

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Zhodnocení moderních trendů a postupů postavených
na cíleném využití bioagens v polní produkci**

Bakalářská práce

Autor práce: Anna Šedivá

Obor studia: Ekologické zemědělství

Vedoucí práce: Ing. Petr Dvořák, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Zhodnocení moderních trendů a postupů postavených na cíleném využití bioagens v polní produkci" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3. května 2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, veškeré připomínky a čas, který mi věnoval při vypracování mé bakalářské práce. Poděkování také patří mé rodině za poskytnutí zázemí, podporu a v neposlední řadě za grafické a formální úpravy celé práce.

Zhodnocení moderních trendů a postupů postavených na cíleném využití bioagens v polní produkci

Souhrn

Za několik posledních let se ve vyspělých státech značně omezuje používání chemických přípravků proti hmyzu, tzv. insekticidů. Ty mohou způsobovat rezistenci nových generací škůdců nebo vznik reziduí v potravním řetězci. Náhradním řešením, ke kterému se přistupuje, je biologická ochrana rostlin a ekologický způsob hospodaření. Na principu biologické ochrany probíhá řada vědeckých pokusů a zájem o ni prudce narůstá.

Úvodní část práce je zaměřena na obecnou definici biologické ochrany, její historii a rozdělení. Biologickou ochranu lze členit na přípravky na bázi mikroorganismů (viry, bakterie a houby) a na bázi makroorganismů (hlístice a hmyz). Práce se zabývá výhradně přirozenými nepřáteli hmyzu, jako jsou parazitoidi, predátoři a draví roztoči. Biologická ochrana využívá při hubení škůdců tři základní strategie; inokulativní introdukci, augmentativní introdukci a strategii podpory, ochrany a regulace.

Práce dále seznamuje s důležitými bioagens, se kterými se může pěstitel setkat. V přehledu převažují hlavně bioagens do skleníkových kultur. Nejvýznamnější jsou *Encarsia formosa*, mšicomar rodu *Aphidius*, *Dacnusa sibirica*, *Orius laevigatus*, *Typhlodromus pyri*, *Amblyseius cucumeris*. Do polních podmínek je nejlépe přizpůsobena parazitická vosička rodu *Trichogramma*. Nejvíce pokusů a zároveň nejvíce používaných přípravků je v porostech kukuřice proti zavíječi kukuřičnému (*Ostrinia nubilalis*). S tímto účinkem jsou v ČR registrované tři přípravky: TrichoTop, Trichoplus a TrichoLet.

Polní podmínky se od laboratorních liší, což přináší řadu problémů s vypouštěním bioagens do otevřené krajiny. *Trichogrammy* jsou ovlivňovány jednak vhodnou dobou a technikou vypouštění, dále pak působením klimatických podmínek, jako jsou teplota, déšť a směr větru. Je proto velmi náročné *Trichogrammy* v polních podmínkách udržet.

Klíčová slova: bioagens, predátor, parazit, polní plodiny, ekologické zemědělství

Evaluation of modern trends and procedures based on the targeted use of bioagents in field production

Summary

The use of chemical insecticides has been significantly reduced in developed countries in the last years. It can cause resistance to new pest population or the formation of residues in the food chain. Biological plant protection and organic farming are the alternative solutions. A number of scientific experiments are underway and interest in biological plant protection is rapidly growing.

The introductory part of the work focuses on the general definition of biological protection, its history and classification. Biological protection can be divided into microorganism (viruses, bacteria and fungi) and macroorganism (nematodes and insects) preparations. This work deals entirely with natural enemies of insects, such as parasitoids, predators and predatory mites. There are three basic pest control strategies used in biological protection: inoculative introduction, augmentative introduction and the strategy of support, protection and regulation.

The work also introduces important biological control agents which can a grower encounter with. Biological control agents for greenhouse cultures are predominant in the next summary. The most important are *Encarsia formosa*, *Aphidius*, *Dacnusa sibirica*, *Orius laevigatus*, *Typhlodromus pyri*, *Amblyseius cucumeris*. The parasitic wasp of the species *Trichogramms* has adapted best from the species listed above to field conditions. The most experiments have been done as well as the most preparations are used in the corn fields against the corn borer (*Ostrinia nubilalis*). Three products having this effect have been registered in the Czech Republic: TrichoTop, Trichoplus and TrichoLet.

The laboratory conditions differ from the field conditions which bring the issues of the release biological control agents into the open landscape. *Trichogramms* are affected by appropriate time and technique of release, but also by climatic conditions such as temperature, rain and wind direction. Therefore it is challenging to keep the *Trichogramms* under the field conditions.

Keywords: biological control agents, predator, parasite, field crops, organic farming

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Biologická ochrana	9
3.1.1 Historie	10
3.1.2 Škůdci	10
3.1.3 Přirození nepřátelé	11
3.2 Prognóza a signalizace	11
3.3 Přípravky na bázi mikroorganismů	12
3.3.1 Viry	12
3.3.2 Bakterie.....	12
3.3.3 Prvoci.....	12
3.3.4 Houby	12
3.4 Přípravky na bázi makroorganismů	13
3.4.1 Bioagens	13
3.4.1.1 Hlístice.....	14
3.4.1.2 Hmyz	14
3.5 Strategie	21
3.5.1 Inokulativní introdukce.....	21
3.5.2 Augmentativní introdukce	22
3.5.3 Podpora, ochrana a regulace	23
3.6 Povolené přípravky na ochranu rostlin	23
3.7 Použití v polní produkci	24
3.7.1 Praktické využití <i>Trichogramma</i> ssp.	25
3.7.1.1 Použití v kukuřici.....	28
4 Závěr	31
5 Literatura	32

1 Úvod

Dnes představují chemické přípravky (pesticidy) určené k hubení nežádoucích organismů vzhledem k velmi rozšířenému užívání vážné nebezpečí pro celou živou přírodu. Nevhodné aplikace vedou k otravám necílových organismů a k hromadění jedovatých látek ve vodě, půdě, rostlinných a živočišných organismech a k jejich pronikání do potravních řetězců (Tichá 2001). Biologická rovnováha je stále narušována častými zásahy do přírody, zatížením životního prostředí jedy, osidlováním a redukcí biotopů (Böhringer et al. 1996).

K ekologicky šetrným metodám ochrany proti škůdcům se proto upírá pozornost v mnoha vyspělých státech. Především to je biologická ochrana k potlačení škůdců pomocí jejich přirozených nepřátel (mikroorganismů, cizopasníků, dravců), biotechnická ochrana, která využívá přirozené reakce škůdců na podněty (zvuk, pach, světlo) a mechanické a fyzikální způsoby ochrany. Vytváří se konstrukce bariér nebo pastí, hubení škůdců pomocí extrémních teplot, sucha apod. Hlavně v Německu, Francii, Belgii, Nizozemsku, Velké Británii a USA, kde je na trhu dostatek ekologicky šetrných prostředků a publikací, se používají ekologicky šetrné metody (Tichá 2001).

Ekologické zemědělství vzniklo jako reakce na změny v hospodaření po druhé světové válce. Docházelo k intenzifikaci, která negativně ohrožovala životní prostředí a celkovou kvalitu potravin. Ekologické zemědělství je v České republice řízeno zákonem č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství (Urban & Šarapatka 2003). Klade důraz na ochranu životního prostředí, welfare zvířat a udržitelnost. Zakládá si na uzavřeném koloběhu živin, podporuje biologickou rozmanitost a úrodnost půd (Šarapatka & Niggli 2008).

2 Cíl práce

Cílem práce bylo nastudovat a zhodnotit současný stav a možnosti cíleného využití prostředků obsahujících makroorganismy povahy živých parazitů, parazitoidy nebo predátory. Zhodnotit využitelnost těchto prostředků a srovnat je z hlediska využitelnosti a účinnosti při jejich využití u polních plodin v systému ekologického zemědělství. Podrobněji charakterizovat biologickou ochranu, bioagens a navrhnout vhodné způsoby či postupy jejich aplikace u vybraných polních plodin.

3 Literární rešerše

3.1 Biologická ochrana

Biologická ochrana využívá živé organismy na ochranu proti patogenům (Prokinová 2017). Za biologickou ochranu považujeme použití živých organismů pro hubení škůdců (Greathead & Waage 1983), chorob a plevelů (Greathead 1995). Patří sem obratlovci, bezobratlí a široká škála mikrobiálních patogenů, včetně hub, bakterií a virů (Greathead & Waage 1983). Využívá přirozené nepřátele organismů, kteří škodí zemědělským plodinám a udržuje tak populaci škůdců pod ekonomickým prahem škodlivosti (Bagar et al. 2003). Biologická ochrana je veřejností oceňována kvůli sníženému riziku reziduí pesticidů (van Lenteren 2000). Používá se v ekologickém zemědělství a převážně v integrované ochraně rostlin (Kovaříková 2019).

Biologická ochrana podporuje užitečné organismy v zahradě. Dochází k tomu hlavně podporou zelených ploch s bohatou druhovou skladbou, sázením živých plotů a keřů, které slouží jako úkryt pro hmyz, ptáky a jiné živočichy (Böhringer et al. 1996). Při biologické ochraně jsou lokálně využíváni přirození nepřátelé nebo jsou dováženy cizokrajné druhy (van Lenteren 1997).

Mezi nejznámější příklady biologické ochrany patří použití vajíčka parazitoidní *Trichogrammy* pro ochranu před druhem motýlů v různých plodinách (Smith 1996) a použití sady přirozených nepřátel (parazitoidy, patogeny a predátoři) k ochraně proti škůdcům ve sklenicích (Albajes et al. 1999).

Prostředky biologické ochrany se na trhu velmi rozvíjí. Konkurenční společnosti se předbíhají jak v kvalitě, tak i v ceně produktu. Nedávný nárůst poptávky na trhu zvýšil zájem o kontrolu kvality přirozených nepřátel. Kontrola kvality by měla zajistit dobrý výkon přirozeného nepřítel v terénu (van Lenteren 1991). Z toho důvodu se nyní objevují kontrolní programy a spolupráce mezi výzkumnými pracovníky a průmyslem s biologickou ochranou (van Lenteren 2000).

Používání biologické ochrany proti hmyzím škůdcům rostlin se v minulosti značně zvýšilo, protože může poskytnout udržitelnou, ekonomickou a environmentálně atraktivní alternativu k chemické ochraně škůdců. Biologičtí odborníci jsou však napadáni ochránci přírody, kteří se obávají, že propuštění přirození nepřátelé mohou zaútočit na prospěšné necílové organismy, jako jsou opylovači nebo jiní přirození nepřátelé, vzácný a ohrožený hmyz jako motýli nebo jiné necílové organismy. Takové nežádoucí vlivy na ekosystémy nebyly v praxi pozorovány (van Lenteren 1997). K dnešnímu dni je velmi málo studií hodnotících účinek zavedení biologické ochrany na původní organismy s výjimkou některých australských, novozélandských a kalifornských projektů (Aeschlimann 1995). Mezinárodní institut biologické ochrany provedl komplexní analýzu všech projektů biologické ochrany hmyzu, která neprokázala žádné negativní účinky (Greathead 1995).

3.1.1 Historie

Biologická ochrana má dlouhou historii. Dalo by se říci, že je známá již od domestikace koček, které byly záměrně používány k ochraně skladovaných potravin proti myším a potkanům (Greathead & Waage 1983).

V moderní biologické ochraně se používají konkrétní přirození nepřátelé cílového škůdce, kteří jsou pečlivě vybráni a ověřováni, aby byly vyloučeny druhy, které by mohly představovat ohrožení jiných užitečných organismů (Greathead & Waage 1983).

Biologická ochrana hmyzem, tedy využití přirozených nepřátel ke snížení počtu škůdců, je v celosvětovém měřítku používána již více než 100 let (van Lenteren 1997). Prvním použitým bioagens bylo v roce 1889 v USA australské slunéčko *Rodolia cardinalis* proti zavlečenému červci *Icerya purchasi*. V USA v roce 1916 bylo použito slunéčko východní (*Harmonia axyridis*), které postupem času vytvořilo svoji vlastní životaschopnou populaci. V 80. letech bylo vyhodnoceno jako invazivní druh, který se dál šíří na ostatní kontinenty. *Harmonia axyridis* se šířilo v Evropě z Beneluxu, kde bylo introdukováno proti mšicím. V ČR je zaznamenáváno od roku 2006 a patří mezi nejinvazivnější slunéčka na světě. Ohrožuje biodiverzitu tím, že ničí původní druhy slunéček. Pronásleduje je a připravuje je o zdroj potravy. Zároveň má toxickou hemolymfu, kterou se chrání před nepřáteli. Na tuto látku jsou někteří lidé alergičtí. Způsobuje u nich svědění očí, alergickou rýmu a kožní vyrážku (Kovaříková 2019).

