pro domácnost	24
3.7.1	TrichoMol P	24
3.7.2	TrichoMol T	24
3.8	Důvody nižšího zájmu o používání biologických přípravků a řešení.....	25
3.8.1	Nízká informovanost a negativní postoje veřejnosti.....	25
3.8.2	Postoj výzkumníků	25
3.8.3	Postoj konvenčních zemědělců	26
3.8.4	Ekonomická stránka.....	27
3.8.5	Zákony	27
3.8.6	Požadavky na druh.....	28
3.8.7	Selekce genetických linií	28
3.9	Budoucí vyhlídky pro <i>Trichogramma</i> spp.	28
4	Závěr.....	31
5	Literatura.....	32
6	Seznam použitých zkratek.....	42

1 Úvod

Ekologické zemědělství je forma hospodaření, která je možnou cestou k dlouhodobé udržitelnosti v zemědělství. Je postaveno na respektu k životnímu prostředí a člověku, kvalitě lidského života dnes i v budoucnu (Svobodová 2023). Cílem je vytvořit humánní, ekologický a ekonomicky udržitelný systém (Dabbert et al. 2004). Výsledkem tohoto snažení je produkce zdravotně nezávadných potravin. Právě z tohoto důvodu se v ekologickém zemědělství výrazně omezily chemické vstupy. Ústup od chemických prostředků vedl a stále vede k významnému rozvoji alternativních metod ochrany. Jednou z nich je také biologická ochrana rostlin, která využívá přirozené nepřátele škůdců a patogenů ke kontrole jejich populace, případně k jejich úplné eradikaci (Bleša 2019). V zemědělství se k biologické ochraně nejčastěji využívají parazitoidi, predátoři a entomopatogeny. Výhodou těchto tzv. „biogens“ jsou hostitelská specifita, netoxický přínos pro jiné organismy a snadnost biologické odbouratelnosti (Khan et al. 2023). Díky tomu je možné produkovat bezpečné potraviny, zachovávat ekosystémy a chránit biologickou rozmanitost (Heimpel & Mills 2017).

Drobněnka (*Trichogramma* spp.) je důležitou biologickou ochranou, která je vhodná pro použití v ekologickém zemědělství. V konvenčním systému hospodaření může snížit závislost na chemických přípravcích. *Trichogramma* spp. je tzv. endoparazit hmyzích vajíček (Taha et al. 2022). Samička klade vajíčka do vajíček škůdce a tím zabraňuje jeho šíření. Při správné aplikaci dosahuje 77-92% účinnosti (Atashi et al. 2023). Efektivita je také podmíněna hromadnými chovy. Při dodržení požadavků druhu je možné zlepšit vlastnosti jako je plodnost, dlouhověkost a parazitismus (Cherif et al. 2021). Na těchto vlastnostech je založena celá biologická ochrana. Celosvětově bylo testováno více než 200 druhů *Trichogramma* spp. pro použití především v kukuřici, bavlníku a cukrové třtině (Cherif et al. 2021). V České republice je nejčastěji napadena právě kukuřice, dále skleníková i polní zelenina. Úspěšná parazitace proběhla u více než 400 hostitelských druhů (Khan et al. 2015). Nejčastěji se jedná o škůdce z řádu Lepidoptera (Khutson 1998). Mezi nejproblémovější škůdce v České republice patří například zavíječ kukuřičný, černopáska bavlníková, makadlovka rajčatová, můra zelná a další. Tito škůdci způsobují významné škody polní a skleníkové produkce a skladištních surovin.

Čím dál častěji se dostává do popředí udržitelnost a produkce bezpečných potravin (Zang et al. 2021). *Trichogramma* spp. v tomto směru naplňuje veškerá očekávání. Jako biologický přípravek je bezpečná, lehce odbouratelná a nehrozí rezistence škůdců. I přesto však stále existují důvody, které významně snižují zájem o tuto biologickou ochranu.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vypracovat literární rešerši zaměřenou na využití *Trichogramma* spp. v ekologickém zemědělství.

3 Literární rešerše

3.1 Ekologické zemědělství

3.1.1 Definice, historie a filozofie ekologického zemědělství

Ekologické zemědělství je často označované také jako organické či biozemědělství (Dvorský & Urban 2014). Jedná se o moderní formu obhospodařování půdy, bez používání chemických látek, které mají nepříznivé dopady na životní prostředí, zdraví lidí a zdraví hospodářských zvířat (Hrudová 2015). Nejedná se tedy pouze o životní styl, ale je přesně a jasně uzákoněno. Zákon o ekologickém zemědělství č. 242/2000 Sb. definuje ekozemědělství takto: „Ekologickým zemědělstvím se rozumí zvláštní druh zemědělského hospodaření, které dbá na životní prostředí a jeho jednotlivé složky. Stanovuje omezení či zákazy používání látek a postupů, které zatěžují, znečišťují nebo zamořují životní prostředí nebo zvyšují rizika kontaminace potravního řetězce, a který zvýšeně dbá na vnější životní projevy a chování a na pohodu chovaných hospodářských zvířat.“

Dvorský & Urban (2014) uvádí, že k rozvoji ekologického zemědělství přispěla především zvyšující se negativa konvenčního průmyslového způsobu zemědělství. Koncept ekologického zemědělství se začal ve velkém rozmáhat po druhé světové válce. V té době se zemědělství začalo specializovat a výrazně intenzifikovat. Proto začaly vznikat nejrůznější alternativy, a tedy opaky konvenčního zemědělství (Dvorský & Urban 2014). V České republice došlo k rozvoji ekologického zemědělství až po roce 1989 (Koutná 2006). Ekologické zemědělství se obecně snaží o vyváženost ekonomických, ekologických i sociálních aspektů a vazeb na globální i lokální úrovni (Moudrý et al. 2007). Cílem je tedy vyprodukovat vysoce kvalitní potraviny. Alföldi et al. (2021) uvádí, že v posledních dvaceti letech došlo k meziročnímu růstu s biopotravinami, jak na evropském, tak světovém trhu, a to jedno až dvouciferným číslem. Dlouhý & Urban (2011) poukazují, že je to výsledek zvyšující se informovanosti spotřebitelů o negativních vlivech konvenčního zemědělství. I to je důvodem, proč stále více farem přechází do režimu ekologického zemědělství. Dnes je ekologické zemědělství uplatňováno ve více než sto zemích po celém světě (Koutná 2006).

Filozofie vychází z poznatků moderní zemědělské vědy. Tyto poznatky by měly vést ke snížení negativních vlivů hospodaření na životní prostředí (Hrudová 2015). Cílem je vytvořit humánní, ekologicky a ekonomicky udržitelný systém hospodaření (Dabbert et al. 2004). Termín „organic“ by podle Dabberta et al. (2004) neměl být používán ve smyslu organických zdrojů, ale jako součást konceptu celé farmy. Tedy tak, že je farma vnímána jako celek, který obsahuje mnoho složek – půdu, organické látky, mikroorganismy, hmyz, rostliny, zvířata a v neposlední řadě i člověka (Dabbert et al. 2004). Pouze spojením těchto složek je možné vytvořit soudržný, samoregulující a stabilní celek. I to je důvodem významného omezení vnějších vstupů do tohoto typu zemědělství. Jedná se především o používání pesticidů, rychle rozpustných minerálních hnojiv a používání GMO. Ty jsou nahrazeny přirozenými/přírodními variantami. Půda je vnímána jako základní zdroj, proto je na ni v ekologickém zemědělství kladen velký důraz. Ve velké míře se ekologické zemědělství zaměřuje na zlepšení nebo při nejmenším udržení její úrodnosti a ochraně proti erozi (Hrudová 2015). Toho lze dosáhnout například využíváním hnoje, rostlinných zbytků nebo zeleným hnojením. V rámci živočišné

produkce je dbáno především na dodržování pěti základních svobod zvířat (Dvorský & Urban 2014). Dále se ekologické zemědělství snaží uchovávat přírodní ekosystémy v krajině, chránit přírodu a její diverzitu. Cílem je také vytvářet pracovní příležitosti a tím udržet osídlení venkova a tradiční zemědělský ráz kulturní krajiny.

Ekologické zemědělství představuje ideální řešení pro přírodu, prostředí, krajinu a produkci zdravotně nezávadných potravin (Dlouhý & Urban 2011). Zároveň se může jednat o řešení problémů enviromentálního rázu. V rozvinutých zemích se sníží náklady na vstupy a v rozvojových zemích i náklady na techniku. Podle studií má ekologické zemědělství potenciál uživit svět (Badgley et al. 2007; Tirado et al. 2009), nicméně novější výzkumy toto tvrzení zpochybňují (Connor 2013; Timsina 2018). Urban et al. (2003) upozorňují na fakt, že ekologické zemědělství vyžaduje hluboký zájem a odpovědnost a musí být člověk ochotný a otevřený novým poznatkům.

3.1.2 Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství

V ekologickém zemědělství je zásadní prevence (Dvorský & Urban 2014). Základem je, aby vůbec nedošlo k zaplevelení, přemnožení škůdců a chorob. Proto se používají především nepřímé metody ochrany rostlin. Prevence je postavena na několika základních pilířích. Hrudová (2015) vyzdvihuje zejména správnou agrotechniku, použití rezistentních nebo tolerantních odrůd rostlin, fyto-sanitární opatření, podporu biodiverzity včetně podpory výskytu přirozených nepřátel. Alföldi (2021) navíc poukazuje i na důležitost výběru vhodného stanoviště.

Agrotechnika je jedním z nejdůležitějších nepřímých metod (Hrudová 2015). Často je chápána pouze z hlediska výnosu, je však základním parametrem pro růst a vývoj rostliny a zároveň udržení či zlepšení kvality půdy. Do agrotechniky můžeme zahrnout zpracování půdy, výživu rostlin, osevni postup, podmínky stanoviště, případně správné založení porostu (Koutná 2006). Zásadní je také kvalita rozmnožovacího materiálu. Osivo má zásadní vliv na zdravotní stav pěstované rostliny (Dvorský & Urban 2014). Oslabená rostlina bude náchylnější k nemocem. Proto by se měly vybírat odrůdy rostlin, které jsou vhodné do konkrétních podmínek (Alföldi 2021). Zásadní pro preventivní zamezení šíření patogenů je fyto-sanitární opatření. Jedná se o opatření, které zabráňuje rozšiřování škodlivých druhů rostlin případně organismům do dalších oblastí. Posledním nepřímým opatřením je zvyšování a udržení biodiverzity také jinak rozmanitosti, pestrosti, proměnlivosti (Koutná 2006). Ať už se jedná o pěstování různých druhů plodin v ekologickém zemědělství, tedy tzv. druhová rozmanitost, tak i ekosystémovou biodiverzitu neboli rozmanitost společenstev v ekosystému a jejich vzájemné interakce. Zvýšení diverzity dosáhneme například biokoridory, dočasnými úhory a doprovodnou flórou (Dvorský & Urban 2014). Obecně platí, že ekosystém s vyšší úrovní biodiverzity je stabilnější a lépe odolává stresovým faktorům (Hrudová 2015).

Nutnost reagovat na konkrétní škodlivý organismus či patogeny je už přímou metodou. V ekologickém zemědělství to znamená ochranu rostlin fyzikálními a biologickými metodami a také přípravky nejčastěji na bázi mědi a síry (Dvorský & Urban 2014). Mezi fyzikální metody by patřila například mechanická ochrana, která je založena na mechanickém sběru škůdců, odstraňování napadených rostlin, mechanických zásazích jako je orba, podmítka a další (Hrudová 2015). Dále jsou to například termické způsoby, které zahrnují především ničení

plevelů pomocí vysoké teploty. Méně častěji se využívá elektromagnetické záření, světelné záření případně elektrické metody (Hrudová 2015). Biologická metoda ochrany používá mikrobiální antagonisty k potlačení chorob, ale také druhově specifické patogeny na redukci například plevelů (Bleša 2019). Co se týká chemických zásahů, je veřejně známý zákaz používání pesticidů. Ve skutečnosti se tento zákaz týká pouze synteticky vyráběných organických pesticidů (Hrudová 2015). Přírodní organické sloučeniny se používat mohou. Tyto látky jsou označovány jako biopesticidy a lze je rozdělit do tří skupin. První jsou tzv. mikrobiální pesticidy, u kterých je účinná látka mikroorganismus (viry, bakterie, houby a další). Druhou skupinou jsou biochemické pesticidy. Jedná se o látky, které se běžně vyskytují a působí nepříznivě na škodlivý organismus a zároveň nejsou toxické pro necílové organismy. Nejčastěji se proto jedná o feromony, rostlinné extrakty nebo živočišné produkty. A poslední skupinou jsou obranné mechanismy rostlin. Sama rostlina vytváří obranné prostředky na základě vložené genetické informace. Velmi často se však jedná o genetickou manipulaci, která není v ekologickém zemědělství povolena (Hrudová 2015).

Akter (2023) upozorňuje, že ekologické prostředky jsou vynikajícími nástroji na hubení škůdců a zároveň je tak možné snížit chemickou závislost konvenčního zemědělství.

3.2 Biologická ochrana rostlin

3.2.1 Definice a filozofie

Biologická ochrana (anglicky také biological control, biocontrol) má velké množství definic. Důvodem je její zásah do mnoha vědních oborů jako je entomologie, fytopatologie, chemie, rostlinná fyziologie, ekologie atd. Bleša (2019) jednoduše definuje biologickou regulaci jako využívání přirozených nepřátel škůdců a patogenů k jejich úplné eradikaci nebo ke kontrole jejich populace. Těmito organismy jsou například parazitoidi, predátoři a entomopatogeny (hlístice, houby, bakterie atd.), tyto pojmy budou vysvětleny dále v textu. (Cherif et al. 2021). Pro organismy, kteří potlačují škůdce nebo patogeny se používá termín „biocontrol agents,“ případně „bioagens“ (Bleša 2019). Existují dva způsoby biologické ochrany. První je podpora výskytu prospěšných organismů na stanovišti. Druhou možností je introdukce nepůvodních organismů. Biologická ochrana je tedy nejčastěji výsledkem lidské práce (van Driesche & Bellows 1996).

Biologická ochrana je slibná alternativa k aplikaci insekticidů a pomáhá snížit negativní dopady intenzivního zemědělství na životní prostředí (de Freitas Bueno et al. 2012). Khan et al. (2023) uvádí jako výhody hostitelskou specificitu, netoxický přínos pro savce a organismy, snadnou biologickou odbouratelnost atd. Významnou výhodou je také snížení závislosti konvenčního zemědělství na pesticidech. Výsledkem toho by měla být zvýšená bezpečnost potravin, ochrana biologické rozmanitosti, záchova ekosystému a také zvýšená kvalita vody, půdy a ovzduší (Heimpel & Mills 2017). Zároveň v některých případech se jedná o jedinou účinnou možnost, jak snížit populaci škůdců. Příkladem toho je např. zavíječ poškozující cukrovou třtinu (*Diatraea saccharalis*) (Molter et al. 2023). Hlavním parazitoidem vajíček tohoto škůdce je *Trichogramma galloi*.

3.2.2 Přirození nepřátelé

Někdy se také používá termín užitečné organismy. Přirození nepřátelé ovlivňují život jiných organismů, tím, že žijí na jejich úkor. Lze je rozdělit do dvou skupin (Honěk et al. 2021). Jedná se o predátory a parazitoidy. Jako predátory lze označit hmyz, který se živí jiným hmyzem a také roztoče (Koul & Dhaliwal 2003). Mezi nejznámější parazity patří brouci (Coleoptera), síťokřídlí (Neuroptera), blanokřídlí (Hymenoptera) a dvoukřídlí (Diptera). Po napadení kořist usmrtí. Živí se všemi stádii hostitele, tj. vajíčky, larvami a dospělým hmyzem. Někteří z nich se však specializují na konkrétní vývojové stádium (Koul & Dhaliwal 2003). Pro použití predátorů k biologické kontrole je především nezbytné pochopení interakcí mezi predátorem a kořistí. Z toho důvodu se rozdělují predátoři do tří skupin – monofágní (živí se pouze jedním druhem kořisti), oligofágní (živí se několika druhy kořisti) a polyfágní (živí se mnoha druhy kořisti). Toto rozdělení reflektuje jejich schopnost redukovat více či méně skupin hostitelů (Koul & Dhaliwal 2003). Většina predátorů je masožravých. Některá dospělá vývojová stádia se mohou živit rostlinnou potravou, nektarem atd. Obecně lze říct, že se predátoři soustřeďují na hojnější druhy kořisti, této vlastnosti lze využít v biologické ochraně pro potlačování škůdců (Koul & Dhaliwal 2003).

Druhou skupinou jsou parazitoidi. Jedná se o organismy, kteří se zpravidla vyvíjejí na jednom hostiteli a na konci svého vývoje jej usmrtí (Holý 2019). Není výjimkou, že se v jednom hostiteli vyvíjí i více parazitoidů (Honěk et al. 2021). Velká část parazitoidů, kteří jsou komerčně využíváni jsou z řádu blanokřídlych (Hymenoptera) a dvoukřídlych (Diptera). Parazitoidy lze rozdělit do několika skupin, a to na ektoparazity nebo endoparazity. Dále také podle stádia vývoje hostitele. *Trichogramma* spp. je typickým zástupcem specializujícím se na vajíčka. Jiní parazitoidi preferují larvy, kukly případně dospělé. Mladá vývojová stádia obvykle během svého života spotřebují celé tělo hostitele nebo jeho větší část a poté se do něj zakuklí (Koul & Dhaliwal 2003). Dospělci se nejčastěji živí pylem, nektarem atd. Vyvinutější skupinou parazitoidů jsou hyperparazitoidi. Jedná se o hmyz, který napadá parazitoidy, kteří se vyvíjeli v jiném hostiteli. To může být komplikací pro biologickou ochranu, proto tyto organismy nespádají pod užitečné organismy (Koul & Dhaliwal 2003).

