مقایسه اثر حشره‌کشی چند ترکیب روی پارامترهای زیستی زنبور، *Trichogramma brassicae*

صدیقه اشتری[1]*، قدرت اله صباحی[2] و خلیل طالبی جهرمی[2]

۱. بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران. ۲. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۸

چکیده

در این مطالعه مراحل نابالغ زنبور *Trichogramma brassicae* از دشمنان طبیعی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، تحت تاثیر غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای و نصف غلظت توصیه‌شده چهار حشره‌کش آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید قرار گرفتند. زنبور پارازیتوئید در شرایط آزمایشگاهی و روی تخم‌های شب‌پره بید غلات، *Sitotroga cerealella* پرورش یافت. از روش غوطه‌وری برای تیمار مراحل نابالغ (لاروی، پیش‌شفیرگی و شفیرگی) این پارازیتوئید استفاده شد و درصد کاهش در ظهور، میزان پارازیتیسم، طول عمر و نسبت جنسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت‌های مذکور از حشره‌کش‌های مورد مطالعه و به‌ویژه غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای پارامترهای زیستی زنبور را در مقایسه با شاهد تحت تاثیر قرار دادند. کاربرد غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای فلوبندیامید در مراحل رشدی لارو، پیش‌شفیره و شفیره زنبور به‌ترتیب باعث (۱/۰۷±۶۹/۵۸، ۲/۱۵±۸۱/۶۷ و ۲/۲۰±۷۸/۷۵) درصد ظهور در نسل صفر و (۲/۷۸ ± ۷۰/۳۳، ۳/۵۷ ± ۸۰/۲۵ و ۳/۶۰ ±۸۸/۴۵) درصد ظهور در نسل یک شد و در گروه ۱ قرار گرفت. آبامکتین در غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای در مراحل رشدی لارو، پیش‌شفیره و شفیره زنبور به ترتیب با (۱/۳۴ ±۴۴/۵۸، ۱/۱۹ ±۴۹/۵۸ و ۳/۰۲ ±۴۰/۰۰) درصد ظهور در نسل صفر و (۱/۹۷ ±۴۴/۷۲ ، ۷/۲۸ ± ۴۲/۳۵ و ۲/۸۷ ±۴۸/۷۶) درصد ظهور در نسل یک در گروه ۲ رده‌بندی شد. امامکتین بنزوات و استامی‌پراید نیز در بعضی مراحل رشدی در گروه ۱ و در بعضی مراحل رشدی دیگر نسبت به درصد کاهش در ظهور، در گروه ۲ رده‌بندی شدند. در مورد سایر پارامترها نیز بیشترین و کمترین تاثیر سوء آفت‌کش‌ها به ترتیب مربوط به آبامکتین و فلوبندیامید بود. نتایج نشان داد که از میان ترکیبات مذکور از فلوبندیامید به‌دلیل سمیت کمتر برای دشمن طبیعی جهت مدیریت تلفیقی آفات بال‌پولک‌داران می‌توان استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: حشره‌کش‌ها، پارامترهای زیستی، تریکوگراما، سمیت، اثرات جانبی.

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

مقدمه:

استفاده نادرست از حشره‌کش‌ها جهت کنترل آفات بال‌پولک‌داران باعث ظهور ژنوتیپ‌های مقاوم، آلودگی محیط و ایجاد باقی‌مانده آنها در محصولات می‌شود (Siqueira *et al*.,2001). زنبورهای تریکوگراما از موفق‌ترین گونه‌های پارازیتوئید در دنیا هستند. حدودا ۲۱۰ گونه از این زنبورها به عنوان دشمنان طبیعی طیف گسترده‌ای از آفات کشاورزی و جنگل‌ها در بیشتر نواحی دنیا به‌شمار می‌روند و حداقل ۱۲ گونه به‌طور گسترده و تجاری در برنامه‌های کنترل بیولوژیکی استفاده می‌شوند. زنبورهای تریکوگراما نسبت به بقیه عوامل کنترل بیولوژیک به‌سرعت قابل تهیه می‌باشند و چون دوره یک نسل آنها کوتاه است، به‌سادگی روی میزبان‌های ثانویه قابل پرورش می‌باشند (Consoli *et al*., 2010). تخم‌های خود را در داخل تخم سایر حشرات مخصوصاً پروانه‌ها قرار می‌دهند، تخم‌ها بیضی کشیده و به رنگ سفید شیری می‌باشند. این حشرات علاوه بر یک دورهٔ زندگی آزاد در مرحله حشره کامل در دورهٔ بعد از جنین، انگل داخلی در تخم سایر حشرات بوده و دارای مرحله نشو و نمای لارو (Larva) پیش‌شفیره (Prepupae) و شفیره (Pupae) می‌باشند (Pinto, 2006). این زنبورها عوامل مهمی جهت کنترل بیولوژیک این آفات در باغات و مزارع می‌باشند (Hussain *et al*.,2012). اگر این زنبورها به تعداد زیاد رهاسازی شوند اثری مشابه آفت‌کش‌ها دارند (Parsaeyan *et al*., 2018). حساسیت زنبورهای تریکوگراما به حشره‌کش‌ها نسبت به آفات به دلیل قدرت جستجوگری کمتر و سم‌زدایی پایین‌تر بیشتر است (Bhargavi, 2017). ولی با این وجود به دلیل ساده‌تربودن کاربرد کنترل شیمیایی نسبت به کنترل بیولوژیک، از آن استفاده می‌شود. اگر کنترل شیمیایی به شیوه‌ای مناسب و به‌موقع انجام شود تاثیر عوامل کنترل بیولوژیک مورد استفاده بهبود می‌یابد (Parsaeyan *et al*., 2018). بیشتر مطالعات آزمایشگاهی و مزرعه‌ای نشان دادند که زنبورهای تریکوگراما حساسیت بالایی به آفت‌کش‌های وسیع طیف دارند (Sidi *et al*., 2013). ارزیابی حساسیت دشمنان طبیعی به آفت‌کش‌ها یکی از مسایل بسیار مهم درکنترل تلفیقی آفات محسوب می‌شود. از آنجایی که معمولا دزهای کشنده آفت‌کش‌ها به‌منظور بررسی تاثیر آنها بر دشمنان طبیعی مورد مطالعه قرار می‌گیرد و با توجه به اهمیت دزهای زیرکشنده این ترکیبات، مطالعات تاثیر دزهای زیرکشنده ضروری به نظر می‌رسد (Desneux *et al*., 2007). غلظت‌های زیرکشنده آفت‌کش‌ها تغییرات فیزیولوژیکی و رفتاری ایجاد می‌کنند که باعث تغییراتی روی میزان ظهور، پارازیتیسم، نسبت جنسی، طول عمر و دیگر موارد می‌گردد (Costa *et al*., 2014). زنبور *T. brassicae* یکی از مهم‌ترین گونه‌های تریکوگراما جهت کنترل آفات محسوب می‌شود و می‌توان آن را به راحتی تکثیر و رهاسازی کرد (Madhusudhan, 2014). استفاده از حشره‌کش‌های کم‌دوام هم به‌دلیل اینکه مدت زمان کمتری در تماس با دشمنان طبیعی هستند، راهکاری جهت نیل به اهداف کنترل تلفیقی آفات می‌باشد (Hussain *et al*., 2012; Madhusudhan, 2014). آبامکتین آفت‌کشی از گروه اورمکتین‌ها و منشاء آن یک باکتری خاکزی به نام (Burg) (Streptomycetales: Streptomycetaceae) *Streptomyces avermitilis* است و جزء آفت‌کش‌های بیولوژیک محسوب می‌شود آبامکتین کانال‌های کلر را تحریک کرده و باعث مرگ می‌شود (Fisher and Mrozik, 1989). این آفت‌کش در ایران برای کنترل کنه زنگار مرکبات و مینوز سبزی و صیفی توصیه شده است (Noorbakhsh, 2018). این حشره‌کش جز سموم کم‌دوام بوده و چون ۳۰ درصد مرگ و میر زنبورهای تریکوگراما تحت تاثیر باقی‌مانده آفت‌کش، بین ۱۵-۵ روز پس از کاربرد آفت‌کش ایجاد شد لذا بنابر احتیاط می‌توان پس از ۱۵ روز از کاربرد این آفت‌کش زنبور تریکوگراما را رهاسازی نمود (Ashtari *et al*., 2018). امامکتین بنزوات نیز مشابه آبامکتین مربوط

