

## مقاله مروری

## مروری بر اثرات جانبی آفت کش ها و چگونگی ارزیابی این اثرات روی زنبور تریکوگراما در ایران

## صدیقه اشتری

مربی، بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.

مسئول مکاتبات: صدیقه اشتری، ایمیل: aroya95@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶

۳۰-۹(۲)۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵

## چکیده

زنبورهای تریکوگراما (*Trichogramma spp.*) پارازیتوئید تخم طیف گسترده‌ای از آفات محصولات کشاورزی و عرصه‌های منابع طبیعی به شمار می‌روند و حداقل ۱۲ گونه از این جنس به‌طور گسترده و تجاری در برنامه‌های مهار زیستی کشورهای مختلف استفاده می‌شوند. این زنبورها نسبت به سایر عوامل مهار زیستی با سرعت زیاد و به سادگی روی میزبان‌های ثانویه قابل پرورش هستند. تاکنون ۱۱ گونه از زنبورهای جنس تریکوگراما از مناطق مختلف ایران شناسایی شده‌اند و برخی گونه‌ها در کشور به مرحله پرورش انبوه رسیده است. در طول چند دهه اخیر از گونه‌های مختلف این زنبور در مهار زیستی کرم گلوگاه انار، کرم ساقه‌خوار برنج، کرم سیب، ساقه‌خوار اروپایی ذرت و کرم غوزه پنبه در نقاط مختلف ایران استفاده شده است. با توجه به اینکه در حال حاضر مبارزه شیمیایی مهمترین ابزار در مدیریت آفات کشاورزی می‌باشد، استفاده از ترکیبات شیمیایی خطرناک سبب آلودگی‌های زیست محیطی، طغیان آفات ثانویه، ظهور مقاومت، تهدید سلامتی انسان و اثرات نامطلوب روی موجودات غیرهدف شده است. بیشتر آفت کش‌های مرسوم که برای کنترل آفات استفاده می‌شوند، ترکیبات آلی با طیف وسیع هستند که جمعیت‌های دشمنان طبیعی را مشابه آفات نابود می‌کنند. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که حشره‌کش‌هایی که برای کنترل آفات به کار می‌روند اثرات جانبی متعددی روی دشمنان طبیعی دارند از جمله تغییراتی که در رشد و نمو، درصد خروج و نسبت جنسی ایجاد می‌کنند. برای ارزیابی اثرات جانبی آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی، استانداردهایی توسط سازمان جهانی مهار زیستی تدوین شده که نتایج آن علاوه بر مقبولیت بین المللی می‌تواند حاوی توصیه‌های ارزشمندی برای استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات باشد. مطالعاتی که به اثرات جانبی آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی می‌پردازد، به یافتن ترکیبات انتخابی سازگار با عوامل مهار زیستی کمک می‌کند. استفاده از ترکیبات انتخابی که ایمنی به نسبت بالایی برای دشمنان طبیعی داشته باشد راه را برای استفاده از این ترکیبات در کنار عوامل مهار زیستی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات هموار می‌سازد و از میزان مصرف آفت‌کش‌ها می‌کاهد. مقاله حاضر مروری است بر مطالعات انجام شده در زمینه اثرات جانبی آفت‌کش‌ها روی گونه‌های مختلف زنبور تریکوگراما در ایران که امید است بتواند زمینه‌ساز توسعه بیشتر کنترل تلفیقی آفات در کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش‌ها، اثرات جانبی، تریکوگراما، ترکیبات انتخابی، مدیریت تلفیقی

## مقدمه

زنبورهای بالا خانواده، کم بودن تعداد بند شاخک‌ها (پنج تا شش عدد)، وجود ریشک‌هایی در حاشیه بال‌ها و وجود سه بند در پنجه پاهاست، در صورتی که در سایرین، تعداد بند شاخک‌ها ۱۰ تا ۱۲ عدد و پنجه‌ها پنج‌بندی می‌باشد. در بین

زنبورهای تریکوگراما از جنس *Trichogramma* بالا خانواده *Chalcidoidea* و خانواده *Trichogrammatidae* می‌باشند. از ویژگی‌ها و وجه تمایز این زنبورها از سایر

(Knutson, 2005). در حدود ۲۱۰ گونه زنبور تریکوگراما به عنوان دشمنان طبیعی طیف گسترده‌ای از آفات کشاورزی، جنگل و مرتع در بیشتر نواحی دنیا به شمار می‌روند و حداقل ۱۲ گونه به طور گسترده و تجاری در برنامه‌های مهار زیستی استفاده می‌شوند (Consoli *et al.*, 2010). زنبورهای تریکوگراما نسبت به بقیه عوامل مهار زیستی به سرعت قابل تکثیر می‌باشند و چون دوره یک نسل آنها کوتاه است به سادگی روی میزبان‌های ثانویه قابل پرورش هستند (Consoli *et al.*, 2010).

مطالعه آثار آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی به دهه ۱۹۵۰ بازمی‌گردد (Theiling & Croft, 1988) هرچند از نیمه ۱۹۷۰ این مطالعات به سرعت رشد پیدا کرد به طوری که طی چند دهه گذشته، مطالب ارزشمندی در این زمینه به چاپ رسیده است (Desneux *et al.*, 2007). بیشتر آفت‌کش‌های مرسوم که برای کنترل آفات استفاده می‌شوند، ترکیبات آلی با طیف وسیع هستند که جمعیت‌های دشمنان طبیعی را مشابه آفات نابود می‌کنند. دلیل این امر، آن است که تقریباً تمامی پنج گروه حشره‌کش‌های مرسوم (فسفره، کلره، کاربامات، پایروتروئید و نئونیکوتینوئیدی) سیستم عصبی را هدف قرار می‌دهند که به لحاظ بیوشیمیایی در آفات و دشمنان طبیعی مشابه است. بدین ترتیب، مشکل بتوان یک ترکیب واقعا انتخابی را در میان حشره‌کش‌های مرسوم پیدا کرد. از سوی دیگر، ترکیبات انتخابی نیز گرچه ممکن است اثرات مستقیمی در دزهای توصیه شده بر بندپایان غیرهدف نداشته باشند، اما تماس طولانی مدت با مقادیر ناچیز این مواد شیمیایی اثرات زیانباری بر شایستگی (Eligibility) این موجودات به جای می‌گذارد (Zappala *et al.*, 2012). محققین بیان داشتند که یکی از اثرات جانبی آفت‌کش‌ها، کاهش تراکم دشمنان طبیعی در اکوسیستم‌های کشاورزی می‌باشد خصوصاً در مناطقی که بی‌رویه استفاده می‌شوند (Shirazi *et al.*, 2009).

بررسی اثرات جانبی آفت‌کش‌ها در شرایط آزمایشگاه به شناخت آفت‌کش‌های سازگار با عوامل مهار زیستی کمک می‌کند (Tian & Lin, 2009). حشره‌کش‌ها دائماً تعادل بین میزبان و دشمن طبیعی را به هم می‌زنند. مطالعات

اعضای این خانواده، ماده‌ها درشت تر از نرها، شاخک ماده کوتاه و زانویی، تعداد موهای شاخک کم و کوتاه، قسمت فونیکل آن دو بندی و کلاوا بدون بند است، اما در نرها شاخک بلند و پوشیده از موهای متعدد و بلند، دارای فونیکل بدون بند و کلاوای دراز و بدون بند دیده می‌شود (Knutson, 2005). در تشخیص زنبورهای تریکوگراما علاوه بر صفات بالا تفاوت‌های اعضای خارجی تناسلی نیز استفاده می‌شود به این ترتیب که در بین گونه‌های مختلف تفاوت‌های بارز مرفولوژیکی در اندام تناسلی نر و غلاف‌های داخلی و خارجی آن وجود دارد که در تشخیص گونه‌ها و طبقه بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. زنبورهای نر و ماده به راحتی از روی شاخک قابل تشخیص می‌باشند. زنبورهای تریکوگراما تخم‌های خود را که بیضوی کشیده و به رنگ سفید شیری می‌باشند در داخل تخم سایر حشرات به‌ویژه پروانه‌ها قرار می‌دهند. این حشرات علاوه بر یک دوره زندگی آزاد در مرحله حشره کامل (زنبور) در دوره پس از جنین انگل داخلی در تخم سایر حشرات بوده و دارای مراحل نشو و نما لارو، پیش‌شفیره و شفیره می‌باشند. این زنبورها عموماً دارای چهار سن لاروی هستند که تا اندازه‌ای از نظر شکل قابل تفکیک می‌باشند (Pinto, 2006). زنبورهای تریکوگراما دارای دگردیسی کامل با نشو و نما هولومتابول (Holometabole) بوده و شکل لاروی آنها پهن و برگ مانند است. لارو پس از تغذیه از محتویات تخم میزبان که اغلب در راسته بالپولکداران و به‌ویژه خانواده‌های Noctuidae, Pieridae, Pyralidae و Tortricidae و غیره می‌باشد، تبدیل به پیش‌شفیره و شفیره می‌گردد. پس از پایان مرحله شفیرگی، حشره کامل با ایجاد سوراخی در جدار پوسته تخم میزبان از آن خارج شده و بلافاصله شروع به فعالیت و پرواز می‌کند. از ویژگی‌های قابل توجه دوره نشو و نما انگلی تریکوگراما تغییر رنگ غشای تخم میزبان از حالت طبیعی به سیاهی است. تعداد تخمی که زنبور تریکوگراما داخل تخم آفت می‌گذارد بستگی به اندازه تخم میزبان دارد به طوری که روی تخم بید غلات فقط یک تخم و روی تخم هلیوتیس *Heliothis sp.* (Lep: Noctuidae) دو تا چهار عدد تخم می‌گذارد

صد در صد تلفات شدند (Sheikhigarjan *et al.*, 2013). بررسی اثرات کشندگی آزادپراکتین و حشره کش پی متروزین برای کنترل سفیدبالک نشان داد که استفاده از این ترکیبات روی زنبور (Hymenoptera: Aphelinidae) *Encarsia Formosa* Gahan با احتیاط‌های لازم صورت گیرد (Barati *et al.*, 2014).

از مهمترین اثرات جانبی آفت کش‌ها، تاثیرات منفی آن روی دشمنان طبیعی است که در کلیه زیست بوم‌های کشاورزی مشهود بوده و به ویژه در کنترل تلفیقی آفات حائز اهمیت می باشد. با توجه به اینکه به طور معمول مهارزیستی به تنهایی قادر به مهار آفت نیست و کاربرد آفت کش‌ها در بسیاری از موارد اجتناب ناپذیر است، لازم خواهد بود که به آثار جانبی آفت کش‌ها بر دشمنان طبیعی توجه شود تا با کسب آگاهی از کم و کیف آن، با اعمال شیوه های مدیریتی کارآمد، آثار سوء حاصله به حداقل برسد. به همین دلیل مطالعه اثرات آفت کش‌ها روی دشمنان طبیعی برای کاربرد توأم این دو ابزار توانمند مدیریت آفات ضروری خواهد بود. این مقاله مروری است بر تحقیقات انجام شده در زمینه تأثیر آفت کش‌ها بر زنبورهای تریکوگراما در کشور که امید است بتواند در پیشبرد اهداف کنترل تلفیقی در کشور گامی هر چند کوچک بردارد.

### گونه های زنبور تریکوگراما در ایران

تاکنون ۱۱ گونه از زنبورهای جنس تریکوگراما از مناطق مختلف ایران شناسایی شده‌اند که فراوان ترین آنها در (جدول ۱) شرح داده شده است.

