

اثرات زیرکشندگی متوکسی فنوزاید و امامکتین بنزوات روی زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenco
(Hym.: Trichogrammatide)

مینا جعفری^۱ موسی صابر^{۱*} غلامحسین قره‌خانی^۱ و محمد باقری^۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۲۸

چکیده

زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* Bezdenco یکی از مهمترین پارازیتوئیدهای تخم حشرات است که همه ساله به منظور کنترل *Helicoverpa armigera* (Hübner) در سطح مزارع در برخی از استان‌های کشور از جمله گلستان، مازندران و اردبیل رهاسازی می‌شود. این پارازیتوئید به دلیل توانایی بالا در تنظیم جمعیت گونه‌های آفت در سطح قابل قبول اقتصادی، در اکوسیستم‌های زراعی دارای اهمیت زیادی بوده، و در برنامه‌های کنترل بیولوژیک آفات در خیلی از نقاط جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. پرورش این زنبور روی تخم‌های بید غلات *Sitotroga cerealella* Olivier در اتاقک رشدی با شرایط دمایی 26 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام گرفت. آزمایش زیرکشندگی روی مرحله‌ی شفیره‌ی زنبور به روش غوطه‌ورسازی صورت گرفت. در این مطالعه، اثرات زیرکشندگی دو حشره‌کش متوکسی فنوزاید و امامکتین بنزوات روی فراسنجه‌های جدول‌زندگی و تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید بررسی شد. در شاهد و تیمارهای حشره‌کشی، با افزایش سن زنبور نرخ بقا روند نزولی داشت. تیمارهای شاهد و امامکتین بنزوات به ترتیب بیشترین و کمترین امید زندگی را داشتند. حداکثر طول عمر ثبت شده برای زنبور در شاهد، متوکسی- فنوزاید و امامکتین به ترتیب ۱۹، ۱۸ و ۱۷ روز بود. بیشترین نرخ خالص باروری در شاهد با ۸۶/۸۴ تخم و کمترین آن در تیمار امامکتین با (۲۳ تخم) مشاهده گردید. در صورت تایید نتایج توسط مطالعات تکمیلی مزرعه‌ای، می‌توان از متوکسی- فنوزاید همراه با این عامل کنترل بیولوژیک در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: *Trichogramma brassicae*، حشره‌کش‌های زیست‌سازگار، فراسنجه‌های جمعیتی، کنترل بیولوژیک.

۱- گروه گیاهپزشکی دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

* نویسنده‌ی مسئول: moosaber@gmail.com

آدرس جدید نویسنده‌ی مسئول: گروه گیاهپزشکی دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

مقدمه

کنترل بیولوژیک جهت کنترل آفات در یک محیط خاص آگاهی از عوامل موثر روی فراسنجه‌های زیستی و تولید-مثلی آن ضروری می‌باشد. حشره‌کش‌های معمول و رایجی که برای کنترل آفات استفاده می‌شوند شامل ارگانوفسفات‌ها، کاربامات‌ها و پایرتروئیدها، اغلب حشره-کش‌های با طیف اثر وسیع هستند که روی دشمنان-طبیعی به خصوص حشرات کامل پارازیتوئیدها مرگومیر بیشتری ایجاد می‌کند (Hill and Foster 2000; Haseeb *et al.* 2005).

با توجه به این که آفت‌کش‌های متوکسی‌فنوزاید^۳ و امامکتین‌بنزوات^۴ بال‌پولک‌داران آفت را به خوبی کنترل می‌کنند (Ahmad *et al.* 2004). مطالعه‌ی اثرات این دو حشره‌کش روی فراسنجه‌های جدول‌زندگی و تولیدمثلی *T. brassicae* می‌تواند مفید باشد. متوکسی‌فنوزاید متعلق به گروه جدیدی از تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات^۵ است و یک ترکیب غیراستروئیدی با خاصیت تسریع‌کننده پوست‌اندازی حشرات و از گروه بیس‌آسیل‌هیدرازین‌ها می‌باشد. حشره‌کش‌های بیس‌آسیل‌هیدرازین‌ها سازگار با محیط‌زیست هستند که نحوه‌ی اثر جدیدی داشته و در مقایسه با حشره‌کش‌های رایج خطر کمتری به موجودات غیرهدف دارند (Dhadialla *et al.* 2007). همچنین عمل هورمون طبیعی پوست‌اندازی حشره (اکدایزون^۶) را تقلید می‌کند و به وسیله اتصال مستقیم به گیرنده‌های اکدایزونی باعث القای پوست‌اندازی زود هنگام و مرگ لارو می‌شوند (Nakagawa *et al.* 2000; Schneider *et al.* 2003).