3.2.3 Mechanismy působení biologické ochrany

Samy rostliny se proti patogenům brání širokou škálou fyzikálních a chemických mechanismů (Köhl et al. 2019). V rámci biologické kontroly existuje několik vztahů. V závislosti na konkrétním organismu se jedná o mykoparazitizmus, antibiózu, produkci metabolitů, kompetici, elicitaci a obranné mechanismy rostlin (Bleša 2019).

Jako mykoparazitizmus se označuje parazitizmus, při kterém jsou parazitované houby. Hostitel je využíván především jako zdroj živin (Karlsson et al. 2017). Užitečný organismus proniká svými vlákny do buněk hostitele a čerpá z něho látky pro vlastní potřebu a tím ho oslabuje. Je možné rozdělit tento vztah na biotrofní a nekrotrófní. Biotrofní mykoparazité žijí se svými hostiteli ve vyváženém vztahu. Znamená to, že získávají živiny z živých hyf hostitele i po dlouhou dobu svého vývoje. Biotrofní mykoparazité jsou typické specializací ke svým hostitelům (Karlsson et al. 2017). Naopak nekrotrófní mykoparazité mají široké spektrum hostitelů. Svého hostitele zabijí invazí a sekrecí toxických látek. Právě tyto vlastnosti jsou využívány v zemědělství na biologickou ochranu nežádoucích chorob rostlin. Nejčastějším

rodem používaným v zemědělství je rod *Trichoderma*, dalšími mohou být *Clonostachys rosea*, *Pythium oligandrum* nebo *Coniothyrium minitans* (Ondráčková et al. 2019).

Některé mikroorganismy produkují látky s antibiotickou aktivitou (Bleša 2019). Jedná se tedy o látky sekundárního metabolismu. Patří do heterogenních skupin organických sloučenin s nízkou molekulovou hmotností (Köhl et al. 2019). Takové látky jsou škodlivé pro růst a metabolismus mikroorganismů. Působení těchto organismů se nazývá antibióza. V závislosti na citlivosti okolních organismů se projeví konkrétní efekt na škůdce. Důležitou podmínkou je dostatečná produkce těchto látek, ve smyslu dávky a vzdálenosti od cílového organismu (Haas & Défago 2005). Výhodou sekundárních metabolitů je především jejich velmi nízké riziko rezistence patogenů (Köhl et al. 2019).

Produkce metabolitů zahrnuje látky, které omezují výskyt a růst patogenu. Jedná se například o látky typu lytických enzymů. Ty štěpí polymery jako chitin, protein, celulózu, hemicelulózu a nukleové kyseliny. Dále do této skupiny lze zařadit látky jako je kyanovodík, který efektivně blokuje enzym cytochromoxidázu v respiračním cyklu aerobních organismů i ve velmi malých koncentracích (Bleša 2019).

Dalším mechanismem biologické ochrany je kompetice. Klíčení a růst rostlinných patogenů závisí na příjmu živin (Köhl et al. 2019). Velmi často se jedná o zdroje sacharidů a dusíku. Limitujícím faktorem může být také omezená dostupnost železa. Tento prvek hraje zásadní roli při potlačování chorob. I to je důvodem vysoké konkurence. Dostupnost živin je ovlivněna především pH půdy (Bleša 2019). Aby však bylo možné využít tento způsob při biologické ochraně je nezbytné mít podrobné znalosti o epidemiologii (Köhl et al. 2019). Pouze tehdy můžeme identifikovat stádia, při kterých snížení živin a prostoru významně ovlivní vývoj patogenů (Köhl et al. 2019).

Elicitace je proces, který vede k indukci nebo zvýšení syntézy rostlinných sekundárních metabolitů (Namdeo 2007). Jako elicitace jsou považovány obranné reakce. Tedy takové reakce, které slouží k přežití, vytrvalosti a konkurenceschopnosti rostliny (Radman et al. 2010). Jako nejznámější elicitory jsou považovány sacharidy. Další funkcí elicitorů je jejich použití jako zesilovačů výroby rostlinných sekundárních metabolitů (Angelova et al. 2006). To může vést k vyššímu komerčnímu používání především v bioprůmyslu.

3.2.4 Aplikace biologických přípravků

Samotná aplikace vyžaduje znalosti o použití biologických přípravků v terénních podmínkách. Jako nejdůležitější je považován termín aplikace, počet dávek, životní cyklus škůdce ale i užitečného organismu. Termín aplikace se řídí vývojovým stádiem škůdce a průběhem počasí. Účinnost použitého biologického přípravku také závisí na technických znalostech aplikace. Ta se může provádět letecky, postřikem anebo ručním zavěšováním například kapslí. Počet dávek závisí na míře zamoření a použití konkrétního přípravku. Životní cyklus škůdce a užitečného organismu probíhá velmi často paralelně, není to však pravidlem.

Biologický přípravek vyžaduje specifické zacházení, protože se jedná o živý materiál. Biologická kontrola nemusí být pouze reakcí na přemnoženého škůdce, ale vhodnější variantou je použití biologické ochrany jako prevence před možným vypuknutím nebo rozvojem choroby/škůdce (Bleša 2019). To potvrzuje i Irtwange (2006), který zjistil, že efekt biologických přípravků je méně účinný než při použití jako preventivního opatření. Vhodné je

se zamyslet nad příčinou rozvoje choroby nebo přemnožení škůdce. Důvodem může být nevhodná plodina, nevhodné vlastnosti půdy atd.

Aplikace na stanovišti je specifická pro konkrétní přípravek. Je možné použít přímou aplikaci patogena, obalování semen nebo umístění do půdního profilu. Účinek přípravku může být zaměřen přímo na konkrétního škůdce, část rostlinného orgánu nebo pletivo. Aplikace je nejčastěji ve formě granulí, sprejů, prášků atd (Bleša 2019). V případě použití například přípravku TrichoPlus, se využívá *T. evansecens* a *T. pintoii*. Uplatňuje se na celou řadu škodlivých organismů, jako jsou *O. nubilalis*, *H. armigera*, *M.* anebo *L. oleracea* (Biocont 2020c). Aplikace je prováděna pomocí kapslí. Ty se zavěšují pomocí trojúhelníkových papírových věšáček na list. Na rozdíl od TrichoLetu, kde je aplikace prováděna letecky shazováním larev a kukel drobněnky přímo do porostu (Biocont 2022).

3.3 Biologická ochrana pomocí *Trichogramma* spp.

3.3.1 *Trichogramma* spp.

Česky se vosičkám rodu *Trichogramma* spp. také říká drobněnky, pro jejich velikost. Patří do řádu blanokřídlí (Hymenoptera) a čeledi Trichogrammatidae. Trichogrammatidae jsou jednou z prvních větvených čeledi Chalcidoidea. Jedná se o velmi různorodou nadčeď, která zahrnuje přibližně půl milionů druhů parazitoidních vos (Lindsey et al. 2018). Konkrétně u *Trichogramma* spp. bylo popsáno více než 200 druhů (Cherif et al. 2021).

Dospělá *Trichogramma* spp. měří na délku v průměru 0,4 mm a rozpětí křídel dosahuje 1 mm. Blaná křídla jsou pokryta chloupky. Mají složené oči, které jsou výrazné a načervenalé. Barva těla závisí na jednotlivých druzích. Většinou se jedná o různé odstíny žluté až hnědé. Vajíčka jsou pro lidské oko neviditelná, délka je v průměru 0,12 mm a šířka 0,04 mm (Bohatá 2023). Po naklazení se ale velmi brzy vajíčka zvětšují, protože z hostitele přijímají živiny. Takovému vajíčku se říká hydropické. Z embrya uvnitř vajíčka se líhne larva. Velikost larválního stádia drobněnky je od 0,15 do 0,30 mm. Po zakuklení se z larvy stává dospělec, který začíná vyhledávat vajíčka škůdců (Bohatá 2023).

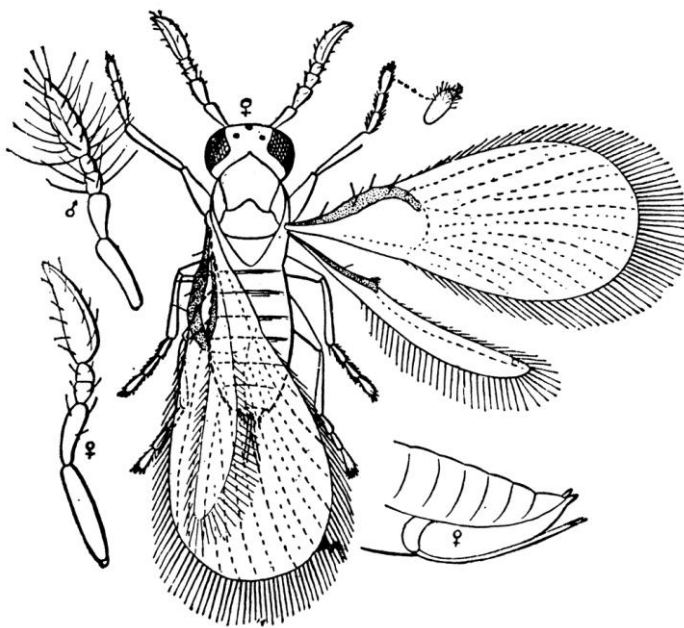
Drobněnky jsou tzv. endoparazité hmyzích vajíček (Taha et al. 2022). Proto jsou tyto také jinak řečeno vaječní parazitoidi velmi často používáni k biologické ochraně širokého spektra škůdců především z řádu Lepidoptera po celém světě (Cherif et al. 2021). Úspěšně parazitováno bylo přes 400 hostitelských druhů (Khan et al. 2015). Jedná se o velké množství řádů hmyzu. *Trichogramma* spp. se především specializuje na již zmíněné Lepidoptera, tedy motýly a můry. Tito hmyzí škůdci mohou způsobit významné škody především v zemědělství, a to přímo na polích, ve sklenících, tak i ve skladištích surovin. Celosvětově významné škody způsobují tyto škůdci především na kukuřici, bavlníku a cukrové třtině. Podle výzkumů mohou Trichogrammatidní parazitoidi snížit výskyt škůdců v různých plodinách v rozmezí od 77 až 92 % (Atashi et al. 2023).

3.3.2 Identifikace

Pro úspěšnou biologickou ochranu je zásadní správné určení druhu (Jeong et al. 2010). U *Trichogramma* spp. může být určení problematické. Důvodem jsou především jejich velmi malé rozměry a téměř jednotné morfologické znaky (Khutson 1998). Právě v důsledku své malé

velikosti mají *Trichogramma* spp. miniaturizovanou řadu jedinečných morfologických znaků (Lindsey et al. 2018). Specifická je i larva drobněnky, která má velký objem centrálního nervového systému. To znamená, že velikost mozku je větší, než by se očekávalo u organismů podobné velikosti. Proto je nervová soustava velmi metabolicky náročná (Lindsey et al. 2018). I z tohoto důvodu došlo u larev ke ztrátě oběhové a dýchací soustavy. Toto zjednodušení je dalším důvodem, který ztěžuje identifikaci jednotlivých druhů na základě morfologie (Lindsey et al. 2018). Jsou však znaky, které se u jednotlivých druhů liší, těmi jsou například barva těla a počet a délka tělních chloupků (Knutson 1998) (viz Obrázek 1). Dalšími odlišnými znaky mohou být velikost těla, teplota chovu a specifický hostitel, na kterém byl dospělec *Trichogramma* spp. odchován.

Primární způsob identifikace probíhal a v některých případech ještě stále probíhá na základě samčích genitálií. I proto je problém především u rozlišení samic. To je důvodem, proč veškeré sbírky pro identifikaci musí obsahovat samce i samice (Goswami et al. 2017). Pomocnými znaky poté mohou být žilnatina křídel, tykadla a další. Mnohem častěji se dnes k identifikaci používá sekvenace DNA vnitřních transkribovaných spacerových (ITS-2) oblastí jaderné rRNA pro druhovou identifikaci (Sumer et al. 2009). Pro získání sekvencí genu ITS-2 se provádí PCR (Jeong et al. 2010). Díky rozdílům ve velikosti mezi ITS-2 PCR amplikony (část DNA) je možné rozlišit, o jaký druh *Trichogramma* spp. se jedná (Jeong et al. 2010). Díky tomu dnes existují jednoduché klíče, podle kterých lze jednotlivé druhy od sebe rozlišit. To je velmi důležité především s ohledem na preferenci jednotlivých druhů *Trichogramma* spp. ke konkrétnímu škůdci. A s tím související následná účinnost v terénních podmínkách.



Obrázek 1 - Rozdíly mezi samicí a samcem *Trichogramma* spp. (Zdroj: Smith 1896)

3.3.3 Druhy a jejich využití

Na celém světě bylo popsáno zhruba přes 200 druhů *Trichogramma* spp. (Cherif et al. 2021). Pro biologickou ochranu se používá jen zlomek z nich. V České republice se nejčastěji využívají pouze čtyři druhy; *T. evanescens*, *T. pintoi*, *T. brassicae* a *T. cacoeciae* (Biocont 2023). Dodiya et al. (2023) vyjmenovává jako nejdůležitější ve světě šest druhů; *T. chilonis*,

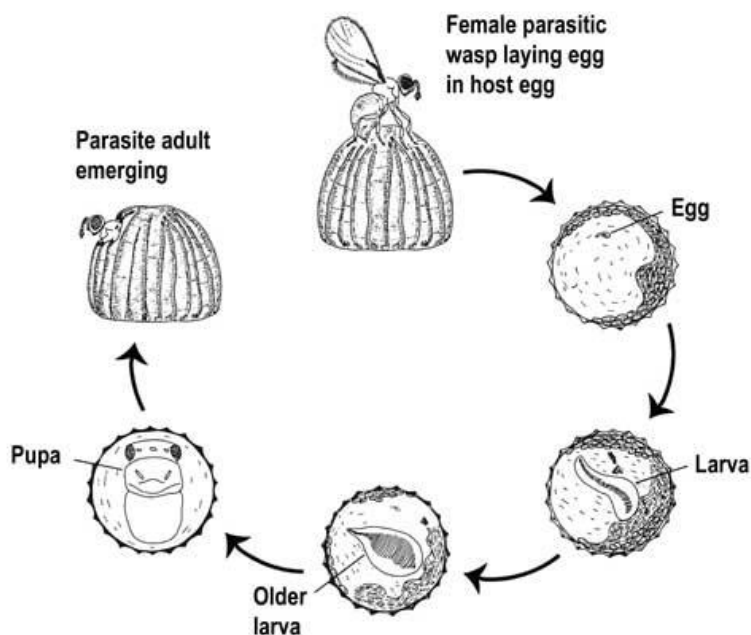
T. japonicum, *T. pretiosum*, *T. bactrae*, *T. evanescens* a *T. dendrolimi*. Ve světě se nejčastěji využívá *T. pretiosum* (Knutson 1998). Uplatňuje se jak v polních podmínkách, tak v laboratorních výzkumech (Maceda et al. 2003; da Silva Altoé et al. 2012; Khan et al. 2015). Důvodem je především její široká škála hostitelů. *T. pretiosum* využívají po celých Spojených státech, Mexiku a Jižní Americe (Knutson 1998). Konkrétně v Brazílii se využívá proti významným zemědělským škůdcům, jako jsou: *Tuta absoluta*, *Spodoptera frugiperda*, *Anticarsia gemmatalis* atd. (Pezzini et al. 2021).

V biologických přípravcích povolených v České republice se zatím *T. pretiosum* nevyskytuje. *T. evanescens* se v našich podmínkách využívá k biologické ochraně proti zavíječi kukuřičnému (*Ostrinia nubilalis*), černopásce bavlníkové (*Helicoverpa armigera*), můře zelné (*Mamestra brassicae*) a můře kapustové (*Lacanobia oleracea*). Ve světě se dále uplatňuje například v ochraně proti zavíječi hnědošedému (*Corcyra cephalonica*). *T. pinto* se ukazuje jako slibný kandidát na inundativní uvolňování proti *Heortia vitessoides* (Yan et al. 2023). Také jinak uvolnění velkého množství *T. pinto* s okamžitým ochranným efektem proti tomuto škůdci. V České republice se *T. pinto* aplikuje proti stejným škůdcům jako *T. evanescens*. *T. brassicae* se využívá ve třech komerčních přípravcích jako účinná látka proti *O. nubilalis* a *H. armigera*. *T. cacoeciae* je v České republice používána pouze na ochranu proti *T. absoluta* (Biocont 2023).