*T. brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) به منظور کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار، کرم ساقه خوار برنج، کرم سیب، ساقه خوار اروپایی ذرت و کرم غوزه پنبه در نقاط مختلف ایران استفاده شده است (Afshari *et al.*, 2014). گونه *T. evanescens* Westwood به عنوان پارازیتوئید مینوز گوجه فرنگی ثبت شده (Sayed *et al.*, 2012) که از روی کرم گلوگاه انار و کرم سیب (Ebrahimi *et al.*, 1998) گزارش شده است. گونه *T. embryophagum* Hart از روی

متعددی نشان دادند که حشره کش‌هایی که برای کنترل آفات به کار می‌روند اثرات جانبی متعددی روی پارازیتوئیدها دارند از جمله تغییراتی در رشد و نمو، درصد ظهور و نسبت جنسی ایجاد می‌کنند (Sidi *et al.*, 2013). مطالعه اثر جانبی آفت کش‌ها روی گونه‌های جانوری موجود در سامانه‌های بوم شناختی تحت نام علم بوم سم شناسی (Ecotoxicology) بیان می‌شود. این علم با مطالعه اثر سموم در این سامانه‌ها، راهکار مناسبی را برای تعیین سازگاری آنها با طبیعت ارائه می‌کند (Stark & Banks, 2003). انتخاب حشره کشی که ایمنی نسبتا بالایی برای دشمنان طبیعی و محیط زیست دارد، باعث می‌شود که بتوان از آن همراه با این عوامل مهار زیستی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود. در مطالعه‌ای تاثیر غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای امامکتین بنزوات و اسپینوساد روی (Neuroptera: Chrysopidae) *Stephens Chrysoperla carnea* بررسی شد. نتایج نشان داد که این غلظت‌ها اثرات ناچیزی روی لاروهای سن دوم این بالتوری داشتند. از نظر باروری، درصد تفریح تخم و طول عمر حشرات بالغ نیز اختلاف معنی داری با شاهد مشاهده نشد لذا می‌توان از این حشره کش‌ها در کنار بالتوری سبز جهت اجرای برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود (Saber *et al.*, 2018). در یک تحقیق تاثیر حشره کش استامی‌پرید و حشره کش گیاهی تنداکسیر روی حشرات کامل و لاروهای سن اول و چهارم کفشدوزک *Oenopia conglobata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) شفیبه و حشرات کامل زنبور *Psyllaephagus pistaciae* Ferrière (Hymenoptera: Encyrtidae) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که حشره کش گیاهی تنداکسیر در بالاترین غلظت بی خطر ولی استامی‌پرید با خطر متوسط دسته بندی شد (Kabirreisabad & Amiribeshli, 2013). بررسی تاثیر حشره کش‌های فیتروتیون، تری کلروفن، فوزالن، اس‌فن‌والریت و دلتامترین روی زنبور پارازیتوئید تخم سن گندم *Trissolcus grandis* Thompson (Hymenoptera: Scelionidae) در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که کلیه حشره کش‌ها در دوز توصیه شده منجر به

جوانه خوار رزاسه *Ospheeranteria coerulescens* Redtb  
*T. cacoeciae* (Coleoptera: Cerambycidae) گونه  
 Marchal از روی تخم های کرم سیب، همچنین گونه های  
*T. maidis* , *T. cordubensis* Vargas & Cabello  
 Pintureau & Vøegélé از روی تخم های کرم ساقه خوار  
 برنج جمع آوری شده اند (Ebrahimi et al., 1998). گونه  
*Operophtera brumata* در ایران از روی *pinto* Voegele  
 Linnaeus گزارش شده است (Alizadeh & Ebrahimi, 2004).

از روی کرم سبز  
*T. brassicae* در ایران به عنوان زنبور پارازیتوئید تخم کرم  
 گلوگاه انار استفاده می شود (Moezipour et al., 2008;  
 Ebrahimi et al., 1998) این گونه نیز احتمالاً تخم های  
 مینوز گوجه فرنگی را پارازیت می کند (Potting et al., 2013).

جدول ۱- گونه های شناسایی شده زنبورهای تریکوگراما در ایران، میزبان، محققین و سال

Table 1. *Trichogramma* species identified in Iran, host, researchers and year

Species	Host	Reference
	<i>Spectrobates ceratoniae</i>	Moezipour et al., 2008
<i>T. brassicae</i> Bezdenko	<i>Chilo supressalis</i> , <i>Cydia pomonella</i>	Afshari et al., 2014
	<i>Ostrinia nubilalis</i> , <i>Helicoverpa armigera</i>	
	<i>Spectrobates ceratoniae</i>	Potting et al., 2013 Sayed et al., 2012
	<i>Tuta absoluta</i> <i>Tuta absoluta</i>	
<i>T. evanescens</i> Westwood	<i>Spectrobates ceratoniae</i> and <i>Cydia pomonella</i>	Ebrahimi et al., 1998
<i>T. embryophagum</i> Hart	<i>Ospheeranteria coerulescens</i>	Ebrahimi et al., 1998
<i>T. cacoeciae</i> Marchal	<i>Cydia pomonella</i>	Ebrahimi et al., 1998
<i>T. pinto</i> Vaegele	<i>Operophtera brumata</i>	Alizadeh and Ebrahimi, 2004
<i>T. cordubensis</i> Vargas & Cabello	<i>Chilo supressalis</i>	Ebrahimi et al., 1998
<i>T. maidis</i> Pintureau & Voegele	<i>Chilo supressalis</i>	Ebrahimi et al., 1998
<i>T. rhenana</i> Imhoff	<i>Naranga aenescen</i>	Ebrahimi et al., 1998
<i>T. semblidis</i> Aurivillius	<i>Sepedon sphegea</i>	Ebrahimi et al., 1998

آزمون ها در شرایط آزمایشگاهی، نیمه مزرعه ای و مزرعه ای انجام می شود. در زیر به صورت اجمالی به این آزمون ها پرداخته شده است.

### آزمون اول

این آزمون برای مراحل مراحل حساس زندگی دشمنان طبیعی (مرحله ای که بیشتر در معرض آفت کش ها قرار می گیرد مثل مرحله ی بالغ زنبور تریکوگراما) اجرا می شود. در این آزمون ابتدا میزان LC<sub>50</sub> (مقدار آفت کش که سبب از بین رفتن ۵۰ درصد جمعیت بندپای مورد آزمایش شود) محاسبه می شود و سپس میزان نسبت خطر RQ (Ratio

### روش های استاندارد برای ارزیابی اثرات جانبی آفت کش ها روی دشمنان طبیعی

برای ارزیابی اثرات جانبی آفت کش ها بر فاکتورهای مختلف زیستی عوامل مهارزیستی، روش استاندارد توسط سازمان جهانی مهارزیستی تدوین شده که نتایج آنها علاوه بر مقبولیت بین المللی می تواند حاوی توصیه های ارزشمندی برای استفاده در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات باشد (IOBC, 2008). این سازمان معتقد است که یک نوع آزمون به تنهایی نمی تواند اطلاعات کافی برای تعیین تاثیرات جانبی آفت کش ها بر موجودات مفید را فراهم نماید از این رو سه نوع آزمون را پیشنهاد کرده است. هر یک از این

می‌شود. محققان روشی را معرفی کردند که در آن مرگ و میر و اثرات جانبی ناشی از آفت‌کش‌ها بر زاد آوری دشمنان طبیعی با یک شاخص اندازه‌گیری می‌شود و آن را شاخص اثرگذاری کل یا E (Total Effect Index) نامیدند (Overmeer & Vanzon, 1982). این روش معیاری اولیه برای غربالگری آفت‌کش‌ها در آزمایشگاه است که با آزمون‌های مزرعه‌ای و نیمه مزرعه‌ای تکمیل می‌شود. سازمان جهانی کنترل بیولوژیک، IOBC بر پایه شاخص E گروه بندی‌هایی ارائه کرده که آفت‌کش‌های ارزیابی شده روی دشمنان طبیعی را پس از آزمایش در هر یک از آنها دسته بندی می‌کند (Stark & Banks, 2003) (جدول ۲).

Quotients) در مزرعه و خارج از مزرعه با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$RQ = RD/LC50$$

که در این معادله RQ نسبت خطر و RD دز مزرعه‌ای توصیه شده (گرم ماده موثره در هکتار) و LC<sub>50</sub> میزان غلظت کشنده ۵۰ درصد بر پایه میلی گرم ماده موثره بر لیتر است.

## آزمون دوم

این آزمون برای مراحل زیستی نسبتاً مقاوم دشمنان طبیعی (مراحلی که داخل تخم میزبان سپری می‌شود و خیلی در معرض آفت‌کش‌ها قرار نمی‌گیرد) به آفت‌کش‌ها انجام

جدول ۲- ارزیابی پایداری و گروه‌بندی آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی

Table 2. Assessing of persistency and grouping of pesticides on natural enemies

Mortality	Persistence	Category	Group
<30%	A, Short lived	Harmless	I
30%-79%	B, Slightly persistent	slightly harmful	II
80%-99%	C, Moderately persistent	Moderatelyharmful	III
99%	D, Persistent	Harmful	IV

با انجام آزمون‌های پایداری تعیین می‌شود. این آزمایش‌ها در شرایط محیطی کنترل شده با در معرض قرار دادن حشرات مفید پرورش داده شده در آزمایشگاه با باقیمانده تازه و خشک شده آفت‌کش روی اندام‌های گیاهی مثل برگ گیاه صورت می‌گیرد. این مطالعات برای ارزیابی تعیین دوره اثرگذاری آفت‌کش‌ها روی بندپایان غیر هدف طراحی می‌شود. سم‌پاشی در شرایط مزرعه‌ای صورت گرفته و محصول تیمار شده در برابر باران حفاظت می‌شود، تا از شسته شدن باقیمانده آفت‌کش در طول دوره آزمایش جلوگیری شود. حفاظ باران (پوشش پلاستیکی که فقط باعث جلوگیری از نفوذ باران به روی گیاهان مورد آزمایش می‌شود) نسبت به اشعه فرابنفش نفوذ پذیر است. نقطه‌نهایی این مطالعات تعیین مرگ و میر پس از در معرض قرار گرفتن با نهشت آفت‌کش در دوره‌های مختلف تا یک ماه

## آزمون سوم

آزمون سوم میزان پایداری ترکیبات را اندازه می‌گیرد. عواملی مثل نور خورشید، نزولات آسمانی، واکنش خاک، میزان رطوبت، مواد آلی خاک و حرارت بر پایداری و ماندگاری آفت‌کش‌ها و نیمه عمر آنها در طبیعت موثرند. توزیع اولیه آفت‌کش‌ها در طبیعت به روش کاربرد آنها، نوع فرمولاسیون، عوامل جغرافیایی و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. اگر نیمه عمر آفت‌کش در طبیعت کمتر از ۳۰ روز باشد دوام کوتاه، اگر بین ۳۰ تا ۱۰۰ روز باشد دوام متوسط و اگر بیشتر از ۱۰۰ روز باشد با دوام است (Sterk *et al.*, 1999)

مهمترین عامل تجزیه آفت‌کش‌ها در سطح گیاه مدت تابش نور آفتاب، نوع آفت‌کش و نوع طیف تابشی می‌باشد. در گلخانه‌هایی با پوشش پلاستیکی به دلیل رد شدن اشعه فرابنفش از آنها، آفت‌کش‌ها سریعتر از گلخانه‌های با پوشش شیشه‌ای تجزیه می‌شوند. دوره تاثیر یک آفت‌کش

طغیان مجدد آفات هدف و ظهور آفات ثانویه در بیشتر اکوسیستم‌های زراعی دنیا انجامیده است. یک روش مهم اجتناب از این مشکلات، استفاده از آفت‌کش‌هایی است که به طریق اکولوژیکی و یا فیزیولوژیکی برای دشمنان طبیعی انتخابی باشند. تشخیص ترکیبات انتخابی بستگی به شناخت صحیح از اثرات آفت‌کش روی جمعیت آفات و دشمنان طبیعی دارد. ارزیابی اثرات حشره‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی باید همه جانبه و با در نظر گرفتن اثرات کشندگی و زیر کشندگی آنها باشد. حشره‌کش‌های معمول و رایجی که برای کنترل آفات استفاده می‌شوند شامل ترکیبات فسفره آلی، کاربامات‌ها و پیروتروئیدها، اغلب حشره‌کش‌هایی با طیف اثر وسیع هستند که روی دشمنان طبیعی به‌ویژه حشرات کامل پارازیتوئیدها (چون بخش اعظمی از زندگی خود را به جستجوی میزبان اختصاص می‌دهند و این کار به طور کامل به انتقال عصبی وابسته است که محل تاثیر حشره‌کش‌های عصبی می‌باشد)، مرگ و میر بیشتری ایجاد می‌کنند (Chailleux *et al.*, 2013).

آفت‌کش‌ها اثرات جانبی متعددی روی عوامل کنترل‌کننده آفات از جمله پارازیتوئیدها دارند که می‌تواند به صورت تغییراتی در طول عمر (فاصله بین زمان در معرض ماندن به آفت‌کش تا مرگ عامل)، درصد ظهور (نسبت تعداد حشرات کامل پارازیتوئید خارج شده از میزبان به تعداد تخم گذاشته شده) و میزان پارازیتسیم آشکار شود. آفت‌کش‌ها می‌توانند هماهنگی بسیار دقیق موجود بین سیستم عصبی و هورمونی حشره را بر هم زنند و موجب بروز یک سلسله آشفتگی‌های رفتاری و فیزیولوژیکی مرتبط با تخم‌گذاری شوند. اختلال غیر مستقیم در رفتار تخم‌گذاری می‌تواند در اثر خاصیت دور کنندگی بعضی آفت‌کش‌ها صورت گیرد که این خود می‌تواند به کاهش احتمال یافتن میزبان مناسب یا محل مناسب تخم‌گذاری منجر شود (Uma *et al.*, 2014; Khan *et al.*, 2012). نسبت جنسی (تاثیر در باروری گامت ماده به‌ویژه در گونه‌های هاپلوئید که باروری گامت ماده می‌تواند توسط حشره ماده تنظیم شود) را تغییر دهد یا در بقاء وابسته به جنس موثر باشد به‌ویژه هنگامی که دشمن طبیعی در مرحله نابالغ در معرض آفت‌کش قرار گرفته باشد.