V 50. letech byl vývoj biologické ochrany spíše potlačen na úkor chemické ochrany. V bývalém SSSR se v 70. letech minulého století začala aplikovat bejlmorka *Aphidoletes aphidimyza*. *Amblyseius cucumeris* byl používán proti trásněnkám od roku 1993. Podobně lze využít i *Hypoaspis aculeifer*, který se žíví larvami smutnic, muchnic, trásněnek a chvostoskoků. V Evropě byl poprvé použit v roce 1996 (Kovaříková 2019). Za posledních dvacet let je opět biologická ochrana dávána do popředí, o tom svědčí i velké množství bioagens a biologických přípravků (Prokinová 2017).

V České republice jsou parazitoidi jako bioagens používáni již od 80. let minulého století. První organizací byla biolaboratoř tehdejší JZD Mír Chelčice u Vodňan. Ve sklenicích o výměře 120 ha byla mimo jiné používána biologická ochrana na bázi bioagens. V 90. letech, po otevření hranic, se začala dovážet zelenina a okrasné rostliny z ciziny. Výměra skleníků klesla na 12-16 ha. Došlo k prudkému nárůstu malopěstitelů se směsnými kulturami ve sklenicích a distribuce a dovoz bioagens od velkých firem jako např. Koppert Biological System, Biobest atd. Změnily se podmínky praktického využití bioagens. Zároveň se ale zlepšila informovanost veřejnosti o biologické ochraně rostlin (Bagar et al. 2003).

3.1.2 Škůdci

Škodlivé organismy, popřípadě škůdci, jsou patogeny člověka, kulturních rostlin a chovaných zvířat, ničitelé lidského majetku a produktů (Tichá 2001). Stejně jako ostatní živé organismy, i škůdci plní v přírodě užitečnou roli (Kreuter 2002). Záleží na tom, z jakého pohledu se na škůdce díváme. Pěstitelé rostlin považují mšice a červce za škůdce, naopak včelaři je vítají z důvodu potravy pro včely a tvorby medovice (Tichá 2001). V přírodě neexistuje organismus, který by výhradně škodil, anebo prospíval. Přirozený ekosystém je takový, kde žijí v rovnováze živé organismy s neživým prostředím. Znamená to, že mají určený

životní prostor, vztahy mezi sebou a takovou velikost populace, která je udržována optimálním množstvím výživy, velikostí prostoru, antagonistickými vztahy s jinými organismy a dalšími faktory. Jakmile dojde k přemnožení nějakého druhu, přirození nepřátelé (patogeny, cizopasnici nebo dravci) zvýší svůj počet a tím jejich stav regulují (Tichá 2001). Pokud se rovnováha naruší, zahájí se proces odbourání pomocí hub a živočichů, které bereme jako škůdce (Urban & Šarapatka 2003).

Proti přemnožení škůdců je nejlepší vyvážený ekologický systém. I drobní živočichové se mohou nepříznivě projevit, jakmile dojde k porušení rovnováhy. Jasným příkladem je sviluška ovocná, která se přemnožila až ve chvíli, kdy se chemickými postřiky zahubili její přirození nepřátelé, draví roztoči. Nikdy bychom neměli škůdce zcela vyhubit, stačí je držet v mezích škodlivosti. Biologická ochrana škůdce nehubí, ale pouze se proti nim brání (Kreuter 2002).

Před sezonou by se pěstitelé měli seznámit se způsobem života škůdců, jejich vztahem s přirozenými nepřáteli a hostitelskými rostlinami. A také jací škůdci mohou napadat konkrétní kultury. Po celou sezonu by měla být ohniska škůdců likvidována a naopak by měly být podporovány užitečné organismy. Pokud jsou nalezeni škůdci, ať už podle nalezených exemplářů nebo podle poškození rostliny, je nezbytné potřebnými kroky okamžitě zamezit dalšímu šíření (Tichá 2001).

3.1.3 Přirození nepřátelé

Přirození nepřátelé snižují životaschopnost škůdcům, buď způsobí smrt, anebo schopnost rozmnožování. Vliv na škůdce má imigrace, emigrace, natalita a mortalita. Přirození nepřátelé ovlivní pouze dva tyto faktory. Na škůdce mají vliv i abiotické faktory (teplota, vlhkost a délka světelného dne), potrava a konkurence jedinců stejného druhu (Bagar et al. 2003).

Doposud známé stovky druhů přirozených nepřátel hmyzu nevedly k problémům životního prostředí. Obecně platí, že pracovníci biologické ochrany dávají přednost dovozu specializovaných přírodních nepřátel, útočících pouze na jeden nebo několik příbuzných fytofágních druhů. Zdokumentovaných problémů způsobených zavlečenými organismy se týkají pokusy o ochranu pomocí jiných predátorů než hmyzu, jako např. obratlovců, ptáků a hlemýžďů (Greathead 1995).

3.2 Prognóza a signalizace

Aby byla biologická ochrana účinná a nemusela být opakována, je důležité správné načasování, se kterým pomáhá prognóza a signalizace výskytu (Kazda 2003).

Prognóza určuje riziko výskytu škůdce. Hlavním způsobem je zjišťování počtu přezimujících škůdců na rostlinách. Další možností jsou půdní rozbory. Prognóza se provádí po celou dobu vegetace (Kazda 2003).

Signalizace určuje dobu, která je vhodná k použití konkrétní ochrany. Běžnou metodou pro určení náletů škůdců je diagnostika pomocí žlutých a bílých lepových pásek, anebo žlutých Mörickeho misek. Tato signalizace láká hmyz svou barvou. Využívá se v porostech olejnin, ovocných sadech a sklenících. Některé druhy motýlů se lákají na sexuální feromony v lapácích. Setkáme se s nimi ve sklenících a ovocných sadech. Méně přesnou metodou je využívání sumy efektivních teplot. Jakmile dosáhnou denní teploty určité hranice, signalizuje se potřeba

ošetření. Ošetření proti houbovým chorobám se signalizují sledováním průběhu počasí a sledováním předpovědí a reálných průběhů počasí (Kazda 2003).

3.3 Přípravky na bázi mikroorganismů

Přípravky na bázi mikroorganismů jsou tzv. aplikovanou biologickou ochranou, která je jen jiným typem chemické ochrany. Patří sem viry, bakterie, houby a prvoci. V principu způsobují choroby škodlivému hmyzu. Mají přirozený význam v boji proti škůdcům (Bagar et al. 2003). Mikroorganismy jsou schopny hromadně nakazit celou populaci škůdců (Tichá 2001).

Parazitické mikroorganismy často zabijí svého hostitele přímo. Mrtví hostitelé uvolňují miliony jednotlivých mikrobů, které jsou rozptýleny větrem a deštěm. Kvůli jejich nepatrné velikosti a rychlé reprodukci v hostiteli jsou jednodušší na aplikaci než paraziti (Greathead & Waage 1983). Jsou odolní vůči izolaci, pěstování a průmyslové výrobě (Bagar et al. 2003).

3.3.1 Viry

Využití virů je intenzivně zkoumáno. Netvoří buněčnou strukturu. Rozmnožují se v buňkách bakterií, rostlin a živočichů. Takto vyvolávají tzv. virózy. Proti škůdcům se používají entomopatogenní viry, jako např. rod *Borrelina* a *Birdia* (Tichá 2001). Virové preparáty proti housenkám obaleče jablečného mají v ČR bohatou historii. Virové partikule jsou housenkou sežrány a v jejich střevech se uvolní viriony (Navrátilová 2019).

3.3.2 Bakterie

Bakterie jsou účinnější než viry a kultivovány více jak 20 let. Bakterie jsou mimobuněční parazité, kteří vylučují toxiny a tím vyvolávají nákazy. K nejvíce probádaným užitečným bakteriím patří rod *Bacillus*. Působí specificky na cílových organismech (Tichá 2001). Nejznámější insekticidní biopreparát je na bázi bakterie *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki*, který se používá proti housenkám motýlů řádu *Lepidoptera*. Jedná se o požerový preparát, který nepůsobí na dospělce ani jiné škůdce (Navrátilová 2019). Biopreparát, který obsahuje bakterii *Bacillus thuringiensis*, ssp. *kurstaki* se nazývá Biobit. Známým biopreparátem, který hubí larvy mandelinkovitých a nosatcovitých, je Novodor. Obsahuje bakterii *Bacillus thuringiensis*, ssp. *tenebrionis* (Hluchý & Zacharda 1994).

3.3.3 Prvoci

Prvoci omezují populace škůdců tím, že cizopasí v jejich tělech. Stále jsou intenzivně zkoumáni. K regulaci škůdců se zatím využívají hmyzomorky (*Microspora*) rodu *Nosema* a *Vavraia* (Tichá 2001).

3.3.4 Houby

Napadení hostitele houbou probíhá pomaleji než u bakteriální infekce a houby nezpůsobují epidemie. Snižují počet jedinců pouze cílového škůdce (Tichá 2001). Podle způsobu napadení rozdělujeme houby na mykoparazitické a entomopatogenní.

Mykoparazitické houby napadají hyfy jiných hub a využívají je jako zdroj živin. Podle způsobu výživy je lze rozdělit do dvou skupin. První skupina mykoparazitů hostitele zabíjí. Napadají širokou škálu hostitelů pomocí hydrolytických enzymů, látek antibiotické povahy a exotoxinů. Patří sem rody *Trichoderma* a *Clonostachys*. Druhá skupina hostitele přímo nezabíje. Živiny získávají z žijícího mycelia. Specializují se na jeden nebo několik patogenů. Jsou to např. *Ampelomyces quisqualis* a *Sporidesmium sclerotiorum*. Jsou to půdní houby, které jsou schopny napadat fytopatogenní druhy hub a jejich klidová stádia. Dále se podílí na rozkladu organické hmoty. Aplikace přípravků z těchto hub se provádí výhradně na osivo, ale i do půdy nebo pěstebního substrátu. Testování se provádí na řadě polních plodin luskovinách, obilninách, máku, kmínu, bramborách, česneku a mrkvi. Všechny mykoparazitické houby se používají hlavně jako prevence proti půdním patogenům. Proto je při jejich používání důležité počasí. Jakmile nastane období sucha, může se snížit jejich účinnost (Ondráčková et al. 2019).

Entomopatogenní houby nejsou v ČR povoleny. Ve světě se používají rody *Beauveria*, *Isaria*, *Metarhizium* a *Lecanicillium*. Entomopatogenní houby parazitují na škůdcích, jakými jsou např. molice, mšice, třásněnky, mouční červy nebo roztoči. Mohou napadat i fytofágní roztoče a háďátka. Jsou běžně součástí půdy. Houby se specializují hlavně na larvy, ale i na dospělce a vajíčka. Ke vstupu do těla využívají méně sklerotizované části těla a přirozené otvory (dýchací, řitní a ústní). Ihned po napadení dojde k rychlému rozmnožení a okamžitému zabíjení hostitele. Výhodou entomopatogenních hub je hlavně neškodnost vůči životnímu prostředí a obratlovcům. Nemají vliv na užitečný hmyz. U cílových škůdců nedochází ke vzniku rezistence. Nevýhodou je jejich závislost na teplotě a vzdušné vlhkosti, proto se používají výhradně ve sklenicích. Další nevýhodou je dlouhá doba usmrcení hostitele (Ondráčková et al. 2017).

3.4 Přípravky na bázi makroorganismů

Makroorganismy jsou velikostně podobní škůdcům (Bagar et al. 2003). Patří mezi ně hmyz, roztoči a pavouci z kmene členovci (*Arthropoda*) a parazitické hlístice (*Nematoda*). Svou aktivitou reagují na přítomnost škůdců (hostitelů) a regulují jejich počet. Jejich účinnost závisí na bioregulačním potenciálu (kratší vývojový cyklus než má hostitel, vysoká plodnost a zničení dostatečného množství škůdců), aktivním vyhledávání hostitele a toleranci vůči pesticidům. Jsou to většinou druhy snadno množitelné v umělých podmínkách (Koubová 2009).

3.4.1 Bioagens

Bioagens jsou makroorganismy, které jsou buď predátory, parazitoidy, nebo parazitickými hlísticemi. Vztah mezi parazitoidem a hostitelem je úzký, parazitoidi se specializují na omezené množství druhů (Kovaříková 2019).

Bioagens je prostředek na ochranu rostlin, který obsahuje živé parazity, parazitoidy nebo predátory mimo obratlovce (Prokinová 2017). Bioagens se odborně nazývají uměle vypěstovaní biologičtí pomocníci. Pro malé zahrádky nemají bioagens takový smysl jako pro profesionální použití ve velkých kulturách (Kreuter 2002). Obecně by se měly uvolňovat pouze ty organismy, o nichž je známo, že mají velmi omezené rozsahy hostitelů (Aeschlimann 1995). Pro svoji existenci potřebují přítomnost hostitele a vhodné biotické a abiotické podmínky.