3.3.4 Životní cyklus

Trichogramma spp. parazituje především na vajíčkách mūr a motýlů (Lepidoptera). Některé druhy drobněnky však parazitují také na vajíčkách brouků (Coleoptera), dvoukřídlých (Diptera), ploštic (Heteroptera), dalších dvoukřídlých (Hymenoptera), krajníků a jejich příbuzných (Nuerotera) (Knutson 1998). Dospělá samice aktivně vyhledává vajíčka těchto hostitelů. Najít vhodného hostitele je pro samičku náročný úkol (Hoedjes et al. 2010). Samička nejdříve musí najít mikrohabitat, tedy malé specifické stanoviště, ve kterém by se hostitel mohl nacházet. Jeho lokalizace probíhá na základě pachů dále na základě výkalů, slin a poškozených rostlin (Hoedjes et al. 2010). *T. evanescens* a *T. brassicae* využívají druhově specifické antiafrodiziakální feromony dvou svých hostitelů. Tyto feromony jsou přenášeny ze samců škůdců na samice, které jsou pak méně atraktivní pro další samce. Samice *Trichogramma* spp. tyto feromony dokáže detekovat. Nasedne na spárenou samici a čeká až škůdce naklade vajíčka. Díky tomu klade *Trichogramma* spp. vajíčka do čerstvých vajíček škůdců a její potomci mají větší šanci na přežití (Hoedjes et al. 2010). Právě stáří vajíček škůdce může mít rozhodující vliv na přežití následující generace drobněnky. Vhodnější pro vývoj *Trichogramma* spp. je rané vývojové stádium škůdce (Knutson 1998). V případě starších vajíček *Trichogramma* spp. na takových vajíčkách vůbec neparazituje a pokud ano, je její přežívání významně nižší. Dalším faktorem ovlivňující predaci samice je její velikost. Větší samice obecně parazitují více než menší samice. Jakmile tedy samička najde vhodné vajíčko, začne na něj pomocí tykadel poklepávat a přeměřuje si ho (Bohatá 2023). Čím větší hostitelské vajíčko je, tím více do něj naklade samička vajíček. Většinou se jedná o dvě až tři vajíčka (Dodiya et al. 2023). Důsledkem tlaku vložených vajíček dojde k vytlačení malé kapky žloutku z hostitelského vajíčka (Dodiya et al. 2023). Samička drobněnky tento žloutek konzumuje. Látky obsažené ve žloutku mají příznivý dopad na dlouhověkost samice (Dodiya et al. 2023). Velikost samotného vajíčka

Trichogramma spp. se pohybuje na délku mezi 100–200 µm a na šířku mezi 30-60 µm (Boivin 2010). Před vylíhnutím se vajíčko zvětší až dvojnásobně (Goswami et al. 2017). Z vajíčka se přibližně za 24 hodin líhne larva parazitoida (Bohatá 2023). Tato nedospělá vývojová stádia *Trichogramma* spp. jsou velmi malá a mají zvláštní vzhled, i z tohoto důvodu je drobněnka považována za morfologicky specializovanou ve srovnání se stejnými vývojovými stádii jiných Hymenoptera (Consoli et al. 2010). Larvální stádium má redukovanou trávicí soustavu. Ústa jsou opatřena dvěma háčky (kusadly) (Goswami et al. 2017). Tato larva se živí obsahem hostitelského vajíčka. Počet instarů (vývojových stádií) je různý, v závislosti na konkrétním druhu *Trichogramma* spp. Boivin (2010) uvádí rozmezí od jednoho až pěti instarů. Pět instarů je typické pro řád Hymenoptera (Consoli et al. 2010), proto se někdy uvádí pouze tento počet stádií. Consoli et al. (2010) uvádí, že o přesném počtu instarů se stále vedou hojné diskuze v odborné společnosti. Nejčastěji se však larvy *Trichogramma* spp. vyvíjí ve třech instarech (Dodiya et al. 2023). První larvální instar trvá 21 hodin, druhý 27 hodin a třetí až 48 hodin (Goswami et al. 2017). Na začátku třetího larválního instaru hostitelské vajíčko zčerná (Dodiya et al. 2023). Tato změna je důkazem parazitismu, pro samotnou *Trichogramma* spp. nemá žádné praktické vysvětlení (Dodiya et al. 2023). Také jinak čtvrtý den po parazitaci hostitelského vajíčka probíhá poslední instar. Během tohoto období se *Trichogramma* spp. zakuklí uvnitř vajíčka (Khutson 1998). U larev drobněnky nedochází k hypermetamorfóze na rozdíl od jiných vaječných parazitoidů (Consoli et al. 2010). Jde tedy o velmi zjednodušený vývojový cyklus. Larvy se přemění na kukly, které jsou neaktivní. Přibližně po 4,5 dnech se z kukel stává dospělý jedinec. Ten se musí nejprve vykousat z parazitovaného hostitelského vajíčka a poté může začít sám parazitovat (viz Obrázek 2). Z jednoho parazitovaného vajíčka se nejčastěji vylíhnou dva dospělci stejného pohlaví. Pokud jsou opačného pohlaví, samci se vylíhnou jako první a zůstávají v blízkosti parazitovaného vajíčka (Khutson 1998). Pokud je druhým vylíhlým jedincem samice dochází k páření. Samička, která je oplozena, může produkovat samčí i samičí potomstvo. Samice, u které nedošlo ke spáření, produkuje pouze samčí potomky.



Obrázek 2 - Životní cyklus *Trichogramma* spp. (Zdroj: Rincon-Vicova)

Velmi brzy po páření jsou samice schopné parazitovat hostitele. Dospělé samice žijí 5-14 dnů, v závislosti na podmínkách prostředí (Bohatá 2023). *Trichogramma* spp. přezimuje jako nedospělá forma ve vajíčkách hostitele (Khutson 1998). Některé druhy se dostávají do stavu tzv. diapauzy, díky čemuž mohou velmi dobře snášet nízké teploty, a to až pod bod mrazu. Jiné druhy (*T. pretiosum*, ...) zpomalují svůj růst a mohou být aktivní jako dospělci už velmi brzy na jaře. Za optimálních podmínek trvá životní cyklus *Trichogramma* spp. 8 dní (Goswami et al 2017). Jako zásadní faktor délky vývoje je považována především teplota, z tohoto důvodu může být životní cyklus zkrácen v letních měsících. Teplota však nesmí přesahovat 38 °C. Při nižších teplotách může vývoj trvat až 17 dní (Khutson 1998).

3.4 Hromadný chov *Trichogramma* spp. pro komerční využití

Komerční masová produkce užitečných organismů trvá už zhruba 120 let (van Lenteren 2012). Díky tomu se jedná o úspěšnou, ekologickou a ekonomicky vhodnou alternativu k chemické likvidaci škůdců. Laboratorní chovy a podmínky v nich mají významný dopad na kvalitu predace *Trichogramma* spp. v polních podmínkách. Umělé množení přirozených nepřátel a jejich vypouštění do napadených porostů je základ biologické ochrany. Konkrétně u *Trichogramma* spp. se nejčastěji využívá tzv. inundativní metoda. Tedy vypouštění velkého množství parazitoidů do porostu. V určitou chvíli je tedy zapotřebí velkého množství drobněnků, a právě to by měly zajišťovat hromadné chovy. Jak uvádí Honěk et al. (2021) je možné vytvořit jistou zásobu už v předsezónním období. Ta se dá skladovat i několik týdnů, a to za přesně daných podmínek.

Samotné hromadné chovy mohou mít významný vliv na účinnost v terénních podmínkách. Proto bylo vytvořeno mnoho laboratorních i polních pokusů, které se touto problematikou zabývají. Cherif et al. (2021) upozorňuje, že existují důkazy o různých faktorech, které by mohly ovlivnit masovou produkci *Trichogramma* spp. Poukazuje především na faktory jako jsou kvalita hostitelských vajíček, umělá strava, způsob skladování nebo také parametry prostředí. Kvalita samotného parazitoida může být podle Yana et al. (2023) také ovlivněna teplotou, fotoperiodou, hustotou hostitele, věkem matky a vnitrodruhovou konkurencí. Při přesném splnění podmínek chovu je možné zlepšit některé vlastnosti parazitoida a tím zvýšit účinnost biologické ochrany. Cherif et al. (2021) uvádí jako nejdůležitější vlastnosti plodnost, dlouhověkost a parazitismus. Pro hromadný chov je tedy nezbytné znát nejenom životní cyklus parazitoida, ale také přesné technické aspekty jeho výroby.

Pro masovou produkci je *Trichogramma* spp. chována vypuštěním do malé prázdné místnosti s papírovými kartami (Wang et al. 2014). Papírové karty obsahují hostitelská vajíčka a jsou připevněna nejčastěji na okna nebo závěsné stěny. Pro takový způsob chovu se využívá termín „chov v místnosti“ (Wang et al. 2014). *Trichogramma* spp. okamžitě začne klást svoje vajíčka do připravených hostitelských vajec. Pokud se jedná o velké producenty *Trichogramma* spp. je možné takto vyprodukovat 800-1000 milionů drobněnek za den (Liu et al. 2000).

3.4.1 Hromadný chov hostitelů *Trichogramma* spp.

Výživa v hromadných chovech je základem a významně ovlivňuje účinnost chovaných druhů. Zároveň hraje velkou roli ekonomika, kdy je snaha o co nejnižší náklady právě na

výživu. V laboratorních podmínkách se tedy využívá jak umělá, tak přirozená strava (Cherif et al. 2021). Jinak řečeno přirozená nebo falešná vajíčka hostitelů. Jako zásadní se také ukazuje vliv velikosti samotného hostitele na následnou kvalitu vajíček parazitoidů (Bai et al. 1992). Velikost hostitele totiž interaguje s dalšími faktory, které mohou mít vliv na přežití a rozmnožení v terénních podmínkách (Bai et al. 1992).

Cherif et al. (2021) jako příklad přirozených vajíček uvádí zavíječe moučného (*Ephestia kuehniella*), martináče čínského (*Antheraea pernyi*) nebo martináče hedvábného (*Philosamia Cynthia ricini*). Právě první zmiňovaný hostitel *E. kuehniella* je nejčastěji používaným hostitelem v hromadných chovech. Dospělci, kteří produkují vajíčka, jsou krmeni umělou stravou. Bylo prokázáno, že umělá potrava, která obsahuje kukuřici, celozrnnou pšenici a kvasnice je vhodnější ve srovnání se standardní potravou (Cherif et al. 2021). Standardní strava obsahuje pouze celozrnnou pšenici a kvasnice. Výživa se může lišit s ohledem na používaný druh hostitele.

3.4.2 Umělá strava *Trichogramma* spp.

V minulosti se velmi experimentovalo s výživou. Základ vždy tvořila hemolymfa hostitele a pak už záleželo na konkrétním vědci, co považoval, za nejvhodnější. Thomson & Hagen (1999) uvádí jako příklady vaječný žloutek, hovězí maso, organické kyseliny, tekutinu z kuřecích embryí atd. Dnes se umělá výživa skládá z 20-70 % ze složek pocházejících z hmyzu, tedy například části vajíček, hostitelské hemolymfy atd. (Cherif et al. 2021). Podle Lü et al. (2017) může mít umělá strava vliv na plodnost, která je nižší ve srovnání se samicemi s přirozenou potravou. Je ale důležité zmínit, že kombinace přirozené a umělé stravy je méně vhodná s ohledem na dlouhověkost a plodnost (Cherif et al. 2021). Výhodou umělé stravy je především její dlouhodobé skladování, možnost přepravy a dostupnost v každém ročním období pro masovou produkci (Wang et al. 2014). Při teplotě -5 °C lze umělá vajíčka hostitele skladovat 44-55 měsíců (Wang et al. 2014).

3.4.3 Výživa dospělé *Trichogramma* spp.

Dospělci drobněnky nejsou predátoři tak jako její mladší vývojová stádia. V přirozených podmínkách se živí především pylem a nektarem, při kladení také kapkou vaječného žloutku vytlačeného z hostitelského vajíčka. V laboratorních podmínkách jsou však krmeny nejrůznějšími cukry. Podle Cherifa et al. (2021) krmení vhodnými cukry může zvýšit dlouhověkost i plodnost *Trichogramma* spp. a tím zvýšit účinnost v polních podmínkách. Běžně se dospělcům podávají sacharidy z květinových a mimokvětních nektarů a medovice. V některých studiích však zkoušeli podávat také med s vodou, pyl nejčastěji z kukuřice a nejrůznější druhy nektaru. Bylo zjištěno, že samotná barva nektaru může mít vliv na plodnost a parazitismus. V tomto případě se ukázal jako nejvhodnější bílý nektar. Medovice naproti tomu může zvýšit dlouhověkost a reprodukční schopnosti. Samice, které se živí pouze medem žijí tři dny (Dodiya et al. 2023). Samice, které mají možnost kromě medu konzumovat také žloutek červců, tak jak je to běžné v přírodě, mají život prodloužený o přibližně osm dní (Dodiya et al. 2023). Pokud je podáván pouze nektar nebo med je důležité zaměřit se na preferenci konkrétního druhu *Trichogramma* spp. Každý druh totiž reaguje na konkrétní sacharid jinak (Cherif et al. 2021).

3.4.4 Vliv skladování

Pro masovou produkci a účinnost biologické ochrany je skladování zásadní téma. Pro účinnost drobněnky je velmi důležité skladování vajíček hostitele, samotného parazitoida a také délka skladování.

Skladování hostitelských vajíček začíná nejdříve jejich sterilizací a následném skladování při nízkých teplotách. Tyto teploty se nejčastěji pohybují od 0 do 4 °C. Hostitelská vajíčka by neměla být skladována déle než 35 dnů, pokud se teplota pohybuje od 2 do 5 °C (Wang et al. 2014). Negativně by to mohlo ovlivnit následnou rychlost vzcházení. Další možností je vajíčka zmrazit. Cherif et al. (2021) jako nejlepší varianty zmrazení uvádí tekutý, případně tuhý dusík.

Skladování samotné *Trichogramma* spp. by mělo probíhat také při nízkých teplotách. Zang et al. (2021) upozorňuje, že není dobré spoléhat se pouze na chladové podmínky. Při dlouhodobém skladování *Trichogramma* spp. je nutné zohlednit hostitele, ve kterém je drobněnka uchovávána. V případě *Corcyra cephalonica* může být *Trichogramma* spp. skladována 10-15 dnů při teplotě 4-10 °C, bez následného omezení biologických vlastností (Zang et al. 2021). V případě *Antheraea pernyi* je dokonce možné uchovávat *Trichogramma* spp. až 40 dnů při teplotě 2-7 °C, bez negativních dopadů. Pro skladování se obecně používají chladírenské sklady, které mohou zefektivnit produkci, přepravu a hromadné uvolňování drobněnky v terénu (Cherif et al. 2021). Doba skladování vyhovuje každému druhu *Trichogramma* spp. jinak. Například krátkodobé skladování vyhovuje *T. evanescens*, *T. brassicae* nebo *T. cecociae*. Vzcházivost přesahující 98 % byla zjištěna při skladování 4 ± 1 °C po dobu jednoho týdne (Cherif et al. 2021). Naopak dlouhodobé skladování vyhovuje nejvíce *T. achaeae*, *T. eldanae*, *T. chilonis* případně *T. japonicum*. U těchto druhů se nejlépe osvědčila teplota 10 °C. Ve stádiu kukly je možné tyto druhy skladovat až 49 dnů (Cherif et al. 2021). Zang et al. (2021) však upozorňuje na možná rizika spojená s dlouhodobým skladováním, jako jsou snížený obsah vlhkosti, sušiny a pH v hostitelských vajíčkách.

3.4.5 Abiotické faktory

Nejčastějším abiotickým faktorem, který je sledovaný v hromadných chovech je teplota, ta ale zdaleka není jediná, která má vliv na parazitizmus *Trichogramma* spp. De Freitas Bueno et al. (2012) upozorňuje, že na vývoj a samotné přežití hmyzu mají vliv i jiné faktory, které by se neměly přehlížet. Významnými faktory jsou proto také fotoperioda a relativní vlhkost.

3.4.5.1 Teplota

Teplota ve velké míře ovlivňuje především průměrný počet parazitovaných vajíček, poměr pohlaví, životaschopnost, plodnost a další důležité vlastnosti. Samotná teplota je velmi specifická pro jednotlivé druhy. Da Silva Altoé et al. (2012) upozorňuje, že tyto rozdíly mohou být způsobené rozdílnou adaptací *Trichogramma* spp. na specifického hostitele v daných teplotních podmínkách. Tato jejich myšlenka vychází z nutnosti drobněnky přizpůsobit se vývoji hostitele v jeho přirozeném prostředí s různě vysokou teplotou.