پس از سم‌پاشی می‌باشد (Al-Rajab ; Sterk *et al.*, 1999 ; Costa *et al.*, 2016)

### رده بندی حشره‌کش‌ها بر اساس دوام و پایداری

به نقل از Costa *et al.*, (2014) رده بندی حشره‌کش‌ها بر اساس دوام آنها مطابق با دوره فعالیت آفت‌کشی ترکیبات تعیین می‌شود. منظور از پایداری هر آفت‌کش، فاصله زمانی است که باقیمانده آفت‌کش بتواند تا ۳۰ درصد مرگ و میر ایجاد کند (برای تست‌های آزمایشگاهی توسط IOBC تعیین شده است). اگر ۳۰ درصد مرگ و میر کمتر از ۵ روز ایجاد شود، آفت‌کش بی دوام است، اگر بین ۵ تا ۱۵ روز ایجاد شود، آفت‌کش کم دوام است و در صورتی که ۳۰ درصد مرگ و میر بین ۱۶ تا ۳۰ روز به وقوع بپیوندد، آفت‌کش دارای دوام متوسط می‌باشد. برای تعیین کلاس سمیت، R یا میزان کاهش در ظهور و کاهش درصد پارازیتسیم با استفاده از این معادله محاسبه می‌شوند:

$$R(\%) = \left(1 - \frac{f}{t}\right) \times 100$$

f = میانگین تعداد تخم‌های پارازیت شده در هر تیمار حشره‌کش

t = تعداد متوسط تخم‌های پارازیت شده در تیمار شاهد

بر اساس محاسبه میزان R و استاندارد سازمان بین‌المللی مهار زیستی (IOBC)، حشره‌کش‌ها بر اساس میزان تاثیر آنها بر ظهور و پارازیتسیم زنبورهای ماده به چهار گروه طبقه بندی شدند (Costa *et al.*, 2014) (جدول ۲).

### اثرات آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی

محصولات کشاورزی یکی از منابع تامین غذا می‌باشند. تولیدکنندگان در تمام دنیا برای کنترل آفات ناچار به استفاده از آفت‌کش هستند. اگر چه این آفت‌کش‌ها باعث جلوگیری از خسارت به محصولات می‌شوند، در دهه‌های اخیر شاهد هستیم که به دلیل مصرف زیاد آفت‌کش‌ها، جمعیت دشمنان طبیعی کاهش پیدا کرده و این خود به

برای مرحله‌ی بالغ و نابالغ تریکوگراما غیر سمی ارزیابی کرد.

### روش‌های آلودگی زنبورهای تریکوگراما به آفت‌کش‌ها

تحقیق‌های کاربردی در ایران روی زنبور تریکوگراما از سال ۱۳۵۳ در زمینه تاثیر منفی برخی حشره‌کش‌ها در موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور آغاز شد (Ebrahimi et al., 2012). بررسی اثرات جانبی آفت‌کش‌ها روی مراحل مختلف زیستی زنبورهای پارازیتوئید ممکن است از راه‌های مختلفی مثل تغذیه حشرات کامل از غذای آغشته به آفت‌کش (Ruiu et al., 2008)، تماس مستقیم تخم‌های پارازیت شده میزبان یا حشرات کامل با آفت‌کش (Ruiz et al., 2011) و یا قرارگرفتن حشرات کامل در معرض باقیمانده‌های سمی (Shi et al., 2004) انجام شود. در شرایط مزرعه‌ای تخم زنبورهای پارازیتوئید در معرض مقدار غلظت کمتری از حشره‌کش‌ها هستند زیرا ممکن است تخم‌ها در پناهگاه یا زیر برگ‌های گیاهان گذاشته شوند که باعث کاهش قرارگیری آنها در معرض حشره‌کش‌ها می‌شود (Saber et al., 2004).

### تاثیر آفت‌کش‌های استفاده شده روی گونه‌های مختلف زنبور تریکوگراما

بیشتر حشره‌کش‌ها برای حشرات کامل زنبور تریکوگراما خطرناک هستند، اما مراحل تخم، لارو، پیش‌شیره و شفیره این پارازیتوئید چون توسط پوسته تخم میزبان محصور شده‌اند، تا حدی محافظت می‌شوند. با این وجود حشره‌کش‌ها هم روی مراحل بالغ و هم نابالغ تریکوگراما اختلالاتی ایجاد می‌کنند، برای مثال در میزان ظهور افراد بالغ، میزان پارازیتسیم، نسبت جنسی و طول عمر زنبورهای بالغ در همان نسل و نسل‌های بعدی تغییراتی را پدید می‌آورند که در نهایت باعث کاهش شدید عملکرد زنبورهای تریکوگراما می‌شوند (Costa ; Sidi et al., 2013). بیشتر تحقیقات درباره اثرات آفت‌کش‌ها بر آفات یا دشمنان طبیعی با آزمایش‌های آزمایشگاهی انجام گرفته و مرگ و میر، معمولاً تنها پارامتر ارزیابی شده است و

بروز این اثرات نامطلوب یا با تماس مستقیم دشمن طبیعی با ترکیب آفت‌کش و یا از طریق آلودگی میزبان صورت می‌گیرد که در نهایت با ایجاد مسمومیت و کاهش توانایی عامل کنترل‌کننده، منجر به طغیان آفات می‌گردد؛ به همین دلیل لازم است که اثر ترکیبات مختلف آفت‌کش روی دشمنان طبیعی آنها نیز مطالعه شود تا کاربرد ترکیباتی که اثرات جانبی نامطلوبی روی دشمنان طبیعی دارند، محدودتر گردد (Desneux et al., 2010). محققین تاثیر حشره‌کش‌های رایج فیرونیل، دیازینون، مالاتیون و علف‌کش پرتیلاکلر را روی سن شکارگر آندرالوس (*Andrallus spinidens* (Hemiptera: Pentatomidae) مزارع برنج شمال کشور مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کمترین مقدار زادآوری در تیمارهای مربوط به حشره‌کش‌ها و بیشترین آن در تیمار مربوط به علف‌کش مشاهده گردید. بنابراین کاربرد این حشره‌کش‌ها در مزارعی که این سن فعالیت می‌کند توصیه نمی‌شود. همچنین این محققان خاطر نشان کردند که آفت‌کشی برای استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مناسب است، که علاوه بر اینکه جمعیت آفات را به خوبی کنترل می‌کند، کمترین سمیت را برای دشمنان طبیعی داشته باشد (Yousefi Porshokouh et al., 2018). شرکت بایوپست برای هر دو مرحله‌ی لارو و بالغ تریکوگراما، دیازینون را سمی و فیرونیل را با سمیت متوسط معرفی کرد.

تاثیر دو حشره‌کش ایندوکساکارب و تیودیکارب با غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام روی میزان مرگ و میر افراد بالغ زنبور *T. brassicae* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند که حشره‌کش ایندوکساکارب مرگ و میر کمتری از تیودیکارب ایجاد کرد (Mollanorouzi et al., 2018). در یک مطالعه مشخص شد که فراسنجه‌های زیستی زنبور *T. brassicae* که با غلظت بیست درصد کشته شده *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae) تحت تاثیر قرار نگرفت (Vaez et al., 2020). شرکت بایوپست ایندوکساکارب را

تریکوگراما در ایران در سال‌های مختلف، بیشترین کارهای تحقیقاتی در سال ۲۰۱۹ و روی گونه *T. brassicae* و کمترین آنها در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ روی این گونه انجام شده است. به لحاظ فراوانی آفت‌کش‌های مصرفی، بیشترین تعداد آفت‌کش‌های به کار رفته در مطالعات، دیازینون، امامکتین بنزوات، ایمیداکلوپرید و کلرپیریفوس بودند که روی گونه *T. brassicae* مورد بررسی قرار گرفته بودند و کمترین تعداد آفت‌کش روی گونه *T. embryophagum* کار شده است (جدول ۳).

هیچ توجهی به شرایط و سازگاری اکولوژیکی افراد زنده مانده نمی‌شود. با این حال، اثرات زیرکشنده آفت‌کش‌ها می‌تواند منتهی به تغییرات فیزیولوژیکی و رفتاری در موجودات زنده شود. حشره‌کش‌ها ممکن است باعث مرگ موجودات زنده شوند (اثرات کشنده) یا برخی دیگر از ویژگی‌های زیست‌شناسی آن‌ها را بدون کشتن افراد (اثرات زیرکشنده) تغییر دهند.

به طور کلی از نظر تعداد مقالات چاپ شده در مورد اثرات جانبی آفت‌کش‌ها روی گونه‌های مختلف

جدول ۳- تعداد مقالات چاپ شده و فراوانی آفت‌کش‌های بررسی شده طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۹۸ روی گونه‌های مختلف تریکوگراما در ایران

Table 3. Number of articles published and abundance of pesticides studied during 2011–2020 on different species of *Trichogramma* in Iran

Species	Number of articles	Abundance of pesticides	References
<i>T. brassicae</i>	37	Emamectin benzoate (4)– Diazinon (5)– Flubendiamid (3)– Bt (2)– Abamectin (1)– Acetamiprid (1)– Chlorpyrifos (3)– Fenitrothion (1)– Methoxyphenoside (1)– Propargite (1)– lufenuron (2)– Indoxacarb (4)– Fipronil (2)– Thiodicarb (2)– Hexaflumuron (2)– Spinosad (1)– Neem (1)– Imidacloprid (4)– Chlorantraniliprole (2)– Tetraniliprole (1)– Thiocyclam (1)– Marjoram (1)– Basil (1)– mint (1)– Valerian (1)– Anghose (1)– Mancozeb (2)– Propiconazole (1)– Carbendazim (1)– Chlorthalonyl (1)– Benomyl (1)– Haloxyfop ethyl (1)– Tricyclazole (1)– Edifenphos (1)– Butachlor (1)– oxadiargyl (1)– chlorantraniliprole (1)	Saber <i>et al.</i> , 2019– Sohrabi & Amini, 2015– Mahdavi <i>et al.</i> , 2015– Ghazzagh, 2016– Ghorbani <i>et al.</i> , 2016– Shirazi <i>et al.</i> , 2018– Ashtari <i>et al.</i> , 2020a– Ashtari, 2022a– Mozaffari <i>et al.</i> , 2012– Ghazzagh, 2016– Ghorbani <i>et al.</i> , 2016– Parsaeyan <i>et al.</i> , 2018– Ashtari <i>et al.</i> , 2020b– Mozaffari <i>et al.</i> , 2012– Afshari <i>et al.</i> , 2014– Afshari <i>et al.</i> , 2018– Parsaeyan <i>et al.</i> , 2018– Ashtari <i>et al.</i> , 2020b– Shafaghi <i>et al.</i> , 2023– Parsaeyan <i>et al.</i> , 2017– Ashtari <i>et al.</i> , 2018b– Ashtari <i>et al.</i> , 2019– Ashtari <i>et al.</i> , 2020b– Jafari <i>et al.</i> , 2013– Saber <i>et al.</i> , 2020– Ashtari, 2018– Ashtari <i>et al.</i> , 2018a– Ashtari, 2022b– Nekunam <i>et al.</i> , 2020– Vaez <i>et al.</i> , 2020– Nozad–Bonab <i>et al.</i> , 2020– Jafari <i>et al.</i> , 2021– Rafiqi <i>et al.</i> , 2016– Jafarinooshan <i>et al.</i> , 2012– Khorrami <i>et al.</i> , 2019– Alimirzanejad <i>et al.</i> , 2012–
<i>T. evanescens</i>	4	Emamectin benzoate (1)– Flubendiamid (1)– Bt (1)– Abamectin (1)– Acetamiprid (1)– Spinosad (1)– Indoxacarb (1)– Imidacloprid (1)– Thiocyclam (1)– Tetraniliprole (1)– Chlorantraniliprole (2)– lufenuron (1)–	Tabebordbar <i>et al.</i> , 2020– Ashtari <i>et al.</i> , 2020a– Ashtari, 2022a– Ashtari <i>et al.</i> , 2019– Ashtari <i>et al.</i> , 2020b– Ashtari, 2018– Ashtari <i>et al.</i> , 2018a– Ashtari, 2022b– Alsaedi <i>et al.</i> , 2017
<i>T. embryophagum</i>	1	Bt (1)	Alsaedi <i>et al.</i> , 2017
<i>T. chilonis</i>	3	Emamectin benzoate (2)	Parsaeyan <i>et al.</i> , 2018– Parsaeyan <i>et al.</i> , 2017– Bhargavi, 2017–
<i>T. cacoeciae</i>	1	Imidacloprid (1)– Phenoxypropyl (1)	Saber, 2011