Predátoři musí být pohybliví a schopní ihned vyhledat hostitele. Účinnost je velmi variabilní. Omezují ji nepřesná metodika, špatné načasování, nevhodné počasí a chemická regulace jiného škodlivého činitele (Šefrová 2006).

Na celém světě bylo do roku 2010 introdukováno více než 6 000 parazitoidů a predátorů proti 588 hmyzím škůdcům. Za posledních několik let se zvyšuje povědomí o zdraví a biopotravinách, a proto je možné očekávat větší nárůst používání makroorganismů v ochraně rostlin. Globální trh s makroorganismy by měl v roce 2022 dosáhnout obratu 788 milionů dolarů (Navrátilová 2019).

3.4.1.1 Hlístice

Hlístice jsou přirozenými obyvateli vlhkých půd, kde napadají larvy různých druhů hmyzu. Hlístice hostitele zahubí, opustí jeho tělo a vyhledává nového hostitele. Proti lalokonoscům se používají parazitické hlístice rodu *Heterorhabditis* a proti smutnicím hlístice *Steinernema feltiae* (Hluchý & Zacharda 1994).

Hlístice jsou dodávány ve formě vlhkého práškového substrátu, který se ve vodě rozpouští jako suspenze. Substrát se skladuje za tmy při nízkých teplotách. Aplikuje se ráno nebo večer při teplotě půdy 15 °C. Hlísticím nevyhovuje sucho a přímé sluneční záření (Kovaříková 2019).

Hlístice hledají hostitele v půdě a přežívají, dokud jsou v půdě škůdci (Kovaříková 2019).

3.4.1.2 Hmyz

3.4.1.2.1 Parazitoid

Tento hmyz se vyvíjí paraziticky v jednom hostiteli, který je nakonec zabit. Jednotlivý parazitoid během svého života konzumuje pouze jednu kořist (nebo hostitele) (Greathead & Waage 1983). Mezi parazitoidy patří kmen členovců (skupina hmyzu i roztoči). Významné jsou skupiny blanokřídlých (*Hymenoptera*) a dvoukřídlých (*Diptera*). Parazitoidi se dělí podle způsobu napadení hostitele do dvou skupin na endoparazitoidy a ektoparazitoidy. Larvální stádium endoparazitoidů probíhá uvnitř těla hostitele a živí se jeho tkáněmi. Ektoparazitoidi se přichytí na tělo hostitele a zvenku ho požírají. Všichni parazitoidi napadají veškerá vývojová stádia hostitele, avšak existují jednotlivé druhy parazitoidů, kteří se specializují jen na určitá stádia. Vyskytují se proto parazitoidi vajíček, larev, kukel a dospělců. V jednom hostiteli se může vyskytovat více druhů parazitoidů. Když samice parazitoida naklade do hostitele vajíčka, dochází k důležité fázi ve vztahu parazitoida a hostitel. Samice parazitoida vyhledává hostitele pomocí pachových signálů, které charakterizují jeho přítomnost nebo činnost (požer) na hostitelské rostlině. Zrakové podněty využívá velmi málo. Samice hodnotí kvalitu hostitele na základě jeho velikosti, stáří a přítomnosti vajíček jiné samice. Většinou si vybírá hostitele, který není obsazený. Samice si vybírá podle velikosti, aby zajistila co nejvíce živin pro své další generace. Samice blanokřídlých dokáže ovlivňovat pohlaví potomků, samičí vajíčka klade do větších hostitelů a naopak samčí do menších. Hostitelský organismus se může vajíčkům parazitoida bránit svojí imunitní reakcí, která je zabije. Proto samice některých parazitoidů po naklazení hostitele omráčí a larva využije tělo jako rezervu s potravou. Jiné druhy nechávají hostitele normálně růst a přijímat potravu. Jakmile larva ukončí své stádium v těle hostitele,

buď se zakuklí a vytvoří tzv. mumie a změní tak vzhled hostitele, jiné larvy tělo zcela opustí (Bagar et al. 2003). Ačkoliv larvální stádium je parazitické, dospělí jedinci jsou volně žijící a vysoce aktivní, aby mohli vyhledávat hostitele (Greathead & Waage 1983). Dospělci se živí rostlinnou stravou (Bagar et al. 2003). Jsou aplikováni do skleníků i polních podmínek. Vysazují se při minimální teplotě 15 °C (Kovaříková 2019).

Drobněnka rodu *Trichogramma*

Drobněnka rodu *Trichogramma* (viz Obrázek 1) je nejdéle používaná bioagens. Poprvé byla použita v roce 1926 proti obaleči jablečnému (*Cydia pomonella*) (Helyer et al. 2014).

Parazitická vosička rodu *Trichogramma* má rozpětí křídel 0,8 mm (Bagar et al. 2003). Dospělci jsou velcí okolo 0,3 až 0,4 mm (Bohatá 2021). Velikostně patří mezi nejmenší hmyz na světě (Lenteren 2008). Samičky parazitují na vajíčkách motýlů. Uvnitř těla motýlů proběhne vývoj vajíčka, larvy a kukly (Bagar et al. 2003). Živí se zárodkem housenky, kterou zcela zahubí. Černé vajíčko motýla značí napadení parazitickou vosičkou. Vývoj probíhá při teplotách nad 10 °C (Helyer et al. 2014). Dospělec se vylíhne za 8-15 dnů (Bagar et al. 2003) a opouští tělo hostitele. Samice je schopna ihned klást vajíčka. Samice za 5-14 dnů naklade až 70 vajíček. Vývojový cyklus od vajíčka po dospělého trvá 7-20 dnů (Rod et al. 2005). Vosičky mohou být partenogenetické, kdy se líhnou pouze samičky a nepotřebují k dalšímu množení samečka, např. *T. evanescens*. Oproti tomu *T. pintoi* je schopný se množit jak z oplozených tak i neoplozených vajíček a populace se skládá ze samců i samic. Dalším způsobem množení je polyembryonie. Z jednoho vajíčka se vyvíjí 1-20 jedinců vosičky podle velikosti vajíčka hostitelského motýla (Bagar et al. 2003).

Druhy registrované v České republice jsou *T. brassicae*, *T. pintoi* a *T. evanescens* (van Lenteren 2012).

Trichogramma se používá hlavně k ochraně před obtížně regulovatelnými housenkami (Rod et al. 2005). V ČR se používají v polní produkci proti zavíječi kukuřičnému (*Ostrinia nubilalis*) a černopásce bavlníkové (*Heliothis armigera*) (Psota & Kopta 2010), která napadá papriky, rajčata a fazole. Dále proti obaleči hrachovému (*Cydia nigricana*) (Rod et al. 2005) a v košťálové zelenině proti můře zelné (*Mamestra brassicae*). Ve skleníkových kulturách je povolena aplikace proti můře kapustové (*Lacanobia oleracea*) a černopásce bavlníkové (Psota & Kopta 2010).



(Obr. 1. Drobněnka rodu *Trichogramma*, zdroj: Biocont 2021)

Mšicomar rodu *Aphidius*

Jako bioagens se používají zástupci *Aphidius ervi* a *Aphidius colemani*. Nejčastěji se používají k ochraně skleníků proti mšicím, převážně rodu *Myzus* a *Aphis* (Rod et al. 2005).

A. ervi pochází z Evropy, odkud byl dál šířen do Severní a Jižní Ameriky a Austrálie (Helyer et al. 2014). *A. colemani* se rozšiřoval přes Střední Asii, Indii až do Středozeří (Rod et al. 2005).

Mšicomar rodu *Aphidius* je velký asi 2 mm (Hluchý & Zacharda 1994). Mšicomar se v porostu vyznačuje hnědými parazitovanými (mumifikovanými) mšicemi (Helyer et al. 2014).

Životní cyklus *A. colemani* záleží na teplotě prostředí. Při teplotě 21 °C trvá 14 dnů a při 15 °C až 20 dnů. Samičky kladou pouze jedno vajíčko. Celý vývojový cyklus probíhá uvnitř hostitelské mšice. Snížení účinnosti anebo smrt mšicomarů může nastat při překročení teploty 30 °C nebo použitím pyrethroidů (Helyer et al. 2014).

Aplikace mšicomarů je vhodnější při menším výskytu mšic (Helyer et al. 2014). Jsou schopni parazitovat až na 40 různých druzích mšic. Výrobci nabízejí kombinovaný přípravek s oběma druhy mšicomarů. Jsou dodávány v mumifikovaných mšicích, buď samostatně v substrátu nebo s vylíhnutými dospělci (Rod et al. 2005). Dalším způsobem je tzv. „banker plant“. To je rostlina, která obsahuje cílového škůdce a mšicomara (Helyer et al. 2014). Krabička s mšicomary se dává do stínu. Rozmístění v porostu je 1-5 mšicomarů na m² (Psota & Kopta 2010).

Lumčík *Dacnusa sibirica*

Lumčík napadá larvy vrtalek. Používá se ve sklenících na zeleninové kultury (Psota & Kopta 2010). Je velký asi 3 mm. Má tmavohnědou barvu a dlouhá tykadla (Hluchý & Zacharda 1994), která jsou velikostně podobná tělu (Helyer et al. 2014).

Larvální cyklus probíhá uvnitř larev vrtalky (Hluchý & Zacharda 1994). Podle pachu trusu vrtalek hledá samička hostitelskou larvu. Samička klade 60-90 vajíček, jedno do jedné larvy. Oproti jiným parazitovaným hostitelům, nemění larva po napadení barvu. Jsou tudíž nerozlišitelné od zdravých (Helyer et al. 2014). Larva lumčíka se kuklí v půdě uvnitř larvy nebo kukly vrtalky (Hluchý & Zacharda 1994).

Lumčík se dodává v ampulích, kde se nachází 100 dospělých jedinců. Optimální teplota pro aplikaci je 15-20 °C, tedy podzim a časné jaro. Vypouští se 0,1-1 kus/m² (Hluchý & Zacharda 1994). Nejvhodnější použití je v kombinaci s lesknatkou *Diglyphus isae*. Zvyšuje se tak účinnost proti larvám vrtalek (Helyer et al. 2014).

Lesknatka *Diglyphus isaea*

Lesknatka se používá ve sklenících na ochranu proti larvám vrtalek. Její velikost se pohybuje mezi 2-3 mm. Je zbarvena do kovově modré až zelené barvy a má krátká tykadla (Hluchý & Zacharda 1994).

Samice napadá larvy vrtalek paralyzováním (znehyněním). V těsné blízkosti naklade vajíčka. Vylíhlé larvy napadají vrtalky (Hluchý & Zacharda 1994). Larva se kuklí v listech napadené rostliny. Dospělci se prokoušou skrz list (Helyer et al. 2014). Dospělci se dále živí larvami a jsou schopni zlikvidovat až 360 larev vrtalek (Hluchý & Zacharda 1994).

Lesknatka je do skleníků dodávána jako živá vosička v ampulích. Používá se až při teplotách nad 20 °C. Běžně se vypouští 0,05-1 jedinců na m² (Hluchý & Zacharda 1994).

Mšicovník *Encarsia formosa*

Mšicovník *Encarsia* se začal používat již ve 20. letech 20. století. V 50. letech převaha syntetických insekticidů zapříčinila omezení používání tohoto druhu. Postupný opětovný nárůst začal až v 70. letech (van Lenteren 1995).

Mšicovník má 0,6 mm. Samice mají černé tělo a žlutý zadeček. Zcela černí jsou samci (Helyer et al. 2014). Mšicovníci napadají larvy molice. Po parazitaci klidové stádium molice (puparium) ztmavne. Dospělci se líhnou po 10 dnech. Samice je schopna za den naklást 10-15 vajíček (Hluchý & Zacharda 1994).

Samice hledají hostitele pomocí medovice, kterou produkují molice. Z medovice unikají těkavé látky, které samice vycítí. Samice naklade jedno vajíčko do jedné larvy molice. Jakmile při kladení vajíček dojde ke smrti molice, nevyvine se molice ani mšicovník (Helyer et al. 2014).

V kolonii mšicovníků převládají samice. Samci se líhnou, pouze pokud se v hostiteli nachází druhé vajíčko mšicovníka (Helyer et al. 2014).

Nejčastěji se používá v zeleninových kulturách ve sklenících a fóliovnících. Důležitá je teplota nad 18 °C a vzdušná vlhkost alespoň 70 %. Ve sklenících se rozvěšují kartonové kartičky obsahující parazitovaná puparia. Další možností je dávkování puparií do zavěšených kelímků. Preventivně se zavěšuje 0,5-1 kus/m² každých 14 dnů (Hluchý & Zacharda 1994).