Qian et al. (2013) jako optimální teplotu pro *Trichogramma ostriniae* považuje 25 °C. Tato teplota umožňuje *T. ostriniae* dokončit vývoj a přežít. Atashi et al. (2023) sledoval počet parazitovaných vajíček. Ve studii zjistil, že se zvyšující se teplotou od 21 °C na 27 °C se zvyšuje

počet parazitovaných vajíček. Při těchto teplotách se zvyšuje také podíl samic až na 74,62 % (Atashi et al. 2023). A to hraje zásadní roli v účinnosti *Trichogramma* spp. Samci slouží pouze k oplození samic. Samice mají za úkol vyprodukovat za svůj život co nejvíce potomků, v průměru se jedná o 73 vajíček (Bohatá 2023). Vyšší podíl samic tedy zvyšuje celkovou populaci *Trichogramma* spp. a tím se zvyšuje také účinnost biologické ochrany. Při teplotách vyšších než 27 °C se počet parazitovaných vajíček snižuje a zároveň při vysokých teplotách klesá dlouhověkost, i tak ale samice žijí výrazně déle než samci (Maceda et al 2003). Počet samic v F1 generaci se snižuje při nízkých teplotách (Yan et al. 2023). Teploty pod 18 °C zapříčiňují smrt jedince, který nedokáže dokončit svůj vývojový cyklus. Výsledky Atashi et al. (2023) ukázaly jako nejlepší teplotu pro množení a vývoj *T. auproctidis* 27 °C. Jiné studie uvádí jako optimální teplotu pro *T. pintoii* 25 °C (Yan et al. 2023). Výrazně odlišný výsledek ale uvádí Tabebordbar et al. (2022), který jako nejlepší teplotu pro plodnost považuje 32,5 °C. Teplotu je tedy velmi důležité přizpůsobit jednotlivým druhům *Trichogramma* spp., tak aby byl jejich parazitismus co možná neúčinnější.

3.4.5.2 Relativní vlhkost

Relativní vlhkost ovlivňuje především poměr pohlaví potomků, a to zejména při nižších relativních vlhkostech (Qian et al. 2013). Jako nízká se obecně považuje relativní vlhkost nižší než 55 %. Vysoká relativní vlhkost na poměr pohlaví vliv nemá, způsobuje však snižování počtu vajíček. Příliš vysoká relativní vlhkost může způsobit plesnivění a degradaci hostitelských vajíček a znemožnit tak dokončení vývoje *Trichogramma* spp. (Qian et al. 2013). Stejně jako teplota, je i relativní vlhkost velmi proměnlivá v rámci jednotlivých druhů. Jako vyhovující lze spíše označit vyšší relativní vlhkost (Cherif et al. 2021). Ne každému druhu *Trichogramma* spp. to tak ale vyhovuje. Například *T. pretiosum* nevyhovuje 80% relativní vlhkost. Jako optimální hodnota pro *T. ostriniae* se uvádí 75 %. Při této hodnotě byl pozorován vyšší podíl samic a ovipozice (snůška) (Qian et al. 2013). Cherif et al. (2021) se domnívá, že by pravidelné střídání hodnot teploty a relativní vlhkosti mohlo udržet vyšší výkonnost v polních podmínkách.

3.4.5.3 Fotoperioda

Qian et al. (2013) poukazuje, že míra ovlivnění fotoperiodou je slabší než například teplota nebo relativní vlhkost. Sledování umělého prodlužování nebo zkracování dne v laboratorních podmínkách má i tak svoje opodstatnění. Fotoperioda může mít vliv na parazitismus a procento samic v F1 generaci, tedy poměr pohlaví. Je ale důležité zmínit, že se právě tyto účinky mohou významně lišit mezi jednotlivými druhy drobněnky (Yan et al. 2023). V souvislosti s tím bylo zjištěno, že fotoperioda významně ovlivňuje životnost, a ne plodnost samic *T. brassicae* (Cherif et al. 2021). To však neplatí u *T. chilonis*, u níž plodnost ovlivněna byla. Byly zkoumány různé délky fotoperiody a jako optimální pro míru parazitismu Yan et al. (2023) uvádí 0:24 L:D. Procento samic v F1 generaci (*T. pintoii*) bylo vyšší ve tmě nebo při ultrakrátkých (6L: 18D) a krátkých světelných (12L: 12D) fotoperiodách. Téměř opačné hodnoty jsou typické pro *T. brassicae*, která vyžaduje 16L:8D (viz Tabulka 1). Fotoperioda je

však velmi specifická u každého druhu *Trichogramma* spp. a je tedy nezbytné řídit se konkrétními parametry pro jednotlivé druhy.

Tabulka 1 - Příklad faktorů u *T. brassicae* (Goswami et al. 2017)

Faktor	Hodnota
Teplota	23 ± 2 °C
Relativní vlhkost	75 ± 10 %
Fotoperioda	16L:8D

3.5 Nejvýznamnější škůdci

3.5.1 Polní škůdci

Největší produkce plodin je soustředěna na polích. Škůdci vyskytující se na poli způsobují značné škody na plodinách a snižují jejich množství i kvalitu (Yang et al. 2021). V České republice bylo zjištěno přes 50 mūr a motýlů, kteří jsou pravidelnými nebo alespoň příležitostnými škůdci s nemalým hospodářským významem (Šefrová & Laštůvka 2023). Šestnáct (30 %) z nich škodí na polích a zahradách. Celosvětově škůdci ročně zkonsumují množství potravin, které by podle některých odhadů nasýtilo až miliardu lidí (Birch et al. 2011). S narůstajícím počtem lidské populace je nutné produkovat více potravin. Významné zvýšení produkce potravin může v budoucnu vést ke zvýšení podílu škůdců (Lacey et al. 2015). Zároveň je, především v Evropě, tlak na snižování produkce pesticidů. Biologická ochrana je tedy jednou z logických cest, snížení počtu škůdců na polích. Základem je včasné rozpoznání a okamžité použití přípravku na ochranu rostlin.

3.5.1.1 Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*)

Ostrinia nubilalis (Hübner) je nejvýznamnějším škůdcem kukuřice v České republice (Dostálová 2021). Patří do řádu Lepidoptera a čeledi Crambidae (travaříkovití). *O. nubilalis* je polyfágní druh a napadá více než dvě stě druhů rostlin (Cagáň et al. 2010). Nejčastěji se jedná o kukuřici, ale také nejrůznější divoce rostoucí rostliny (rdesno, kopřiva) a další kulturní rostliny (chmel, konopí) (Häni et al. 1993, Cagáň et al. 2010). Pouze v kukuřici má možnost masového rozšíření. Kukuřice je také jedinou velkoplošnou plodinou v České republice, kde se dá využít způsob biologické regulace pomocí *Trichogramma* spp. (Rotrekl & Kolařík 2016). Ještě před patnácti lety se věřilo, že drcení posklizňových zbytků kukuřice výrazně omezí jeho výskyt (Radová & Patočková 2023). Dnes se však znovu dostává do popředí.

V našich podmínkách se motýli *O. nubilalis* začínají líhnout od poloviny června (Bagar 2022). Během následujících dvou měsíců probíhá hlavní let. Samičky kladou vajíčka po 10-30 kusech na spodní stranu listu (Häni et al. 1993). Vylíhlé larvy se prohryzávají do stébel a vyžirají ho nejčastěji pod samčím květenstvím (Kazda et al. 2001). Housenky se nejdříve živí pletivem listů a poté pronikají do stonku, kde narušují transport a usnadňují vstup patogenů (Dafoe et al. 2013). Chodbičkami se housenky dostávají až do vřetene palice kukuřice a výrazně poškozují zrna (Radová & Patočková 2023). Přezimujícím stádiem je larva, která zimu přečkává ve zbytcích stébel (Kazda et al. 2001). V našich podmínkách má *O. nubilalis* jednu generaci.

V nejteplejších oblastech Moravy se může vyskytnout i částečně druhá generace (Kazda et al. 2001).

Škodlivost zavíječe kukuřičného by se dala dělit na přímé a nepřímé škody. Mezi přímé škody by patřilo lámání stébel pod latou, nad palicí případně pod palicí (Radová & Patočková 2023). Zlámaná stébla pod latou způsobují významné škody, protože takové palice se už nedají využít. Další přímou škodou je oslabování rostliny při žíru housenkou. Následkem je snížení výnosu a kvality zrna a zároveň zvýšení posklizňových ztrát (Kazda et al. 2001). Už při 20% poškození rostlin dochází k významným ekonomickým ztrátám (Rotrekl & Kolařík 2016). Do nepřímých škod lze zařadit sníženou kvalitu siláže a dalších produktů pocházejících od kukuřice poškozené *O. nubilalis*. Tato kukuřice může představovat zdravotní riziko pro lidské i zvířecí zdraví. Napadená rostlina je více náchylná k houbovým chorobám, jako je rod *Fusarium*, který vytváří mykotoxiny (Radová & Patočková 2023).

Efektivní ochrana je velmi závislá na monitoringu housenek *O. nubilalis*. Pro správný monitoring je nezbytné znát životní cyklus a termíny výskytu jednotlivých stádií od dospělců, kladení vajíček až po líhnutí housenek. ÚKZÚZ využívá světelné lapáky. Dále lze využít feromonové lapače, které jsou ale méně spolehlivé. Cagaň et al. (2010) za nejspolehlivější metodu označuje přímé hodnocení výskytu vajíček na rostlinách. Ochrana se skládá z nepřímých i přímých metod. Nepřímá ochrana je založena na pečlivém zapravení kukuřičných zbytků do půdy (Häni et al. 1993). Pro přímou ochranu je používána *Trichogramma* spp. Pokud se očekává napadení *O. nubilalis* větší než 20-25 % má její aplikace smysl (Häni et al. 1993).

Existují dvě metody uvolňování *Trichogramma* spp. pro biologickou kontrolu *O. nubilalis*. Jedná se o inokulační a inundativní přístupy (Wang et al. 2014). Inokulační způsob podporuje přirozeně se vyskytující populaci *Trichogramma* spp. ještě před výskytem populace škůdce (Wang et al. 2014). V praxi to znamená vypuštění malého množství drobněnky, ještě před objevením nepřítele. Podle Wang et al. (2014) je to vysoce nákladově efektivní metoda, ale pouze za předpokladu, že funguje tak, jak má. Pro *Trichogramma* spp. není tato metoda příliš častá. Častěji se využívá ve řízených podmínkách jako jsou skleníky (Helyer et al. 2014). Nejběžněji se uplatňuje inundativní metoda. Jde o záměrné vnesení užitečného organismu do prostředí. Tato metoda je důležitá pro úspěšnou kontrolu početnosti populace škůdce v konkrétním časovém období (Konopická 2022). Protože se jedná o zničení jedné generace škůdce a pak *Trichogramma* spp. hyne, je často nezbytné provádět aplikaci opakovaně (Bale et al. 2007).

Je důležité si uvědomit, že pouhá aplikace přípravku nezaručí její účinnost a potlačení *O. nubilalis*. Jedná se o komplex opatření, které je nutné dodržet. Důležitá je především prevence, na které je ekologické zemědělství postaveno. V tomto směru je tedy zásadní kontrolovat odstup pěstovaných plodin (Radová & Patočková 2023). Dále je nezbytné kvalitní rozdrcení posklizňových zbytků a následná orba. Hluboká orba může snížit výskyt housenek až o 80 % (Bagar 2022). Pokud i přes splnění těchto opatření se *O. nubilalis* objeví, je na místě použít přípravky na bázi *Trichogramma* spp. V současné době je povoleno používat přípravky TrichoPlus a TrichoTop a TrichoLet k potlačení *O. nubilalis* (KEZ 2016).

3.5.1.1 Černopáska bavlníková (*Helicoverpa armigera*)

Helicoverpa armigera (Hübner) patří do řádu Lepidoptera a čeledi Noctuidae (můrovití). Je jeden z nejdůležitějších škůdců na světě s ohledem na jeho rozšíření téměř na všech kontinentech (Tay et al. 2013). Vyskytuje se v Evropě, Asii, Africe, Oceánii a Americe (Murúa et al. 2014). Ročně způsobuje škody až za 2 miliardy USD, bez započítání socioekonomických a ekologických nákladů (Tay et al. 2013). Tay et al. (2013) vidí jako problematické také její širokou škálu hostitelů, která se pohybuje okolo 180 rostlinných druhů, z více než 45 čeledí. V entomologii je pro takový druh používán termín polyfág (Pomari-Feernandes et al. 2015). Mezi hostitele *H. armigera* patří zemědělské plodiny jako je bavlna, kukuřice, cizrna, čirok, slunečnice, sója, podzemnice olejná, rajčata a další (El-Wakeil 2006). V případě rajčat může poškodit až 93,7 % úrody (Akter et al. 2023). Opakovaně si vyvinula rezistenci vůči insekticidům (Tay et al. 2013) a i díky tomu se nechemická regulace dostává do popředí.

Zaměřuje se jak na generativní, tak vegetativní části rostlin v závislosti na stáří rostliny a vývojovém stupni *H. armigera*. Například napadený plod rajčat vyžírá zevnitř a zanechává za sebou dutinu, která obsahuje tekutinu a výkaly, v důsledku toho se rajče rychle kazí a hnije (Atashi et al. 2023). V kukuřici, na rozdíl od *O. nubilalis*, nepoškozuje stébla ale pouze palice (Cagán et al. 2010). U dalších druhů rostlin je především problém se sekundárním napadením, a to bakteriálními a houbovými patogeny, kteří způsobují hnilobu a tím dochází ke znehodnocení.

Základem pro úspěšné potlačení *H. armigera* je monitorování a včasné zahájení kontrolních opatření (Pomari-Feernandes et al. 2015). Díky brzkým opatřením je možné dosáhnout ekonomických prahových hodnot. Také jinak se snižují náklady na ochranu a maximalizuje produkce, pěstitel tak může zůstat konkurenceschopný na trhu (Pomari-Feernandes et al. 2015). V období výskytu vajíček škůdce se používá *Trichogramma* spp. (Cagán et al. 2010). V České republice je možné používat přípravek TrichoPlus u plodin jako je fazol, kukuřice cukrová, kukuřice setá, zelenina polní plodová a zelenina skleníková. V TrichoPlusu se konkrétně nachází *T. pintoi* a *T. evanescens* (KEZ 2016). Dále je možné použít TrichoLet na kukuřici, kde je účinnou látkou *T. brassicae* (KEZ 2016). Zatím pouze na vědecké úrovni se jako velmi efektivní k potlačení *H. armigera* ukázala kombinace Spinosadu a *T. evanescens*. Spinosad je biopesticid a v kombinaci s *Trichogramma* spp. bylo zjištěno nižší poškození hmyzem a vyšší výnosnost u letních rajčat (Akter et al. 2023). Ukazuje se proto, že kombinací několika ekologických látek může být dosaženo podobné účinnosti jako u použití chemických prostředků. Akter et al. (2023) však upozorňuje na nutnost dalších výzkumů, než se tato kombinace přípravků masově zavede a rozšíří v zemědělské praxi.

3.5.1.2 Můra zelná (*Memestra brassicae*)

Memestra brassicae (L.) patří do řádu Lepidoptera a čeledi Noctuidae (můrovití). Už podle názvu lze přepokládat, že se zaměřuje na plodiny z čeledi Brassicaceae, tedy brukvovité (Šedivý et al. 2005). Jejimi alternativními hostiteli jsou také například salát, řepa, cibule, brambor, hrách, rajčata, jablka atd. (Rojas et al. 2000). Škodlivé jsou především mladé housenky (Kazda et al. 2003). Škodlivost spočívá v okousávání listů. Při přemnožení může

způsobit až holožír (Holý & Pavlů 2018). V případě hlávek zelí, kapusty a růžic květáku vyžírá chodby. Rostliny mohou zahnívat z důvodu znečištění trusem (Kazda et al. 2001). Dospělci jsou neškodní, živí se nektarem.

Pro monitoring se nejčastěji využívají světelné lapače (Holý & Pavlů 2018). Díky tomu je možné zjistit výskyt snůšek a housenek na rostlinách. V České republice je možné v ekologickém zemědělství použít pouze přípravek TrichoPlus. Účinnou látkou je zde *T. pinto* a *T. evansecens* (KEZ 2016). Plodiny, u kterých se může používat jsou omezené na kapustu, kedlubnu, květák, zelí a další zeleninu.

3.5.2 Škůdci ve skleníku

Skleníky mohou zajistit vyšší produkci, protože jsou plodiny chráněny před nepříznivým prostředím a rostlinám jsou tak poskytovány lepší podmínky pro život (Yang et al. 2014). Zároveň je rostlina díky uzavřeným prostorům více chráněna před invazí škůdců (Psota 2023). Pokud už se ale ve skleníkových podmínkách škůdce přemnoží může způsobit velké ztráty. Hlavním důvodem tak velkých ztrát je pěstování čistých monokultur a stabilní a teplé vnitřní prostředí. Tyto podmínky tak mohou vést ke zvýšení počtu generací za sezónu, než by tomu bylo v polních podmínkách (Psota 2023). Podle Yanga et al. (2014) je biologická ochrana ve skleníku životaschopnou alternativou k používání pesticidů, a to jak z enviromentálního, tak ekonomického hlediska. Dalšími výhodami používání biologické ochrany ve skleníku je její „trvanlivost.“ Van Lenteren (2000) to dokonce nazval: „jednou dobrý přirozený nepřítel – vždy dobrý přirozený nepřítel.“

Parazitoidi, kteří se využívají k uvolňování ve sklenících, bývají velmi často vysoce specializováni na svého hostitele (Pilkington et al. 2010). V České republice jsou jako nejproblémovější skleníkový škůdci brány především mšice, molice, svilušky, červci nebo třásněnky. Méně častými jsou například makadlovka rajčatová, mūra kapustová případně černopáska bavlníková. A právě vůči těmto méně častým škůdcům je možné použít biologickou ochranu *Trichogramma* spp.