تأثیر چندانی روی میزان ظهور حشرات بالغ نداشتند (Sohrabi & Amini, 2015). مانکوزب توسط شرکت بایوپست برای مراحل لارو و بالغ تریکوگراما به ترتیب غیر سمی و با سمیت متوسط ارزیابی شده است. طبق نتایج شرکت بایوپست آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و ایمیداکلوپرید برای هر دوی مراحل لارو و بالغ تریکوگراما سمی تعیین شدند. در مطالعه‌ای مراحل مختلف نابالغ زنبور *T. evanescens* در معرض غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای دلتامترین، اسپروتترامات و فلوپیرادیفورون قرار گرفتند. نتایج نشان داد دلتامترین بر فراسنجه‌های زیستی سه مرحله رشدی لارو، پیش‌شفیره و شفیره تأثیر منفی داشت ولی دو حشره‌کش دیگر سازگاری نسبی با این زنبور نشان دادند با این حال مرحله‌ی شفیره حساس‌ترین مرحله نسبت به این ترکیبات بود (Tabebordbar et al., 2020). اثرات فیتروتیون و دلتامترین روی مراحل نابالغ و پارامترهای زیستی زنبور پارازیتوئید تخم سن گندم *Trissolcus semistriatus* مورد ارزیابی قرار گرفت. تخم‌های پارازیت شده سن گندم در روزهای ۲، ۴، ۶ و ۸ پس از پارازیتسیم در معرض غلظت‌های مزرعه‌ای این دو حشره‌کش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که فیتروتیون فقط در روزهای ۶ و ۸ پس از پارازیتسیم ولی دلتامترین در همه روزها درصد ظهور حشرات کامل را به طور معنی‌داری کاهش داد (Saber et al., 2001). طبق نتایج شرکت بایوپست فیتروتیون هم برای مرحله لارو و هم بالغ تریکوگراما سمی می‌باشد. غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای دلتامترین اثرات منفی بیشتری روی فراسنجه‌های زیستی زنبور (Hymenoptera: Say *Habrobracon hebetor* Braconidae) نسبت به ایمیداکلوپرید و ایندوکساکارب داشت (Sarmadi et al., 2010). در مطالعه‌ای تأثیر حشره‌کش‌های رایج در کشت پنبه شامل پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی‌فوب اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایرفوس اتیل روی مراحل مختلف رشدی *T. brassicae* مورد بررسی قرار گرفت آفت‌کش‌های کلرپایرفوس اتیل و اسپینوسد به روش تماس با باقیمانده آفت‌کش روی حشرات بالغ و لارو *H. hebetor* مورد بررسی قرار گرفتند نتایج حاصله نشان دادند که

تأثیر آفت‌کش‌ها بر زنبورهای تریکوگراما توسط محققان داخلی مورد مطالعه قرار گرفته است که به آنها اشاره می‌شود. این مطالعات با کاربرد انواع آفت‌کش‌ها شامل حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، عوامل میکروبی و علف‌کش‌ها صورت گرفته است.

### اثرات جانبی آفت‌کش‌ها روی تریکوگراما

همانطور که در بالا اشاره شد، حشره‌کش‌ها هر دو اثرات کشنده و زیرکشنده را روی بندپایان ایجاد می‌کنند. بنابراین علاوه بر مرگ اثرات زیان‌باری روی میزان رشد، نسبت جنسی، پارازیتسیم و میزان ظهور و نیز قدرت جستجوگری دارند (Poorjavand et al., 2014). از آثار جانبی آفت‌کش‌ها تأثیر بر طول عمر، میزان ظهور، میزان پارازیتسیم، نسبت جنسی و جستجوگری می‌باشد.

### اثرات کشنده

حشره‌کش‌های فسفره و کارباماتی اثرات منفی زیادی روی مراحل پیش از بلوغ زنبورهای پارازیتوئید دارند. حشره‌کش‌های پایروتروئیدی بعد از این دو گروه اثرات منفی متوسطی روی زنبورهای پارازیتوئید به جای می‌گذارند (Suh et al., 2000). با محاسبه غلظت کشنده ۵۰ درصد برای حشرات بالغ زنبور *T. brassicae* چنین نتیجه شد که کلرپایرفوس اتیل و ایمیداکلوپرید بیشترین سمیت را داشتند. با کاربرد غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای این حشره‌کش‌ها روی مراحل نابالغ زنبور به این نتیجه رسیدند که در صورت کاربرد حشره‌کش‌های پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی‌فوب اتوتیل، ایمیداکلوپرید در شرایط گلخانه و مزرعه و حصول نتایج مطلوب، در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرند (Saber et al., 2019). تأثیر برخی از آفت‌کش‌های مورد استفاده در مزارع گوجه‌فرنگی شامل ایمیداکلوپرید، کلرپایرفوس اتیل، مانکوزب، کاربندازیم، کلرتالونیل را روی مراحل نابالغ *T. brassicae* بررسی کردند. نتایج نشان دادند که ایمیداکلوپرید و کلرپایرفوس اتیل بیشترین تأثیر را روی مراحل نابالغ این زنبور داشتند در حالیکه سایر آفت‌کش‌ها

و پنج درصد حشره‌کش‌های اسپینوسد، ایمیداکلوپرید، ایندوکساکارب و کلرانترانیلی‌پرول روی افراد بالغ دو گونه *T. brassicae* و *T. evanescens* بررسی شد. درصد مرگ و میر برای گونه *T. brassicae* به ترتیب ۳۱/۸، ۲۶/۶، ۲۵/۶ و ۲۳ و برای گونه *T. evanescens* به ترتیب ۳۳، ۲۸، ۲۵ و ۲۴ درصد برآورد شد. نتایج نشان داد که کلرانترانیلی‌پرول سمیت کمتری برای زنبورهای پارازیتوئید نسبت به دیگر حشره‌کش‌های مورد بررسی داشته است (Ashtari, 2022a).

### اثرات زیر کشته

#### طول عمر

بررسی اثرات جانبی فیتروتیون، دیازینون و کلرپایریفوس روی *T. brassicae* در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که طول عمر افراد خارج شده از تخم در هر سه حشره‌کش نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد (Mozaffari et al., 2012). مطالعه‌ای دیگر نشان داد که امامکتین بنزوات طول عمر زنبورهای ماده *T. brassicae* را کاهش می‌دهد (Ghazzagh, 2016). همچنین در یک مطالعه که تاثیر دیازینون و فیرونیل روی افراد بالغ و نابالغ *T. brassicae* مورد بررسی قرار گرفت طول عمر نتاج ماده زنبور توسط هر دو حشره‌کش به طور معنی‌داری کاهش یافت (Ghorbani et al., 2016). تیمار مراحل نابالغ گونه‌های مختلف *T. chilonis* Ishii و *T. brassicae* با دز توصیه شده مزرعه‌ای امامکتین بنزوات نشان داده است که این آفت‌کش تاثیر زیان‌آوری بر طول عمر افراد بالغ نسل بعدی دارد (Parsaeyan et al., 2018). در مطالعه‌ای که روی اثرات غلظت‌های توصیه‌شده مزرعه‌ای و دز کاهش یافته (نصف دز) چهار حشره‌کش استامی‌پرید، آتامکتین، امامکتین بنزوات و فلونیدیامید روی مراحل نابالغ لارو، پیش‌شفیره و شفیره زنبور *T. evanescens* انجام گرفت، در آزمون اثر بر طول عمر، فلونیدیامید در هر دو غلظت در گروه بی‌زیان قرار گرفت. طول عمر افراد بالغ ماده نیز در تیمار فلونیدیامید نسبت به دیگر حشره‌کش‌ها کمتر تحت تاثیر قرار گرفت (Ashtari et al., 2019). در یک بررسی دیگر که اثرات غلظت‌های توصیه‌شده مزرعه‌ای و نصف دز

کلرپایریفوس اتیل بیشترین تاثیر را روی لارو و حشرات بالغ زنبور داشتند (Mahdavi et al., 2015).

در تحقیقی که در مورد تاثیر حشره‌کش امامکتین بنزوات و فلونیدیامید روی پارامترهای زیستی *T. brassicae* در شرایط آزمایشگاهی انجام شد مشاهده شد که تماس حشرات کامل زنبور با باقیمانده‌های غلظت توصیه شده امامکتین بنزوات روی شیشه موجب مرگ و میر ۷۶/۵ و ۷۱/۶۲ درصدی آنها می‌شود که نشان دهنده اینست که امامکتین بنزوات برای حشرات بالغ زیان آور می‌باشد (Ghazzagh, 2016).

در مطالعه‌ای که توسط Ghorbani et al. (2016) در زمینه تاثیر دیازینون و فیرونیل روی افراد بالغ و نابالغ *T. brassicae* انجام شد، محققین مشاهده کردند که میزان سمیت دیازینون روی افراد بالغ بیشتر از فیرونیل بوده است. بررسی تاثیر این دو حشره‌کش روی میزان ظهور افراد بالغ از تخم‌های پارازیت شده بید غلات در مراحل لارو، پیش-شفیره و شفیره پارازیتوئید نشان داد که میزان ظهور افراد بالغ از تیمارهای دیازینون و فیرونیل به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۱۸ و ۰/۴۴ و ۳۷/۴، ۶۴/۳ و ۶۴/۲۵ درصد در مراحل مختلف بوده است.

در مطالعه‌ای که غلظت‌های توصیه‌شده دیازینون و چریش در شرایط آزمایشگاهی روی افراد بالغ *T. brassicae* و تخم‌های پارازیت شده بید غلات در روزهای ۱، ۳ و ۷ پس از پارازیت‌سیم مورد بررسی قرار گرفته مشخص شده که دیازینون برای ظهور مراحل نابالغ و زنده‌مانی افراد بالغ زیان آور بوده و از این نظر این ترکیب در گروه ۴ سمیت قرار گرفته است (جدول ۲). چریش برای همه مراحل بی‌زیان ارزیابی شده و در گروه ۱ سمیت قرار گرفت (Shirazi et al., 2018). در مطالعه‌ای که روی تاثیر غلظت کشته ۲۵ درصد آفت‌کش‌های آتامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلونیدیامید در دو گونه زنبور تریکوگراما *T. evanescens* و *T. brassicae* انجام شد، بیشترین و کمترین درصد مرگ و میر پس از ۲۴ ساعت در تیمارهای آتامکتین و فلونیدیامید مشاهده شده است (Ashtari et al., 2020a). تاثیر غلظت متوسط کشته بیست

تغذیه در گروه کم‌زیان و در روش تماس با باقیمانده‌های سمی و غوطه‌وری در گروه بی‌زیان قرار می‌گیرند (Afshari et al., 2014). سم‌پاشی تخم‌های پارازیت شده میزبان در مرحله پیش‌شغیرگی زنبور با غلظت توصیه شده امامکتین بنزوات، درصد خروج حشرات کامل را ۲۶/۷ درصد کاهش داد و در گروه بی‌زیان قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت‌های مختلف فلوبندیامید بر زنده‌مانی پیش‌شغیره‌های زنبور *T. brassicae* تاثیر منفی نداشته‌اند به طوری که درصد خروج حشرات کامل پس از سم‌پاشی تخم‌های پارازیت شده میزبان با غلظت‌های مختلف فلوبندیامید در سطح بالایی (۸۵/۱ تا ۸۹/۸ درصد) بود (Ghazzagh, 2016).

در یک مطالعه که در شرایط آزمایشگاهی به سه روش، تماسی، گوارشی و فروردن تخم‌های پارازیت شده میزبان درون محلول‌های سمی انجام شده، اثرات کشندگی و زیرکشندگی سه غلظت مختلف از دو حشره‌کش تیودیکارب و هگزافلومورون بر زنبور *T. brassicae* بررسی و نشان داده شده که از نظر میزان ظهور اثرات سمی هگزافلومورون از تیودیکارب بسیار کمتر است. در تیمارهای گوارشی و تماسی هگزافلومورون به ترتیب اندکی مضر و نسبتاً مضر دسته بندی شده اما تیودیکارب در هر دو روش در گروه مضر قرار گرفت (Afshari et al., 2018).

مطالعه تاثیر دُز توصیه شده مزرعه‌ای امامکتین بنزوات و سایپرترین روی مراحل نابالغ لارو، پیش‌شغیره و شغیره گونه *T. brassicae* نشان داده که این آفت کش ها به ترتیب تاثیر زیان‌آوری بر میزان ظهور افراد بالغ از مراحل نابالغ تیمار شده (۳۱/۶، ۳۱/۷۶ و ۱۸/۳۶) (۲۸/۲۸، ۱۸/۲۸ و ۱۲/۹۲) داشته‌اند (Parsaeyan et al., 2018).

مطالعه تاثیر دُز توصیه شده مزرعه‌ای امامکتین بنزوات و سایپرترین روی مراحل نابالغ لارو، پیش‌شغیره و شغیره گونه *T. brassicae* توسط پارسائیان و همکاران نشان داد که امامکتین بنزوات به ترتیب ۳۱/۶، ۳۱/۷۶ و ۱۸/۳۶ درصد کاهش و سایپرترین ۲۸/۲۸، ۱۸/۲۸ و ۱۲/۹۲ درصد

چهار حشره‌کش آمامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید روی مراحل نابالغ لارو، پیش‌شغیره و شغیره تریکوگراما *T. brassicae* مطالعه شد، آمامکتین، امامکتین بنزوات و استامی‌پرید در هر دو غلظت در مورد تاثیر روی طول عمر در تیمار همه مراحل رشدی در گروه کم‌زیان دسته‌بندی شدند و فلوبندیامید در گروه بی‌زیان قرار گرفت (Ashtari et al., 2020b).