به گروه اورمکتین‌ها می‌باشد. این حشره‌کش با تاثیر روی سلول‌های عصبی مانع از انقباض ماهیچه‌ای شده و بنابراین از تغذیه لاروها جلوگیری می‌کند (Madhusudhan, 2014). این حشره‌کش جز سموم توصیه‌شده سازمان حفظ نباتات جهت کنترل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی می‌باشد و تاثیر آن بیشتر روی مرحله لاروی است (Noorbakhsh, 2018). این حشره‌کش جز سموم بادوام متوسط بوده و چون ۳۰ درصد مرگ و میر زنبورهای تریکوگراما تحت تاثیر باقی‌مانده آفت‌کش، بین ۳۰-۱۶ روز پس از کاربرد آفت‌کش ایجاد شد لذا بنابر احتیاط می‌توان پس از یک‌ماه از کاربرد این آفت‌کش زنبور تریکوگراما را رهاسازی نمود (Ashtari *et al*., 2018). استامی‌پراید از سموم نئونیکوتینوئیدی است و شبیه نیکوتین می‌باشد با اختلال در عمل گیرنده‌های عصبی استیل‌کولین باعث تحریک عصبی شدید، فلج‌شدن و مرگ حشره می‌شود. این حشره‌کش به طور گسترده برای کنترل آفات بال‌پولک-داران استفاده می‌شود (Yamada *et al*., 1999). برای کنترل شته‌ها، تریپس‌ها و لارو پروانه‌های آفت هم در خاک و هم روی تعداد زیادی از گیاهان به‌کار می‌رود (Noorbakhsh, 2018). این حشره‌کش جز سموم بی‌دوام بوده و چون ۳۰ درصد مرگ و میر زنبورهای تریکوگراما تحت تاثیر باقیمانده آفت‌کش، در کمتر از ۵ روز پس از کاربرد آفت‌کش ایجاد شد لذا بنابر احتیاط می‌توان پس از ۵ روز از کاربرد این آفت‌کش زنبور تریکوگراما را رهاسازی نمود (Ashtari *et al*., 2018).

فلوبندیامید یک حشره‌کش تماسی گوارشی و متعلق به گروه دی آمید فتالیک اسید است و اختلال در تعادل یون کلسیم را با مهار گیرنده ریانودین[1] باعث می‌شود. این حشره‌کش یک ترکیب موثر جهت کنترل آفات پروانه‌ای محسوب می‌شود (Das *et al*., 2017). این حشره‌کش جز سموم توصیه‌شده سازمان حفظ نباتات جهت کنترل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی می‌باشد و تاثیر آن بیشتر روی مرحله لاروی است (Noorbakhsh, 2018). این حشره‌کش جز سموم بی‌دوام بوده و چون ۳۰ درصد مرگ و میر زنبورهای تریکوگراما تحت تاثیر باقی‌مانده آفت‌کش، در کمتر از ۵ روز پس از کاربرد آفت‌کش ایجاد شد لذا بنابر احتیاط می‌توان پس از ۵ روز از کاربرد این آفت‌کش زنبور تریکوگراما را رهاسازی نمود (Ashtari *et al*., 2018). طبق دستورالعمل IOBC حشره‌کش‌ها بر اساس درصد کاهش در ظهور گروه‌بندی شدند. اگر درصد کاهش در ظهور کمتر از ۳۰ درصد بود حشره‌کش بی‌زیان، بین ۳۰ تا ۷۰ درصد کم‌زیان، بین ۸۰ تا ۹۹ درصد زیان متوسط و بیشتر از ۹۹ درصد زیان‌آور ارزیابی گردید (Sterk *et al*., 1999; Costa *et al*., 2014).

هدف پژوهش حاضر بررسی سمیت حشره‌کش‌های آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید روی پارامترهای زیستی زنبور تریکوگراما گونه *Trichogramma brassicae* بود تا با انتخاب حشره‌کشی که ایمنی نسبتا بالایی برای دشمنان طبیعی و محیط‌زیست دارد، بتوان از آن همراه با این عامل کنترل بیولوژیک در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات بال‌پولک‌داران استفاده نمود.

مواد و روش‌ها:

در آزمایش‌ها از فرمولاسیون تجاری حشره‌کش‌های آبامکتین (Vertimec® EC 1.8%) و استامی‌پراید (Mospilan®20%) ساخت شرکت گل‌سم گرگان (ایران) و امامکتین بنزوات (ProclimFit® WG 50%) و فلوبندیامید (Takumi® WG 20%) ساخت شرکت سینجنتا[2] کشور سوئیس استفاده شد.

آزمایش‌ها در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، شهر اراک انجام شد. زنبورها در

[1] Ryanodine receptor
[2] Syngenta

اتاقک رشد با شرایط (دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) روی تخم‌های بید غلات *Sitotroga cerealella* Oliv پرورش یافتند.

مراحل نابالغ زنبور *T. brassicae* درون تخم‌های بید غلات طبق استاندارد IOBC به وسیله حشره‌کش‌ها به‌روش غوطه‌وری در دو غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای[3] و نصف آن[4] آبامکتین (۱۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، امامکتین بنزوات (۱۰۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، استامی‌پراید (۵۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فلوبندیامید (۵۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شش تکرار تیمار شدند. از آب مقطر برای تیمار شاهد استفاده شد. به‌دلیل اینکه مراحل لاروی، پیش‌شفیرگی و شفیرگی پارازیتوئید، مصادف با روزهای سوم، ششم و نهم پس از پارازیتیسم بود کارت‌های محتوی ۱۴۰عدد تخم پارازیته شده بید غلات در هر یک از این روزها به مدت ۱۰ ثانیه در محلول حشره‌کش‌ها غوطه‌ور شدند. تخم‌های تیمارشده پس از خشک‌شدن به مدت سه ساعت تحت شرایط آزمایشگاهی، وارد لوله‌های آزمایش شدند و سپس در اتاقک رشد با شرایط مذکور تا زمان ظهور نگهداری شدند. در نهایت پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل میزان ظهور، پارازیتیسم و طول عمر در نسل صفر و نیز میزان ظهور و نسبت جنسی (ماده به کل) در نسل یک بودند. مرحله بالغ هم تحت تاثیر دو غلظت حشره‌کش‌های مذکور قرار گرفت ولی به‌دلیل مرگ و میر بالا امکان ادامه آزمایش وجود نداشت به‌همین دلیل فقط مراحل نابالغ بررسی شدند. جهت ارزیابی اثرات جانبی حشره‌کش‌ها روی افراد زنده‌مانده، ۳۰عدد از ماده‌های بالغ یک‌روزه و جفت‌گیری‌کرده که از تخم‌های تیمارشده بید غلات در تیمارهای ۳، ۶ و ۹ روز پس از پارازیتیسم خارج شدند، به‌طور تصادفی از هر تیمار انتخاب و جداگانه و به صورت انفرادی در ظروف حاوی ۱۰۰عدد تخم بید غلات پارازیته نشده در شرایط اتاقک رشد با شرایط کنترل‌شده به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. پس از این مدت زنبورهای انفرادی از تخم‌ها جدا و تا مرگ آخرین زنبور نگه داشته شد و در نهایت طول عمر نسل F_0 محاسبه گردید. میزان پارازیتیسم تخم‌ها تعیین شد و این تخم‌ها تا ظهور افراد بالغ نسل F_1 در اتاقک رشد قرار گرفت. پس از خروج زنبورها میزان ظهور F_1 و نسبت جنسی (ماده به کل) F_1 تعیین شد. جهت تعیین گروه سمیت، R یا درصد کاهش در ظهور با استفاده از این معادله محاسبه شدند:

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

f = میانگین میزان ظهور در هر تیمار حشره‌کش،

t= میانگین میزان ظهور در تیمار شاهد

از ریشه دوم آرک سینوس برای نرمال‌سازی داده‌های درصدی استفاده گردید. آزمایش‌ها به‌روش طرح کاملا تصادفی انجام شدند. داده‌ها با نرم افزار SPSS و به روش فاکتوریل با دو فاکتور نوع آفت‌کش در چهار سطح (آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید) و غلظت آفت‌کش‌ها (شاهد، غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای و نصف غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای) تجزیه و تحلیل شدند. از آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد جهت گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج:

۱- اثر آفت‌کش‌ها روی درصد ظهور نسل F0 مرحله لاروی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس فاکتوریل نشان داد که اثر دو فاکتور نوع آفت‌کش ($F_{(3,60)}=65.51$, $P=0.0001$) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,60)}=663.200$, $P=0.001$) هرکدام به‌تنهایی روی درصد ظهور معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی درصد ظهور معنی‌دار بود ($F_{(6,60)}=16.38$, $P=0.0001$). کمترین میزان خروج در تیمار آبامکتین با درصد کاهش (۵۲/۲۳ و

[3] Half Recommended Dose

[4] Recommended Dose

۴۷/۳۲) نسبت به شاهد و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید با درصدکاهش (۲۵/۴۴و ۲۰/۹۸) نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۱).

مرحله پیش‌شفیرگی

اثر دو فاکتور نوع آفت‌کش ($F_{(3, 60)}$=120.78, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2, 60)}$=487.85, P=0.001) هرکدام به‌تنهایی روی درصد ظهور معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی درصد ظهور نیز معنی‌دار بود ($F_{(6,60)}$=30.23, P=0.0001). میزان خروج زنبورها در تیمار آبامکتین و امامکتین بنزوات اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کمترین میزان خروج در هر دو غلظت مذکور از تیمار آبامکتین به ترتیب با درصدکاهش (۴۷/۳۴ و ۴۳/۳۶) نسبت به شاهد و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید با درصدکاهش (۱۳/۲۷ و ۷/۹۶) نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۱).

مرحله شفیرگی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3, 60)}$=128.66, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2, 60)}$=527.35, P=0.0001) هرکدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی درصد ظهور معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت کش و غلظت آن روی درصد ظهور هم معنی‌دار بود ($F_{(6, 60)}$=32.29, P=0.0001). کمترین میزان خروج در تیمار آبامکتین با درصد کاهش (۵۹/۴۹ و ۵۴/۸۵) نسبت به شاهد و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید با درصدکاهش (۲۰/۲۵ و ۱۴/۳۴) نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۱). بر اساس استاندارد IOBC آبامکتین و امامکتین بنزوات (به استثنای مرحله شفیره در نصف غلظت مزرعه‌ای) در همه مراحل و در هر دو غلظت کم‌زیان ارزیابی گردیدند. استامی‌پراید در مرحله لاروی در هر دو غلظت و در مرحله شفیرگی در غلظت مزرعه‌ای کم‌زیان و در بقیه موارد بی‌زیان ارزیابی شد. فلوبندیامید در همه مراحل و در هر دو غلظت مذکور بی‌زیان ارزیابی گردید.

۲- اثر آفت‌کش‌ها روی درصد ظهور نسل F1

مرحله لاروی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس فاکتوریل نشان داد که اثر دو فاکتور نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=16.37, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=148.67, P=0.0001) هرکدام به‌تنهایی روی درصد ظهور معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی درصد ظهور معنی دار بود ($F_{(6,24)}$=4.13, P=0.005). تیمارهای آبامکتین و امامکتین بنزوات با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. بین تیمارهای استامی‌پراید و فلوبندیامید نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.کمترین میزان خروج در تیمار آبامکتین با درصدکاهش (۵۱/۶۹ و۴۵/۰۱) نسبت به شاهد و بیشترین آن با درصد کاهش تیمار فلوبندیامید (۲۴/۰۲ و ۱۹/۹۴) نسبت به شاهد در غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای و نصف آن مشاهده شد (جدول ۱).

مرحله پیش‌شفیرگی

اثر دو فاکتور نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=14.73, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=53.39, P=0.0001) روی درصد ظهور معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت-کش و غلظت آن روی درصد ظهور معنی‌دار بود ($F_{(6,24)}$=3.71, P=0.009). میزان خروج زنبورها در تیمار آبامکتین و امامکتین بنزوات اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. استامی‌پراید و امامکتین بنزوات نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. استامی‌پراید و فلوبندیامید نیز باهم اختلافی نداشتند. کمترین میزان خروج در هر دو غلظت مذکور از تیمار آبامکتین به‌ترتیب با درصدکاهش (۵۵/۷۰ و ۴۸/۷۲) نسبت به شاهد و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید با درصدکاهش (۱۶/۰۶ و ۱۲/۵۵) نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۱).

مرحله شفیرگی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=23.71, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=41.56, P=0.0001) هر کدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی درصد ظهور معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع

آفت‌کش و غلظت آن نیز روی درصد ظهور معنی‌دار بود ($F_{(6,24)}$=5.99, P=0.001). در میزان ظهور افراد بالغ از مرحله شفیرگی تیمارشده با غلظت توصیه‌شده آبامکتین با همه تیمارها و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. استامی‌پراید و امامکتین بنزوات نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. فلوبندیامید با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. در نصف غلظت مزرعه‌ای آفت‌کش‌ها نیزاختلاف معنی‌داری بین همه تیمارها و آبامکتین مشاهده شد. امامکتین بنزوات و استامی‌پراید اختلاف معنی‌داری نداشتند. استامی‌پراید و فلوبندیامید نیز با هم و با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان خروج در تیمار آبامکتین با درصد کاهش (۴۸/۸۳ و ۴۲/۴۰) نسبت به شاهد و بیشترین آن در تیمار با فلوبندیامید با درصدکاهش (۷/۱۹ و ۲/۷۱) نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۱).