3.5.2.1 Makadlovka rajčatová (*Tuta absoluta*)

Tuta absoluta (Meyrick) patří do řádu Lepidoptera a čeledi Gelechiidae (makadlovkovití). Napadá rostliny z čeledi Solanaceae (lilkovité). Nejohroženější je především rajče jedlé, lilek brambor a lilek vejcoplodý (Březíková 2011). Momentálně je nejvíce ohrožen průmysl rajčat po celém světě (Campos et al. 2017). *T. absoluta* se velmi rychle rozšířila po celé Evropě, Africe a Asii a způsobila mnoho škod na úrodě i na mezinárodním obchodu s rajčaty. V České republice se poprvé objevila v roce 2013 na Prostějovsku, kdy způsobila významné škody na rajčatech. Další vlna přemnožení *T. absoluta* byla zaznamenána v roce 2018. Zde došlo k velkým škodám především na jižní a střední Moravě (Březíková 2019). Její škodlivost tkví ve vysoké reprodukční schopnosti. Samice *T. absoluta* je schopná během jednoho roku mít až 12 generací (ve skleníku) a najednou může naklást 250 až 300 vajíček (Mkonyi et al. 2020).

Škodlivost se projevuje na listech, které housenky *T. absoluta* poškodí žírem. Jedná se o tzv. minování, které je charakteristické vyžíráním pletiva mezi oběma pokožkami (Březíková 2019). Typické jsou nepravidelné plošné miny, chodbičky ve stoncích a plodech a kupičky

trusu. Plody jsou nevhodné pro konzumaci i s ohledem na velmi časté sekundární napadení houbovými patogeny. *T. absoluta* škodí na všech nadzemních částech rostlin a tím snižuje výnos a kvalitu produkce. Především rané larvální stádium může způsobit 100% ztráty farmě, a tak zapříčinit významné ekonomické problémy (Zekeya et al. 2017).

Nejdůležitější ochranou je prevence. Doporučuje se nemanipulovat v blízkosti porostů rajčat s plody, které jsou dovážené z rizikových oblastí, přepravní obaly vždy důkladně čistit, provádět kontroly dovezené sadby, provádět preventivní vyvěšení feromonových lapáků a instalování lapáků proti hmyzu (Březíková 2019). V případě samotného napadení *T. absoluta* je vhodné zlikvidovat veškeré rostliny, u kterých se projeví příznaky napadení. Po sklizni by se měly veškeré rostliny z čeledi Solanaceae nejlépe spálit a skleníky nechat vymrznout (Březíková 2019). V současné době je povoleno používat v České republice přípravky TrichoPlus B a C (Biocont 2023). Účinnou látkou v těchto přípravcích je *T. cacoeciae*. V ekologickém zemědělství je také možné použít biologické insekticidy Lepinox plus a NeemAzal T/S, které jsou účinné na housenky *T. absoluta* (Březíková 2019). Ve světě vzniká mnoho studií, které se zabývají rezistencí *T. absoluta* na insekticidy a řešení vidí v biologické ochraně. Proto byla jako biologická ochrana navržena také *T. achaeae*, u které byla zjištěna vysoká účinnost z hlediska dlouhověkosti a plodnosti (Cascone et al. 2015). Ve světě se proti tomuto škůdci může využívat také *T. pretiosum*.

3.5.2.1 Můra kapustová (*Lacanobia oleracea*)

Lacanobia oleracea (L.) patří do řádu Lepidoptera a čeledi Noctuidea (můrovití). Škodí velmi podobně jako *Memestra brassicae*. Jedná se však o polyfágní druh, který napadá především rostliny z čeledi Brassicaceae (Holý & Pavlů 2018). V příznivých letech může *L. oleracea* způsobit až holožír. K monitoringu se stejně jako u *M. brassicae* používají nálety do světelných lapačů a vizuální kontrola výskytu snůžek a housenek na rostlinách (Holý & Pavlů 2018). V České republice se využívá TrichoPlus, kde je účinnou látkou *T. pintoii* a *T. evanescens*.

3.5.2.2 Černopáska bavlníková (*Helicoverpa armigera*)

Hlavní informace o černopásce jsou popsány v kapitole: Polní škůdci – černopáska bavlníková (*Helicoverpa armigera*). Odlišná je pouze ochrana. V případě skleníkové zeleniny se dávka zvyšuje a aplikuje se ve třech dávkách. Termín první aplikace je závislý na kladení vajíček škůdce. První aplikace by tedy měla proběhnout na počátku kladení vajíček. Druhá aplikace následuje za dalších 7-10 dní (KEZ 2016).

3.5.3 Škůdci v domácnosti

Jedná se o tzv. synantropní druhy, tedy druhy, které žijí v blízkosti člověka. Napadají skladované zboží, které ničí a znemožňují tak jeho používání/ konzumaci. K poničení dochází především konzumací materiálu nebo poničením na cestě do místa zakuklení (Schöller & Prozell 2014). Nenaah (2014) uvádí, že v průběhu skladování se kvůli poškození škůdci ročně znehodnotí velké množství obilí. V našich podmínkách se jedná o ztráty ve výši 5-10 %, v tropických oblastech až o 30 % (Nenaah 2014). Ještě nedávno proto byly používány k regulaci

škodlivého hmyzu syntetické insekticidy. Ale kvůli novým předpisům a obavám spotřebitelů z reziduí pesticidů se významně omezilo používání těchto látek pro použití ve skladovaných produktech (Hegazi et al. 2019). Došlo k částečnému nahrazení produkty šetrnými k životnímu prostředí s nízkou toxicitou, kterou je například i *Trichogramma* spp. V našich podmínkách jsou takto regulováni škůdci jako je zavíječ moučný (*Ephestia kuehniella*) a mol šatní (*Tineola bisselliella*).

3.5.3.1 Zavíječ moučný (*Ephestia kuehniella*)

Ephestia kuehniella (Zeller) pochází z řádu Lepidoptera a čeledi Pyralidae (zavíječovití). Jedná se o kosmopolitní druh, který se vyskytuje na všech kontinentech (Cagáň et al. 2010). Napadá nejen obiloviny a mouku, ale také sušené plody (Kazda et al. 2001). Je považován za jednoho z hlavních škůdců v průmyslových mlýnech v mírném podnebí (Ayvaz & Karabörklü 2008). Larvy molů produkují pavučiny. Ty blokují strojní zařízení a potrubí. V konečném produktu se poté vyskytují larvy i pavučiny, což je pro spotřebitele nepřijatelné (Hansen & Jensen 2008). Nejrychleji se množí v kukuřičné mouce v porovnání s pšeničnou a rýžovou moukou (Ayvaz & Karabörklü 2008). V nevytápěných provozech má 1-2 generace (Kazda et al. 2001). V příznivých teplotních podmínkách se může jednat až o šest generací (Cagáň et al. 2010). Teplota příznivá pro rozmnožování *E. kuehniella* je 15-30 °C, v tomto rozmezí může samička naklást až 500 vajíček (Kazda et al. 2001).

Zásadní jsou preventivní opatření. Jedná se o pravidelnou důslednou kontrolu zboží a obalů, na kterých by se mohly nacházet vajíčka nebo kukly škůdce (Cagáň et al. 2010). *Trichogramma* spp. se celosvětově využívá právě k regulaci skladištních molů (Bernardi et al. 2000). K regulaci v České republice je používána *T. evanescens* v přípravku TrichMol P. *E. kuehniella* je také nejpoužívanějším hostitelem v hromadných chovech (Cherif et al. 2021). Přesněji její vajíčka se využívají jako přirozená strava vyvíjející se *Trichogramma* spp.

3.5.3.2 Mol šatní (*Tineola bisselliella*)

Tineola bisselliella (Hummel) patří do řádu Lepidoptera a čeledi Tineidae (molovití). Řadí se mezi nejvýznamnější škůdce v textilním průmyslu. Nejčastěji se vyskytuje v textilních výrobcích obsahujících vlnu a kožešiny, dále ničí nábytek, knihy a další vybavení (Cox & Pinniger 2007). Zimmermann et al. (2003) uvádí jako ohrožené nejen oděvy a koberce v soukromých domácnostech, ale také například sbírku oděvů v muzeích a divadlech.

Samice *T. bisselliella* klade vajíčka perleťově bílé barvy. Po vylíhnutí má larva stejně bílé zbarvení a ústní ústrojí upravené ke kousání potravy (Cox & Pinniger 2007). Běžně existuje pět až šest larválních instarů. Během nich se larva živí především textiliemi. Důvodem je jejich neobvyklá schopnost trávit keratin (protein) (Cox & Pinniger 2007). Plně dorostlá kukla se přestane krmit a vytvoří kokon. Dospělec má křídla beze skvrn, lemovaná třásněmi dlouhých chlupů. Po oplození samička klade vajíčka na vhodný materiál.

Jako nejvhodnější se jeví používání *T. brassicae* a *T. piceum*, u kterých byl prokázán nejvyšší parazitizační výkon a vysoká preference vajíčka *T. bisselliella* (Zimmermann 2004). Tyto druhy byly úspěšně použity především při vyhledávání na textilních svrscích. Podle Schöllera & Prozell (2014) je jedna samice schopná parazitovat až na 50 vajíčkách v dospělosti

3–14 dnů. Aplikace probíhá stejně jako u ostatních škůdců. A to tedy pomocí vajíček, které jsou umístěné na kartě. Shewry et al. (2023) však upozorňuje, že samotná aplikace vyžaduje důkladné plánování, pečlivé načasování a opakující úkony po dobu i několika měsíců. Toto časové období se může prodloužit až na několik let, pokud se jedná například o velké objekty nebo historické budovy, například Burgley House ve Velké Británii (Shewry et al. 2023). V České republice se využívá přípravek Trichomol T, kde je účinnou látkou *T. evanescens* (Biocont 2023). Jedná se o ekologickou variantu, u které nebyly hlášeny žádné alergické nebo jiné nežádoucí reakce (Schöller & Prozell 2014).

3.6 Přípravky na bázi *Trichogramma* spp. pro zemědělství

V České republice je možné použít v ekologickém zemědělství pouze tři přípravky s účinnou látkou *Trichogramma* spp. Komerční názvy těchto přípravků jsou TrichoPlus, TrichoLet a TrichoTop (viz Tabulka 2). Zacházení s přípravky a jejich aplikace může mít významný vliv na účinnost přípravku. V případě položení kapsle na zem, místo zavěšení na list, hrozí snížení efektivity aplikace. Další důvody nižší účinnosti jsou například vysoká populační hustota škůdce nebo pozdní aplikace. Řešením je poté opakování aplikace *Trichogramma* spp. Doporučuje se použít přípravky ještě v den dodávky, případně skladovat maximálně 2 dny při teplotě 12-14 °C v původních neporušených kapslích. Vždy ale platí řídit se přiloženým aplikačním schématem (Biocont 2023).

Tabulka 2 – Přípravky pro použití v zemědělství v ČR (Biocont 2023)

Přípravek	Plodina	Škodlivý činitel	Účinná látka
TrichoPlus	kukuřice setá	zavíječ kukuřičný černopáska bavlníková	<i>T. pinto</i> a <i>T. evanescens</i>
	kukuřice cukrová	zavíječ kukuřičný černopáska bavlníková	
	košťálová zelenina	můra zelná	
	polní plodová zelenina	zavíječ kukuřičný černopáska bavlníková	
	fazol	černopáska bavlníková	
	skleníková zelenina	můra kapustová černopáska bavlníková	
TrichoPlus B	zelenina	makadlovka <i>Tuta absoluta</i>	<i>T. cacoeciae</i>
TrichoPlus C	zelenina	makadlovka <i>Tuta absoluta</i>	<i>T. cacoeciae</i>
TrichoLet	kukuřice setá	zavíječ kukuřičný černopáska bavlníková	<i>T. brassicae</i>
TrichoTop	kukuřice setá	zavíječ kukuřičný	<i>T. brassicae</i>
	kukuřice cukrová	zavíječ kukuřičný	

Pro vypouštění se nejčastěji využívají karty, ve kterých je *Trichogramma* spp. umístěna. Tyto karty však nejsou odolné vůči dešti, slunečnímu záření ani nepřítelům (Zang et al. 2021).

Existují i další formy vypouštění *Trichogramma* spp. jako jsou například kapsle nejrůznějšího tvaru (kuličkové, sáčkové, krabicové), ty u nás ale nejsou tak běžné. Většinu produktů je stále nutné aplikovat ručně. Tento způsob aplikace se však ukazuje jako čím dál nákladnější a v době vrcholu zemědělské činnosti nepraktický (Zang et al. 2021). I z toho důvodu se začínají uplatňovat v zemědělství drony. Ty jsou uzpůsobené k vypouštění *Trichogramma* spp. Tyto drony jsou navíc často vybavené GPS a mohou tak ošetřit zemědělský komplex s mnoha pozemky ale také malé farmy (Zang et al. 2021).

3.6.1 TrichoPlus

Účinnou látkou v TrichoPlusu je *T. evanescens* a *T. pintoii* a to v poměru 2:8. V registru přípravků na ochranu rostlin lze najít ještě další dva typy přípravků. Jedná se o TrichoPlus B a TrichoPlus C. Zde je účinnou látkou *T. cacoeciae*. TrichoPlus je biologický přípravek s širokou škálou použití. Slouží k ochraně proti housenkám *O. nubilalis* u kukuřice seté a cukrové. Dále proti housenkám *H. armigera* u fazolu, kukuřice seté a cukrové, skleníkové a polní plodové zelenině. TrichoPlus se také využívá k hubení *M. brassicae* u skleníkové a košťálové zeleniny (kapusty, kedlubnu, květáku, zelí). Poslední možnost ochrany je proti *L. oleracea*, která napadá skleníkovou zeleninu (Biocont 2020c).

Aplikace se provádí ručně. Kapsle se zavěšují na rostliny pomocí trojúhelníkových papírových věšáček. Termín aplikace je závislý na škůdci. První aplikace by se měla provádět na počátku kladení vajíček škůdce. Druhá aplikace po dalších 7-10 dnech. Počet aplikací je závislý na škůdci. Ve většině případů se jedná o 2-3 aplikace. Také dávka je určena v závislosti na škůdci a plodině. U většiny polní plodové a skleníkové zeleniny se dávka pohybuje v rozmezí 100-200 ks kapslí na hektar ve třech aplikacích. U ostatních plodin by se použila přibližně poloviční dávka kusů kapslí na hektar ve třech aplikacích (Biocont 2020c).

Dále je možné využít TrichoPlus B či C. V obou případech se jedná o ochranu skleníkové zeleniny před *T. absoluta*. TrichoPlus B se aplikuje ručně rovnoměrným zasypáním na listy v horní části rostlin. Pokud se jedná o mladou výsadbu, na počátku výskytu škůdce, tedy při nízkém napadení, stačí použít dávku 4 000 jedinců na metr čtverečný. U staršího porostu, případně u vyššího stupně napadení se doporučuje dávku zdvojnásobit. Stejně dávkování se uplatňuje i u TrichoPlusu C. Rozdílná je pouze aplikace, u které je nutné rozvěšování kartiček na listy v horních částech porostu (Biocont 2020c).

3.6.2 TrichoLet

Dalším komerčním přípravkem je TrichoLet jehož účinnou látkou byla *T. evanescens*. 1.10. 2022 bylo ale ukončeno její uvádění na trh. Dnes se proto využívá jako účinná látka *T. brassicae*. Aplikace se provádí proti dvěma škůdcům u kukuřice. Jedná se o *H. armigera* a *O. nubilalis*. Aplikace se provádí letecky. Larvy a kukly jsou aplikátorem shozeny přímo do porostu. I zde je nutná dvoufázová aplikace. První aplikace se provádí na začátku kladení vajíček a druhá po 7 až 14 dnech od první aplikace. Doporučená dávka na hektar se pohybuje v rozmezí 120 000-250 000 jedinců. S ohledem na lepší aplikaci se bioagens těsně před aplikací „ředí“ krupicí (krupice jemná pšeničná dehydratovaná). Aplikace je poté prováděna speciálním aplikátorem umístěným na konstrukci letadla. V roce 2021 bylo tímto způsobem aplikace ošetřeno více než 27 000 hektarů v České republice (Bagar 2022). Bagar (2022) uvádí jako

výhodu tohoto přípravku zajištění techniky i servisu společností, podpora ve formě dotací až 25 %, žádné riziko ohrožení lidského zdraví a omezení vzniku rezistence. V případě použití v konvenčním zemědělství také omezení chemikálií. Biocont (2022) deklaruje účinnost v rozmezí 75–95 %.

3.6.3 TrichoTop

TrichoTop je používán u kukuřice cukrové a seté proti *O. nubilalis*. Využívá se zde *T. brassicae*. Dávkování je 25 ks kapslí na hektar, což odpovídá sponu 20 x 20 metrů. Kapsle se na rostliny zavěšují nasunutím na nejvyšší vyvinutý list. Bagar (2022) uvádí účinnost tohoto přípravku přes 90 % a tedy účinností srovnatelný s insekticidy (Biocont 2020d).

3.7 Přípravky na bázi *Trichogramma* spp. pro domácnost

V domácnostech je možné použít přípravky TrichoMol P k zahubení potravinových molů a TrichoMol T ke zničení šatních molů (viz Tabulka 3). Stejně jako u přípravků pro zemědělské využití je i u těchto přípravků nezbytné správné zacházení. Jedná se o živé organismy, a proto je důležité aplikovat přípravek hned po obdržení zásilky, případně krátkodobě skladovat dle instrukcí v příbalovém letáku.