### میزان ظهور

در مطالعه‌ای روی مراحل مختلف رشدی زنبور *T. brassicae*، صابر و همکاران نشان دادند که تیمار تخم‌های پارازیت بید غلات که حاوی مرحله شغیرگی زنبور پارازیتوئید بوده با غلظت توصیه‌شده ایمیداکلوپراید، سبب کاهش میزان ظهور زنبور در مقایسه با کاربرد آن در مرحله لاروی و پیش‌شغیرگی زنبور بوده که علت آن را عدم توانایی شغیره برای تجزیه آفت‌کش‌های به کار رفته ذکر نموده‌اند (Saber, 2011). در مطالعه تاثیر غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای کنه‌کش فن‌پروکسی‌میت روی مراحل مختلف رشدی زنبور *T. brassicae* گزارش شده که در صورت تیمار تخم‌های میزبان (بید غلات) حاوی مرحله شغیرگی زنبور پارازیتوئید، میزان ظهور زنبور به طور معنی‌داری بیشتر از کاربرد در مرحله لاروی و پیش‌شغیرگی کاهش می‌یابد (Saber, 2011).

در یک بررسی که به اثرات جانبی فیتروتیون، دیازینون و کلرپایرفوس روی *T. brassicae* در شرایط آزمایشگاه پرداخته شده نتایج نشان داد که هر سه حشره‌کش تلفات بسیار بالایی روی خروج زنبورها از تخم‌های تیمار شده داشته‌اند (Mozaffari et al., 2012). افشاری و همکاران با بررسی اثرات کشنده و زیر کشنده ایندوکساکارب و لوفنورون با سه روش قرار دادن حشرات بالغ *T. brassicae* در معرض باقیمانده حشره‌کش (روی شیشه)، آغشته کردن غذای حشره‌بالغ با حشره‌کش و غوطه‌وری تخم‌های پارازیت شده بید غلات در محلول سمی با غلظت‌های توصیه‌شده مزرعه‌ای و در سه غلظت پایین‌تر از آن، چنین نتیجه‌گیری کردند که ایندوکساکارب و لوفنورون در روش

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که آفت‌کش‌ها سبب کاهش میزان پارازیتسم گونه‌های مختلف تریکوگراما شده‌اند. در مطالعه‌ای غلظت توصیه شده مزرعه‌ای امامکتین بنزوات قدرت پارازیتسم زنبور *T. brassicae* را کاهش می‌دهد (Ghazzagh, 2016). مطالعه انجام شده روی مراحل نابالغ گونه‌های مختلف *T. chilonis* و *T. brassicae* با دوز توصیه شده مزرعه‌ای امامکتین بنزوات نشان داده که این آفت‌کش تاثیر زیان‌آوری بر میزان زادآوری افراد بالغ حاصل دارد (Parsaeyan et al., 2017). در مطالعه‌ای که روی میزان پارازیتسم تخم بید غلات با دو گونه *T. brassicae* و *T. evanescens* انجام شده است، مشاهده شده که تیمارهای آمامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلونبندامید میزان پارازیتسم را برای گونه *T. brassicae* به ترتیب تا ۲۵/۱۲، ۱۸/۷۱، ۱۳/۳ و ۱۱/۸۱ و برای گونه *T. evanescens* به ترتیب تا ۲۴/۱۸، ۱۹/۲، ۱۵ و ۱۰/۸۴ درصد نسبت به شاهد کاهش می‌دهد. در این مطالعه بیشترین میزان پارازیتسم در روز دوم برای هر دو گونه در تیمار با فلونبندامید به ترتیب ۱۴/۷۰ و ۱۳/۱۰ (تخم به ازای هر فرد ماده) برای *T. brassicae* و *T. evanescens* مشاهده شد. ارزیابی نسبت خطر، فلونبندامید را در گروه ۲ سمیت (آفت‌کش‌های با سمیت کم تا میانه) و دیگر آفت‌کش‌های مورد آزمایش را در گروه ۳ (آفت‌کش‌ها با سمیت بسیار) قرار داد. این بررسی نشان داده که به دلیل سمیت کمتر فلونبندامید روی دو گونه زنبور پارازیتوئید و تأثیر کمتر آن بر میزان پارازیتسم، به کارگیری این آفت‌کش در برنامه‌های مدیریت تلفیقی مینوز گوجه‌فرنگی امکان‌پذیر است (Ashtari et al., 2018b). در مطالعه‌ای دیگر که روی اثرات غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای و نصف آن برای چهار حشره‌کش آمامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلونبندامید صورت گرفته است، فلونبندامید نسبت به آمامکتین، امامکتین بنزوات و استامی‌پرید تاثیر کمتری در میزان پارازیتسم *T. evanescens* نسبت به شاهد داشت (Ashtari et al., 2019). در مطالعه‌ای که روی تاثیر غلظت کشنده ۲۵ درصد آفت‌کش‌های آمامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلونبندامید بر دو

کاهش در میزان ظهور افراد بالغ از مراحل لارو، پیش شفیره و شفیره داشتند (Parsaeyan et al., 2018). در یک مطالعه که اثرات غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای و نصف غلظت توصیه شده مزرعه‌ای چهار حشره‌کش آمامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلونبندامید روی مراحل نابالغ لارو، پیش‌شفیره و شفیره تریکوگراما *T. evanescens* مورد بررسی قرار گرفته است، آمامکتین، امامکتین بنزوات و استامی‌پرید در هر دو غلظت از نظر تاثیر روی میزان ظهور در نسل صفر و یک در همه مراحل رشدی در گروه کم‌زیان دسته‌بندی شدند (Ashtari et al., 2019). در مطالعه دیگری که اثرات غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای و نصف غلظت چهار حشره‌کش آمامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلونبندامید روی مراحل نابالغ لارو، پیش‌شفیره و شفیره تریکوگراما *T. brassicae* انجام شده، آمامکتین، امامکتین بنزوات و استامی‌پرید در هر دو غلظت در مورد تاثیر روی میزان ظهور نسل صفر و یک در همه مراحل رشدی در گروه کم‌زیان و فلونبندامید در گروه بی‌زیان قرار گرفت (Ashtari et al., 2020b). شرکت بایوبست سمیت برخی آفت‌کش‌ها مثل آمامکتین را برای مرحله‌ی لارو و بالغ به ترتیب با سمیت کم و سمی مشخص کرده است. در مطالعه‌ای تاثیر سه حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول، ایندوکساکارب و فلونبندامید روی زنبور *T. brassicae* مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که کلرانترانیلی‌پرول کمترین تاثیر را در میزان ظهور افراد بالغ تریکوگراما از تخم‌های تیمار شده داشت (Shafaghi et al., 2023). تاثیر غلظت توصیه شده مزرعه‌ای و نصف غلظت توصیه شده مزرعه‌ای حشره‌کش‌های ترانلیلی‌پرول، کلرانترانیلی‌پرول، لوفنورون و تیوسیکلام روی مراحل مختلف رشدی دو گونه زنبور تریکوگراما *T. brassicae* و *T. evanescens* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیوسیکلام در هر دو غلظت مضرترین حشره‌کش به خصوص برای مرحله‌ی پیش‌شفیرگی دو گونه زنبور تریکوگراما بود (Ashtari, 2022b).

غلظت توصیه شده (۰/۳۹، ۰/۳۷ و ۰/۴۲)) (نصف غلظت توصیه شده (۰/۴۱، ۰/۴ و ۰/۴۶))، امامکتین بنزوات (غلظت توصیه شده (۰/۴، ۰/۳۹ و ۰/۴۳)) (نصف غلظت توصیه شده (۰/۴۳، ۰/۴۲ و ۰/۴۸)) و استامی پرید (غلظت توصیه شده (۰/۴۹، ۰/۴۸ و ۰/۵۰)) (نصف غلظت توصیه شده (۰/۵۱، ۰/۴۹ و ۰/۵۲)) نسبت جنسی را نسبت به شاهد به طور معنی داری تحت تاثیر قرار دادند (Ashtari et al., 2019). در مطالعه‌ای مشابه روی گونه *T. brassicae*، در تیمار مراحل لارو، پیش شفیره و شفیرگی غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای و نصف غلظت توصیه شده مزرعه‌ای آمامکتین (۰/۳۷، ۰/۳۶ و ۰/۴۲) (۰/۴۲ و ۰/۳۷ و ۰/۴۴)، آمامکتین بنزوات (۰/۴۲، ۰/۴۰ و ۰/۴۶) (۰/۴۴، ۰/۴۳ و ۰/۴۸) و استامی پرید (۰/۵۰، ۰/۴۸ و ۰/۵۱) (۰/۵۲، ۰/۵ و ۰/۵۲) نسبت جنسی را نسبت به شاهد به طور معنی داری تحت تاثیر قرار دادند در حالی که فلونیدیامید (۰/۵۲، ۰/۵۴ و ۰/۵۳) (۰/۵۳، ۰/۵۶ و ۰/۵۳) در هر دو غلظت در مورد تاثیر روی نسبت جنسی تفاوت معنی داری با شاهد نداشت (Ashtari et al., 2020b).

### جستجوگری

در مطالعه‌ای تاثیر غلظت کشنده ۳۰ درصد حشره کش‌های متوکسی فنوزاید و آمامکتین بنزوات روی واکنش تابعی زنبور *T. brassicae* نسبت به تراکم‌های مختلف بید غلات (۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ عدد) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج، واکنش تابعی در شاهد و تیمار متوکسی فنوزاید از نوع دوم و در تیمار آمامکتین بنزوات از نوع سوم بود. همچنین نتایج نشان داد که دزهای زیرکشنده هر دو حشره کش تاثیر سوء اندکی روی قدرت کاوش‌گری زنبور تریکوگراما داشتند (Jafari et al., 2013). محققین در بررسی تاثیر فیپرونیل و دیازینون روی واکنش تابعی زنبور *T. brassicae* نتیجه گرفتند که واکنش تابعی زنبور در شاهد و تیمار فیپرونیل از نوع دوم و در تیمار دیازینون از نوع سوم بود. در این تحقیق کمترین زمان دست‌یابی در تیمار دیازینون مشاهده شد (Saber et al., 2020). در بررسی‌های محققین تغییر نوع واکنش تابعی از

گونه تریکوگراما *T. brassicae* و *T. evanescens* انجام شده، در هر دو گونه بیشترین میزان پارازیتسم زنبورهای زنده مانده روی تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی پس از ۴۸ ساعت در تیمارهای فلونیدیامید صورت گرفته است (Ashtari et al., 2020a). در مطالعه‌ای مشابه روی گونه *T. brassicae* نیز همین نتایج بدست آمده به طوری که آمامکتین، آمامکتین بنزوات و استامی پرید در گروه کم‌زیان دسته‌بندی شده‌اند و فلونیدیامید در گروه بی‌زیان قرار گرفته است (Ashtari et al., 2020a).

تاثیر غلظت متوسط کشنده بیست و پنج درصد حشره کش‌های اسپینوسد، ایمیداکلوپرید، ایندوکساکارب و کلراترانیلی پرول روی میزان پارازیتسم افراد بالغ دو گونه *T. brassicae* و *T. evanescens* بررسی شد. درصد کاهش پارازیتسم برای گونه *T. brassicae* به ترتیب ۲۳/۷۳، ۱۸/۳۱، ۱۴/۵۸ و ۹/۳۷ و برای گونه *T. evanescens* به ترتیب ۲۴/۵، ۱۸/۶۵، ۱۳/۷۸ و ۹/۷۵ درصد تعیین شد. نتایج نشان داد که کلراترانیلی پرول سمیت کمتری برای زنبورهای پارازیتوئید نسبت به دیگر حشره کش‌های مورد بررسی در این آزمایش داشته است (Ashtari, 2022a).

### نسبت جنسی

در بررسی انجام شده در زمینه تاثیر دیازینون و فیپرونیل بر افراد بالغ و نابالغ *T. brassicae*، نسبت جنسی افراد بالغ که با غلظت کشنده ۳۰ درصد حشره کش‌ها تیمار شده بود به طور معنی داری توسط هر دو حشره کش کاهش یافته (کاهش تعداد ماده‌ها) و اختلاف معنی داری با شاهد داشته است (Ghorbani et al., 2016). در مطالعه اثرات غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای و نصف غلظت توصیه شده مزرعه‌ای چهار حشره کش آمامکتین، آمامکتین بنزوات، استامی پرید و فلونیدیامید روی مراحل نابالغ لارو، پیش شفیره و شفیره تریکوگراما *T. evanescens*، فلونیدیامید تنها حشره کشی بود که از نظر نسبت جنسی تفاوت معنی داری در مراحل لارو، پیش شفیره و شفیره با شاهد نداشت (به ترتیب غلظت توصیه شده (۰/۵۳، ۰/۵۴ و ۰/۵۳)) (نصف غلظت توصیه شده: ۰/۵۴، ۰/۵۵ و ۰/۵۵)) اما آمامکتین

۳۰/۵ و ۳۱/۶ درصد مرگ و میر در کمتر از ۵ روز را به عنوان حشره‌کش بی‌دوام برای هر دو گونه ارزیابی نموده‌اند. فلوبندیامید نیز با مرگ و میر ۲۷/۲ و ۲۶/۱ درصد در کمتر از ۵ روز در دو گونه مذکور در گروه حشره‌کش‌های بی‌دوام دسته‌بندی شده است. آبامکتین با ایجاد مرگ و میر ۱۶/۱ و ۱۳/۸ درصد در کمتر از ۱۶ روز در گروه حشره‌کش‌های کم‌دوام قرار گرفته است. آبامکتین بنزوات با ۱۳/۳ و ۱۵/۵ درصد مرگ و میر در کمتر از ۳۰ روز در گروه حشره‌کش‌های با دوام متوسط طبقه‌بندی شده است (Ashtari et al., 2018a).