Mšicovník *Eretmocerus eremicus*

Mšicovník se zaměřuje především na molice skleníkové a molice bavlníkové. Pochází z Arizony, proto je zvyklý odolávat extrémním teplotám od mrazu až do 40 °C. Dospělec dosahuje velikosti 0,5-0,6 mm (Helyer et al. 2014).

Po 4 dnech od naklazení vajíček se líhnou larvy. Ty opouští hostitele a vrací se zpět po 3-4 dnech. Larva parazitoida se živí obsahem těla larvy hostitele (Helyer et al. 2014). Počet vajíček, který samičky nakladou, závisí na teplotě. Průměrně nakladou 3-5 vajíček za den. Při 30 °C jsou schopny naklást až 17 vajíček (Rod et al. 2005).

Mšicovník *E. eremicus* se používá k regulaci molice ve sklenících (Helyer et al. 2014). Stejně jako mšicovník *Encarsia* se dodává na kartičkách parazitovaných molice (Psota & Kopta 2010). Pokud je napadení molice velké, doporučená dávka je 20 kusů/m². Při běžném použití stačí 3-5 kusů/m² (Helyer et al. 2014).

3.4.1.2.2 Predátor

Na rozdíl od parazitoidů, kteří jsou specializovaní pouze na určité druhy hostitelů a spjatí pouze s jedním jedincem, predátoři mají širší spektrum napadení (Bagar et al. 2003). Predátoři mají tendenci spíše oslabovat než zabíjet jejich hostitele (Greathead & Waage 1983). Spotřebovávají více potravy oproti parazitoidům (Bagar et al. 2003).

Podle druhu stravy se predátoři dělí na polyfágní a specializované (monofágní). Polyfágní členovci jsou v biologické ochraně obvykle málo užiteční, nesoustředí svou pozornost na cílové škůdce. Mají sklon se živit nejhojnější a snadno chycenou kořistí. To může zahrnovat také

užitečné druhy (Greathead & Waage 1983). Polyfágní predátoři se živí všemi vývojovými stádii velkého počtu kořisti a někteří doplňují výběr i rostlinnou stravou. Mezi polyfágními predátory s kousacím ústrojím mají velký význam v polních podmínkách střevlíkovití (*Carabidae*), drabčíkovití (*Staphylinidae*) a páteříčkovití (*Cantharidae*). Významnou roli hraje také sociální hmyz, vosy (*Vespidae*). Sociální hmyz v polní produkci napadá hlavně larvy brouků a motýlů. Mezi polyfágní druhy se savým ústním ústrojím patří významné ploštice (*Heteroptera*). Některé druhy se živí jak rostlinnou, tak živočišnou stravou. Jsou schopny dokončit vývoj na obou typech, nejlépe však na smíšené stravě (Bagar et al. 2003).

Specializovaní predátoři mají menší výběr kořisti, kterou může být pouze určitá skupina živočichů. K zajištění trvalého příjmu potravy je nutné, aby zastoupení cílové skupiny živočichů bylo hojné. U nás jsou takovou kořistí především mšice, třásněnky a svlušky. Specializovanými predátory jsou z řádu brouků (*Coleoptera*) zástupci čeledě sluněčkovitých (*Coccinellidae*), z řádu dvoukřídlých čel' pestřenkovitých (*Syrphidae*), z řádu síťokřídlých (*Neuptera*) zástupce z čeledi zlatoočkovitých (*Chrysopidae*) a denivkovitých (*Hemerobiidae*). Samice predátorů migrují mezi jednotlivými kořistmi a zanechávají tam část vajíček. Kořist produkuje tzv. medovici, proto se predátoři řídí především čichem. Každá skupina predátorů má jinou strategii kladení vajíček. Zlatoočkovití kladou vajíčka rozptýleně již v počátku výskytu kořisti. Larvy jsou velmi pohyblivé a tak dokáží kořist najít. Sluněčkovití hledají málo napadené porosty a čekají, než se hustota kořisti zvýší a jejich larvy se tak užíví. U larev dochází ke kanibalismu, kdy dříve vylíhlé larvy požírají ještě nevylíhlá vajíčka. Pestřenkovití kladou vajíčka na kořist s vysokou hustotou populace (Bagar et al. 2003).

Bejlmorka *Aphidoletes aphidimyza*

Bejlmorka se živí všemi druhy mšic, které se vyskytují ve sklenících (Helyer et al. 2014). Nedokáže se vyvíjet na jiném hmyzu (Rod et al 2005).

Bejlmorka má dlouhé končetiny a jemná křídla (Helyer et al. 2014). Dospělci jsou velcí 2,5 mm a přes den jsou ukryti v porostu (Hluchý & Zacharda 1994).

Samice kladou vajíčka do kolonií mšic. Kladou 100-150 vajíček (Hluchý & Zacharda 1994). Vajíčka jsou velká 0,3 x 0,1 mm a mají oranžovo-červenou barvu. Vylíhlé larvy mšice paralyzují toxinem. Po pár minutách larva mšici zcela zkonzumuje (Helyer et al. 2014). Larvy spotřebují až 100 mšic. Při velkém přemnožení mšic jsou schopny paralyzovat i více, než samy zkonzumují (Hluchý & Zacharda 1994). Po týdnu mají larvy 2,5 mm. Kuklí se v půdě. Dospělec se vylíhne za 10-14 dnů (Helyer et al. 2014). Celý vývoj závisí na teplotě. Při 15 °C trvá 32 dnů a při 25 °C 15 dnů (Rod et al 2005).

Bejlmorka se dodává po 1 000 kusech kukel v sypkém substrátu v plastových lahvičkách. Tato dávka vystačí na 500-1 000 m² (Hluchý & Zacharda 1994). Lahvičky se zavěšují mezi rostliny nebo se substrát sype do vlhkých míst u rostlin (Rod et al 2005). Ideální teplota pro introdukci je 18 °C a vysoká vzdušná vlhkost (Hluchý & Zacharda 1994).

Sluněčko *Cryptolaemus montrouzieri*

Sluněčko pochází z Austrálie. Entomolog Albert Köbele ho v roce 1891 přivezl do USA pro likvidaci červce perlovce zhoubného (*Icerya purchasi*). Dnes se používá hlavně

ve sklenících a zimních zahradách (Psota & Kopta 2010). Kromě červců se v případě nedostatku mohou žít i mšicemi (Hluchý & Zacharda 1994).

Dospělci mají 4 mm a typické zaoblené tělo s černými krovkami. Hlava, předohruď a zadeček jsou oranžové. Krovky mají černé. Larvy jsou 13 mm velké a jsou vzhledově podobné červcům (Helyer et al. 2014).

Samice pět dní po páření klade vajíčka do kolonie červců. Zajišťuje tím kořist pro larvy. Je schopna naklásat 200-700 vajíček (Helyer et al. 2014). Larva zkonzumuje až 250 červců (Hluchý & Zacharda 1994).

Slunéčko se dodává po jednotlivých kusech ve stádiu dospělého ve 30 ml ampulích. Na rostlinu se dává 2-5 jedinců. Vypouští se na jaře a na podzim. Potřebují teplotu 22-25 °C a vlhkost 70-80 %. Při nižších teplotách přestávají být aktivní a nepřijímají potravu (Hluchý & Zacharda 1994).

Klopuška skleníková *Macrolophus caliginosus*

Klopuška je dravá ploštice, která se používá proti molicím, konkrétně molici tabákové. Využívá se hlavně v teplejších oblastech, kde přestává fungovat *Encarsia formosa*. Klopušky nepohrdnou ani mšicemi, třásněnkami nebo sviluškami (Hluchý & Zacharda 1994). Při nedostatku škůdců se dokážou stravovat i rostlinnou stravou (Helyer et al. 2014).

Dospělci jsou štíhlí a velcí 6 mm. Larvy i dospělci mají světle zelenou barvu. Jejich dlouhé nohy jim umožňují se pohybovat po rostlinách s hustými chloupky, jako jsou například rajčata (Hluchý & Zacharda 1994).

Samička klade vajíčka tak, aby nebyla vidět, do stonků nebo listů. Vývoj z nymfy do dospělého trvá 30 dnů při 25 °C a 50 dnů při 20 °C (Helyer et al. 2014).

Hladěnka *Orius laevigatus*

Hladěnka je dravá ploštice, která se živí převážně třásněnkami (larvami i dospělci), ale i roztoči, molicemi, mšicemi a vajíčky a housenkami motýlů a samotným pylem (Hluchý & Zacharda 1994). Hladěnky se používají ve sklenících a ovocných sádkách (Helyer et al. 2014). Původně se vyskytují v jižní Evropě a severní Africe. Do Evropy je firmy dodávají z jihu USA (Rod et al 2005).

Hladěnka má 2-3 mm, je lesklá a má žlutočernou barvu. Larvy mají barvu žlutou (Hluchý & Zacharda 1994). Při lovení kořisti se řídí čichem a reagují na její pohyby (Rod et al 2005).

Samice klade vajíčka na spodní stranu listů do hlavních žilek (Helyer et al. 2014). Vývojový cyklus od vajíčka po dospělého závisí na teplotě. Při 20 °C trvá 23 dnů, při 30 °C pouze 12 dnů (Hluchý & Zacharda 1994). Samice naklade až 165 vajíček. Nymfy se vyskytují na listech a dospělci v květech (Rod et al 2005).

Hladěnka se dodává jako směs nymf a dospělců v substrátu v PE lahvích. Dávka vystačí na 500 m². Pokud nedojde k rychlému aplikování produktu, ploštice se v substrátu mohou vzájemně napadat. Substrát se sype na rostliny hlavně v místech silného napadení (Hluchý & Zacharda 1994). Dle Psoty & Kopty (2010) je vhodné substrát vložit na čedičovou vatu nebo do aplikačních krabiček. Aplikace by měla proběhnout při minimální teplotě 15 °C, večer nebo ráno.

3.4.1.2.3 Dravý roztoč

Draví roztoči loví kořist principem pronásledování. Po dopadení kořisti dochází k vysátí vnitřní tekutiny pomocí trubicovitého ústrojí (Tichá 2001). Jsou aplikováni ve sklenících a trvalých kulturách (sady, vinice). Draví roztoči ve sklenících vyžadují minimální teplotu 15 °C. Pilinový substrát s roztoči se sype přímo na napadenou rostlinu. Do trvalých kultur se roztoči vysazují v zimě (prosinec až únor). Jsou dostupní také ve formě pěstěných pásků. Tyto pásky se umisťují na kmeny stromů nebo větve. Aplikují se pouze jednou. V kultuře roztoči přežívají a úspěšně se množí (Kovaříková 2019).

Draví roztoči jsou citliví na draselné soli, pyretridy a jiné chemické přípravky (Kovaříková 2019).

Typhlodromus pyri

Typhlodromus pyri se používá proti sviluškám a hálčivcům v sadech a vinicích (Psota & Kopta 2010). Roztoč v sadech a vinicích přezimuje, proto se aplikuje jednorázově (Hluchý & Zacharda 1994).

T. pyri je velký 0,6 mm a je zbarven do mléčně bílé barvy. Při nedostatku potravy se živí pylem rostlin, vysává hyfy a konidie hub (Hluchý & Zacharda 1994).

Přes zimu jsou samičky schované v trhlínách kůry na větvích nebo kmenech. Probouzí se závisle na teplotě. Po pár týdnech kladou vajíčka (Hluchý et al. 2008).

T. pyri se dodává v plstěných pásech, kde je v každém asi 20 přezimujících samic. Připevňují se na kmínky nebo větve stromů v zimě od prosince do února (Hluchý & Zacharda 1994). V sadech se aplikuje 1 500 - 3 000 pásků/ ha. Ve vinicích 1 000 pásků/ ha (Psota & Kopta 2010). Po oteplení roztoč opouští plstěný pás a osidluje strom (Helyer et al. 2014). Další možnostmi jsou aktivní draví roztoči v sytkém vermikulitovém substrátu. Aplikace se provádí od dubna do září (Hluchý & Zacharda 1994). Při introdukci není vhodné použití pesticidů, které by mohly roztoče zahubit (Helyer et al. 2014). *T. pyri* kmen „Mikulov“ je proti řadě pesticidů proti škodlivému hmyzu a houbovým chorobám odolný (Hluchý & Zacharda 1994).

Phytoseiulus persimilis

Dravý roztoč *Phytoseiulus persimilis* je nejvíce používán v ochraně proti svilušce chmelové (*Tetranychus urticae*) (Rod et al. 2005). Živí se dospělci, nymfami, larvami i vajíčky (Hluchý & Zacharda 1994). Je schopný zkonzumovat mladé třásněnky, medovici a jiné svilušky, pokud nemá dostatek potravy (Rod et al. 2005).

P. persimilis je velikostně podobný sviluškám. Měří asi 0,5 mm. Oproti svilušce je více pohyblivý a je zbarven do oranžova (Hluchý & Zacharda 1994).