امامکتین‌بنزوات یک حشره‌کش جدید با قابلیت انتقال به بافت برگ گیاهان است. این حشره‌کش از خانواده‌ی اورمکتین‌ها می‌باشد که از اکتینومایست خاکزی با نام علمی *Streptomyces avermitilis* Burg 1979 به دست می‌آیند، با پایداری مناسب در برابر حرارت، حلالیت بیشتر در آب و طیف وسیع حشره‌کشی می‌باشد. این ترکیب دارای خاصیت تماسی و گوارشی می‌باشد. نحوه‌ی اثر این ترکیب در بین حشره‌کش‌ها منحصر به فرد است. به طوری که باعث مهار انقباض‌های ماهیچه‌ای گردیده و

زنبورهای تریکوگراما یکی از موفق‌ترین گونه‌های زنبورهای پارازیتوئید در دنیا هستند و در برنامه‌های کنترل بیولوژیک سیل‌آسا^۱ آفات در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. هم‌اکنون این پارازیتوئید به صورت انبوه روی تخم‌های بید غلات (*Sitotroga cerealella*) و بید آرد (*Ephestia kuehniella* Zeller) و حتی تخم مصنوعی پرورش داده شده و در سطوح وسیع بر علیه آفات مختلف بکار برده می‌شوند (Scholler and Fields 2002). امتیاز این زنبورها این است که میزبان را قبل از هر گونه خسارتی در همان مرحله‌ی تخم از بین می‌برند. گونه‌های تریکوگراما برای کنترل بیولوژیک به طور وسیعی در شرایط آزمایشگاهی مطالعه شده‌اند (Parra 1987). استفاده از آفت‌کش‌های ناسازگار با فعالیت پارازیتوئیدها و شکارگرها، طغیان‌های مجدد آفات هدف و ظهور آفات ثانوی را در بیشتر اکوسیستم‌های زراعی دنیا موجب شده است (Croft 1990). یک روش مهم اجتناب از این مشکلات، استفاده از آفت‌کش‌هایی است که به طریق اکولوژیکی و یا فیزیولوژیکی برای دشمنان طبیعی انتخابی می‌باشند. تشخیص ترکیبات انتخابی بستگی به شناخت صحیحی از اثرات آفت‌کش بر روی جمعیت آفات و دشمنان طبیعی دارد (Croft 1990).

ارزیابی اثرات حشره‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی باید همه‌جانبه و با در نظر گرفتن اثرات کشندگی و زیر کشندگی آن‌ها باشد، برای این منظور از سم‌شناسی دموگرافیک^۲ استفاده می‌شود (Alan and Daniel 1982). سم‌شناسی دموگرافیک روش مناسبی برای بررسی اثرات کلی سموم است، زیرا همه‌ی اثراتی را که ممکن است یک ماده‌ی سمی روی جمعیت ایجاد نماید، در بردارد (Stark and Banks 2003). جدول‌زندگی شرح جزئیات مرگومیر جمعیت بوده، با تلفیق اطلاعات مربوط به بقا و زادآوری تشکیل می‌شود. جدول‌های زندگی را می‌توان برای تشریح میزان و سرعت نشو و نما، نرخ بقا، امید زندگی، تعیین اندازه‌های جمعیت یک آفت و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص به کار برد (Southwood and Henderson 2000). برای ارزیابی موفقیت و عدم موفقیت یک عامل

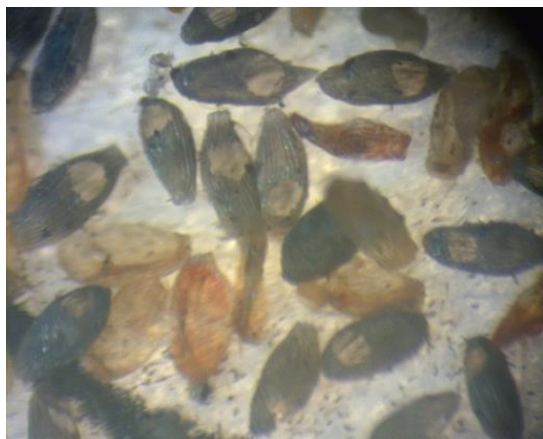
^۳ Methoxyfenozide
^۴ Emamectin benzoate

^۵ IGR
^۶ Ecdysone

^۱ Inundative
^۲ Demographic toxicology

روز نهم بعد از پارازیتیسیم) تیمار شدند. کارت‌های تخم پارازیت‌شده به صورت تصادفی در محلول آفت‌کش به مدت پنج ثانیه غوطه‌ور شد. گروه شاهد فقط در آب مقطر غوطه‌ور شد. کارت‌های تخم تیمار شده به مدت سه ساعت تحت شرایط آزمایشگاهی خشک شدند. سپس هر کارت تخم به یک ظرف شیشه‌ای انتقال داده شد (Saber).