در یک پژوهش پایداری چهار حشره‌کش تیودی‌کارب، ایندوکساکارب، لوفنورون و پروکلیم فیت روی بوته‌های پنبه و سمیت آنها بر زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* بررسی شد. نتایج نشان داد که تیودی‌کارب از پایداری طولانی تری برخوردار بود و به عنوان یک حشره‌کش با دوام متوسط معرفی شد. ایندوکساکارب و پروکلیم‌فیت نیز در گروه حشره‌کش‌های کم‌دوام طبقه‌بندی شدند. لوفنورون هم در گروه حشره‌کش‌های بی‌دوام قرار گرفت (Nekunam et al., 2020).

در یک مطالعه دیگری پایداری چهار حشره‌کش تترانیلی‌پرول، کلرانترانیلی‌پرول، لوفنورون و تیوسی‌کلام روی گیاه گوجه‌فرنگی و سمیت آنها بر دو گونه زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* و *T. evanescens* بررسی شد. نتایج نشان داد که تیوسی‌کلام برای دو گونه از پایداری طولانی تری برخوردار بود و به عنوان یک حشره‌کش با دوام متوسط معرفی شد. تترانیلی‌پرول، کلرانترانیلی‌پرول و لوفنورون نیز در گروه حشره‌کش‌های بی‌دوام طبقه‌بندی شدند (Ashtari, 2022b).

### عوامل میکروبی حشره‌کش

بررسی کارایی سه گونه زنبور تریکوگراما *T. evanescens* و *T. embryophagum brassicae* را روی تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی که با *B. thuringiensis* var *Kurstaki* با غلظت  $10^9$  spore/g تیمار شده بودند، در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای نشان داد

نوع سوم به دوم زمانی که پارازیتوئیدهای *H. hebetor* و *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) تحت تاثیر غلظت توصیه‌شده‌ی مزرعه‌ای بوپروفزین قرار گرفتند مشاهده شد ولی در غلظت کشته‌ی بیست و پنج درصد ایمیدا کلوپرید نوع واکنش تابعی زنبور *E. mundus* نسبت به شاهد تغییر نیافت اگر چه زمان دست‌یابی و نرخ حمله نسبت به شاهد تحت تاثیر قرار گرفت (Hadian et al., 2020 and Sohrabi et al., 2014).

### پایداری

برخی محققین بر اساس دستور کار گروه سازمان جهانی مهار زیستی میزان پایداری ترکیبات آفت‌کش را روی گونه‌های مختلف زنبور تریکوگراما اندازه گرفته‌اند. با مطالعاتی که در مورد تاثیر آبامکتین بنزوات روی *T. chilonis* در شرایط آزمایشگاهی انجام شد، مشخص شد که با رعایت فاصله زمانی ۴-۵ روز پس از کاربرد این آفت‌کش می‌توان اقدام به رهاسازی این زنبور نمود (Bhargavi, 2017).

اشتری و همکاران پایداری غلظت‌های توصیه شده مزرعه سه حشره‌کش اسپینوساد، ایمیدا کلوپرید و ایندوکساکارب را در شرایط نیمه مزرعه‌ای به روش محلول‌پاشی تعیین کردند. با در معرض قرار دادن پارازیتوئیدها با نمونه برگ‌گی گیاه در روزهای مختلف ایمیدا کلوپرید با ایجاد ۲۵/۳۴ و ۲۴/۳۱ درصد مرگ و میر در گونه‌های *T. brassicae* و *T. evanescens* در کمتر از ۵ روز برای هر دو گونه بی‌دوام تلقی شده است. ایندوکساکارب با ۱۳/۱۴ و ۱۲/۳۵ درصد مرگ و میر در گونه‌های مذکور در کمتر از ۱۶ روز، در زمره حشره‌کش‌های کم‌دوام قرار گرفتند در حالی که اسپینوساد با ۱۳/۳۱ و ۱۲/۶۵ درصد مرگ و میر در کمتر از ۳۰ روز در گونه‌های مذکور در گروه ترکیبات با دوام متوسط دسته‌بندی شد (Ashtari, 2018).

در بررسی مشابهی که با حشره‌کش‌های آبامکتین، آبامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید روی دو گونه *T. brassicae* و *T. evanescens* صورت گرفته، استامی‌پرید با

(Jafari et al., 2021). علاوه بر پتانسیل بالای حشره‌کشی، اسانس‌های گیاهی به دلیل اثرات جانبی کمتر برای انسان و محیط زیست و احتمال مقاومت پایین‌تر آفات در برابر آنها به جهت داشتن ترکیبات متنوع ناشی از تکامل متقابل ارتباط میان گیاه-گیاهخوار از جایگزین‌های مناسب برای ترکیبات شیمیایی مصنوعی تلقی می‌شوند (Jafari et al., 2021). در مطالعه‌ای مشخص شد که اسانس گیاه مریم گلی سمیت کمی روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* دارد (Asadi et al., 2018). نتایج یک پژوهش نشان داد که اسانس‌های گیاه بومادران و آویشن شیرازی سمیت پایینی روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* دارند (Ahmadpour et al., 2021). تاثیر دو حشره‌کش کنفیدور و هگزافلومورون روی درصد تفریح تخم‌های تریکوگراما *T. brassicae* به شیوه غوطه‌ور سازی تخم‌های پارازیت شده بید غلات در چند غلظت (۱۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی پی ام) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هگزافلومورون سمیت کمتری نسبت به کنفیدور داشت و در بکارگیری از زنبور تریکوگراما حداقل فاصله زمانی ۷۲ تا ۹۶ ساعت پس از رهاسازی لحاظ گردد (Rafiqi et al., 2016). در مطالعه‌ای که غلظت‌های توصیه‌شده چریش در شرایط آزمایشگاهی روی افراد بالغ *T. brassicae* و تخم‌های پارازیت شده بید غلات در روزهای ۱، ۳ و ۷ پس از پارازیتسم مورد بررسی قرار گرفته مشخص شده که چریش برای همه مراحل بی‌زیان ارزیابی شده و در گروه ۱ سمیت قرار گرفت (جدول ۲) (Shirazi et al., 2018). تاثیر عصاره آنغوزه بر میزان پارازیتسم و تلفات زنبور تریکوگراما *T. brassicae* و درصد پارازیتسم تخم کرم گلوگاه انار بررسی شد نتایج نشان داد که عصاره آنغوزه باعث افزایش پارازیتسم نیز شده بود (Jafarinooshan et al., 2012). همه مطالعات مرتبط با تاثیر ترکیبات گیاهی روی دشمنان طبیعی از نظر سمیت پایین این ترکیبات برای آنها با یکدیگر تشابه دارند. نتایج یک تحقیق نشان داد که عصاره علف گربه روی درصد پارازیتسم زنبور تریکوگراما *T. brassicae* اثر منفی نداشت و مقدار پارازیتسم ۶۶/۶۶ درصد برآورد شد (Khorrami et al., 2019).

که گونه *T. embryophagum* بیشترین (۵۴ درصد) و گونه *T. evanescens* کمترین (۲۵ درصد) میزان پارازیتسم را روی تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی ایجاد می‌کند. میزان پارازیتسم گونه *T. brassicae* ۴۰ درصد ارزیابی شد. بیشترین و کمترین درصد مرگ و میر به ترتیب به میزان ۸۵/۸۵ درصد و ۳۷ درصد مربوط به گونه‌های *T. evanescens* و *T. embryophagum* بود. میزان مرگ و میر در گونه *T. brassicae* ۳۹ درصد ارزیابی گردید (Alsaedi et al., 2017). حشره‌کش Bt توسط شرکت بایوپست برای مراحل لارو و بالغ تریکوگراما غیر سمی ارزیابی شد. در یک تحقیق تاثیر *B. thuringiensis* بر فراسنجه‌های زیستی *T. brassicae* بررسی شد. نتایج نشان داد که تیمار این باکتری ظرفیت تولیدمثل، نشو و نما و زنده‌مانی این پارازیتوئید را تغییر نداده است (Vaez et al., 2020). اگر چه گزارشی از اثرات سمی مستقیم این باکتری روی زنبوران تریکوگراما در دست نیست اما هنوز هم این احتمال وجود دارد که این ماده بیولوژیک علاوه بر داشتن اثرات منفی در پذیرش میزبان‌های آلوده به باکتری مذکور توسط پارازیتوئیدها بر روی نسل‌های بعدی آنها نیز تاثیر منفی داشته باشد (Sedaratian et al., 2013). در بررسی تاثیر جانبی غلظت متوسط کشنده پنجاه درصد *Metarhizium* (Hypocreales Clavicipitaceae) *T. anisopliae* (Metschnikoff) روی مراحل نابالغ *T. brassicae* در درون تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که این قارچ تاثیر معنی‌داری روی پارامترهای زیستی زنبور تریکوگراما نداشت (Nozad-Bonab et al., 2020).

### ترکیبات گیاهی

تاثیر غلظت کشنده سی درصد سه اسانس گیاهی مرزنجوش، ریحان و نعناع روی درصد پارازیتسم *T. brassicae* مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین میزان پارازیتسم تخم‌های بید سیب زمینی پس از تیمار شاهد در اسانس گیاهی ریحان به میزان ۶۴/۴۴ درصد ثبت گردید

## قارچ‌کش‌ها

شده احتمالاً نتایج با واقعیت فاصله داشته و جهت حصول نتایج بهتر و کاربردی‌تر بایستی که سمیت آفت‌کش‌های جدید در شرایط گلخانه یا نیمه‌مزرعه‌ای نیز مورد بررسی قرار گیرد و از آنجا که در شرایط طبیعی آفت و دشمن طبیعی در کنار یکدیگر قرار دارند شایسته است که تاثیر آفت‌کش‌های جدید روی آفت و دشمن طبیعی به شکل توام بررسی و مقایسه‌های لازم انجام شود. از طرفی با توجه به اینکه گونه‌های بومی کارایی بهتری جهت کنترل دارند بنابراین استفاده از آنها در پروژه‌های تحقیقاتی در اولویت قرار گیرد.

از طرفی اکثر مطالعات انجام شده روی حشره‌کش‌ها تمرکز یافته است و کمتر روی علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها، فرآورده‌های بیولوژیک و گیاهی کار شده است. همچنین تاثیر همزمان دو یا چند حشره‌کش و یا یک حشره‌کش با یک قارچ‌کش مورد بررسی قرار نگرفته است که جهت حصول نتایج واقعی‌تر بایستی این حالات نیز مورد توجه قرار گیرد. آزمایش‌های مربوط به پایداری آفت‌کش‌ها به جز موارد کمی، در کشور انجام نشده است به نظر می‌رسد آفت‌کش‌های سازگار با محیط زیست و دشمنان طبیعی مانند Bt، چریش، مرزنجوش، ریحان و... جهت کنترل آفات و استفاده در قالب مدیریت تلفیقی، پتانسیل مناسبی دارند. با توجه به اینکه وزن مولکولی، خاصیت چربی دوستی، نوع فرمولاسیون و نحوه تاثیر آفت‌کشها اثرات متفاوتی را روی دشمنان طبیعی دارند بهتر است در انجام پروژه‌های تحقیقاتی این موارد توسط محققان در نظر گرفته شوند. نوع آفت‌کش، فرمولاسیون، دز مصرفی و روش کاربرد از جمله عواملی هستند که بر حساسیت دشمنان طبیعی اثر تعیین کننده دارند. دشمنان طبیعی کمتر از آفات مکنده تحت تاثیر آفت‌کش‌های سیستمیک قرار می‌گیرند. همچنین مشخص شده که آفت‌کش‌های گوارشی در مقایسه با ترکیبات تماسی، اثر کمتری روی عوامل مفید دارند. فرمولاسیون میکروکپسول، گرانول و پلت برای موجودات مفیدی که تحرک کمتری دارند زیان کمتری دارد در مقابل فرمولاسیون گرد بیشترین زیان را به دلیل خاصیت جستجوگری حشرات مفید دارد. طعمه‌های مسموم

در مطالعه‌ای تاثیر چهار قارچ‌کش کارپروپامید، تری سیکلازول، پروپیکونازول و مانکوزب روی تخم‌های پارازیت شده بید غلات توسط *T. brassicae* در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که بر خلاف تصور قارچ‌کش‌ها نیز روی زنبورهای تریکوگراما اثرات زیان‌باری دارند و هیچ یک از این قارچ‌کش‌ها برای تریکوگراما بی‌زیان نبوده است. بیشترین اثرات منفی برای میزان خروج زنبورها از تخم‌های تیمار شده مربوط به پروپیکونازول بوده است (Alimirzanejad et al., 2012). در بررسی دیگر که غلظت‌های توصیه‌شده قارچ‌کش ادینفوفوس تحت شرایط آزمایشگاهی روی افراد بالغ و تخم‌های پارازیت شده بید غلات توسط *T. brassicae* در روزهای ۱، ۳ و ۷ پس از پارازیتسم مورد بررسی قرار گرفت ادینفوفوس مرگ و میر بالایی برای افراد بالغ ایجاد کرده ولی برای مراحل نابالغ بی‌ضرر بوده است (Shirazi et al., 2018).