Samice klade až 60 vajíček za svůj život. Nymfy se líhnou po 4 dnech. Vývojový cyklus trvá 9 dnů (Hluchý & Zacharda 1994). Dle Rod et al. (2005) trvá vývoj 5 dnů při 30 °C a 25 dnů při 15 °C.

Dospělci vysají za den 5 dospělých svilušek nebo 20 larev a vajíček (Hluchý & Zacharda 1994).

P. persimilis se dodává buď jako vermikulitové granule ve 30 ml PE ampulích po 1 000 kusech, které vystačí pro 100-250 m², nebo po několik kusech na fazolových listech (Hluchý & Zacharda 1994). Preventivně se aplikují 2-3 kusy roztoče na m² po 3 týdnech (Psota & Kopta

2010). Teplota pro spolehlivou ochranu je 20 až 25 °C a vzdušná vlhkost 70-90 %. Důležité je také větrání a rosení (Hluchý & Zacharda 1994).

Amblyseius cucumeris

Amblyseius cucumeris je dravý roztoč, který se využívá ve sklenicích proti trásněnkám v produkci paprik a okurek. *Amblyseius cucumeris* konzumuje hlavně první a druhý larvální instar trásněnek. Je schopna se živit i sviluškami a pylem (Rod et al. 2005). Přestože se vyskytují přirozeně na plodinách mírného pásu, introdukce pomáhá k jeho rozšiřování (Helyer et al. 2014).

Má světlou barvu a je velký asi 1 mm. Nymfy a dospělci mají 4 páry nohou. První pár používají jako tykadla. Mají průsvitná oválná vajíčka (Helyer et al. 2014).

Samička klade vajíčka na trichomy rostlin, aby nedošlo k predaci stejným druhem (Rod et al. 2005). Vylíhlá larva má pouze 6 končetin. V dalších stádiích již má 8 končetin. Až tyto nymfy jsou schopné přijímat potravu (Helyer et al. 2014). Nymfy a dospělci kořist nabodávají a vysávají (Rod et al. 2005). Za den zkonzumují až 3 larvy trásněnek (Hluchý & Zacharda 1994).

Amblyseius cucumeris se používá při teplotě 18 °C a musí mít vzdušnou vlhkost více jak 65 %. Dodává se v substrátu s obilnými klíčky a moučnými roztoči, kterými se živí při transportu (Hluchý & Zacharda 1994), buďto v plastových lahvích, papírových sáčcích, nebo ve vermikulitu. Substrátem z lahve se posypávají rostliny. Sáčky se zavěšují na rostliny (Rod et al. 2005). Na 1 m² se používá 25-100 kusů dravého roztoče (Hluchý & Zacharda 1994).

Hypoaspis aculeifer

Hypoaspis aculeifer jsou roztoči přirozeně se vyskytující v povrchových vrstvách půdy, kompostů nebo hnízdech ptáků. Potravou jim jsou larvy smutnic, muchnic a trásněnek (Helyer et al. 2014).

Dospělci mají béžovou až světle hnědou barvu. Jsou velcí 1 mm (Helyer et al. 2014).

Samice naklade do vrchních vrstev půdy 2-3 vajíčka za den. Pokud nedojde k oplození vajíčka, líhnou se pouze samci. Vývojový cyklus při 20 °C trvá 18 dní a při 28 °C pouze 9 dní (Helyer et al. 2014).

Roztoč je dodáván v sypkém substrátu ve všech stádiích vývoje. Aplikuje se rozhozením substrátu v kultuře. Roztoč při teplotě do 11 °C a nad 30 °C přestává být aktivní (Helyer et al. 2014).

3.5 Strategie

Každý druh škůdce vyžaduje jinou strategii. Základní ochranou je prevence, signalizace výskytu, kurativní ochrana (přímý krok při jeho objevení) a korekce (snížení počtu) (Tichá 2001).

3.5.1 Inokulativní introdukce

Běžně se označuje jako „klasická biologická ochrana“ (Greathead & Waage 1983). Dochází k záměrnému dovezení přirozených nepřátel z jiných zeměpisných oblastí. Patří mezi

nejefektivnější biologický boj proti škůdcům (Bagar et al. 2003). Jakmile dojde k převaze nad škůdcem, je dosažena biologická rovnováha a další ochrana je zanedbatelná (Greathead & Waage 1983). Nejlepším způsobem, jak čelit problémům se zavlečenými škůdci, je dovoz jejich přirozených nepřátel z jejich původního místa (Bagar et al. 2003). Introdukce se také používá proti původním škůdcům, kteří postrádají účinné přirozené nepřátele nebo kde byla přirozená biologická ochrana narušena intenzivnějším zemědělstvím (Greathead & Waage 1983).

Mezi první introdukci patří použití australského sluněčka *Rodolia cardinalis* (Bagar et al. 2003).

Introdukované druhy se lépe uchytí na ostrově než na pevnině a v tropickém pásmu než v mírném. Z toho důvodu je introdukce v ČR nejméně vhodnou metodou (Bagar et al. 2003).

3.5.2 Augmentativní introdukce

Augmentativní biologická ochrana je taková, kde jsou přirození nepřátelé pravidelně aplikováni na velké plochy k různým plodinám v systémech po celém světě (van Lenteren 2000). Je to umělé namnožení přirozených nepřátel a jejich vypuštění (Bagar et al. 2003).

Používá se, když se počet přirozených nepřátel zvyšuje nedostatečně, anebo přirození nepřátelé nejsou schopni udržet adekvátní hustotu. Jejich počet se proto zvyšuje vypuštěním laboratorně chovaných jedinců (Greathead & Waage 1983).

Augmentativní uvolňování užitečného hmyzu pro hubení škůdců ve sklenicích a polních situacích sahá do 20. let 20. století (van Lenteren & Woets 1988).

Obecně rozlišujeme dvě formy augmentativního uvolňování přirozených nepřátel: inokulativní (sezonní) a inundativní metodu (van Lenteren 2000).

Inokulativní (sezonní) metoda

V Evropě je tato metoda rozšířená jako sezonní očkování. Zahrnuje shromáždění přirozených nepřátel, výchovu a pravidelné uvolňování do krátkodobých plodin, nebo kde se vyskytuje více generací škůdců. Aby došlo k okamžité kontrole nad škůdci, je vypuštěn velký počet přirozených nepřátel. Ti se po celou dobu vegetace dál rozmnožují. Je získána kontrola nad více generacemi škůdců. Používá se ve sklenicích, kde jsou škůdci a přirození nepřátelé odstraňováni na konci vegetačního období. Také je používána, aby došlo k zabránění rozšiřování škůdce po několik let (van Lenteren 1995). Kolonizuje oblast po celou dobu trvání sezóny nebo vegetačního období plodiny, a tak zabraňuje hromadění škůdců (Greathead & Waage 1983). Nejvíce se používá dravý roztoč *Phytoseilus persimilis* a parazitoid *Encarsia formosa* (van Lenteren 1995).

Inundativní metoda

Při inundativní metodě dochází ke shromažďování prospěšných organismů a k jejich pravidelnému uvolňování ve velkém počtu, aby byla získána okamžitá kontrola nad škůdcem. Hubení škůdců způsobují hlavně vypuštění přirození nepřátelé a ne jejich potomci. Neaplikují se na plodiny, kde je práh poškození velmi nízký. Aplikaci je nutné provést ve velmi raných fázích napadení nebo pouze u plodin, kde se nachází jedna generace škůdce (Bigler 1994).

Aplikuje se v kritickém období pro krátkodobé potlačení počtu škodlivých organismů. Takto funguje většina chemických pesticidů (Greathead & Waage 1983). Příkladem je použití *Trichogrammy* proti zavíječi kukuřičnému (Bigler 1994).

Při této metodě se vypustí velké množství *Trichogrammy*, které škůdce zahubí, zatímco prospěšné organismy pak samy zahynou. K co nejvyššímu účinku dojde, když se vypustí 75 000 - 755 000 entomofágů (jedinců)/ha. Je možné je skladovat v nízkých teplotách několik týdnů, další metody skladování jsou druhově specifické. Aby nedocházelo k úhynu přirozených nepřátel při transportu a vysazování, byly pro ně vynalezeny různé typy přenosných schránek a substrátů (Bagar et al. 2003).

3.5.3 Podpora, ochrana a regulace

Jedná se o nepřímou metodu biologické ochrany. Dochází k ochraně a zvýšení počtu již přítomných přirozených nepřátel v prostředí plodiny (Greathead & Waage 1983). V období počátku vývoje škůdců dojde ke zvýšení jejich počtu. Tuto metodu lze ovlivnit mnoha způsoby. Vytvářet zimoviště pro přirozené nepřátele, vytvořit rostlinné diverzity a vysévat hojně kvetoucích rostlin na souvratě a v těchto místech omezit používání herbicidů. Mohou se využít i atraktanty, které mají nalákat přirozené nepřátele. Jako atraktant pro predátory mšic se používá roztok aminokyseliny tryptofanu, který připomíná medovici mšic. Přírodní metodou je umělá medovice vyrobená z cukru a kvasničného autolyzátu a vodní výluh z laskavce a dřišťálu, který stimuluje kladení vajíček (Bagar et al. 2003).

3.6 Povolené přípravky na ochranu rostlin

Povolené bioagens lze dohledat v registru přípravků na ochranu rostlin. Následující tabulky představují přehled a konečné označení bioagens používaných ve venkovních podmínkách.

Tab. 1. Přípravky na bázi hlístic

Obchodní název	Název účinné látky	Použití	Škůdce
CAPSANEM	<i>Steinernema carpocapsae</i>	okrasné rostliny, zelenina, skleníkové kultury, sady, ovocné dřeviny	můrovití - housenky, zavíječi - housenky, tiplice - housenky, brouci - larvy
Nemaplus antfree	<i>Steinernema feltiae</i>	okrasné rostliny, trávníky, zelenina, stromy, keře, zahrady, nezpevněné plochy	mravenci
Nemaslug	<i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>	okrasné rostliny, zelenina, zahrady	slimáci, plzáci
Nematop	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	okrasné rostliny, pěstební substráty, jahodník	lalokonosci rodu Otiorhynchus

Zdroj: upraveno podle Eagri 2021

Tab. 2. Přípravky na bázi parazitoidů

Obchodní název	Název účinné látky	Použití	Škůdce
Aphidius-System	<i>Aphidius colemani</i>	zelenina skleníková, okrasné rostliny, skleníkové kultury, foliovníky, jahodník	mšice mimo kyjatky
APHISCOUT	<i>Aphelinus abdominalis</i> , <i>Aphidius colemani</i> , <i>Aphidius ervi</i> , <i>Ephedrus cerasicola</i> , <i>Praon volucre</i>	zelenina skleníková, okrasné rostliny, skleníkové kultury, foliovníky, jahodník	mšice
APHISCOUT	<i>Aphelinus abdominalis</i> , <i>Aphidius colemani</i> , <i>Aphidius ervi</i> , <i>Ephedrus cerasicola</i> , <i>Praon volucre</i>	zelenina skleníková, okrasné rostliny, skleníkové kultury, foliovníky, jahodník	mšice
TrichoLet	<i>Trichogramma evanescens</i>	kukuřice setá	zavíječ kukuřičný, černopáska bavlníková
Trichoplus	<i>Trichogramma evanescens</i> , <i>Trichogramma pintoi</i>	kukuřice cukrová, kukuřice setá, zelenina skleníková, zelenina košťálová, zelenina plodová, fazol	zavíječ kukuřičný, černopáska bavlníková, můra kapustová, můra zelná
TrichoTop	<i>Trichogramma brassicae</i>	kukuřice setá, kukuřice cukrová	zavíječ kukuřičný

Zdroj: upraveno podle Eagri 2021

3.7 Použití v polní produkci

Orná půda je charakteristická krátkodobým pěstováním kultur a malou ekologickou rozmanitostí, proto na ní velmi zřídka přežívají užitečné a škodlivé organismy do dalších let. Pro přežívání potřebují krajinu s trvalou kulturou s co nejmenším lidským zásahem. Škůdci na jaře dokážou urazit větší vzdálenost než užitečné organismy. Na jednoleté kultury migrují z blízkého okolí, proto je důležité mít v blízkosti aplikované plochy pestrou krajinu s ekologicky vyrovnanými plochami (extenzivní louky, mokřady, křoviny atd.) (Häni et al. 1993).

Před rokem 1975 začaly pokusy s *Trichogramma* zaměřené na hubení lepidopterních škůdců v cukrové třtině a kukuřici. V letech 1975 až 1985 byly zaměřeny na škůdce bavlny, cukrové řepy, vinné révy, zelí, švestek, jablek, rajčat a rýže. Většina výzkumů se zaměřuje na kukuřici, kde mají velký úspěch. Z důvodu používání insekticidů proti mnoha dalším škůdcům v porostech bavlny a rýže dochází ke snižování účinku *Trichogrammy* (Hassan 1993).