آبامکتین در هر سه مرحله لارو، پیش‌شفیره و شفیره و هر دو غلظت به‌کاررفته با توجه به میزان کاهش در ظهور، کم‌زیان ارزیابی شد. امامکتین بنزوات نیز در همه مراحل و در هر دو غلظت مذکور کم‌زیان بود. این ترکیب در مرحله شفیرگی در هر دو غلظت بی‌زیان ارزیابی گردید. استامی‌پراید نیز به استثنای غلظت توصیه‌شده در مرحله لاروی کم‌زیان و در بقیه مراحل بی‌زیان بود. فلوبندیامید در همه مراحل بی‌زیان ارزیابی گردید.

جدول ۱- میزان ظهور (٪) و درصد کاهش در ظهور حشرات کامل نسل F0 و نسل F1 زنبور *T. brassicae* از مراحل نابالغ (لارو، پیش‌شفیره و تیمارشده با غلظت‌های توصیه‌شده مزرعه‌ای RD و نصف غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای HRD حشره‌کش‌های ابامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید شفیره).

Table 1. Emergence rate (%) and reduction in emergence percentage *T. brassicae* adult of F0 and F1 from immature stages. (larva, prepupa and pupa) treated to RD (Recommended Dose) and HRD (Half Recommended Dose) of abamectin, emamectin benzoate, acetamiprid and flubendiamide.

Treatment	Generation	Larvae RD	Larvae HRD	Prepupae RD	Prepupae HRD	Pupae RD	Pupae HRD
Abamectin	0	44.58±1.34a	49.17±2.24a	49.58±1.19a	53.33±2.26a	40.00±3.02a	44.58±1.98a
		52.23 2	47.32 2	47.34 2	43.36 2	59.49 2	54.85 2
Emamectin		50.00±1.35b	54.17±2.26b	51.67±1.29a	56.67±1.43a	61.25±1.57b	67.08±1.15b
		46.43 2	41.96 2	45.13 2	39.81 2	37.97 2	29.07 1
Acetamiprid		60.42±0.87c	65.00±1.89c	65.42±1.36b	69.58±1.42b	70.42±1.88c	73.75±2.02c
		35.27 2	30.35 2	30.52 2	26.10 1	28.69 1	22.02 1
Flubendiamid		69.58±1.07d	73.75±2.07d	81.67±2.15c	86.67±2.64c	78.75±2.20d	84.58±1.87d
		25.44 1	20.98 1	13.27 1	7.96 1	20.25 1	14.34 1
Control		93.33± 1.26 e	93.33± 1.26 e	94.17±0.99d	94.17±0.99d	98.75± 0.72e	98.75± 0.72e
Abamectin	1	44.72±1.97a	50.90±5.07a	42.35±7.28a	49.02±7.00a 48.72	48.76±2.87a 48.83	54.89±5.42a
		51.69 2	45.01 2	55.70 2	2	2	42.40 2
Emamectin		46.66±4.14a	53.05±4.6a	56.78±3.26ab	62.82±5.11ab	71.00±2.21b 25.50	79.83±7.07b
		49.59 2	42.69 2	40.61 2	34.29 2	1	16.23 1
Acetamiprid		60.72±3.03b	65.21±1.63b	72.20±6.50bc	76.19±6.36bc	76.60±4.45b 19.62	82.85±2.58bc
		34.41 2	29.56 1	24.48 1	20.30 1	1	13.061
Flubendiamid		70.33±2.78b	74.11±1.83b	80.25±3.57cd	83.60±4.45cd	88.45±3.60c 7.19	92.72±2.39bc
		24.02 1	19.94 1	16.06 1	12.55 1	1	2.71 1
Control		92.57±3.1c	92.57±3.1c	95.60±2.49d	95.60±2.49d	95.30±3.26c	95.30±3.26c

*اعداد به دست آمده برای هر ستون (درصد ظهور) برابر با میانگین تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند.

** اعداد ردیف دوم به ترتیب از سمت چپ به راست مربوط به درصد کاهش در ظهور و گروه‌بندی تیمار می‌باشد. گروه ۱- زیر ۳۰ درصد کاهش در ظهور بی‌زیان گروه ۲- بین ۳۰ تا ۷۹ درصد کم‌زیان گروه ۳- ۸۰ تا ۹۹ درصد زیان متوسط گروه ۴- بیشتر از ۹۹ درصد زیان‌آور.

* The number obtained for each column is equal mean±SE. means in a columns followed by different letters are significantly different in %5 LSD test.

**The numbers in the second row, respectively, from left to right, are related to the percentage of decrease in emergence and grouping of treatment. class1 – harmless (E<30%), class 2 – slightly harmful (30 ≤ E ≤ 79%), class 3 – moderately harmful (80 ≤ E ≤ 99%) and class 4 – harmful (E>99%).

۳- اثر آفت‌کش‌ها روی میزان پارازیتیسم نسل F0

مرحله لاروی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=93.23, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=235.98, P=0.0001) هر کدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی میزان پارازیتیسم معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی میزان پارازیتیسم معنی‌دار بود ($F_{(6,24)}$=23.38, P=0.0001). کمترین و بیشترین تعداد تخم پارازیته به ترتیب در تیمار آبامکتین و فلوبندیامید مشاهده شد (جدول ۲).

مرحله پیش شفیرگی

فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=29.46, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=128.13, P=0.0001) هرکدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی میزان پارازیتیسم معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی میزان پارازیتیسم معنی‌دار بود ($F_{(6,24)}$=7.41, P=0.0001). میزان پارازیتیسم در تیمارهای آبامکتین و امامکتین بنزوات اختلاف معنی‌داری نداشتند. میزان پارازیتیسم در استامی‌پراید و فلوبندیامید نیز اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲).

مرحله شفیرگی

فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=66.95, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=197.23, P=0.0001) هرکدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی میزان پارازیتیسم معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی میزان پارازیتیسم معنی‌دار بود ($F_{(6,24)}$=16.75, P=0.0001). استامی‌پراید و فلوبندیامید اختلاف معنی‌داری نداشتند. در همه‌موارد کمترین تعداد تخم تیمارشده مربوط به تیمار آبامکتین و بیشترین آن مربوط به فلوبندیامید بود. با توجه به تعداد تخم پارازیته‌شده، مرحله شفیره این گونه تریکوگراما به آبامکتین، امامکتین و فلوبندیامید حساسیت بیشتری دارد و مرحله پیش‌شفیره آن به استامی‌پراید حساس‌تر است (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین تعداد تخم‌های پارازیته‌شده پس از ۴۸ ساعت به ازای هر فرد ماده نسل F0 *T. brassicae* از مراحل نابالغ (لارو، پیش‌شفیره و شفیره) تیمارشده با غلظت‌های توصیه‌شده مزرعه‌ای RD و نصف غلظت مزرعه‌ای HRD حشره‌کش‌های ابامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید.

Table 2. Mean of number of parasitized eggs after 48 hours for per female of *T. brassicae* F1 from immature stages (larva, prepupa and pupa) treated to to RD (Recommended Dose) and HRD (Half Recommended Dose) of abamectin, emamectin benzoate, acetamiprid and flubendiamide.