## علف‌کش‌ها

تیمار افراد بالغ و تخم‌های پارازیت شده بید غلات با غلظت‌های توصیه‌شده بوتاکلر و اگزا‌دیازیل در شرایط آزمایشگاهی نشان داده که در روزهای ۱، ۳ و ۷ پس از پارازیتسم توسط *T. brassicae* هر دو علف‌کش مرگ و میر بالایی برای افراد بالغ زنبور ایجاد می‌کنند و از این نظر در گروه ۴ قرار گرفته‌اند (جدول ۲). این ترکیبات برای مراحل نابالغ بی‌زیان بودند و از نظر سمیت در گروه ۱ قرار گرفتند (جدول ۲) (Shirazi et al., 2018).

## نتیجه‌گیری و بحث

ارزیابی اثرات آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی بایستی همه جانبه و با در نظر گرفتن اثرات کشندگی و زیر کشندگی باشد. زیرا غلظت‌های زیر کشنده آفت‌کش‌ها اثرات متفاوتی روی پارامترهای زیستی دارند که در مواردی شاید مهم‌تر از اثرات کشندگی آنها باشد. از آنجا که بیشتر کارهای انجام شده در مورد اثرات جانبی آفت‌کش‌ها روی گونه‌های مختلف تریکوگراما در شرایط آزمایشگاهی انجام



اثرات زیان‌بار کمتری روی مراحل بالغ و نابالغ این دشمن طبیعی داشتند. با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه تاثیر سموم گیاهی و میکروبی روی تریکوگراما این ترکیبات به عنوان جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی توصیه می‌شود. اگر چه در برخی موارد شکارگرها نسبت به پارازیتوئیدها مقاومت بیشتری نسبت به بعضی آفت‌کش‌ها نشان داده‌اند، لذا شایسته است در صورت اجرای برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده از این ترکیبات که از گروه‌های حشره‌کش‌های میکروبی و گیاهی هستند نسبت به حشره‌کش‌های گروه‌های فسفره، کاربامات و پیروتروئیدی و همچنین قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها در اولویت قرار گیرد. به کارگیری آفت‌کش‌ها با اثرات نامطلوب کمتر باعث کاهش پیامدهای نامطلوب کمتر برای محیط زیست و حفاظت بیشتر از دشمنان طبیعی می‌شود و از طرفی مصرف‌کنندگان فرآورده‌های کشاورزی را نیز از عوارض ناخواسته این ترکیبات حفظ می‌کند.

ایمن‌ترین نوع فرمولاسیون هستند. استفاده از آفت‌کش‌هایی با اثرات انتخابی می‌تواند باعث حفظ دشمنان طبیعی گردد. در بسیاری از موارد کاهش غلظت مصرفی (معادل دو سوم غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای) ممکن است درصدی از حشرات کامل را از خطر برهاند. در مورد زمان سمپاشی نیز اگر دشمنان طبیعی در مرحله خاصی از زندگی آفت تلفات قابل توجهی به آن وارد می‌آورند بایستی از سمپاشی در آن مرحله اجتناب کرد. اگر بتوان برای سمپاشی حاشیه مزارع و یا گیاهان تله را مورد سمپاشی قرار داد، دشمنان طبیعی کمتر در معرض قرار می‌گیرند (طالبی جهرمی، ۱۳۹۱).

به طور کلی، آفت‌کش‌های به کار رفته روی گونه‌های مختلف تریکوگراما در ایران شامل حشره‌کش‌هایی از گروه‌های مختلف شیمیایی، ترکیبات گیاهی، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها می‌باشند. نتایج مطالعات انجام شده در مورد اثرات جانبی گروه‌های مختلف آفت‌کش‌ها روی گونه‌های زنبور تریکوگراما در کشور نشان دادند که آفت‌کش‌های Bt، چریش، مرزنجوش، ریحان، نعناع، علف‌گره، آنگوزه،

## References

- Afshari, A., Gorzaldin, M. & Mottaki, E. 2014. Side effects of Indoxacarb and Lufenuron on *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in laboratory condition, *Plant Protection*, 37(3): 61–79.
- Afshari, A., Hamzepour Chenari, E., Iraj, A. & Asghari Larimi, M. 2018. Lethal and sublethal effects of thiodicarb and hexaflumuron on egg parasitoid, *Trichogramma brassicae* Bezdenko under laboratory conditions, *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 41(1): 76–90. (In Persian with English summary).
- Ahmadpour, R., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Hassanpour, M., Ebadollahi, A. & Mahdavi, V. 2021. Lethal and sublethal toxicity of some plant-derived essential oils in ectoparasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 41: 601–610.
- Alimirzanejad, H., Vahedi, H., Sadeghi, A. & Dadpourmoghannloo, H. 2012. Investigation of side effects of four fungicide on *Trichogramma brassicae*. Master Thesis in Plant Protection, Razi University of Kermanshah, 54 pp.
- Alizadeh, S.H. & Ebrahimi, E. 2004. Investigation on biology of *Trichogramma pintoi* (the egg parasitoid of winter moth) on laboratory host. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress*, Vol. 1: Pests. p. 79.
- Al-Rajab, A.J., Alhababy, A.M. & Alfaifi, T. 2016. Persistence of imidacloprid, acetamiprid and methomyl in qat leaves. *Hellenic Plant Protection Journal*, 9(5): 51–59.
- Alsaedi, G., Ashouri, A. & Talaei hassanlouei, R. 2017. Evaluation of *Bacillus thuringiensis* to Control *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under Laboratory Conditions. *Agricultural Sciences*, 8: 591–599.
- Alsaedi, G., Ashouri, A. & Talaei hassanlouei, R. 2016. Effect of treating eggs of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* with *Bacillus thuringiensis* on biological characteristics of three *Trichogramma* species under laboratory conditions. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 5(3): 324–328.
- Asadi, M., Nouri-Ganbalani, G., Rafiee-Dastjerdi, H., Hassanpour, M. & Naseri, B. 2018. The effects of *Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) essential oils on demographic parameters of *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae) on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) Larvae. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 21: 713–731.

- Ashtari, S. 2018. Survey of Persistency of Spinosad, Imidacloprid and Indoxacarb on *Trichogramma brassicae* and *T. evanescens*, Journal of Plant Protection, 33(1): 27–34.
- Ashtari, S. 2022 a. Efficacy of spinosad, imidacloprid, indoxacarb and chlorantraniliprole on *Tuta absoluta* and two species of parasitoid wasps. Journal of Applied Research in Plant Protection, 11(2):79–90.
- Ashtari, S. 2022b. Toxicity of tetraniliprole, chlorantraniliprole, lufenuron and thioacylam insecticides on *Trichogramma brassicae* Bezdenko and *T. evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and semi–field conditions. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 45(3), 91–103. <https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17829>.
- Ashtari, S., Sabahi, Q. & Talebi Jahromi, K. 2018a. Evaluation of toxicity of some biocompatible insecticides on *Trichogramma brassicae* and *T. evanescens* under laboratory and semi–field conditions. Journal of Crop Protection, 7(4): 459–469.
- Ashtari, S., Sabahi, Q. & Talebi Jahromi, K. 2018b. Effects of some insecticides against tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and egg parasitoids *Trichogramma brassicae* and *T. evanescens* (Hym.: Trichogrammatidae), Iranian Journal of Plant Protection Science, 49(2): 341–351.
- Ashtari, S., Sabahi, Q. & Talebi Jahromi, K. 2019. Comparison of the Insecticidal Effect of Several Compounds on Biological Parameters of *Trichogramma brassicae*, Pesticides in Plant Protection Sciences, 8(1): 47–61.
- Ashtari, S., Sabahi, Q. & Talebi Jahromi, K. 2020a. Survey of Parasitismic Effect of Two Species of *Trichogramma* on Eggs of *Tuta absoluta* under Effect of Pesticides, Journal of Vegetables, 4(7): 1–11.
- Ashtari, S., Sabahi, Q. & Talebi Jahromi, K. 2020b. Effects of Four Insecicides on Immature Stages of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Egg Parasitoid of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae), Applied Researches in Plant Protection, 9(1): 45–58.
- Barati, R., Golmohammadi, G.R. & Mansouri, R. 2014. The repellency effects of pymetrozin and several herbal insecticides on *Bemisia tabaci* and the lethal effects of these compounds on *Encarsia formosa*. Biocontrol in Plant Protection, 3(2): 35–45.
- Bhargavi, M. 2017. Effect of different insecticides on adult emergence of *Trichogramma chilonis* (Ishii), International Journal of Plant Protection, 10(1): 79–82.
- Chailleux, A., Biondi, A., Han, P., Tabone, E. & Desneux, N. 2013. Suitability of the pest–plant system *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) tomato for *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitoids and insights for biological control, Journal of Economic Entomology, 106(6): 2310–2321.
- Consoli, F.L., Parra, J.R.P. & Zucchi, R.A. 2010. Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma*, progress in Biological Control, VOL,9.1<sup>st</sup>ed, 482pp.
- Costa, M.A., Muscardini, V.F., Gontijo, P.D.C., Carvalho, G.A., Oliveira, R.L.D. & Oliveira, H.N.D. 2014. Sub lethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi*. Ecotoxicology, Springer, 23(8): 1399–1408.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wychhuys, A.G., Burgio, G. Arpaia, S., Naryaez–Vasquez, C., Gonzalez–Cabrera, J., Catalan Ruescas, D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C.H., Cabello, T. & Urbaneja, A. 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control Journal of Pest Science, 83: 197–215.
- Desneux, N., Decourtype, A. & Delpuech, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology, 52:81–106.
- Ebrahimi, A., Lotfotalizadeh, H., Kazmi, M.H. & Jafarloo, M. 2012. Performance of Trichograma and Kaolin in Controlling of *Ectomyelis ceratoniae* (Lep.: Pyralidae) in Siah Road. Journal of Entomology of Crop, 1(2): 15–24.
- Ebrahimi, A., Pintoro, B. & Shojaei, M. 1998. Studying morphological and enzymatic species of genus of *Trichogramma* in Iran. Journal of Plant Pests and Diseases, 1(66): 122–142.
- Ghazzagh, M. 2016. Effects of two insecticides proclimfit and flubendiamid on biological parameters of *Trichogramma brassicae* in laboratory conditions, Msc thesis, agricultural entomology, Gorgan University, 89 pp.
- Ghorbani, M., Saber, M., Bagheri, M. & Vaez, N. 2016. Effects of diazinon and fipronil on Different Developmental Stages of *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.; Trichogrammatidae). Journal of Agricultural Science and Technology, (18): 1267–1278.
- Hadian, S., Zandi–Sohani, N., Yarahmadi, F. & Sohrabi, F. 2020. Effects of spirotetramat and chlorpyrifos on the functional response of *Aenasius bambawalei* Hayat. Biocontrol in Plant Protection, 8(1): 47–56.
- IOBC–WPRS Bulletin, 2008. Working Group Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group ‘Pesticides and Beneficial Organisms’ Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 15(2): 214–255.
- Jafari, M., Rafieidastjardi, H., Nouriqanbalani, Q., Fathi, A.A., Hasanpour, M. & Ebadallahi, A. 2021. Smoke toxicity of three plant essential oils on *Phthorimaea operculella* and its effect on the percentage of *Trichogramma brassicae* parasitism. Plant Pest Research, 11(1): 71–85.