Nejdéle používaný systém biologické ochrany v polní produkci je ochrana kukuřice parazitickou vosičkou rodu *Trichogramma* před zavíječem kukuřičným (Bagar 2018).

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) patří k hlavním škůdcům kukuřice (viz Obrázek 2 a 3). Hned po vylíhnutí larev vstoupí do stonku kukuřice (Bereš 2012). Způsobuje ve stéblech a později v klasech 2-4 mm velké otvory (Bagar et al. 2003). Poškozuje cévní systém a zvyšuje riziko lámání a praskání stonku (Bereš 2012). Kromě mechanického poškození

O. nubilalis přispívá k napadení houbami, jako je *Fusarium verticillioides*, což má za následek zvýšenou kontaminaci zrna mykotoxiny (Meissle et al. 2010). Housenky zavíječe přezimují v posklizňových zbytcích kukuřičných stébel (Bagar et al. 2003). Změna klimatu zvyšuje riziko napadení zavíječem. S růstem teplot by mohlo dojít k rychlejšímu růstu, k dřívějšímu napadení a ke schopnosti vytvoření více generací během jedné vegetace. Proto se náklady na ochranu kukuřice zvyšují (Gagon et al 2019).

Pokud je předpokládané napadení zavíječem vyšší než 20-25 %, účinnost *Trichogramm* je vyšší než při použití chemické ochrany (Häni et al. 1993).



(Obr. 2. Larva *Ostrinia nubilalis*, zdroj: Kolařík & Rotrekl 2012)



(Obr. 3. Dospělec *Ostrinia nubilalis*, zdroj: Pokorný 2015)

3.7.1 Praktické využití *Trichogramma* ssp.

Biologická ochrana pomocí *Trichogramma* spp. má mezinárodní význam (Gardner et al. 2012). V Evropě je nejvíce používána ve Francii (Meissle et al 2010). V agroekosystémech po celém světě se vyskytuje více než 100 druhů *Trichogramma*. Pro biologickou ochranu se používá pouze 10 druhů a většina pokusů zahrnovala pouze 5 druhů proti dvěma škůdcům (*Ostrinia nubilalis* a *Helicoverpa zea*). Po celém světě se používá nejméně šest druhů *Trichogramma* na ochranu proti zavíječi. V USA jsou původní druhy *T. nubilale* a *T. pretiosum*, *T. ostriniaea*, *T. dendrolimi* v Číně a *T. evanescens* a *T. brassicae* v Evropě (Smith 1996).

Různé přístupy použití *Trichogrammy* vedly ke dvěma různým perspektivám použití: inundativní přístup, který má tendenci vnímat parazitoida jako rychle působící náhradu chemických insekticidů a inokulativní, který parazitoidy považuje za jeden z aspektů integrované ochrany proti škůdcům. V Severní Americe se používá v ekologicky pěstovaných plodinách a v oblastech, kde se vyskytuje rezistence vůči pesticidům (Smith 1996).

Průměrná biologická účinnost *Trichogrammy* na snížení poškození rostlin způsobené zavíječem je 48 %. *Trichogramma* zdatelně zvyšuje výnos obilí (Kocourek & Stará 2012).

V oblastech, kde byl vypuštěn parazitoid *Trichogramma ostrinae*, došlo k úmrtnosti zavíječe kukuřičného v porostu kukuřice až o 92 % (Kuhar 2002).

Uvolnění *Trichogrammy* je často až o 60 % dražší než použití insekticidů nebo je méně efektivní za stejnou cenu (Bigler & Brunetti 1986). *Trichogramma* snižuje úroveň reziduí a propaguje zvýšení přirozených nepřátel, které poskytují integrovanou ochranu (Smith 1996).

Rozptýlení v poli

Existují různé metody uvolňování *Trichogramma* na poli. Nejběžněji využívané jsou pozemní uvolňovací body nebo uvolňování z jednorázových aplikací, které mají nízké náklady na pracovní sílu (Smith 1996). Bodové zdroje jsou ukládány do ampulí, které snižují predaci a chrání před nepříznivým počasím (Hassan et al. 1988).

Přípravky se mohou aplikovat ručně. To je ale velmi pracné a nákladné. Převažuje proto mechanická aplikace pomocí traktorů (Bzowska-Bakalarz et al. 2020). Používání traktorů jako nosičů aplikačních systémů má svá omezení: aplikační proces je relativně pomalý, náročný na palivo a způsobuje zbytečné zhutňování půdy (Watros et al. 2019). Uvolňování ve velkém měřítku bylo vyvinuto v bývalém SSSR a v USA. Tyto dvě země, společně s Kanadou a Čínou, byly první, které aplikovaly parazitoidy z letadel a vrtulníků, a to samostatně nebo s příměsí travního osiva, vody a pilin (Smith 1996). V České republice je tato metoda praktikována velkopěstiteli. Aplikace pomocí letadel však souvisí se značným logistickým úsilím (např. výběr letišť) a je nákladná (drahé palivo a vysoké náklady na letadlo). Tento problém mohou vyřešit ultralehká letadla, zejména vírníky. Vírníky umožňují létat nízkou rychlostí v malých výškách, což usnadňuje přesné dávkování. Stačí krátká travnatá přistávací dráha pro jejich bezpečný vzlet a přistání (150 m pokosené louky) a jsou poháněny standardním benzínem, který lze získat na jakékoli čerpací stanici (Bzowska-Bakalarz et al. 2020). Probíhají pokusy s dálkovým ovládním letadel, mechanizovanými pozemními aplikátory a GPS systémy. Tyto možnosti mohou zajistit požadavky pro každou rostlinu zvlášť (Smith 1996).

Vyhledávání hostitele probíhá převážně rovnoměrně (Gardner et al. 2012). V procesu šíření parazitoidů je důležitá rychlost a směr větru. Během začátku letu vítr způsobuje pasivní šíření, kdy parazitismus má tendenci se soustředit po směru větru (Barbosa et al. 2019). Po směru větru se větší parazitismus nadále soustředí po celou dobu vegetace (Howarth 1991). Dešťové srážky ovlivňují rozptyl parazitoidea a dochází tak k jeho koncentraci v místě uvolnění (Oliveira et al. 2020).

Vosičky nepřelétají přes otevřené oblasti mezi stanovišti (Smith 1996). Parazitoidi se vyhýbají otevřeným oblastem, kde ztrácejí schopnost řízeného letu. Většina studií ukazuje, že parazitismus klesá od bodů uvolnění ve vzdálenosti 4-50 m (Bigler et al. 1988). Počty vos na hranici kukuřice a lesa jsou relativně nízké (Wright et al. 2005). *Trichogramma* se vyhýbá lesním porostům kvůli nepříznivým abiotickým podmínkám (Smith 1996) nebo přítomností repelentních rostlinných těkavých látek (Romeis et al. 1999). Někdy bezprostředně dojde ke vstupu vos do lesa, a to těsně po uvolnění nebo na jaře po přezimování vos na kraji lesa (Wright et al. 2005). Pokud se vosy uvolňují v zeměpisných oblastech, kde dochází k přezimování, je větší pravděpodobnost, že opustí cílové stanoviště a parazitují na necílových druzích (Yong & Hoffmann 2006).

Zejména *T. ostriniae* má sklon hledat hostitelská vejce přednostně, anebo efektivněji zejména v kukuřici oproti fazolům, pepři nebo bramborům. *T. ostriniae* preferuje především porost kukuřice před dvouděložnými rostlinami (Kuhar et al. 2004), přesto řada studií ukázala pozitivní výsledky v porostech čeledi lilkovitých (Chapman et al. 2009). Rozptýlení parazitoida v porostu zelí je soustředěno na místa uvolnění. Drobná stavba rostliny způsobuje omezenou ochranu před faktory prostředí. Zvýšení hustoty parazitoidů umožňuje rozptýlení na větší plochu (Kocourek & Stará 2012). Parazitoid se úspěšně pohyboval na ploše 0,4 ha brambor a rozmnožoval se do 45 m od uvolňovacích bodů. Od prvního dne uvolnění bylo pozorováno až 33 % parazitace (Chapman et al. 2009).

Faktory ovlivňující účinnost

Při výběru vhodného jedince rodu *Trichogramma* se porovnávají populace z hlediska vývoje, plodnosti, poměru pohlaví, dlouhověkosti, výběru věku hostitele, kladení vajec, preference hostitele, aktivity (Pavlik 1993) a jejich reakce na podmínky prostředí (Pak et al. 1990). Konečným aspektem je z hlediska výběru zakládání populací. Kde a kolik sbírek (jednotlivců a populací) je potřeba k vytvoření silné kolonie (Smith 1996). Přísné kontroly zcela nezajistí, že *Trichogramma* opustí parazitovaná hostitelská vejce v dobrém stavu (van Lenteren 1991). Distribuci jako je formulace, balení, skladování a přeprava, není věnována pozornost. To způsobuje problém, protože odchov a pokusy v terénu probíhají na jiném místě. Nedostatečná pozornost věnovaná správnému dodání produktu, transport a následný problém s uvolňováním může ovlivnit celkovou účinnost. Většina problémů při transportu nastane během horkých dnů, nebo pokud jsou jedinci odchováni ve značné vzdálenosti od místa uvolnění (více jak 200 km). Obě tyto situace ohrožují přežití a následné líhnutí parazitoidů (Smith 1996).

Hromadný odchov bioagens se obvykle provádí v umělém prostředí, kde jsou stále klimatické podmínky a hostitelé (Mackauer 1976). Tímto se snižuje účinek v polních podmínkách. V laboratořích je stálá teplota, zatímco polní podmínky jsou mnohem variabilnější. Dále je dodáván stálý počet hostitelů (van Lenteren et al. 2003). V přírodě jsou parazitoidi ovlivňováni okolním prostředím a potřebují investovat úsilí do hledání hostitelů, což často vede k nízké plodnosti (Chen et al. 2021)

Počasí, plodina, hostitel, predace, používání pesticidů a kvalita parazitoidů, to vše ovlivňuje rychlost uvolňování a vymizení (Andow & Prokrym 1990). Počasí je nejrozsáhlejší skupina, která ovlivňuje vývoj, rozmnožování, přežití, aktivitu a plodnost *Trichogrammy*. Nejvýznamnějšími složkami jsou teplota a vlhkost. V extrémním případě obě tyto složky způsobují špatné výsledky v polních podmínkách (King et al. 1985). Vývoj parazitoidů přímo souvisí s teplotou. Extrémy nenaruší pouze přežití a aktivitu, ale také rozmnožování. Pokud jde o aktivitu a plodnost, vosičky nejlépe fungují při 20-29 °C a relativní vlhkosti 40-60 %. Při 9 °C potřebují relativní vlhkost 25 % (Calvin et al. 1984). *Trichogramma* se vyhýbá rose, extrémním teplotám, větru s rychlostí vyšší než 1,1 km/h, oblasti s přímým sluncem a silnému dešti (Smith 1996). Ve dnech úniku účinnost parazitoida snižuje déšť (Pinto & Parra 2002). Pokud se nelze vyhnout nepříznivému počasí, měla by být zvýšena frekvence uvolňování (Smith 1996). Klimatické faktory, jako jsou srážky a směr a rychlost větru, mohou ovlivnit letovou dynamiku a letovou vzdálenost parazitoida (Pastori et al. 2008).

Uvolňování také ovlivňuje kvalita parazitoidů. Kvalitu (dlouhověkost, plodnost a schopnost vyhledávání škůdce) lze zvýšit dvakrát až desetkrát poskytnutím zdroje potravy dospělým vosám (Bai et al. 1992). V některých zemích se používají vyseté pásy medonosných rostlin na polích nebo v přilehlých oblastech jako úkryt pro *Trichogrammu* (Smith 1996). Pokud nejsou tyto rostliny k dispozici, jedním ze způsobů, jak zlepšit kvalitu parazitoidů, je dokrmování cukrem (např. medem nebo melasou) (Yu & Byers 1994).

Dalším faktorem jsou pesticidy, které významně snižují účinek *Trichogramm* (Meierrose & Araujo 1986). Obecně platí, že parazitoidi jsou více ovlivněny insekticidy než herbicidy a fungicidy, přičemž největší úmrtnost dospělých *Trichogramm* je pozorována 5-10 dní po použití selektivního pesticidu a 20-30 dnů po použití toxických pesticidů (Jacobs et al. 1984).