Treatment	Larvae RD	Larvae HRD	Prepupae RD	Prepupae HRD	Pupae RD	Pupae HRD
Abamectin	10.53±0.33a	13.10±1.00a	11.83±1.44a	14.33±1.96a	8.87±1.02a	10.87±0.92a
Emamectin	15.07±1.21b	17.23±1.18b	16.80±0.61b	19.67±1.56a	14.30±0.55b	16.00±1.70b
Acetamiprid	25.7±1.18c	27.73±0.52c	24.47±2.03c	26.47±2.09b	26.93±1.52c	28.5±0.96c
Flubendiamid	32.2±1.48d	33.27±0.55d	29.83±1.04d	31.03±2.00b	28.23±1.01c	29.60±0.95c
Control	37.00±1.37e	37.00±1.37e	37.70±1.55e	37.70±1.55c	36.47±1.64d	36.47±1.64d

*اعداد به‌دست آمده برای هر ستون برابر با میانگین تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند.

* The number obtained for each column is equal mean±SE. means in a columns followed by different letters are significantly different in in %5 LSD test.

٤- اثر آفت‌کش‌ها روی طول عمر نسل F0

مرحله لاروی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=17.93, P=0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=398.35, P=0.0001) هرکدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی طول عمر معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی میزان طول عمر معنی‌دار بود ($F_{(6,24)}$=4.56, P=0.003). تیمارهای امامکتین بنزوات و

استامی‌پراید اختلاف معنی‌داری نداشتند. در نصف غلظت امامکتین بنزوات و استامی‌پراید اختلاف معنی‌داری نداشتند و بین تیمارهای استامی‌پراید و فلوبندیامید نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان طول عمر در تیمار آبامکتین و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید مشاهده شد (جدول ۳).

مرحله پیش شفیرگی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}=20.76$, $P=0.0001$) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}=351.17$, $P=0.0001$) هرکدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی طول عمر معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی میزان طول عمر معنی‌دار بود ($F_{(6,24)}=5.2$, $P=0.001$). در میزان طول عمر افراد بالغ از مرحله پیش‌شفیرگی تیمارشده با غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای بین تیمارهای آبامکتین و امامکتین بنزوات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین امامکتین بنزوات و استامی‌پراید هم اختلافی مشاهده نشد. همچنین استامی‌پراید و فلوبندیامید نیز اختلافی نداشتند. در میزان طول عمر افراد بالغ از مرحله پیش‌شفیرگی تیمارشده با نصف غلظت مزرعه‌ای بین همه تیمارها و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. کمترین میزان طول عمر در تیمار آبامکتین و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید مشاهده شد (جدول ۳).

مرحله شفیرگی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}=30.15$, $P=0.0001$) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}=387.8$, $P=0.0001$) هر کدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی میزان طول عمر معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی میزان طول عمر معنی‌دار بود ($F_{(6,24)}=7.68$, $P=0.0001$). در میزان طول عمر افراد بالغ از مرحله شفیرگی تیمارشده با غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای و نصف غلظت مزرعه‌ای بین تیمارهای آبامکتین و امامکتین بنزوات و همچنین بین استامی‌پراید و فلوبندیامید اختلافی مشاهده نشد درحالی‌که همه تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند.کمترین میزان طول عمر در تیمار آبامکتین و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین طول عمر (روز) هر حشره کامل ماده نسل F0 زنبور *T. brassicae* از مراحل نابالغ (لارو، پیش‌شفیره و شفیره) تیمارشده با غلظت‌های توصیه‌شده مزرعه‌ای RD و نصف غلظت مزرعه‌ای HRD حشره‌کش‌های ابامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید.

Table 3. Mean of longevity(day) of per adult of T. brassicae F1 from immature stages (larva, prepupa and pupa) treated to RD (Recommended Dose) and HRD (Half Recommended Dose) of abamectin, emamectin benzoate, acetamiprid and flubendiamide.

Treatment	Larvae RD	Larvae HRD	Prepupae RD	Prepupae HRD	Pupae RD	Pupae HRD
Abamectin	2.07±0.18a	2.27±0.23a	2.03±0.29a	2.17±0.12a	2.00±0.23a	2.13±0.18a
Emamectin	2.8±0.15b	3.00±0.17b	2.7±0.4ab	2.93±0.14b	2.53±0.14a	2.6±0.26a
Acetamiprid	3.03±0.14b	3.43±0.24bc	3.4±0.17bc	3.6±0.11c	3.23±0.14b	3.57±0.20b
Flubendiamid	3.67±0.18c	3.80±0.21c	3.9±0.11c	4.13±0.11d	3.73±0.20b	4.03±0.14b
Control	6.1±0.15d	6.1±0.15d	6.5±0.21d	6.5±0.21e	5.9±0.11c	5.9±0.11c

*اعداد به‌دست‌آمده برای هر ستون برابر با میانگین تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند.

* The number obtained for each column is equal mean±SE. means in a columns followed by different letters are significantly different in %5 LSD test.

۵- اثر آفت‌کش‌ها روی نسبت جنسی نسل F1

مرحله لاروی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=7.51, P=0.001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=30.99, P=0.0001) هرکدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی نسبت جنسی معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی نسبت جنسی معنی‌دار نبود ($F_{(6,24)}$=1.89, P=0.12). در میزان نسبت جنسی افراد بالغ (افراد بالغ ماده تقسیم بر کل افراد نر و ماده ظاهر شده) از مرحله لاروی تیمارشده با غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای آبامکتین با امامکتین بنزوات و استامی‌پراید با فلوبندیامید اختلاف معنی‌داری نداشتند. در میزان نسبت جنسی افراد بالغ از مرحله لاروی تیمارشده با نصف غلظت مزرعه‌ای آبامکتین با امامکتین بنزوات و استامی‌پراید اختلاف معنی‌داری نداشتند. بین تیمار شاهد و استامی‌پراید و فلوبندیامید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان نسبت جنسی در تیمار آبامکتین و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید مشاهده شد (جدول ۴).

مرحله پیش‌شفیرگی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=5.74, P=0.004) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=15.44, P=0.0001) هرکدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی نسبت جنسی معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی نسبت جنسی معنی‌دار نبود ($F_{(6,24)}$=1.45, P=0.24). در میزان نسبت جنسی افراد بالغ از مرحله پیش‌شفیرگی تیمارشده با غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای و نصف غلظت مزرعه‌ای تیمارهای آبامکتین و امامکتین اختلافی نداشتند. امامکتین بنزوات و استامی‌پراید هم اختلافی با یکدیگر نداشتند. بین تیمارهای استامی‌پراید و فلوبندیامید و شاهد هم اختلافی دیده نشد. کمترین میزان نسبت جنسی در تیمار آبامکتین و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید مشاهده شد (جدول ۴).

مرحله شفیرگی

تاثیر فاکتورهای نوع آفت‌کش ($F_{(3,24)}$=3.43, P=0.03) و غلظت آفت‌کش ($F_{(2,24)}$=12.61, P=0.0001) هرکدام به‌تنهایی در این مرحله رشدی روی نسبت جنسی معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور نوع آفت‌کش و غلظت آن روی نسبت جنسی معنی‌دار نبود ($F_{(6,24)}$=0.88, P=0.52). در میزان نسبت جنسی افراد بالغ از مرحله شفیرگی تیمارشده با غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای بین تیمارهای آبامکتین و امامکتین بنزوات اختلافی دیده نشد. امامکتین بنزوات با تیمار استامی‌پراید اختلاف معنی‌داری نداشت. استامی‌پراید و فلوبندیامید با شاهد اختلافی نداشتند. در میزان نسبت جنسی افراد بالغ از مرحله شفیرگی تیمارشده با نصف غلظت مزرعه‌ای در این غلظت بین میزان نسبت جنسی آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید اختلافی دیده نشد. تیمارهای امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان نسبت جنسی در تیمار آبامکتین و بیشترین آن در تیمار فلوبندیامید مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴- میانگین نسبت جنسی (افراد بالغ ماده تقسیم بر کل افراد نر و ماده ظاهر شده) (±SE) افراد بالغ نسل F1 *T. brassicae* از مراحل نابالغ (لارو، پیش‌شفیره و شفیره) تیمارشده با غلظت‌های توصیه‌شده مزرعه‌ای RD و نصف غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای HRD حشره‌کش‌های آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید.