- Jafari, M., Saber, M., Bagheri, M. & Gharakhani, H. 2013. Effects of Emamectin Benzoate and ethoxyfenozide on Functional Response of *Trichogramma brassicae* (Hym: Trichogrammatidae), Applied Researches in Plant Protection, 2(2): 59–70.
- Jafarinooshan, A., Shamszadeh, M., Sami, M.A. & Khalili, M. 2012. Effect of the stinking assa extract on parasitism and mortality rate of *Trichogramma* wasp as carob moth egg parasitoids (*Trichogramma brassicae*) in vitro. National Congress of Pomegranate, pp. 605–609.
- Kabirreisabad, M. & Amiribeshli, B. 2013. Toxicity of Tondexir herbal insecticide and acetamiprid chemical insecticide on two species of the most important natural enemies of common *Pistachio psyllium*. Journal of New Research in Plant Protection, 3(17): 251–260.
- Khan, H.D.T., Chailleux, A., Tiradon, M., Desneux, N., Colombel, E. & Tabone, E. 2012. Using new egg parasitoids (*Trichogramma spp*) to improve integrated management against *Tuta absoluta* EPPO Bulletin, 42(2): 249–254.
- Knutson, A. 2005. The *Trichogramma* manual, The texas A& M university system. <http://insects.tamu.edu/extension/bulletins/b-6071.html>
- Khorrami, F., Soleimanzadeh, A., Forouzan, M., Nouri, H. & Alikhani, M. 2019. Lethal and deterrent efficacy of three plants extracts on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller and influence on percent parasitism of *Trichogramma brassicae*. Biological in Plant Protection, 6: 77–87. (In Persian with English summary).
- Mahdavi, V., Saber, M., Rafiee-Dastjerdi, H. & Kamita S.G. 2015. Lethal and demographic impact of chlorpyrifos and spinosad on the ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). Neotropical Entomology, 44(6): 626–633.
- Moezipour, M., Kafil, M. & Allahyari, H. 2008. Functional response of *Trichogramma brassicae* at different temperatures and relative humidities, Bulletin of Insectology, 61(2): 245–250.
- Mollanorouzi, F., Hesami, Sh., Ghaibi, M., Hoseini, M. & Fallahzadeh, M. 2018. The lethal effect of indoxacarb and thiodicarb insecticides on the parasitoid wasp *Trichogramma brassicae*. Journal of Entomological Research, 11(1): 65–77.
- Mozaffari, M., Vahedi, H. & Dadpournoghanloo, H. 2012. Evaluation of side effects of fenitrothion, diazinon and chlorpyrifos insecticides current in rice fields on *Trichogramma brassicae*. 15<sup>th</sup> National Rice Conference, 1–4.
- Nekunam, A., Afshari, A. & Nadimi, A. 2020. Investigation of persistency and toxicity of compound insecticides on cotton bushes in order protection against *Trichogramma brassicae* Bezd. Iranian Cotton Research Journal, 8(2): 107–126.
- Nozad-Bonab, Z., Hejazi, M.J., Iranipour, S.H., Arzanlou, M. & Biondai, A. 2020. Lethal and sublethal effects of synthetic and bio-insecticides on *Trichogramma brassicae* parasitizing *Tuta absoluta*. <https://doi.org/10.1101/2020.11.20.391003>.
- Overmeer, W.P.J. & Vanzon, A.G. 1982. A standardized method for testing the side effects of pesticides on the predacious mite *Amblyseius potentillae*, Entomophaga, 27(4): 357–363.
- Parsaeyan, E., Safavi, S.A., Saber, M. & Poorjavad, N. 2017. Effects of emamectin benzoate and cypermethrin on the demography of *Trichogramma brassicae* Bezdenko. Crop Protection, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2017.03.026>, 1–6
- Parsaeyan, E., Safavi, S.A., Saber, M. & Poorjavad, N. 2018. Effects of emamectin benzoate and cypermethrin on the demography of *Trichogramma brassicae*. Crop Protection, (110): 269–274.
- Pinto, J.D. 2006. A review of the new world genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera), Journal Hymenoptera Research, 15: 38–163.
- Poorjavad, N. & Goldansaz, S.H., Dadpour, H., Khajeali, J. 2014. Effect of essential oil on some biological and behavioral traits of *Trichogramma embryophagum* and *T. evanescens*, Biocontrol, 59: 403–413.
- Potting, R.P.J., Van der Gaag, D.J., Loomans, A., van der Straten, M., Anderson, H., MacLeod, A., Castrillón, J.M.G. & Cambra, G.V. 2013. *Tuta absoluta*, Tomato Leaf Miner Moth or South American Tomato Moth. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, Plant Protection Service of the Netherlands.
- Rafiqi, Z., Sharifi, M., Javar, S. & Mottaki, A. 2016. Investigation the lethal effects of consult and Confidor insecticides on *Trichogramma brassicae* parasitoid wasp eggs in laboratory conditions. National Conference on New Researches in Agricultural Engineering, Environment and Natural Resources, 1–8.
- Rui, L., Satta, A. & Floris, I. 2008. Effects of a azadirachtin-based formulation on the non target muscoid fly parasitoid *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae). Biological Control, 47: 66–70.
- Ruiz, L., Flores, S., Cancino, J., Arredondo, J., Valle, J., Diaz-Fleischer, F. & Saber, M. 2011. Acute and population level toxicity of imidacloprid and fenpyroximate on an important egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae*. Ecotoxicology, 20(6): 1476–1484.
- Saber, M. 2011. Acute and population level toxicity of imidacloprid and fenpyroximate on an important egg parasitoid, *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Ecotoxicology, 20: 1476–1484.

- Saber, M., Ghorbani, M., Vaez, N. & Armak, A. 2020. Effects of diazinon and fipronil on functional response of *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.; Trichogrammatidae) in the laboratory conditions. *Journal of Crop Protection*, 9(2): 275–283.
- Saber, M., Vojudi, S., Parsaeyan, A. & Ahmadi, A. 2018. Lethal and non-lethal effects of propargit, benomyl, haloxyfop ethothyl, imidacloprid and chlorpyrifos ethyl pesticides on the biological parameters of the wasp *Trichogramma brassicae*. *Journal of the Entomological Society of Iran*, 39(2): 110–123.
- Saber, M., Vojudi, S., Farrokhi, M. & Ahmadi, A. 2017. The effect of field concentrations of Spinosad and Emamectin benzoate insecticides on the biological parameters of *chrysoperla carnea* in laboratory conditions, *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 7(1): 57–67.
- Saber, M., Hejazi, M.J. & Hassan, S.A. 2004. Effects of azadirachtin/Neemazal on different stages and adult life table parameters of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Economic Entomology*, (97): 905–910.
- Saber, M., Hejazi, M.J., Kamali, K. & Mohrriampour, S. 2001. The effects of fenitrothion and deltamethrin on the immature stages and biological parameters of the egg parasitoid *Trissolcus semistriatus*, *Plant Pests and Diseases*, 69(1): 119–134.
- Sarmadi, S., Nouri-Ganbalani, G., Rafiee-Dastjerdi, H., Hassanpour, M. & Farshbaf-Pourabad, R. 2010. The effects of imidacloprid, indoxacarb and deltamethrin on some biological and demographic parameters of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in adult stage treatment. *Munis Entomology and Zoology*, 5: 646–651.
- Sayed, S.M., El-Shehawi, A.M. & Al-Otaibi, S.A. 2012. Molecular and biological characterization of *Trichogramma turkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) which inhabits taif governorate at the west of Saudi Arabia, *African Journal Biotechnology*, 10(46): 9467–9472.
- Sedaratian, A., Fathipour, Y. & Talaei-Hassanloui, R. 2013. Deleterious effects of *Bacillus thuringiensis* on biological parameters of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera*. *BioControl*, 59(1): 89–98.
- Shafaghi, F., Fourouzan, M., Mahdavi, V. & Attaran, M.R. 2023. Effect of chlorantraniliprole, Flubendiamide, and Indoxacarb against tomato leaf miner, and side effects of chlorantraniliprole on the parasitoid wasp, *Trichogramma brassicae*. *Plant Pest Research*, 13(1): 39–49.
- Sheikhigarjan, A., Talebijahormi, K. & Pourmirza, A.A. 2013. The effect of several phosphorus and pyrethroid insecticides on different developmental stages of the egg parasitoid wasp *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, 8(4): 157–164.
- Sidi, M.B., Islam, Md.T., Ibrahim, Y. & Dzolkhifli, O. 2013. Effect of azadirachtin and rotenone on *Trichogramma papilionis* (Hym: Trichogrammatidae), *Journal of Food Agriculture and Environmental* 2: 1509–1513.
- Shi, Z.H., Guo, S.J., Lin, W.C. & Liu, S.S. 2004. Evaluation of selective toxicity of five pesticides against *Plutella xylostella* (Lep: Plutellidae) and their side-effects against *Cotesia plutellae* (Hym: Braconidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Pest Management Science*, 60: 1213–1219.
- Shirazi, J., Bahrami, A. & Rezapanah, M. 2018. Side Effects of Five Pesticides on *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Journal of Agriculture and Forestry*, 66(1): 57 – 68.
- Shirazi, J., Morsali, H. & Rezaei, M. 2009. A review on the side effects of chemical pesticides on the pests' natural enemies. (In Persian with English abstract). In: IRIPP, PPO, editors, *Proceeding of Half a Century Pesticides Usage in Iran*, p. 103–132.
- Sohrabi, F. & Amini, E. 2015. Effect of pesticides used in tomato fields of Iran on the egg parasitoid *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory conditions. *Biological Forum*, 7(2): 975–980.
- Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M., & Mossadegh, M. S. (2014). Effects of buprofezin and imidacloprid on functional response of *Eretomcerus mundus* Mercet. *Plant Protection Science*, 50(3): 145–150. <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/123754.pdf>
- Stark, J.D. & Banks J.E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48: 505–519. 30.
- Sterk, G., Hassan, S.A., Baillod, M., Bakker, F., Bigler, F., Blümel, S. & Calis, J.N.M. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC, WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. *BioControl*, 44(1): 99–117.
- Suh, C.P., Orr, D.B. & Van Duyn, J.W. 2000. Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. *Journal of Economic Entomology*, 93(3): 577–583.
- Tabebordbar, F., Shishehbor, P., Ziaee, M. & Sohrabi, F. 2020. Effects of field recommended concentrations of three different insecticides on life table parameters of the parasitoid *Trichogramma evanescens* (Hym.: Trichogrammatidae) under laboratory conditions. *Plant Pest Research*, 9(4): 11–23.

- Talebijahormi, Kh. 2013. Toxicology of pesticides. Tehran University Press, 507 pp.
- Theiling, K.M. & Croft, B.A. 1988. Pesticide side-effect on arthropod natural enemies: A database summary, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 21(3-4): 191-216.
- Tian, H.X. & Lin, N.Q. 2009. The genus *Trichogrammatoidea* Girault from Hainan, with description of a new species (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Acta Zootaxon. Sin.*, 34: 360-66
- Uma, S., Jacob, S. & Lyla, K.R. 2014. Acute contact toxicity of selected conventional and novel insecticides to *Trichogramma japonicum* Ashmead (Hymenoptera: Trichogrammatidae, *Journal of Biopest*, 7: 133-136.
- Vaez, N., Iranipour, S. & Hejazi, M.J. 2020. The effect of *Bacillus thuringiensis* on the biological parameters of the wasp *Trichogramma brassicae*. *Applied Researches in Plant Protection*, 9(3): 29-45.
- Yousefi Porshokouh, A., Mohaghhegh Neishabouri, J., Karimpour, Y. & Shirazi, J. 2018. Investigation the effect of six recommended pesticides in rice fields on the productivity and survival of the predator *Andrallus spinidens* in laboratory conditions. *Biocontrol in Plant Protection*, 7(1): 29-38.
- Zappala, L., Bernardo, U., Biondi, A., Cocco, A., Deliperi, S., Delrio, G., Giorgini, M. & Pedata, P., Rapisarda, C., Tropea Garzia, G. & Siscaro, G. 2012. Recruitment of native parasitoids by the exotic pest *Tuta absoluta* in Southern Italy. *Bulletin of Insectology*, 65: 51-61.

## Review on the side effects of pesticides and how to evaluate these effects on *Trichogramma* in Iran

Sedighe Ashtari

Tutor, Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran.

Corresponding author: Sedighe Ashtari, email: aroya95@gmail.com

---

Received: Jul., 16, 2023

10(2) 9–30

Accepted: Sep., 17, 2023

---

### Abstract

The egg parasitoid *Trichogramma* spp is biological control agents of a wide range of agricultural and forests pests. At least 12 species of *Trichogramma* are commercially used in biological control programs in different countries of the world. These wasps can be reared on secondary hosts more quickly and easily than other biological control agents. So far, 11 species of *Trichogramma* have been identified from different parts of Iran and some species have reached mass rearing in the country. During the last few decades, different species of *Trichogramma* have been used in biological control of many pests including carob moth in pomegranate, rice stem borer, codling moth, European corn stem borer and cotton bollworm in different parts of Iran. Chemical control is currently the most important tool in agricultural pest management, the use of hazardous chemical compounds has caused environmental pollution, secondary pest outbreaks, emergence of resistance, threats to human health and adverse effects on non-target organisms. Most conventional pesticides used to control pests are broad-spectrum compounds that kill natural enemy populations similar to the pests. Numerous studies have shown that pesticides used to control pests have many side effects on natural enemies, including changes in growth, development rate, and sex ratio. To evaluate the side effects of pesticides on various biological agents, some standards have been developed by the IOBC. The results of which, in addition to international acceptance, can provide valuable recommendations for use in IPM programs and help to find selected compounds compatible with biological control agents and reduces the use of pesticides. The present article is a review of studies on the side effects of pesticides on different species of *Trichogramma* wasps in Iran, which is being conducted for the first time and hoped to pave the way for the development of integrated pest control in the country.

**Keywords:** pesticides, side effects, *Trichogramma*, selective compounds, IPM.

---