Dalším důležitým faktorem je plodina. Parazitismus je přímo úměrný výšce rostliny (Smith 1996), listové ploše, složitosti členění (Andow & Prokrym 1991) a povrchu rostliny (Kauffman et al. 1989). Z chemického hlediska rostliny produkují těkavé látky, které stimulují nebo naopak inhibují vyhledávání škůdců (Noldus 1989). Parazitismus klesá s velikostí kukuřice. *T. ostriniae* se špatně rozptyluje v kukuřici cukrové. Vyhledávání hostitele a následný parazitismus může být omezen v kukuřici polní, která je hustě zaseta a má obvykle větší listovou plochu než kukuřice cukrová (Wang et al. 1997). Jednoduchá struktura zelí způsobuje omezenou ochranu proti větru a dešti, což vede k poklesu šíření parazitoidů v porostu a parazitismus se soustředí na místo uvolnění (Fournier & Boivin 2000). Existuje několik možných rozdílů ve schopnosti rozptýlení a vyhledávání hostitele u *T. ostriniae* u kukuřice ve srovnání s bramborami. Doba vyhledávání hostitele ovlivňuje složitost členění rostliny (Andow & Prokrym 1991) a přítomnost trichomů zpomaluje rychlost pohybu *T. nubilale* (Olson & Andow 2006). Parazitismus je proto vyšší u kukuřice než u dvouděložných fazolí, brokolice, paprik, brambor a melounů (Kuhar et al. 2004).

Pokud se na poli opozdí líhnutí *Trichogrammy*, může dojít k vysokým ztrátám prostřednictvím predace. V závislosti na rozmanitosti a umístění plodiny jsou hlavními predátory *Geocoris*, *Nabis*, *Orius*, *Hippodamia*, *Coleo-megilla*, *Chrysopa*, mravenci, pavouci a malí obratlovci. Predace může způsobit v kukuřici ztráty až 50 % (Bigler & Brunetti 1986).

Všechny tyto faktory ovlivňují rychlost potřebného uvolňování a výslednou očekávanou úroveň parazitismu (Smith 1996). Účinnost celkové ochrany může ovlivnit i nevhodné použití na jiné rostlině. Nejsou totiž dostatečné informace o rozptýlení *Trichogrammy* v okurkách, zelí a kukuřici cukrové. Pěstitelé jsou tak nuceni používat informace stanovené pro jinou plodinu v odlišném regionu (Molina et al. 2005).

Nejvhodnější je vybírat druhy původní, které jsou lépe přizpůsobeny podnebí, stanovišti a hostitelským podmínkám (Hassan 1994).

3.7.1.1 Použití v kukuřici

Kukuřice (*Zea Mays*) je třetí nejpěstovanější obilninou na světě. Kukuřice poskytuje výživu pro lidi a zvířata. Je to základní surovina pro výrobu škrobu, oleje, bílkovin, alkoholických nápojů, potravinových sladidel a v poslední době paliva (Milind & Isha 2013). Jedním z hlavních nebezpečí při pěstování kukuřice jsou živočišní škůdci. Odhaduje se, že v globálním měřítku jsou odpovědní za ztráty výnosu až o 16 % (Oerke 2006).

Z nejběžnějších a nejzávažnějších je již zmíněný zavíječ kukuřičný, proti kterému se používá vosička *Trichogramma* (Bagar 2018).

Na porost kukuřice se vosičky rodu *Trichogramma* dodávají v kapslích, které pro ně zajišťují optimální podmínky (Rod et al. 2005) a chrání vosičky před nepříznivými vlivy (Psota & Kopta 2010). Zavěšené kapsle na rostlině umožňují mechanickou kultivaci i závlahu postřikem (Rod et al. 2005).

Uvolňování ne parazitovaných nepravých hostitelských vajec současně s *Trichogrammou* bylo navrženo, aby zajistilo samostatné množení, když je nízká populace škůdců (Knipling & McGuire 1968). Uvnitř kapslí se drobněnky množí a vytváří tak novou silnou generaci. V kapslích se nachází od 500 do 2 000 jedinců. Nové technologické a biologické postupy prodlužují účinnost přípravku na několik týdnů. Po 7-10 dnech se introdukce opakuje. Jednotlivé dávky (dle typu přípravku) se pohybují mezi 100 000 až 300 000 jedinců/ha (50-150 kapslí/ ha) (Rod et al. 2005).

Monitoring je velmi důležitý na začátku letu a během kladení vajíček škůdce. Sleduje se let škůdce pomocí světelných a feromonových lapáků. První aplikace se provádí v prvních dnech kladení vajíček (Rod et al. 2005). Nejlepších výsledků se dosáhne, když se *Trichogramma* uvolní několik dní před, spíše než na začátku kladení vajíček (Kanour & Burbutis 1984).

Účinnost zvětší vypouštění více než jednoho druhu *Trichogramma* (Hassan et al. 1988). Jakmile dojde k extrémnímu přemnožení škůdce, doporučuje se zkombinovat drobněnku s přípravkem na bázi *Bacillus thuringiensis kurstaki* (Rod et al. 2005). Některé země kombinují *Trichogramma* s jiným parazitoidem (např. rod *Habrobracon*), který poskytuje přijatelnou ochranu proti škůdcům bavlny a rajčat (Smith 1996).

Je možné je používat s jinými bioagens. Není možné je však použít ve směsích s jinými přípravky a látkami (Bagar et al. 2003).

TrichoTop

Přípravek TrichoTop (viz Obrázek 4) jsou kartonové kapsle, ve kterých se nacházejí kukly *Trichogrammy brassicae* (Bagar 2018). Používá se proti zavíječi kukuřičnému. K ochraně kukuřice se aplikuje 25 ks kapslí/ha na nejvýše plně vyvinutý list (Biocont 2021). Stačí aplikovat pouze jednou a za 3 týdny se z nich líhnou vosičky (Bagar 2018). Ideální rozmístění je po 20 metrech, první kapsle musí být 10 m od okraje (Kovaříková 2019).



(Obr. 4. Formulace přípravku TrichoTop, zdroj: Biocont 2021)

TrichoLet

TrichoLet je letecký způsob aplikace *Trichogrammy evanescens* proti zavíječi kukuřičnému a černopásce bavlníkové. Používá se hlavně velkými pěstiteli kukuřice. Pomocí aplikačních zařízení na letounu je vosička vysazena na pole (Bagar 2018). Umožňuje homogenní rozptýlení po celé ploše (Biocont 2021). Nad porostem letadlo letí maximální rychlostí 150 km/h ve výšce 5-7 m (Kovaříková 2019). Účinnost ochrany je vysoká 75 až 95 %. Jedna dávka obsahuje 150 000 - 250 000 jedinců/ha (Biocont 2021). Tato metoda je aplikovaná ve dvou dávkách. V ceně dodávky je i signalizace termínu aplikace. Tato metoda není ani 10 let stará, zájem o ni pomalu roste. V roce 2017 bylo ošetřeno 18 000 ha kukuřice (Bagar 2018).

Trichoplus

Další možností je přípravek Trichoplus, který obsahuje živé organismy *Trichogramma pintoi* a *Trichogramma evanescens*. Dodává se jako polystyrénová kapsle s kuklami a předkuklami parazitické vosičky *Trichogrammy* (Bagar et al. 2003). Používá se nejen proti zavíječi kukuřičnému, ale i černopásce bavlníkové, můře zelné a můře kapustové. K ochraně polní plodové zeleniny se aplikuje 100-200 ks kapslí/ha. Do porostu kukuřice se zavěšuje 50-80 ks kapslí/ha. Kapsle se zavěšují v párech na nejvyšší plně vyvinutý list v podobě trojúhelníkových věšáčků (Biocont 2021). *Trichogrammy* se líhnou za 10 dnů. Druhá aplikace probíhá za 7-10 dnů. Vzdálenost kapslí v porostu je 15 m, aby došlo k co největšímu pokrytí celého porostu. Ideální termín aplikace se provádí dle počtu kladení vajíček zavíječe kukuřičného (Bagar et al. 2003).

4 Závěr

Biologická ochrana je uznávána v celosvětovém měřítku a dochází tak k navracení k přirozené formě hospodaření. V ekologických systémech se vyskytují škůdci a přirození nepřátelé ve vyrovnaném vztahu a není tak potřeba je uměle dodávat. Pokud i toto selže, je použití bioagens nejlepší formou ochrany.

Nejvíce bioagens se používá ve sklenících a fóliovnících. Oproti nim jsou polní pokusy na úplném začátku, ale zároveň mají velký potenciál. Nejvíce přizpůsobeným a prozkoumaným bioagens je parazitická vosička *Trichogramma*.

Nastává ale řada problémů, které pokusy v polních podmínkách mohou ohrozit. Neovlivitelným faktorem je počasí. V den uvolnění vosiček by nemělo pršet a foukat silný vítr. Úhyn vosiček může způsobit příliš horké a slunečné počasí.

Před a po uvolnění se nesmí aplikovat takové pesticidy, které jsou pro *Trichogrammy* toxické. Je proto nutné si číst příbalové informace.

Pokud se nezajistí časný monitoring a signalizace začátku kladení vajíček cílového škůdce, zavíječe, dojde k neúplnému využití *Trichogramm*.

Všechny tyto podmínky najednou nelze splnit, proto často nastávají obavy ze strany spotřebitele. Z toho důvodu se od použití *Trichogramm* upouští, přestože firmy zabývající se bioagens zároveň dodávají potřebné informace k aplikaci. V ceně přípravků s bioagens je často započten monitoring škůdce.

Nastávají otázky, zdali vosička nemá tendenci z pole odletět. Z mnoha pokusů vyplývá, že vosičky se drží na poli, kde mají kořist a nepotřebují tak migrovat do okolí. Zároveň se vyhýbají otevřeným prostorům kvůli silnému větru.

Pokud si chceme bioagens udržet na porostu po celou vegetaci, je vhodné jim umožnit útočiště v podobě remízků a zatravněných ploch, kde se mohou schovat před nepříznivými vlivy.

5 Literatura

- Aeschlimann J. (1995). Lessons from Post-release Investigations in Classical Biological Control: The Case of *Microctonus aethioides* Loan (Hym., Braconidae) Introduced into Australia and New Zealand for the Biological Control of *Sitona discoideus* Gyllenhal (Col., Curculionidae). Pages 75-83 in Hokkanen H, Lynch J editors. *Biological Control: Benefits and Risks*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Albajes R, Gullino ML, van Lenteren JC, Elad Y. 1999, *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*. Springer, Dordrecht.
- Andow DA, Prokrym DR. 1990. Plant structural complexity and host-finding by a parasitoid. *Oecologia* **82**:162-165.
- Andow DA, Prokrym DR. 1991. Release density, efficiency and disappearance of *Trichogramma nubilale* for control of European corn borer. *Entomophaga* **36**:105–113.
- Bagar M, Honěk A, Lukáš J, Pekár S, Pultar O, Stejskal V, Zacharda M, Žďárková E. 2003. *Predátoři a parazitoidi v biologické ochraně polních kultur, skleníků a skladovaných komodit: metodika*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Bagar M. 2018. Mikrobiální prostředky a makroorganismy v polní produkci. *Agrární obzor* **2018**:20-21.
- 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**:37-48.
- Barbosa RH, Pereira FF, Motomiya AVA, Kassab SO, Rossoni C, Torres JB, Mussury RM, Pastrori RL. 2019. *Tetrastichus howardi* density and dispersal toward augmentation biological control of sugarcane borer. *Neotropical Entomology* **48**:323-331.
- Bereš PK. 2012. Damage caused by *Ostrinia nubilalis* Hbn. to fodder maize (*Zea mays* L.), sweet maize (*Zea mays* var. *saccharata* [Sturtev.] L.H. Bailey) and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) near Rzeszów (south-eastern Poland) in 2008-2010. *Acta Scientiarum Polonorum seria Agricultura* **11**:3-16.
- Bigler F, Brunetti R. 1986. Biological control of *Ostrinia nubilalis* Hbn. By *Trichogramma maidis* Pint. et Voeg. on corn for seed production in southern Switzerland. *Journal of Applied Entomology* **102**:303-308.
- Bigler F, Bieri M, Fritschy A, Seidel K. 1988. Variation in locomotion between laboratory strains of *Trichogramma maidis* and its impact on parasitism of eggs of *Ostrinia nubilalis* in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **49**:283-290.
- Bigler F, 1994. Quality control in *Trichogramma* production. Pages 93-111 in Wajnberg E, Hassan SA, editors. *Biological Control with Egg Parasitoids*. CAB International, Wallingford.
- Biocont. 2021. Produkty. BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o. Available from <https://biocont-profi.cz/> (accessed April 2021).