Table 4. Mean ± SE of sex ratio [∑ female/ ∑ (female and male)] of adult *T. brassicae* F1 from immature stages (larva, prepupa and pupa) treated to RD (Recommended Dose) and HRD (Half Recommended Dose) of abamectin, emamectin benzoate, acetamiprid and flubendiamide.

Treatment	Larvae RD	Larvae HRD	Prepupae RD	Prepupae HRD	Pupae RD	Pupae HRD
Abamectin	0.37±0.03a	0.39±0.05a	0.36±0.02a	0.37±0.01a	0.42±0.02a	0.44±0.04a
Emamectin	0.42±0.01a	0.44±0.05ab	0.40±0.03ab	0.43±0.03ab	0.46±0.03ab	0.48±0.02ab
Acetamiprid	0.50±0.03b	0.52±0.04abc	0.48±0.02bc	0.50±0.04bc	0.51±0.01bc	0.52±0.01ab
Flubendiamid	0.52±0.02b	0.53±0.02bc	0.54±0.02c	0.56±0.02c	0.53±0.02bc	0.53±0.03ab
Control	0.60±0.01c	0.60±0.01c	0.59±0.06c	0.59±0.06c	0.57±0.03c	0.57±0.03b

*اعداد به‌دست‌آمده برای هر ستون برابر با میانگین تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند.

* The number obtained for each column is equal mean±SE. means in a columns followed by different letters are significantly different in %5 LSD test.

بحث:

نتایج اثرات حشره‌کش‌های آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پراید و فلوبندیامید روی مراحل نابالغ تریکوگراما می‌تواند مقایسه‌ای بین ترکیبات مورد استفاده برای انتخاب ترکیبی مناسب‌تر در قالب کنترل تلفیقی آفات باشد. نتایج نشان داد که حساسیت مراحل نابالغ تریکوگراما به آبامکتین و امامکتین بنزوات بیشتر از فلوبندیامید و استامی‌پراید بوده است. محققین زیادی در مورد حساسیت بیشتر مراحل بالغ تریکوگراما نسبت به مرحله نابالغ آن اظهار نظر کرده و دلیل آن را لایه محافظ کوریون ذکر کرده‌اند (Knutson, 2005). آبامکتین و فلوبندیامید به‌ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر منفی را روی پارامترهای زیستی *T. brassicae* گذاشتند. در مورد میزان ظهور نسل صفر و یک فلوبندیامید در گروه یک و آبامکتین در گروه دو قرار گرفت. فرمولاسیون آفت‌کش‌ها، نحوه تاثیرشان و سایر خصوصیات آنها از قبیل وزن مولکولی و چربی‌دوستی نیز می‌تواند در سمیت آنها تاثیرگذار باشد. معمولا حساس‌ترین مرحله نابالغ زنبورهای تریکوگراما به آفت‌کش‌ها مرحله لاروی می‌باشد ولی گاهی مراحل دیگر نیز بسته به نوع آفت‌کش به‌کاررفته ممکن است حساسیت بیشتری از این مرحله نشان دهند. به‌عنوان مثال هنگامی‌که زنبور در مرحله شفیرگی با آبامکتین تیمار شده بود دلیل کاهش بیشتر در میزان ظهور افراد بالغ، فاصله کوتاه مرحله شفیرگی تا ظهور نسبت به سایر مراحل بوده و در نتیجه زنبور هنگام خروج با مقدار بیشتری از باقیمانده آفت‌کش در سطح کوریون تماس داشته است (Knutson, 2005). وقتی مراحل نابالغ تریکوگراما *T. brassicae* در معرض دو آفت‌کش آبامکتین و فلوبندیامید قرار گرفتند، بیشترین کاهش ظهور افراد بالغ نسل یک در مرحله پیش‌شفیرگی تیمارشده با آبامکتین مشاهده شد. فلوبندیامید نیز ظهور افراد بالغ که در مرحله لاروی با این آفت‌کش تیمارشده بودند را نسبت به سایر مراحل تیمارشده، بیشتر تحت تاثیر قرار داد که با نتایج این تحقیق در هر دو نسل صفر و یک همسو می‌باشد. آبامکتین نسبت جنسی را نیز تحت تاثیر قرار داد که با نتایج تحقیق حاضر مشابه می‌باشد. حشره‌کش‌ها ممکن است باعث افزایش نرزایی در تریکوگراما شوند (Desneux *et al*., 2007). احتمال دارد که بسیاری از زنبورهای پارازیتوئید در زمان جویدن کوریون تخم میزبان و خروج از آن مقداری از باقیمانده حشره‌کش مورد استفاده را دریافت کنند که باعث تاثیر آن روی میزان ظهور زنبورها شود (Parsaeyan *et al*., 2018). زمان کاربرد حشره‌کش مهم است در صورتیکه

حشره‌کش در مرحله لاروی زنبورهای پارازیتوئید استفاده شود، زنبور فرصت متابولیسم و تجزیه حشره‌کش را داشته و نرخ ظهور بیشتری خواهد داشت (Tabebordbar *et al*., 2020) هرچند نتایج متفاوتی در این خصوص گزارش شده است. اثر حشره‌کش‌های متنوعی توسط محققین روی مراحل مختلف رشدی لارو، پیش‌شفیره و شفیره زنبور *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner روی میزبان *Helicoverpa zea* (Boddie) مطالعه گردید. آنها بیان کردند مرحله رشدی زنبور پارازیتوئید در زمان تیمار، تاثیری روی میزان ظهور نداشت (Suh *et al*., 2000). در مطالعه دیگری تاثیر غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای حشره‌کش ایمیداکلوپراید و کنه‌کش فن پیروکسی‌میت روی مراحل مختلف رشدی زنبور *T. cacoeciae* (Marchal) بررسی شد. آنها گزارش کردند که در صورت تیمار تخم‌های میزبان (بید غلات) حاوی مرحله شفیرگی زنبور پارازیتوئید، میزان ظهور زنبور به طور معنی‌داری بیشتر از کاربرد در مرحله لاروی و پیش‌شفیرگی کاهش یافت که این موضوع می‌تواند به‌دلیل عدم توانایی شفیره برای تجزیه آفت‌کش‌های به‌کار رفته باشد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج مربوط به درصد کاهش در میزان ظهور مرحله شفیرگی در نسل صفر در تیمار با آبامکتین مشابه می‌باشد (Saber, 2011). طول عمر زنبورهای ماده بالغ زمانی‌که در مرحله نابالغ با حشره‌کش‌ها تیمار شوند به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار می‌گیرد. تاثیر حشره‌کش‌ها روی طول عمر به نوع حشره‌کش وگونه پارازیتوئید وابسته است (Bayram *et al*., 2010). در این تحقیق حشره‌کش‌های آبامکتین و امامکتین بنزوات طول عمر را نسبت به دو حشره‌کش دیگر بیشتر تحت تاثیر قرار دادند. در بررسی محققان، تعداد نتاج ماده تولیدشده به ازای هر فرد ماده‌ای که در مرحله نابالغ با حشره‌کش‌ها تیمار شده بود، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که در این تحقیق نسبت جنسی بیشتر تحت تاثیر حشره‌کش‌های آبامکتین و امامکتین بنزوات قرار گرفت (Ghorbani *et al*., 2016).