Tabulka 3 - Přípravky pro použití v domácnosti (Biocont 2020a; Biocont 2020b)

Přípravek	Škodlivý činitel	Účinná látka
TrichoMol P	potravní moli	<i>T. evanescens</i>
TrichoMol T	šatní moli	<i>T. evanescens</i>

3.7.1 TrichoMol P

K regulaci v domácnostech se využívá komerčně dostupný TrichoMol P. Účinnou látkou je zde *T. evanescens*. Před aplikací je vhodné nejprve zkontrolovat spíž. Potravin, které jsou napadené se musí okamžitě zlikvidovat (vyhodit, spálit). Vhodné je spíž důkladně vyčistit. Často jsou ale vajíčka *E. kuehniella* v mikroskopických skulinkách nebo na špatně dostupných místech. A právě s nimi si poradí *T. evanescens*, která vajíčka najde a zničí je. Jedna dávka se obvykle počítá na běžnou spíž (půdorys do cca 2 m²). Celkem jsou nutné čtyři aplikace. Každý týden se do spíže umístí dvě kartičky. Kartičky se mohou zavěsit, položit nebo přilepit v blízkosti potravin. Zásadní je, aby mohla *T. evanescens* volně vylézt. Teplota 18-30 °C zajistí velmi dobrou účinnost (Biocont 2020a).

3.7.2 TrichoMol T

Na moli šatní je v České republice možné využít přípravek TrichoMol T jehož účinnou látkou je *T. evanescens*. Nejčastěji se používá v domácnostech i proto je její dávkování určováno podle velikosti skříně. Jedna dávka je vypočítaná na půdorys do cca 2 m², mělo by se tak jednat o dávku pro běžnou skřín. Před aplikací je vhodné zkontrolovat skřín a další úložné prostory. Napadené textilie je nutné vyhodit případně spálit. Méně radikální možnost je vyprat

textilie na vysokou teplotu nebo je vložit na 48 hodin do mrazáku. Tato opatření by měla zničit vajíčka nacházející se na textiliích. Ještě před aplikací je také vhodné skříň důkladně vyčistit, tak aby se *Trichogramma* spp. mohla dostat do všech skulinek. Pro jednu běžnou skříň je potřeba pouze jedna dávka. Ta se skládá ze čtyř zásilek a čtyř kartiček. Dvě kartičky se aplikují okamžitě. Další dvě kartičky se skladují nejlépe v ledničce a po týdnu se aplikují. Kartičky je možné přilepit do skříně lepící páskou nebo položit do blízkosti textilií. Vždy je ale nezbytné, aby mohla *Trichogramma* spp. volně vyletět (Biocont 2020b).

3.8 Důvody nižšího zájmu o používání biologických přípravků a řešení

V této kapitole je uvedeno několik důvodů, které mohou být příčinou sníženého zájmu o používání biologických přípravků. Častou příčinou může být malé povědomí farmářů o možnosti využití biologických přípravků (Bale et al. 2007). Nejedná se pouze o problém ekologických zemědělců, ale také mnohem větší skupinu konvenčně hospodařících farmářů. Dalšími podstatnými faktory mohou být cena přípravku, postoj výzkumníků a veřejnosti. Konkrétními důvody u *Trichogramma* spp. mohou být vysoké požadavky na druh a selekce genových linií. Jsou zde také nastíněny možnosti řešení a zatraktivnění biologických přípravků.

3.8.1 Nízká informovanost a negativní postoje veřejnosti

Dlouhou dobu byla biologická ochrana vnímaná částí společnosti negativně. Důvodem byly především historické souvislosti, kdy byla biologická ochrana využita špatně a měla negativní dopad na necílové organismy (Barratt et al. 2018). Dalším důvodem byly obavy z rizika pro přirozené nezemědělské ekosystémy (Bale et al. 2007). Existuje jen několik známých případů, které opravdu prokazují nepříznivé účinky vypuštěných organismů (van Lenteren et al. 2006). Při porovnání enviromentálních rizik biologické ochrany s pesticidy jsou chemické látky větším nebezpečím. Byl zkoumán především vliv na vzduch, vodu, půdu, biologickou rozmanitost a funkci ekosystému. Biologická ochrana byla vyhodnocena naopak jako přínosná pro ekosystém. Biologická ochrana obvykle nemá vliv na lidské zdraví a zvířata. Došlo pouze k několika vzácným alergickým reakcím ve výrobnách biologické ochrany (Bale et al. 2007). Podle kanadského průzkumu se postoj veřejnosti zlepšuje (McNeil et al. 2010). Většina respondentů uvádí jako menší riziko biologickou ochranu oproti chemickému hubení škůdců. Výsledky však také ukazují, že část veřejnosti má stále mylné představy o biologické.

Řešením je proto podle McNeil et al. (2010) větší informovanost z řad odborníků o silných i slabých stránkách biologické ochrany. Komunikace by měla probíhat srozumitelným jazykem a být přizpůsobená potřebám zúčastněných stran (Barratt et al. 2018). Barratt et al. (2018) poukazuje na snadnost rozšíření těchto informací pomocí chytrých mobilů, tabletů, počítačů atd.

3.8.2 Postoj výzkumníků

Barrat et al. (2018) poukazuje, že mnoho výzkumů je zaměřeno pouze na jednu plodinu nebo jednoho škůdce. Tyto typy projektů jsou často málo efektivní ve výzkumu (Barrett et al. 2018). Van Lenteren (2012) poukazuje také na fakt, že výzkumníci, a ti, kteří biologickou regulaci uplatňují v praxi nejsou příliš dobří v lobování a prosazování biologické ochrany.

Dokonce používá výraz, že pracovníci biologické ochrany jsou jejich vlastní nejhorší přirozený nepřítel! Jako další problém uvádí přílišnou kritičnost entomologů a výzkumníků biologické ochrany. Výsledkem může být kritika nejrůznějších článků na místo vytvoření postupů, které by pomohly při praktické aplikaci biologické ochrany. Zejména dříve docházelo k chybným interpretacím výsledků. Těchto chybných závěrů využili výrobci pesticidů, aby ukázali, jak špatně biologická ochrana funguje v praxi (van Lenteren 2006).

Barrat et al. (2018) poukazuje na nutnost efektivního výzkumu. Toho se může docílit například lepší spoluprací mezi vědci, kteří se věnují základnímu a aplikovanému výzkumu (Barrat et al. 2018). Dále je zásadní, aby i nadále docházelo k neustálému rozvoji biologické ochrany založené na *Trichogramma* spp. (Zang et al. 2012). Nezbytné je, aby tato metoda byla konkurenceschopná vůči jiným metodám, a to především s rozvojem Bt plodin.

3.8.3 Postoj konvenčních zemědělců

Zásadní roli pro rozvoj přípravků na bázi *Trichogramma* spp. je její využití v konvenčním zemědělství (KZ). Tento systém hospodaření umožňuje používání insekticidů. Aplikace chemických látek často zabíjí i mnoho necílových organismů, hrozí rezistence cílových škůdců a má dlouhodobé negativní účinky na životní prostředí a zdraví zemědělců a spotřebitelů (van Lenteren 2012). I to je důvodem, proč legislativa stále více omezuje používání chemických látek v zemědělské produkci. Právě to může být hlavním podmětem k přijetí nechemických metod (Lacey et al. 2015). Bohužel podle de Lourdes Correa Figueoreda et al. (2015) i navzdory pokroku v biologické ochraně není tato alternativa ve srovnání s chemickými látkami využívána z několika důvodů. Podle ní musí být překonáno mnoho problémů, než se produkt dostane ke koncovému uživateli. Účinnost závisí na mnoha faktorech. Jako příklad uvádí způsob a dobu uvolňování a komplexní interakce mezi parazitoidem, kulturou a podmínkami prostředí, cílového škůdce, druh *Trichogramma* spp. atd. Obecně by se dalo říct, že problémem jsou významné rozdíly působení této biologické ochrany v laboratorních podmínkách a terénu (Boháč 2007). Důvodem jsou odlišné podmínky pro život *Trichogramma* spp. Jako hlavní abiotické faktory uvádí da Silva Altoé et al. (2012) teplotu, relativní vlhkost a fotoperiodu. Mezi biotické faktory řadí především mezidruhovou a vnitrodruhovou konkurenci, ke které může přispět člověk neodborným zacházením s přípravky na bázi *Trichogramma* spp.

V rámci KZ by se také dalo říct, že velké chemické firmy mají malý zájem na výzkumu, vývoji a rozšiřování biopesticidů (Kuthan 2017). Podle Kuthana (2017) však některé velké firmy avizují nákup menších společností a zavedení technologie výroby biopesticidů. Čím dál častěji se ve výzkumných projektech (Gardner et al. 2011; Khan et al. 2023) objevuje pojem integrovaná ochrana, tedy kombinace biologických a chemických prostředků. Podle Khana et al. (2023) však stále komerční insekticidy účinností převyšují alternativní metody, a to je hlavním důvodem snížené poptávky o tyto přípravky především z řad konvenčních zemědělců.

Je nezbytné změnit současný postoj konvenčních zemědělců (van Lenteren 2012). Někteří z nich si nedokáží představit regulaci škůdce bez použití chemie. Van Lenteren (2012) uvádí, že toto myšlení souvisí především s jejich potřebou vyprodukovat plodiny s co nejvyšším výnosem nebo kosmetickou hodnotou (u květin). Sám van Lenteren (2012) předpokládá, že budou muset nastat drastické změny v myšlení farmářů, tak aby došlo

k přechodu k biologickým prostředkům, případně pěstování plodin, které jsou odolné vůči chorobám a škůdcům.

3.8.4 Ekonomická stránka

Základem pro použití biologické ochrany je nejdříve nutnost poznat přirozené nepřátele škůdců a sledovat je v jejich původním areálu (Boháč & Moudrý 2007). Poté by měly následovat testy v laboratorních podmínkách, u kterých může být problém s financováním.

Komerční dostupnost vosičky je limitujícím faktorem pro používání v biologické kontrole v zemědělství (de Lourdes Correa Figueiredo et al. 2015). Podle Kuthana (2017) je výroba ve srovnání s chemickými látkami složitější, protože se jedná o biologický materiál a biochemické procesy. Jako velkou bariéru používání nových biopesticidů vidí ve vysokých nákladech na ověření účinnosti, vztahu k životnímu prostředí a registraci. Podle něj je cena pro spotřebitele zatím vyšší z důvodu výroby v malém objemu. Ne vždy to tak ale bylo. Starší analýzy nákladů a přínosů naznačují, že je výzkum přípravků používaných v biologické ochrany s ohledem na náklady efektivnější než u chemických přípravků (Bale et al. 2007; van Lenteren 2012). Bale et al. (2007) dokonce uvádí, že biologická regulace u okurek je třikrát až čtyřikrát levnější než chemická ochrana. Náklady na chemikálie jsou vyšší i při kombinaci několika účinných látek. Jedná se ale o starší analýzy, které nereflektují aktuální finanční situaci na trhu.

Barratt et al. (2018) doporučuje, aby výzkumníci zapojili ekonomy a sociální vědce. Ty by následně měli definovat sociální, ekonomické a environmentální přínosy a shromažďovat data, která by mohla být efektivně hodnocena. Prokázání ekonomické efektivnosti může podpořit zavádění biologické ochrany do praxe s podporou veřejnosti (Barratt et al. 2018).

3.8.5 Zákony

Podle Kuthana (2017) je využívání biopesticidů významně limitováno legislativou. Konkrétně v České republice jsou povolené pouze 4 biopesticidy a jedním z nich jsou také vosičky *Trichogramma* spp. Povolovací řízení je velmi dlouhým procesem a cena registrace nového přípravku je velmi vysoká. Proto je mnoho produktů uváděno na trh pouze jako pomocné látky (Kuthan 2017). Důsledkem složitých zákonů se může inovativní produkt na trh dostat s velkým zpožděním případně nebude nikdy komerčně použit (Bale et al. 2007). Nadměrná regulace také brzdí vývoj a zavádění produktů pro udržitelné zemědělství. Zákony ovlivňují mnoho stran, které se do procesu výroby a prodeje biologických přípravků zapojují. Bigler et al. (2005) poukazuje především na průmysl, odborníky v oblasti biologické ochrany a příslušné národní regulační orgány, které řeší především regulaci dovozu a uvolňování biologických přípravků. Zároveň se často liší národní a mezinárodní regulační dokumenty.

Proto by bylo na místě vytvořit dokument, který by regulaci řešil na evropské úrovni a poskytl by konkrétní pokyny k používání biologické kontroly. Tento dokument by měl usnadnit používání biologických přípravků i například k řešení mimořádných událostí a potřeb v potravinářství a zemědělství (van Lenteren 2012). Podle Bale et al. (2007) by otázka neměla znít, jestli regulovat tyto přípravky, ale jak je regulovat, aniž by se zaváděly negativní kompromisy, které by bránily inovaci a omezovaly zavádění nových produktů. Mezinárodní zákony a dohody je nutné harmonizovat a vytvořit tak účinný regulační systém mezi zeměmi.

To může zvýšit důvěru veřejnosti v biologickou kontrolu a usnadnit zavádění používání nových přípravků biologické kontroly (Bale et al. 2007).

3.8.6 Požadavky na druh

Požadavky na druh pro biologickou ochranu jsou velmi vysoké (Boháč & Moudrý 2007). Je nezbytné vybrat druhy, které jsou synchronní s cílovým druhem. Jedná se především o tzv. sezónní synchronizaci. Další podmínkou pro využití parazitoidů je snadnost chovu a distribuce konečnému spotřebiteli. Stále se jedná o obchod, který musí být ekonomicky výhodný pro výrobce. Velmi důležitým faktorem je, aby bioagens neatakoval jiné užitečné organismy (Boháč et al. 2007). Pro biologickou ochranu je zásadní preference hostitele a vhodnost hostitele (Hegazi et al. 2019). Měl by být proto specifický nebo preferovat cílový druh škůdce. Použití alternativních kořistí je žádoucí pouze v omezeném období. Například, když je nízká hustota preferovaného škůdce nebo životní fáze škůdce, která není preferovaná parazitoidem (Bale et al. 2007). Jedním z nejdůležitějších vlastností je kolonizační schopnost užitečného organismu. Proto, aby bylo možné použít bioagens v biologické kontrole je nutné, aby splňoval všechny tyto parametry, a to nejen v laboratorních podmínkách, ale také v polních podmínkách. I proto se dnes používá pouze několik málo druhů *Trichogramma* spp.

Řešením mohou být častější testy v terénních podmínkách a k těmto testům využívat větší množství druhů *Trichogramma* spp.

3.8.7 Selektce genetických linií

Podle Cherifa et al. (2021) mohou vosičky ztratit svoji genetickou rozmanitost, a to může vést k selhání programu biologické kontroly pomocí *Trichogramma* spp. Jako možné řešení vidí v provádění selektce genetických linií vylepšených vosiček pomocí P1 – wlbachia. *Wolbachia pipientis* je intracelulární bakterie, která významně ovlivňuje reprodukci u hmyzu (Watanabe et al. 2013). Infikovaná samice drobněnky se rozmnožuje partenogenezí. Konkrétně se jedná o tzv. thelytokii, tedy produkci pouze samičích potomků (Gonçalves et al. 2003). *Trichogramma* spp. se může *Wolbachia* nakazit v přirozených podmínkách nebo uměle v laboratoři. Cherif et al. (2021) upozorňuje, že parazitoidní výkonnost může být infekcí wlbachií naopak snížena z důvodu např. zkrácení délky života, delší doby vývoje atd. Lindsey et al. (2018) poukazuje na fakt, že mnoho populací *Trichogramma* spp. je z důvodu nakažení *Wolbachia*, která má vyvolávat partenogenezi, asexuálních. V některých případech se jedná o nevratnou asexualitu z důvodu ztráty sexuálních funkcí. Touto funkcí je myšlena především nemožnost oplodnit vajíčko (Lindsey et al. 2018). Existuje tedy velké množství protichůdných studií (Huigens et al. 2004; Lindsey et al. 2018; Cherif et al. 2021; Farrokhi et al 2023).

Řešením je sjednocení známých informací do jednoho dokumentu a případné další studie na využívání *Wolbachia* k nakažení *Trichogramma* spp.

3.9 Budoucí vyhlídky pro *Trichogramma* spp.

Přípravky na bázi *Trichogramma* spp. mají velký potenciál při ochraně plodin. Neustále dochází ke zlepšování metodik, které mohou zjednodušit přechod zemědělců k ekologicky šetrnějšímu hospodaření (Zang et al. 2021). „Zelenější“ zemědělství je do určité míry trend (van

Lenteren et al. 2018). Tlak ze strany spotřebitelů i státu však může být pro *Trichogramma* spp. zásadní (van Lenteren 2012). Používání drobněnek je v souladu se společenskou touhou po udržitelnosti v zemědělství a produkci bezpečných potravin (Zang et al. 2021). V tomto směru se nejedná pouze o ekologické zemědělství, ale také integrovanou ochranu, která se dostává do popředí a může významně přispět k rozšíření biologických přípravků (Khan et al. 2023). Van Lenteren et al. (2018) poukazuje na nutnost vzniku nového typu zemědělství, které je flexibilní a nedogmatické. Jako nejlepší označení tohoto typu zemědělství je „vědomě“ zemědělství (Mackey & Sissodia 2014). Uvědomělé zemědělství mimo jiné podporuje také preventivní vypouštění přirozených nepřátel (van Lenteren et al. 2018). Tím by se *Trichogramma* spp. mohla uplatnit ve větším měřítku.