- Bohatá A. 2021. Užitečné organismy. ÚKZUZ Rostlinolékařský portál. ÚKZUZ, Praha. Available from http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22ccee617148eb7d1f082ab8ade669da1d%22#r|p|uzitorg|detail:ccee617148eb7d1f082ab8ade669da1d|popis (accessed February 2021).
- Böhringer M, Jörg G, Kulíková V. 1996. Ochrana rostlin. Blesk, Ostrava
- Bzowska-Bakalarz M, Bulak P, Bereś PK, Czarnigowska A, Czarnigowski J, Karamon B, Pniak M, Bieganowski A. 2020. Using gyroplane for application of *Trichogramma* spp. against the European corn borer in maize. *Pest Management Science* **76**:2243-2250.
- Calvin DD, Knapp MC, Welch SM. Poston FL, Elzinga RJ. 1984. Impact of environmental factors on *Trichogramma pretiosum* reared on southwestern corn borer eggs. *Environmental Entomology* **13**:774- 780.
- Eagri. 2021. Vyhledávání v registru přípravků. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx?type=0&vyhledat=A&stamp=1618584976624> (accessed April 2021).
- Fournier R, Boivin G. 2000. Comparative dispersal of *Trichogramma evanescens* and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in relation to environmental conditions. *Environmental Entomology* **29**:55-63.
- Gagon AE, Bourgeois G, Bourdages L, Grenier P, Blondlot A. 2019. Impact of climate change on *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) phenology and its implications on pest management. *Agricultural and Forest Entomology* **21**:253–264.
- Gardner J, Wright MG, Kuhar TP, Pitcher SA, Hoffmann MP. 2012. Dispersal of *Trichogramma ostrinae* in field corn. *Biocontrol Science and Technology* **22**:1221-1233.
- Greathead DJ, Waage JK. 1983. Opportunities for biological control of agricultural pests in developing countries. The World Bank, Washington, D. C.
- Greathead DJ. 1995. Benefits and risks of classical biological control. Pages 53-63 in Hokkanen HMT, Lynch JM, editors. *Biological Control: Benefits and Risks*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Häni FJ, Popow G, Reinhard H, Schwarz A, Tanner K, Vorlet M. 1993. *Obrazový atlas chorob a škůdců polních plodin: Příručka ochrany rostlin v integrované produkci*. 3rd edition. Scientia, Praha
- Hassan SA, Kohler E, Rost WM. 1988. Mass production and utilization of *Trichogramma*: 10. Control of the codling moth *Cydia pomonella* and the summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* [Lep.: Tortricidae]. *Entomophaga* **33**:413–420.
- Hassan SA. 1993. The mass rearing and utilization of *Trichogramma* to control lepidopterous pests: Achievements and outlook. *Pest Management Science* **37**:387-91.
- Hassan SA. 1994. Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. Pages 55-73 in Wajnberg E, Hassan SA, editors. *Biological Control with Egg Parasitoids*. CAB International, Wallingford.

- Helyer N, Cattlin ND, Brown KC. 2014. *Biological Control in Plant Protection: A Color Handbook*. 2nd edition. CRC Press, Boca Raton.
- Hluchý M, Zacharda M. 1994. *Prostředky a systémy biologické ochrany rostlin*. 2nd edition. Biocont Laboratory, Brno.
- Hluchý M, Ackermann, P, Zacharda M, Laštůvka Z, Bagar M, Jetmarová E, Vanek G, Szóke L, Plíšek B. 2008. *Ochrana ovocných dřevin a révy v ekologické a integrované produkci*. Biocont Laboratory, Brno.
- Howarth FG. 1991. Environmental impacts of classical biological control. *Annual Review of Entomology* **36**:485-509.
- Chapman AV, Kuhar TP, Schultz PB, Brewster CC. 2009. Dispersal of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Potato Fields. *Environmental Entomology* **38**: 677–685.
- Chen L, Enkegaard A, Sørensen JG. 2021. Temperature Affects Biological Control Efficacy: A Microcosm Study of *Trichogramma achaeae*. *Insects*. **12**:95.
- Jacobs RJ, Kouskolekas CA, Gross HR. 1984. Responses of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to Residues of Permethrin and Endosulfan. *Environmental Entomology* **13**:355–358.
- Kanour WW, Burbutis PP. 1984. *Trichogramma nubilule* (Hym. Trichogrammatidae) field releases in corn and a hypothetical model for control of European corn borer (Lep.: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology* **77**:103-107.
- Kauffman WC, Kennedy GG. 1989. Relationship Between Trichome Density in Tomato and Parasitism of *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) Eggs by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Environmental Entomology* **18**:698–704.
- Kazda J. 2003. *Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny*. 3rd edition. Praha: Zemědělec, Praha.
- King EG, Bouse LF, Bull DL, Coleman RJ, Dickerson WA, Lewis WJ, Lopez JD, Morrison RK, Phillips JR. 1985. Biological control of *Heliothis* spp. in cotton by augmentative releases of *Trichogramma*. *Journal of Entomology* **101**:2-10.
- Knipling EF, McGuire JU. 1968. Population models to appraise the limitations and potentialities of *Trichogramma* in managing host insect populations. Technical Bulletin No. 1387. United States Department of Agriculture, Washington D. C.
- Kocourek F, Stará J. 2012. Efficacy of Bt maize against European corn borer in Central Europe. *Plant Protection Science* **48**:25-35.
- Kolařík P, Jiří Rotrekl J. 2012. Škůdce kukuřičných polí- zavíječ kukuřičný. Škůdci. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/skudce-kukuricnych-poli-zavijec-kukuricny> (accessed April 2021).

- Koubová D. 2009: Využití hub v biologické ochraně rostlin proti škůdcům. Agronavigátor: 1-42.
- Kovaříková K. 2019. Bioagens ochraně rostlin. Zahradnictví **18**:20-22.
- Kreuter ML. 2002. Biologická ochrana rostlin: přirozená obrana proti škůdcům a chorobám. Rebo Productions, Čestlice.
- Kuhar TP, Wright MG, Hoffmann MP, Chenus SA. 2002. Life table studies of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) with and without inoculative releases of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Environmental Entomology **31**:482–489.
- Kuhar TP et al. 2004. Potential of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as a biological control agent of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in solanaceous crops. Journal of Economic Entomology **97**:1209-1216.
- Mackauer M. 1976. Genetic Problems in the Production of Biological Control Agents. Annual Review of Entomology **21**:369-385.
- Meierrose C, Araujo J. 1986. Natural egg parasitism on *Helicoverpa* (*Heliothis*) *armigera* Hbn. (Lep. Noctuidae) on tomato in South Portugal. Journal of Applied Entomology **101**:11-18.
- Meissle M et al. 2010. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. Journal of Applied Entomology **134**: 357–375.
- Milind P, Isha D. 2013. Zea maize: A modern craze. International Research Journal of Pharmacy **4**:39-43.
- Molina RMS, Fronza V, Parra JRP. 2005. Seleção de *Trichogramma* spp., para o controle de *Ecdytoplopha aurantiana*, com base na biologia e exigências térmicas. Revista Brasileira de Entomologia **49**:152-158.
- Navrátilová M. 2019. Možnosti využití biopesticidů v zemědělské produkci ČR. Agromanuál **2019**:90-93.
- Noldus LPJJ. 1989. Semiochemicals, foraging behaviour and quality of entomophagous insects for biological control. Journal of Applied Entomology **108**:425-451.
- Oerke EC 2006. Crop losses to pests. Journal of Agricultural Science **144**:31–43
- Oliveira RCM, Pastori PL, Barbosa MG, Pereira FF, Melo JWS, André TPP. 2020. Dispersal of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in cabbage, cucumber, and sweet corn. Anais da Academia Brasileira de Ciências (e20190412) DOI: 10.1590/0001-3765202020190412.
- Olson DM, Andow DA 2006. Walking Pattern of *Trichogramma nubilale* Ertle and Davis (Hymenoptera; Trichogrammatidae) on Various Surfaces. Biological Control **39**:329-335.
- Ondráčková E, Ondřej M, Seifenglanz M, Havel J, Plachká E. 2017. Entomopatogenní houby v ochraně rostlin proti škůdcům. Agromanuál **2017**:42-44.

- Ondráčková E, Ondřej M, Prokinová E. 2019. Biologická ochrana rostlin s využitím mykoparazitických hub. *Agromanuál* **2019**:77-78.
- Prokinová E. 2017. Využití biologické ochrany rostlin v systému ekologického pěstování plodin. *Agromanuál* **2017**:36-39.
- Pak GA, Kaskens JWM, de Jong EJ. 1990. Behavioural variation among strains of *Trichogramma* spp.: Host-species selection. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **56**: 91-102.
- Pastori PL, Monteiro LB, Botton M. 2008. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em pomar adulto de macieira. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* **34**:239-245.
- Pavlik J. 1993. Variability in the host acceptance of European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep., Pyralidae) in strains of the egg parasitoid *Trichogramma* spp. (Hym., Trichogrammatidae). *Journal of Applied Entomology* **115**:77-84.
- Pinto AS, Parra JRP. 2002. Liberações de inimigos naturais. Pages 325-342 in Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS, editors. *Controle biológico no Brasil: Parasitóides e predadores*. Manole, São Paulo.
- Pokorný Z. 2015. Zavíječ kukuřičný: *Ostrinia nubilalis*. Chov zvířat. Available from <http://www.chovzvirat.cz/zvire/3956-zavijec-kukuricny/> (accessed April 2021).
- Psota V, Kopta T. 2010. Bioagens: současné prostředky biologické ochrany. Mendelova univerzita v Brně, Brno. Available from <http://user.mendelu.cz/xkopta/autori.html> (accessed February 2021).
- Rod J, Hluchý M, Zavadil K, Prášil J, Somssich I, Zacharda M. 2005. *Obrazový atlas chorob a škůdců zeleniny střední Evropy: ochrana zeleniny v integrované produkci včetně prostředků biologické ochrany rostlin*. Biocont Laboratory, Brno.
- Romeis J, Shanower TG, Zebitz CPW. 1999. *Trichogramma* egg parasitism of *Helicoverpa armigera* on pigeonpea and sorghum in southern India. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **90**:69-81.
- Smith SM. 1996. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. *Annual Review of Entomology* **41**:375-406.
- Šarapatka B, Niggli U. 2008. *Zemědělství a krajina: cesty k vzájemnému souladu*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Šefrová H. 2006. *Rostlinolékařská entomologie*. Konvoj, Brno.
- Tichá K. 2001. *Biologická ochrana rostlin*. Grada, Praha.
- Urban RJ, Šarapatka B. 2003. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi, I. díl*. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.
- van Lenteren JC, Woets J. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annual Review of Entomology* **33**:239-269.

- van Lenteren JC. 1991. Quality control of natural enemies: Hope or illusion. Pages 1-14 in Bigler F, editor. Quality control of mass reared organisms. Global IOBC Working Group. Zürich.
- van Lenteren JC, 1995. Integrated pest management in protected crops. Pages 311-343 in Dent DR, Elliott NC, Farrell JA, Gutierrez AP, van Lenteren JC, Walton MP, Wratten SD, editors. Integrated Pest Management. Chapman & Hall, Londýn.
- van Lenteren JC. 1997. Benefits and risks of introducing exotic macro-biological control agents into Europe. EPPO Bulletin. **27**:15-27.
- van Lenteren JC. 2000. Success in Biological Control of Arthropods by Augmentation of Natural Enemies. Pages 77-103 in Gurr G, Wratten, editors. Biological Control: Measures of Success, Springer, Dordrecht.
- van Lenteren JC, Hale A, Klapwijk JN, van Schelt J, Steinberg S. 2003. Guidelines for quality control of commercially produced natural enemies. Pages 265-303 in van Lenteren JC, editor. Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures. CAB International, Wallingford
- van Lenteren JC. 2012. IOBC Internet Book of Biological Control. **6**. Available from https://www.iobcglobal.org/download/IOBC_InternetBookBiCoVersion6Spring2012.pdf (accessed February 2021).
- Wang B, Ferro DN, Hosmer DW. 1997. Importance of Plant Size, Distribution of Egg Masses, and Weather Conditions on Egg Parasitism of the European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis*, by *Trichogramma ostrinae* in Sweet Corn. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **83**:337-345.
- Watroś A, Lipińska H, Lipiński W, Tkaczyk P, Krzyszczyk J, Baranowski P, Brodowska MS, Jackowska I. 2019. The relationship between mineral nitrogen content and soil pH in grassland and fodder crop soils. *Applied Ecology and Environmental Research* **17**:107-121
- Wright MG, Hoffmann MP, Kuhar TP, Gardner J, Pitcher SA. 2005. Evaluating risks of biological control introductions: A probabilistic risk-assessment approach. *Biological Control* **35**: 338-347.
- Yong T-H, Hoffmann MP. 2006. Habitat Selection by the Introduced Biological Control Agent *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and Implications for Nontarget Effects. *Environmental Entomology* **35**:725–732.
- Yu D, Byers J. 1994. Inundative release of *Trichogramma brarsicae* Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae) for control of European corn borer in sweet corn. *Can Entomol. The Canadian Entomologist* **126**:291-301