محققین پس از بررسی تاثیر چند آفت‌کش روی مراحل نابالغ (Hymenoptera: Trichogrammatidae) **(**Nagaraja and Nagarkatti) *T. achaeae*، چنین نتیجه گرفتند که فلوبندیامید جهت استفاده در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات نسبت به بقیه ترکیبات مناسب‌تر است. این نتایج با نتایج تحقیق حاضر با وجود تفاوت در گونه‌های تریکوگراما همسو می‌باشد که دلیل آن ممکن است حساسیت یکسان دو گونه نسبت به این حشره‌کش باشد (Granados *et al*., 2019). تاثیر چند آفت‌کش از جمله فلوبندیامید روی مرحله شفیره تریکوگراما (Riley) *T. pretiosum* مورد بررسی قرارگرفت. فلوبندیامید پارازیتیسم را به میزان کمی نسبت به سایر آفت‌کش‌ها تحت تاثیر قرار داد. این نتیجه نیز باتوجه به سمیت کمتر فلوبندیامید نسبت به سایر حشره‌کش‌های استفاده‌شده در این تحقیق مشابه می‌باشد (Paiva *et al* ., 2018). در مطالعه‌ای که تاثیر دز توصیه‌شده مزرعه‌ای امامکتین بنزوات روی مراحل نابالغ تریکوگراما *T. brassicae* بررسی شد، کمترین میزان ظهور افراد بالغ در مرحله شفیرگی مشاهده شدکه با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد (Parsaeyan *et al*., 2018). فلوبندیامید یک حشره‌کش دی آمیدی است که برای گونه‌های تریکوگراما سمیت کمی دارد (Chormule *et al*., 2014). بر اساس مطالعات پژوهش‌گران، اثرات زیان‌باری از تاثیر استامی‌پراید روی زادآوری و باروری افراد ماده (Heteroptera: Anthocoridae) (Uhler) *Deraeocoris brevis* پس از قرارگیری پوره‌ها در معرض آن مشاهده نشد (Kim *et al*., 2006). پژوهش‌گران اظهار داشتند که استامی‌پراید اثرات زیان‌باری روی تولیدمثل (Heteroptera: Pentatomidae) (Linnaeus) *Picrmeorus bidens* ایجاد نکرد (Mahdian *et al*., 2007). استامی‌پراید سمیت متوسطی برای *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae)

داشت (Nasreen *et al*., 2005). طبق مطالعات دانشمندان باقیمانده‌های استامی‌پراید سمیت متوسط برای پوره‌های *Deraeocoris brevis* داشت (Dongsoon *et al*., 2006). اگر چه حشرات به‌کار رفته در این مطالعات با تحقیق حاضر کاملا متفاوت هستند ولی در تحقیق حاضر نیز استامی‌پراید پارازیتیسم را نسبت به آبامکتین و امامکتین بنزوات کمتر تحت تاثیر قرار داد.

وقتی مرحله شفیره *T. chilonis* (Ishii) با حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات و فلوبندیامید تیمار شد مرگ و میر افراد بالغ ظاهر شده از این مرحله کمتر از ۳۰ درصد بود به‌همین دلیل این حشره‌کش‌ها بی‌زیان ارزیابی شدند که با نتایج پژوهش حاضر برای امامکتین بنزوات متفاوت و برای فلوبندیامید مشابه می‌باشد. این اختلاف می‌تواند به‌دلیل تفاوت در گونه‌های تریکوگراما باشد (Duraimurugan and lakshminarayana, 2018).

Sampathkumar and Krishnamoorthy (2013) امامکتین بنزوات و آبامکتین را برای *T. chilonis* زیان‌آور ارزیابی کردند. حشره‌کش امامکتین بنزوات برای گونه *T. chilonis* در پژوهش دیگری زیان‌آور ارزیابی شد (Qasim *et al*., 2018). درحالی‌که در این تحقیق آبامکتین کم‌زیان و امامکتین بنزوات در بعضی از مراحل زندگی زنبور کم‌زیان و در بعضی دیگر بی‌زیان ارزیابی گردید که این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت در گونه زنبور باشد. با مطالعاتی که در مورد تاثیر امامکتین بنزوات روی *T. chilonis* در شرایط آزمایشگاهی انجام شد، مشخص شد که با رعایت فاصله زمانی ۵-۴ روز پس از کاربرد این آفت‌کش می‌توان اقدام به رهاسازی این زنبور نمود (Bhargavi, 2017). در تحقیقی که در شرایط مزرعه‌ای برای تعیین پایداری این آفت‌کش انجام شده است امامکتین بنزوات در گروه با دوام متوسط ارزیابی شده است که با نتایج این تحقیق متفاوت است که این تفاوت ممکن است به دلیل اختلاف در شیوه انجام تحقیق باشد (Ashtari *et al*., 2018). تاثیر فلوبندیامید روی میزان پارازیتیسم افراد بالغ سه گونه تریکوگراما *T. chilonis*، *T. pretiosum* و *T. japonicum* (Ashmead) که از مراحل نابالغ تیمار شده خارج شده بودند مورد بررسی قرار داده شد و مشاهده شد که فلوبندیامید روی میزان پارازیتیسم تاثیر چندانی نداشته و بی‌زیان ارزیابی گردید که با نتایج این تحقیق مشابه می‌باشد (Deshmukh *et al*., 2018). در شرایط مزرعه‌ای تخم زنبورهای پارازیتوئید در معرض مقدار غلظت کمتری از حشره‌کش‌ها هستند و حتی تخم‌ها در پناهگاه یا زیر برگ‌های گیاهان گذاشته می‌شوند که باعث کاهش قرارگیری آنها در معرض حشره‌کش‌ها می‌شود (Saber *et al*., 2004). لذا نیاز به انجام تحقیقات بیشتری در شرایط مزرعه‌ای می‌باشد.

باتوجه به اینکه دو آفت‌کش فلوبندیامید و استامی‌پراید تاثیر منفی کمتری نسبت به آفت‌کش‌های آبامکتین و امامکتین بنزوات روی پارامترهای زیستی تریکوگراما به جای گذاشتند و همچنین در مطالعات انجام شده در شرایط مزرعه‌ای جزء حشره‌کش‌های بی‌دوام گروه‌بندی شدند، بنابراین می‌توان تقریبا پس از ۵ روز از کاربرد استامی‌پراید و فلوبندیامید با غلظت‌های توصیه‌شده، زنبورهای تریکوگراما را رهاسازی کرد (Ashtari *et al*., 2018).

References:

Ashtari, S., Sabahi, Q. and Talebi jahromi, KH. 2018. 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.

Bayram, A., Salerno, G., Onofri, A. and Conti, E. 2010. Sub-lethal Effects of Two Pyrethroids on Biological Parameters and Behavioral Responses to Host Cues in the Egg Parasitoid *Telenomus busseolae*. Biological Control. (53): 153–160.

Bhargavi. M. 2017. Effect of different insecticides on adult emergence of *Trichogramma chilonis* (Ishii), International Journal of Plant Protection. 10(1): 79-82.