V rámci výzkumu je podle Goswami et al. (2017) důležité zaměřit se na vývin kmenů, které by byly kombinovatelné s chemickou ochranou. Respektive by nedocházelo k likvidaci užitečných organismů. Na nutnost testovat bezpečnost pesticidů proti *Trichogramma* spp. upozorňuje také Dodiya et al. (2023). Výzkumníci by také mohli zajít dál a vyvinout druh drobněnky, který bude tolerantní nejen vůči pesticidům, ale také klimatickým změnám (Dodiya et al. 2023). Goswami et al. (2021) vyzdvihuje velmi kvalitní výzkumné projekty, které se zabývají reakcí *Trichogramma* spp. na změnu klimatu (například Wu et al. 2016, Monticelli et al. 2021 atd.). Budoucí projekty by se měly zaměřit na roli mikroklimatu, především na informace o vlivu vzduchu, vypařování atd. (Goswami et al. 2017). Další výzvou pro výzkumníky na poli biologické ochrany je například nalezení nejlepších náhradních hostitelů, které by mohlo zlepšit odchovy (Jin et al. 2019). Pro hromadný chov je do budoucna důležité studovat přežití a úspěšné osídlení stanoviště v terénních podmínkách (Goswami et al. 2021).

Výzvou je dále zkoumání látek, které samice *Trichogramma* spp. využívají k identifikaci škůdce (Goswami et al. 2021). Jedná se o tzv. kairomony. Tyto látky jsou uvolňované především samicemi škůdců ve velmi malém množství (Gavrilița & Nastas 2021). Kairomony mají vysoký potenciál k regulaci škodlivého hmyzu. Důvodem je stimulace *Trichogramma* spp. k vyhledávání potravy (Gavrilița & Nastas 2021). Stále pouze na výzkumné rovině dochází k ošetřování plodin kairomonem. Bylo zjištěno, že při ošetření kairomonem je predace *T. evanescens* výrazně větší než u kontrolních vzorků (Gavrilița & Nastas 2021). Do budoucna je nezbytné vyzkoušení této metody i v terénních podmínkách. Dnes víme, že tyto feromony dokáží rozlišit dva druhy *Trichogramma* spp.; *T. evanescens* a *T. brassicae* (Hoedjes et al. 2010).

To, co by v budoucnu mohlo využívání *Trichogramma* spp. uškodit je používání Bt plodin (Wang et al. 2014). Do Bt plodin je vložen gen bakterie *Bacillus thuringiensis* (Bt), který produkuje toxin (AV ČR 2019). Ten se zaměřuje především na larvální stádia hmyzu, u kterého naruší tkáň středního střeva a následkem septikémie hmyz zahyne (Raymond et al. 2010). Výhodou Bt je kombinovatelnost s chemickými látkami, rychlost působení, snadnost přípravy přípravku, nízká cena a dlouhodobá skladovatelnost. Toxiny Bt jsou vysoce selektivní, takže zabíjejí pouze úzké spektrum hmyzu (Bravo et al. 2011). Bt je dnes považován za nejúspěšnější hmyzí patogen (Bravo et al. 2011). Důvodem možného sníženého zájmu o *Trichogramma* spp. je zejména to, že u Bt plodin není vyžadováno žádné sledování počtu škůdců z řádu Lepidoptera v terénu (Wang et al. 2014). Studie však ukazují, že lze Bt a *Trichogramma* spp. kombinovat, aniž by došlo ke snížení účinnosti drobněnky (Nascimento et al. 2018). Používání

Trichogramma spp. není ohroženo v ekologickém zemědělství. Bt plodiny jsou totiž zařazeny mezi tzv. transgenní rostliny, které jsou v ekologickém zemědělství zakázané (AV ČR 2019).

4 Závěr

Ekologické zemědělství představuje ideální řešení pro přírodu i člověka a produkci nezávadných potravin. Je založeno především na preventivních opatření. Jako zásadní je považována agrotechnika, dodržování osevních postupů a kvalita osiva. V případě rozšíření škůdců je nezbytný včasný zásah. V České republice je v současnosti možné v zemědělství použití třech přípravků na bázi *Trichogramma* spp. Těmito přípravky jsou TrichoPlus, TrichoLet a TrichoTop. K regulaci škůdců v domácnosti lze využít také TrichoMol T a TrichoMol P.

Účinnost přípravků na bázi *Trichogramma* spp. je ovlivněna mnoha faktory v hromadných chovech. Jedná se především o kvalitu hostitele. Bylo prokázáno, že umělá potrava dospělých stádií hostitelů byla vhodnější ve srovnání se standardní potravou. Hostitelská vajíčka se dnes často nahrazují umělými. Jako důvod je nejčastěji uváděno dlouhodobé skladování, možnost přepravy a celoroční dostupnost. Dospělá stádia *Trichogramma* spp. se živí především nektarem, medem, medovicí atd. S ohledem na parazitismus a plodnost se jako nejlepší výživa dospělé *Trichogramma* spp. ukázal bílý nektar. U výživy medovicí naproti tomu byla zjištěna vyšší dlouhověkost a reprodukční schopnost. V rámci abiotických faktorů je nezbytné dbát na teplotu, relativní vlhkost a fotoperiodu. Tyto faktory jsou ve vědecké komunitě považovány za nejdůležitější. Požadavky *Trichogramma* spp. jsou podmíněny chovaným druhem. Bylo prokázáno, že při plnění požadavků konkrétního druhu je možné ovlivnit zásadní vlastnosti jako jsou plodnost, dlouhověkost a parazitismus.

Mezi důvody, které brání významnějšímu rozšíření biologické ochrany patří například nízká informovanost a negativní postoje veřejnosti. V této oblasti došlo v posledních letech k významnému pokroku a společnost naopak oceňuje využívání alternativ k chemické ochraně. Dále se jedná o problematický postoj výzkumníků, kteří nedostatečně spolupracují mezi sebou a dochází tak k nízké efektivnosti výzkumů. Konvenční zemědělci často argumentují nedostatečnou účinností. Snížená účinnost mnohdy souvisí s neodborným zacházením s přípravkem, takže je často způsobena samotnými zemědělci. Na rozdíl od chemických látek navíc nehrozí u biologických přípravků; *Trichogramma* spp. riziko rezistence škůdců a bylo prokázáno pouze malé množství alergických reakcí způsobených drobněnkou. Naopak byl zjištěn příznivý vliv biologické ochrany na ekosystém.

„Zelenější“ zemědělství je do určité míry trend a farmáři na něj musí reagovat. Zemědělství musí být více flexibilní a nedogmatické. Je nezbytné neustále posouvat hranice biologické kontroly. U *Trichogramma* spp. je v budoucích výzkumech důležité zaměřit se na vývin kmenů, které budou tolerantní k pesticidům a ke klimatickým změnám. Další výzvou pro výzkumníky je zkoumání kairomonů, které *Trichogramma* spp. využívá k identifikaci škůdce. Kairomony mají vysoký potenciál ke stimulaci *Trichogramma* spp. vyhledávat potravu. Ve světových výzkumech se tato metoda využívá stále pouze v laboratorních podmínkách, proto je nezbytné vyzkoušet tuto metodu i v praxi. Významným konkurentem pro *Trichogramma* spp. může být v budoucnu používání Bt přípravků. Studie však ukazují, že lze Bt a *Trichogramma* spp. kombinovat.

Používání *Trichogramma* spp. je v souladu s celospolečenskou touhou po udržitelnějším zemědělství a produkci bezpečných potravin. A to je především důvod zvýšeného zájmu o tuto biologickou ochranu.

5 Literatura

- Akademie věd České republiky. 2019. Geneticky modifikované plodiny. AVex: expertní stanovisko AV ČR 4: 1-4.
- Akter M, Yasmin S, Akter S, Sarkar S. 2023. Efficacy of eco-friendly agents on damage extent of lepidopteran insect on summer tomato. *Journal of Bioscience and Agriculture Research* **30.01**: 2513-2519.
- Alföldi T et al. 2021. *Biologischer Landbau – Grundprinzipien und gute Praxis*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Schweiz.
- Altoé TDS, Pratisoli D, De Carvalho JR, Dos Santos Junior HJG, Paes JPP, De Freitas Bueno RCO, De Freitas Bueno A. 2012. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* **105.1**: 82-89.
- Angelova Z, Georgiev S, Roos W. 2006. Elicitation of plants. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* **20.2**: 72-83.
- Atashi N, Shishehbor P, Seraj AA, Rasekh A, Hemmati SA, Ugine TA. 2023. The effect of temperature on the bionomics of *Trichogramma euproctidis* (Hym.: Trichogrammatidae) parasitizing the tomato fruitworm, *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)* **46.1**: 73-86.
- Ayvaz A, Karabörklü S. 2008. Effect of cold storage and different diets on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep: Pyralidae). *Journal of Pest Science* **81**: 57-62.
- Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell MJ, Avilés-Vázquez K, Samulon A, Perfecto I. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable agriculture and food systems* **22.2**: 86-108.
- Bai B, Luck RF, Forster L, Stephens B, Janssen JAM. 1992. The effect of host size on quality attributes of the egg parasitoid, *Trichogramma pretiosum*. *Entomologia experimentalis et applicata* **64.1**: 37-48.
- Bagar M. 2022. Zavijec kukuřičný – bionomie, výskyt, ochrana. BIOCONT Laboratory, spol. s r.o. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/zavijec-kukuricny-bionomie-vyskyt-ochrana> (accessed November 2023).
- Bale JS, van Lenteren JC, Bigler F. 2007. Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **363**: 761-776.
- Barratt BIP, Moran VC, Bigler F, van Lenteren JC. 2018. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl* **63**: 155-167.
- Bernardi EB, Haddad ML, Parra JRP. 2000. Comparison of artificial diets for rearing *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lep., Pyralidae) for *Trichogramma* mass production. *Revista Brasileira de Biologia* **60**: 45-52.

- Bigler F, Bale JS, Cock MJW, Dreyer H, Greatrex R, Kuhlmann U, Loomans AJ, van Lenteren JC. 2005. Guidelines on information requirements for import and release of invertebrate biological control agents in European countries. CABI Reviews, 2005 10 pp.
- Biocont. 2020a. TrichoMol P. Biocont.cz. Available from https://www.biocont.cz/user/related_files/1617_biocont_navod_a4_trichomol_p.pdf (accessed November 2023).
- Biocont. 2020b. TrichoMol T. Biocont.cz. Available from https://www.biocont.cz/user/related_files/1617_biocont_navod_a4_trichomol_t.pdf (accessed January 2024).
- Biocont. 2020c. TrichoPlus. Biocont-profi.cz. Available from <https://www.biocont-profi.cz/user/documents/upload/etikety/TrilchoPlus%20PROFI%20etiketa,%20p%C5%99%C3%ADbalov%C3%BD%20let%C3%A1k%20CZ.pdf> (accessed January 2024).
- Biocont. 2020d. TrichoTop. Biocont-profi.cz. Available from <https://www.biocont-profi.cz/user/documents/upload/etikety/TrilchoTop%20PROFI%20etiketa,%20p%C5%99%C3%ADbalov%C3%BD%20let%C3%A1k%20CZ.pdf> (accessed January 2024).
- Biocont. 2022. TrichoLet. Biocont.cz. Available from https://www.biocont-profi.cz/user/documents/upload/etikety/TrilchoLet%20etiketa,%20p%C5%99%C3%ADbalov%C3%BD%20let%C3%A1k%20CZ_2022.pdf (accessed December 2023).
- Biocont. 2023. Prodejní ceník pro profesionální zemědělce 2023. Biocont. Available from <https://www.biocont-profi.cz/user/documents/upload/ke%20sta%C5%BEen%C3%AD/katalog/Katalog%20produkt%C5%AF%202023.pdf> (accessed August 2023).
- Birch ANE, Begg GS, Squire GR. 2011. How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM and pesticide reduction policies for global crop production systems. *Journal of Experimental Botany* **62.10**: 3251-3261.
- Bleša D. 2019. Úvod do problematiky biologické ochrany rostlin. *Obilnářské listy* **27**:10-13.
- Boháč J, Moudrý J, Desetová L. 2007. Biodiverzita a zemědělství. *Životne prostredie* **41.1**:24-29.
- Bohatá J. 2023. Drobněnky. ÚKZÚZ. Available from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22ccee617148eb7d1f082ab8ade669da1d%22#r|p|uzitorg|detail:ccee617148eb7d1f082ab8ade669da1d|popis (accessed September 2023).
- Boivin G. 2010. Immature development. Pages 10-17 in Consoli FL, Parra JRP, Zucchi RA, editors. *Egg parasitoids an agroecosystem with emphasis on Trichogramma*. Springer Science & Business Media, New York.
- Bravo A, Likitvivanavong S, Gill SS, Soberón M. 2011. *Bacillus thuringiensis*: a story of a successful bioinsecticide. *Insect biochemistry and molecular biology* **41.7**: 423-431.
- Březíková M. 2011. Nový škůdce rajčat – makadlovka *Tuta absoluta*. Ministerstvo zemědělství České republiky. Available from

https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/db/fytoportal/static/files/MZE_listovka_Tuta_Absoluta.pdf (accessed February 2024).

- Březíková M. 2019. Makadlovka jihoamerická – nový invazní škůdce rajčat. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Olomouc. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/makadlovka-jihoamericka-novy-invazni-skudce-rajcat> (accessed September 2023).
- Cagán Ľ, Huszár J, Roháčik T, Hudec K, Bokor P, Barta M, Tóth P. 2010. Choroby a škodcovia poľných plodín. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra.
- Campos MR, Biondi A, Adiga A, Guedes RN, Desneux N. 2017. From the Western Palaearctic region to beyond: *Tuta absoluta* 10 years after invading Europe. *Journal of Pest Science* **90**: 787-796.
- Cascone P, Carpenito S, Slotsbo S, Iodice L, Sørensen JG, Holmstrup M, Guerrieri E. 2015. Improving the efficiency of *Trichogramma achaeae* to control *Tuta absoluta*. *BioControl* **60**: 761-771.
- Connor DJ. 2013. Organically grown crops do not a cropping system make and nor can organic agriculture nearly feed the world. *Field Crops Research* **144.20**: 145-147.
- Consoli FL, Parra JRP, Zucchi RA. 2010. Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma*. Springer Science + Business Media. B. V. 473.
- Cox PD, Pinniger DB. 2007. Biology, behaviour and environmentally sustainable control of *Tineola bisselliella* (Hummel)(Lepidoptera: Tineidae). *Journal of Stored Products Research* **43.1**: 2-32.
- Dabbert S, Harring AM, Zanolli R. 2004. Organic farming: policies and prospects. Zed Books, New York.
- Dafoe NJ, Thomas JD, Shirk PD, Legaspi ME, Vaughan MM, Huffaker A, Teal PE, Schmelz EA. 2013. European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) induced responses enhance susceptibility in maize. *PLoS One* **8.9**: e73394.
- da Silva Altoé T, Pratisoli D, de Carvalho JR, Goncalves dos Santos HJ, Pereira Paes JP, de Reitas Bueno RCO, de Freitas Bueno A. 2012. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* **105**: 82-89.
- de Freitas Bueno RCO, Parra JRP, de Freitas Bueno A. 2012. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. *Biological Control* **60.2**: 154-162.
- de Lourdes Corrêa Figueiredo M, Cruz I, da Silva RB, Foster JE. 2015. Biological control with *Trichogramma pretiosum* increases organic maize productivity by 19.4 %. *Agronomy for Sustainable Development* **35**: 1175–1183.
- Dlouhý J, Urban J. 2011. Ekologické zemědělství bez mýtů: Fakta o ekologickém zemědělství a biopotravinách pro média. Česká technologická platforma pro ekologické zemědělství. Olomouc.

- Dodiya RD, Barad AH, Pathan NP, Raghunandan BL. 2023. Trichogramma: a Promising Biocontrol Agent. *International Journal of Economic Plants* **3**: 192-199.
- Dostálová P. 2021. Škůdci kukuřice v roce 2021. KWS Osiva s. r. o. Available from https://www.kws.com/cz/media/kws-info_12_2021.pdf (accessed November 2023).
- Dvorský J, Urban J. 2014. *Základy ekologického zemědělství*. ÚKZÚZ, Brno.
- El-Wakeil NE, Gaafar NM, Vidal S. 2006. Side effect of some neem products on natural enemies of *Helicoverpa* (*Trichogramma* spp.) and *Chrysoperla carnea*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* **39.6**: 445-455.
- Farrokhi S, Moghanloo HD, Shirazi J, Attaran M. 2023. Evaluation of asexual *Wolbachia*-infected *Trichogramma brassicae* performance in greenhouse and field conditions. *Journal of Entomological Society of Iran* **43.1**: 1-10.
- Gardner J, Hoffmann MP, Pitcher SA, Harper JK. 2011. Integrating insecticides and *Trichogramma ostrinae* to control European corn borer in sweet corn: economic analysis. *Biological Control* **56.1**: 9-16.
- Gavrilița L, Nastas T. 2021. Application of kairomons in increasing biological indices of the entomophagus *Trichogramma evanescens*. *Scientific Studies & Research. Series Biology/Studii si Cercetari Stiintifice. Seria Biologie* **30.2**.
- Gonçalves CI, Huigens ME, Verbaarschot P, Duarte S, Mexia A, Tavares J. 2006. Natural occurrence of *Wolbachia*-infected and uninfected *Trichogramma* species in tomato fields in Portugal. *Biological Control* **37.3**: 375-381.
- Goswami TN, Maji TB, Barma P, Ray SN. 2017. Pages 241-271. *Trichogramma: An egg parasitoid in insect pest management*. In: *Biopesticides and Bioagents*. Apple Academic Press.
- Haas D, Défago G. 2005. Biological control of soilborne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature reviews microbiology* **3.4**: 307-319.
- Häni F, Popow G, Reinhard H, Schwarz A, Tanner K, Vorlet M. 1993. *Obrazový atlas chorob a škůdců polních plodin (Příručka ochrany rostlin v integrované produkci)*. Scientia. Praha.
- Hansen LS, Jensen KMV. 2002. Effect of temperature on parasitism and host-feeding of *Trichogramma turkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of economic entomology* **95.1**: 50-56.
- Heimple GE, Mills NJ. 2017. *Biological control*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Hegazi E, Adler C, Khafagi W, Agamy E. 2019. Host-preference and parasitic capacity of new candidates of *Trichogramma* species (Hym.: Trichogrammatidae) against some stored product moths. *Journal of Stored Products Research* **80**: 71-78.
- Helyer N, Cattlin ND, Brown KC. 2014. Page 27. *Biological control in plant protection*. CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business.
- Hoedjes KM, Kruidhof HM, Huigens ME, Dicke M, Vet LEM, Smid HM. 2010. Natural variation in learning rate and memory dynamics in parasitoid wasps: opportunities for

- converging ecology and neuroscience. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **278.1707**: 889-897.
- Holý K, Pavlů K. 2018. Motýli škodící na cukrové řepě. *Listy cukrovarnické a řepařské* **3**:98-102.
- Holý K. 2019. Užitečné organizmy (1) - Parazitoidi škůdců. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha-Ruzyně. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/uzitecne-organizmy-1-parazitoidi-skudcu> (accessed August 2023).
- Honěk A, Martinková Z, Platková H, Saska P, Skuhrovec J. 2021. Škůdci na obilninách a jejich přirození nepřátelé. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.
- Hrudová E. 2015. Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství. Mendelova univerzita, Brno.
- Huigens ME, de Almeida RP, Boons PAH, Luck RF, Stouthamer R. 2004. Natural interspecific and intraspecific horizontal transfer of parthenogenesis-inducing *Wolbachia* in *Trichogramma* wasps. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* **271.1538**: 509-515.
- Cherif A, Mansour R, Grissa-Lebdi K. 2021. The egg parasitoids *Trichogramma*: from laboratory mass rearing to biological control of lepidopteran pests. *Biocontrol Science and Technology* **31.7**: 661-693.
- Irtwange SV. 2006. Application of biological control agents in pre-and postharvest operations. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.
- Jeong G, Kim H, Choi Y, Kim W, Park W, Bae S, Kim J, Choi J. 2010. Molecular identification of two *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **13.1**: 41-44.
- Jin T, Lin Y, Han S, Ma G, Wen H, Pang Z. 2019. Host performance of *Trichogramma* species on *Opisina arenosella*, and evaluation of their biological control efficacy. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **22.3**: 990-996.
- Kazda J, Jindra Z, Kabíček J, Prokinová E, Ryšánek P, Stejskal V. 2001. Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny. Zemědělec, Praha.
- Karlsson M, Atanasova L, Jensen DF, Zeilinger S. 2017. Necrotrophic mycoparasites and their genomes. *Microbiology Spectrum* **5.2**: 10.1128.
- KEZ. 2016. Přípravky na ochranu rostlin: Seznam přípravků na ochranu rostlin, které lze použít v ekologickém zemědělství (stav k 1.1.2016). KEZ. Available from <https://www.kez.cz/sites/default/files/dokumenty/2016-POR.pdf> (accessed August 2023).
- Khan AM, Saljoqi AUR, Ullah M, Amin M. 2023. Research Square: Field Efficacy of Various Insecticides and *Trichogramma Chilonis* (Ishii) Against Tomato Fruit Borer *Helicoverpa Armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Notctuidae). Available from <https://www.researchsquare.com/article/rs-2871672/v1> (accessed August 2023).
- Khan MA, Khan H, Ruberson JR. 2015. Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pest management science* **71.12**: 1640-1648.

- Khutson A. 1998. Trichogramma. Pages 5-8. The Trichogramma manual. Bulletin/Texas Agricultural Extension Service, Texas.
- Köhl J, Kolnaar R, Ravensberg WJ. 2019. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontiers in plant science* **10**: 845.
- Konopická J. 2022. Možnosti využití vybraných druhů entomopatogenních hub v biologické ochraně rostlin proti modelovým druhům škůdců hospodářských plodin [PhD. Thesis]. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Koul O, Dhaliwal GS. 2003. Predators and parasitoids: an introduction. Pages 1-15 in Koul O, Dhaliwal GS, editors. *Predators and Parasitoids*. Taylor & Francis, New York.
- Koutná P. 2006. Ekologické zemědělství [MSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.
- Kuthan A. 2017. Biopesticidy u nás a ve světě. Agromanuál. Troubská. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/biopesticidy-u-nas-a-ve-svete> (accessed August 2023).
- Lacey LA et al. 2015. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of invertebrate pathology* **132**: 1-41.
- Lindsey ARI et al. 2018. Comparative genomics of the miniature wasp and pest control agent *Trichogramma pretiosum*. *BMC biology* **16.1**: 1-20.
- Liu ZC, Liu JF, Zhang F, Li DS, Feng XX. 2000. Production and field application techniques of *Trichogramma*. Golden Shield Press. Peking.
- Lü X, Han S, Li Z, Li L. 2017. Biological characters of *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared in vitro versus in vivo for thirty generations. *Scientific Reports* **7.1**: 17928.
- Maceda A, Hohmann CL, dos Santos HR. 2003. Temperature effects on *Trichogramma pretiosum* Riley and *Trichogrammatoidea annulata* De Santis. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **46**: 27-32.
- Mackey J, Sisodia R. 2014. Conscious capitalism, with a new preface by the authors: Liberating the heroic spirit of business. Harvard Business Review Press. United States of America.
- McNeil JN, Cotnoir PA, Leroux T, Laprade R, Schwartz JL. 2010. A Canadian national survey on the public perception of biological control. *BioControl* **55**: 445-454.
- Ministerstvo zemědělství. 2006. Zákon č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství a o změně zákona č. 368/1992 Sb., o právních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 320/2002 Sb. a zákonem č. 553/2005 Sb. Page 25 in *Sbírka zákonů České republiky, Česká republika*.
- Mkonyi L, Rubanga D, Richard M, Zekeya N, Sawahiko S, Maiseli B, Machuve D. 2020. Early identification of *Tuta absoluta* in tomato plants using deep learning. *Scientific African* **10**: e00590.

- Molter A, Bezerra JIM, Rafikova E, Nava DE, Rafikov M. 2023. Dynamics and biological control of the sugarcane borer with two parasitoids. Elsevier. *Ecological Modelling* **481**: 110371.
- Monticelli LS, Bishop J, Desneux N, Gurr GM, Jaworski CC, McLean AHC, Thomine E, Vanbergen AJ. 2021. Advances in Ecological Research. Academic Press. Pages 245-304 in Bohan DA, Dumbrell AJ, Vanbergen AJ, editors. Multiple global change impacts on parasitism and biocontrol services in future agricultural landscapes.
- Moudrý J, Moudrý J, Konvalina P, Kalinová J. 2007. Základní principy ekologického zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Murúa M, Scalora FS, Navarro FR, Cazado LE, Casmuz A, Villagrán ME, Lobos E, Gastaminza G. 2014. First record of *helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. *Florida Entomologist* **97.2**: 854-856.
- Namdeo AG. 2007. Plant cell elicitation for production of secondary metabolites: A review. *Pharmacognosy Reviews* **1.1**: 69–79.
- Nascimento PT, Fadini MAM, Valicente FH, Rubeiro PEA. 2018. Does *Bacillus thuringiensis* have adverse effects on the host egg location by parasitoid wasps?. *Revista Brasileira de Entomologia* **62**: 260-266.
- Nenaah GE. 2014. Chemical composition, toxicity and growth inhibitory activities of essential oils of three *Achillea* species and their nano-emulsions against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Industrial Crops and Products* **53**: 252-260.
- Ondráčková E et al. 2019. Biologická ochrana rostlin s využitím mykoparazitických hub. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/biologicka-ochrana-rostlin-s-vyuzitim-mykoparazitickyh-hub> (accessed September 2023).
- Pezzini C, Rauber MI, Jahnke SM, Köhler A. 2021. Influence of tobacco on the behavior, parasitism and mortality of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with eggs of *Epehestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research* **93**: 101822.
- Pilkington LJ, Messelink G, van Lenteren JC, Le Mottee K. 2010. “Protected Biological Control”–Biological pest management in the greenhouse industry. *Biological Control* **52.3**: 216-220.
- Pomari-Fernandes A, de Freitas Bueno A, Sosa-Gómez DR. 2015. *Helicoverpa armigera*: current status and future perspectives in Brazil. *Current Agricultural Science and Technology* **21.1**:21.
- Psota V. 2023. Biologická ochrana zeleniny ve skleníku. Farma Bezdínek s.r.o.. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/biologicka-ochrana-zeleniny-ve-skleniku> (accessed September 2023).

- Qian H, Cong B, Zhang Z, Dai Q. 2013. Effect of some environmental and biological factors on reproductive characters of *Trichogramma* spp. *African Journal of Agricultural Research* **8**: 2195-2203.
- Radman R, Saez T, Bucke C, Keshavarz T. 2010. Elicitation of plants and microbial cell systems. *Biotechnology and applied biochemistry* **37.1**: 91-102.
- Radová Š, Patočková J. 2023. Měníci se škodlivost a dynamika letu zavíječe kukuřičného. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/menici-se-skodlivost-a-dynamika-letu-zavijece-kukuricneho> (accessed November 2023).
- Raymond B, Johnston PR, Nielsen-LeRoux C, Lereclus D, Crickmore N. 2010. *Bacillus thuringiensis*: an impotent pathogen?. *Trends in microbiology* **18.5**: 189-194.
- Rojas JC, Wyatt TD, Birch MC. 2000. Flight and oviposition behavior toward different host plant species by the cabbage moth, *Mamestra brassicae* (L)(Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Behavior* **13**: 247-254.
- Rotrekl J, Kolařík P. 2016. Regulace zavíječe kukuřičného v porostech kukuřice. Zemědělský výzkum spol. s r.o. Troubsko. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/regulace-zavijece-kukuricneho-v-porostech-kukurice> (accessed November 2023).
- Shewry L, Hey M, Grimshaw K. 2023. Case Study: the Application of *Trichogramma Evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as a Novel Integrated Pest Management Solution against Webbing Clothes Moth *Tineola bisselliella* Hummel (Lepidoptera: Tineidae) at Burghley House, Stamford, UK. *Studies in Conservation* 1-13.
- Schöller M, Prozell S. 2014. Biological control of cultural heritage pests—a review. Pages 218-232 in Querner P, Pinniger D, Hammer A, editors. *Integrated Pest Management (IPM) in Museums, Archives and Historic Houses - Proceedings of the International Conference in Vienna, Austria 2013, Austria*.
- Svobodová A. 2023. Zakládání podniku v ekologickém režimu hospodaření s důrazem na produkci zeleniny. [BSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Sumer F, Tuncbilek AS, Oztemiz S, Pintureau B, Rugman-Jones P, Stizthamer R. 2009. A molecular key to the common species of *Trichogramma* of the Mediterranean region. *BioControl* **54**: 617-624.
- Šedivý J, Vošta M, Madar J. 2005 Monitoring výskytu osenice polní. *Rostlinolékař*. **2**: 21–22.
- Šefrová H, Laštůvka Z. 2023. Harmful Lepidoptera in Czechia—current status, changes and importance. *Acta Universitatis Agriculture et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **71.3**:155-162.
- Tabebordbar F, Shishehbor P, Ebrahimi E, Polaszek A, Ugine TA. 2022. Effect of different constant temperatures on life history and life table parameters of *Trichogramma euproctidis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Economic Entomology* **115.2**: 474-481.

- Taha EKA, Shower MB, Sharshir FA, Shenishen EZ, Hassan MM, Elshazly H, Elnabawy ESM. 2022. Effect of emergence time on some biological aspects of *Trichogramma evanescens* (Westwood) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of King Saud University-Science* **34.4**: 101981.
- Tay WT, Soria MF, Ealsh T, Thomazni D, Silvie P, Behere GT, Anderson C, Downes S. 2013. A brave new world for an old world pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Plos one* **8.11**: e80134.
- Thompson SN, Hagen KS. 1999. Nutrition of Entomophagous insects and other arthropods. Pages 594-637 in Bellow TS et al, editors. *Handbook of biological control*. Academic press, United States of America.
- Timsina J. 2018. Can organic sources of nutrients increase crop yields to meet global food demand?. *Agronomy* **8.10**: 214.
- Tirado R et al. 2009. *Defining ecological farming*. Exeter. University of Exeter, United Kingdom.
- Urban J, Šarapatka B et al. 2003. *Ekologické zemědělství – učebnice pro školy i praxi I. díl. Základy ekologického zemědělství, environmentální aspekty a pěstování rostlin*. Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha.
- van Driesche RG, Bellowe Jr TS. 1996. Pest origins, pesticides and the history of biological control. Pages 3-20. *Biological control*. Chapman & Hall.
- van Lenteren JC, Bale JS, Bigler F, Hokkanen HMT, Loomans AJM. 2006. Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. *Annu. Rev. Entomol.* **51**: 609–634.
- van Lenteren JC, Bolckmans K, Köhl J, Ravensberg WJ, Urbaneja A. 2018. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl* **63**: 39-59.
- van Lenteren JC. 2000. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy? *Crop protection* **19.6**: 375-384.
- van Lenteren JC. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl* **57.1**: 1-20.
- Wang ZY, He KL, Zhang F, Lu X, Babendreier D. 2014. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China. *Biological Control* **68**: 136-144.
- Watanabe M, Kageyama D, Miura K. 2013. Transfer of a parthenogenesis-inducing *Wolbachia* endosymbiont derived from *Trichogramma dendrolimi* into *Trichogramma evanescens*. *Journal of Invertebrate Pathology* **112.1**: 83-87.
- Wu LH, Hoffmann AA, Thomson LJ. 2016. Potential impact of climate change on parasitism efficiency of egg parasitoids: a meta-analysis of *Trichogramma* under variable climate conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **231**: 143-155.

- Yan Z, Yue JJ, Zhang YY. 2023. Biotic and abiotic factors that affect parasitism in *Trichogramma pintoi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as a biocontrol agent against *Heortia vitessoides* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology* **52.3**: 301-308.
- Yang NW, Zang LS, Wang S, Guo JY, Xu HX, Zhang F, Wan FH. 2014. Biological pest management by predators and parasitoids in the greenhouse vegetables in China. *Biological Control* **68**: 92-102.
- Yang X, Luo Y, Li M, Yang Z, Sun C, Li W. 2021. Recognizing pests in field-based images by combining spatial and channel attention mechanism. *IEEE Access* **9**: 162448-162458.
- Zang LS, Wang S, Zhang F, Desneux N. 2021. Biological control with *Trichogramma* in China: History, present status, and perspectives. *Annual Review of Entomology* **66**: 463-484.
- Zekeya N, Chacha M, Ndakidemi PA, Materu C, Chidege M, Mbega E. 2017. Tomato leafminer (*Tuta absoluta* Meyrick 1917): A threat to tomato production in Africa. *JAERI* **10(1)**: 1-10.
- Zimmermann O, Schöller M, Prozell S. 2003. Investigations on the biological control of *Tineola bisselliella* (Lepidoptera: Tineidae) with *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) pages 319-321 in Credland PF, Armitage DM, Bell CH, Cogan PM, Highley E, editors. *Advances in stored product protection. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection*. CABI Publishing, United Kingdom.
- Zimmermann O. 2004. Der einsatz von *Trichogramma*-schlupfwespen in Deutschland. *Gesunde Pflanzen* **56.6**: 157-166.

6 Seznam použitých zkratek

Bt	Bacillus thuringiensis
DNA	deoxyribonukleová kyselina
EZ	ekologické zemědělství
F1	první filiální (generace)
GMO	geneticky modifikovaný organismus
GPS	Global Positioning System
ITS-2	Interna Transcribed Spacer (vnitřní transkribovaný spacer druhého genu)
KEZ	Kontrola ekologického zemědělství
KZ	konvenční zemědělství
PCR	polymerase chain reaction (polymerázová řetězová reakce)
rRNA	ribosomální ribonukleová kyselina
spp.	nespecifikovaný druh (množné číslo)
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
USD	United States dollar (americký dolar)