Chormule, A. J., Kharbade, S. B., Patil, S. C. and Tamboli, N. D. 2014. Bioefficacy of new insecticide molecules against rice yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas* (Walker). The Ecoscan. (6): 63-67.

Consoli, F. L., Parra, J. R. P. and Zucchi, R. A. 2010. Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma, progress in Biological Control. 9 (1): 482.

Costa, M. A., Muscardini, V. F., Gontijo, P. D. C., Carvalho, G. A., Oliveira, R. L. D. and Oliveira, H. N. D. 2014. Sub lethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi*. Ecotoxicology, Springer.

Das, SK., Mukherjee, I., Roy, A. 2017. Flubendiamide as New Generation Insecticide in Plant Toxicology: A Policy Paper. Adv Clin Toxicology. (2):100-122.

Deshmukh, Y. V., Undirwade, D. B. and Dadmal, S. M. 2018. Effect of some newer insecticides on parasitisation by Trichogramma species under laboratory condition. Journal of Entomology and Zoology Studies 2018. 6(3): 228-231.

Desneux, N., Decourtype, A. and Delpuech, J. M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology. (52): 81-106.

Duraimurugan, P. and Lakshminarayana, M. 2018. Effect of novel insecticides to and the potential parasitoids of castor semilooper *Trichogramma chilonis*, *Snellenius Maculipennis*, Journal of Environmental Biology. (39): 592-596.

Fisher, M., Mrozik, H. 1989. Chemistry. In: champbell, W.C.(ed). Ivermectin and abamectin. Springer, NY, USA.p. 1-23.

Granados, J. R. G., Fernandez-Maldonad, F. J. and Cabello, T. 2019. Susceptibility of the egg parasitoid *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to selected insecticides used in tomato greenhouses, Spanish Journal of Agricultural Research. 17(2): 1-15.

Ghorbani, M., Saber, M., Bagheri, M. and 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.

Hussain, D., Ali, A., Mushtaq-Ul-Hassan., M., Ali, S., Saleem, M. and Nadeem, S. 2012. Evaluation of toxicity of some new insecticides against egg parasitoid *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera: Trichogrammitidae). Pakistan. J. Zool. (44): 1123-1127.

Kim, D. S., Brooks, D. J. and H., Riedl. 2006. Lethal and sublethal effects of abamectin, spinosad, methoxyfenozide and acetamiprid on the predaceous plant bug *Deraecoris brevis* in the laboratory, Biocontrol. (51): 465-484.

Knutson, A. 2005. The Trichogramma manual: a guide to the use of Trichogramma for biological control with special reference to augmentative releases for control of bollworm and budworm in cotton. Texas A&M University System, College Station, 44p.

Madhusudhan, E., Krishnamoorthy, S. V., Kuttalam, S. 2014. Toxicity of Flubendiamide 20 WG against Egg Parasitoid, *Trichogramma chilonis* (Ishii). (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under Laboratory Conditions, Journal of Biological Control. 28(3): 409-411.

Mahdian, K., Van Leeuwen, T., Tirry, L., and De Clercq, P. 2007. Susceptibility of the predatory stingbug *picromerus bidens* to selected insecticides, Biocontrol. (52): 765-774.

Nasreen, A., Ghulam, M. and Ashfaq, M. 2005. Mortality of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) after exposure to some insecticides; laboratory studies. South Pac Stud. 26(1): 1–6.

Noorbakhsh, S. 2018. List of pests, diseases and weeds important for major agricultural products, pesticides and recommended methods for controlling them. Ministry of Agriculture, Plant Protection Organization. 218pp.

Paiva, A. C. R., Beloti, V. H. and Yamamoto, P. T. 2018. Sublethal effects of insecticides used in soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. Ecotoxicology. DOI: 10.1007/S10646-018-1909-5. [Accessed on 19/2/2018].

Parsaeyan, E., Safavi, S. A., Saber, M. and Poorjavad, N. 2018. Effects of emamectin benzoate and cypermetrin 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.

Qasim, M., Dilbar, H., Islam, S., Ali, H., Islam, W., Mubasher, H., Fangfei, W. and Liande, W. 2018. Effectiveness of *Trichogramma chilonis* Ishii against spiny bollworm in Okra and susceptibility to insecticides Journal of

Entomology and Zoology Studies. 6(1): 1576-1581.

Saber, M. 2011. Acute and population level toxicity of imidacloprid and fenpyroximate on an important egg parasitoid, *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Ecotoxicology. 20(6): 1476-1484.

Saber, M., Hejazi, M. J. and 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.

Sampathkumar, M. and Krishnamoorthy, S. V. 2013. Risk assessment of *Trichogramma chilonis* (Fab.) to new molecules evaluated against spotted bollworm, *Earias vittella* Ishii in cotton, Journal of Biological Control. 27(4): 272–277.

Sidi, M. B., Touhidul Islam, M., Ibrahim,Y. and Dzolkhifli, O. 2013. Effect of azadirachtin and rotenone on *Trichogramma papilionis* (Hymenoptera:Trichogrammatidae), Journal of Food Agriculture and Environmental. (2): 1509-1513.

Siqueira, H. A. A., Guedes, R. N. C., Fragoso, D. B. and Magalhaes, L.C. 2001. Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). International Journal of Pest Management. (47): 247-251.

Sterk, G., Hassan, S. A., Baillod, M., Bakker, F., Bigler, F., Blümel, S. and 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. and 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. and 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.

Yamada, T., Takashi, H.and Hatano, R. 1999. A novel insecticide, Acetamiprid, in Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor (Yamamoto, I. and Casida, J., eds.), Springer-Verlag, Tokyo, Japan, pp. 149–176.

Comparison of the Insecticidal Effect of Several Compounds on Biological Parameters of *Trichogramma brassicae*

Ashtari, S.*[1], Sabahi, Q.[2] and Talebi. Jahromi, Kh.[2]

1. Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Arak, Iran. 2. Department of Plant Protection, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received: Mar, 2, 2020 Accepted: Jul, 8, 2020

Abstract

In this study, the immature stages of *T. brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) were exposed to the recommended field concentration and half of the recommended field concentration of four insecticides abamectin, emamectin benzoate, acetamipride, and flubendiamide. The dipping method was carried out for the treatment of immature stages. The percentage decrease in emergence, rate of parasitism, longevity and sex ratio were determined. The results show that these concentrations of abamectin, emamectin benzoate, acetamipride and flubendiamide, especially the recommended field concentrations, affected the biological parameters of the wasp compared with the control. In the flubendiamide treatment with the recommended field concentration the percentage emergence of F0 and F1 larval, prepupal and pupal stages were (69.58±1.07, 81.67±2.15 and 78.75±2.20) (70.33±2.78, 80.25±3.57 and 88.45±3.60) and were classified in class 1 respectively and abamectin with percentage emergence of F0 and F1 (44.58±1.34, 49.58±1.19 and 40.00±3.02) (44.72±1.97, 42.35±7.28 and 48.76±2.87) were classified in class 2 in all the stages. Emamectin benzoate and acetamipride were also classified in some stages as class 1 and in the other stages as class 2. Furthermore, the most and the least side effects of other parameters of the pesticides were related to abamectin and flubendiamide, respectively. The results reveal that flubendiamide could be recommended for the control of butterfly pests in IPM programs due to lower toxicity to natural enemies.

Keywords: Insecticides, Biological parameters, Trichogramma, Toxicity, Side effects.

***Corresponding author:** Sedighe ashtari, Email: aroya95@gmail.com