(2011) درب ظرف‌های شیشه‌ای حاوی تخم با پنبه مسدود شدند و در 26 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت 70 ± 5 درصد، روشنایی $8:16$ ساعت تا زمان ظهور زنبورهای بالغ نگهداری شدند. در این شرایط زنبورهای بالغ ۱۰ یا ۱۱ روز بعد از پارازیت‌شدن ظاهر می‌شوند. بعد از ظهور زنبورهای بالغ از زنبورهایی که زنده مانده بودند ۷۰ عدد زنبور سالم جدا کرده بعد از تشخیص جنسیت از طریق نوع شاخک، یک جفت حشره‌ی نر و ماده به لوله‌ی آزمایش حاوی تخم میزبان، انتقال داده شدند. این آزمایش در ۲۵ تکرار انجام شد. روزانه 50 ± 20 عدد تخم میزبان تازه در اختیار هر زنبور نر و ماده قرار داده میشد و لوله‌ی آزمایش هر روز با لوله‌ی آزمایش جدید حاوی تخم میزبان سالم جایگزین شدند. در لوله‌های آزمایش یک نوار کاغذی آغشته به عسل ۵ درصد به منظور تغذیه‌ی زنبورها قرار داده شد. تخم‌های پارازیت‌شده در لوله‌های آزمایش تا ظهور حشرات کامل نگهداری شدند و در نهایت تعداد کل تخم، تعداد تخم‌های سیاه‌شده (پارازیت‌شده)، تخم‌های پارازیت‌نشده، خروج ناقص و حشرات کامل نر و ماده‌ی ظاهر شده ثبت گردید (شکل ۱). این آزمایش تا مرگ تمامی زنبورهای مورد آزمایش ادامه یافت و با داده‌های جمع‌آوری شده، جدول‌های زندگی و تولیدمثلی، برای مرحله‌ی نابالغ تشکیل گردید.



شکل ۱. علایم تخم‌های پارازیت‌شده و خالی از زنبور

نیز باعث جریان‌های پیوسته‌ی یون کلر در گیرنده‌های گابا و گلوتمات^۱ می‌گردد (Faniqliulo and Saccheti 2005).

هدف پژوهش حاضر، ارزیابی اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های متوکسی‌فنوزاید و امامکتین‌بنزوات روی فراسنجه‌های جمعیتی زنبور *T. brassicae* بود تا با انتخاب حشره‌کشی که ایمنی نسبتاً بالایی برای دشمنان-طبیعی و محیط زیست دارند بتوان از آن‌ها همراه با این عامل کنترل بیولوژیک در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

پرورش زنبور پارازیت‌تویید *T. brassicae*

برای تهیه‌ی جمعیت اولیه‌ی زنبور، ابتدا تخم‌های پارازیت‌شده‌ی بید غلات *Sitotroga cerealella* Olivier از یک انسکتاریوم در استان مازندران تهیه شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از ظهور حشرات کامل زنبور از تخم‌های پارازیت‌شده، آن‌ها روی تخم‌های بید غلات *S. cerealella* تکثیر شدند، زنبورهای تازه ظاهر شده برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. همه‌ی آزمایش‌ها، پرورش زنبور و بید غلات در اتاقک رشد با شرایط دمایی 26 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی صورت گرفت.

حشره‌کش‌های مورد استفاده

امامکتین‌بنزوات (Proclaim®5% SG) ساخت شرکت Syngenta کشور سوئیس
متوکسی‌فنوزاید (Runner 2F® 21-24 SC) ساخت شرکت Dow AgroSciences کشور اسپانیا

اثرات زیرکشندگی

برای بررسی اثرات زیرکشندگی روی شفیره‌ی زنبور *T. brassicae*، از غلظت توصیه‌شده‌ی مزرعه‌ای استفاده شد. غلظت‌های مناسب از امامکتین و متوکسی‌فنوزاید به ترتیب ۱۰۰۰ ppm و ۵۰۰ ppm تهیه شدند و تخم‌های پارازیت‌شده حاوی زنبور در مرحله‌ی شفیره (مصادف با

در فاصله سنی x تا $x+1$ ، و امید زندگی در شکل‌های ۲ تا ۴ آمده است. روند کاهش بقا در تیمارهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. در تمامی تیمارها، با افزایش سن زنبور نرخ بقا روند نزولی داشته است. امید زندگی حشرات در اولین روز زندگی در تیمارهای شاهد، متوکسی فنوزاید و امامکتین به ترتیب ۱۷/۸۲، ۱۵/۳۸ و ۱۳/۹ روز بود که تیمارهای شاهد و امامکتین بنزوات به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار امید زندگی را داشتند (شکل ۴).

جدول‌های تولیدمثلی

فراسنجه‌های تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* در شاهد و تیمارهای حشره‌کش در جدول ۱ آورده شده است. نرخ ناخالص زادآوری^۴ که متوسط تعداد نتاج تولید شده توسط ماده‌ها در طول عمرشان را نشان می‌دهد از مجموع M_x به دست می‌آید. این نتایج نشان می‌دهند که تعداد نتاج تولید شده در شاهد بیشتر از تیمارهای حشره‌کشی بود. بالاترین تعداد تخم‌های تفریخ شده در طول عمر ماده‌ها که نرخ ناخالص باروری^۵ نامیده می‌شود، در تیمار شاهد (۹۲/۹۵) بود. امامکتین و متوکسی فنوزاید (۳۸/۹۵ و ۵۵/۸۰) به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر سوء را روی نرخ ناخالص باروری داشتند. نرخ ناخالص تفریخ^۶ در امامکتین کمتر از شاهد و متوکسی فنوزاید بود. نرخ‌های خالص زادآوری^۷ و باروری^۸ که به ترتیب نشان‌دهنده‌ی متوسط تعداد تخم گذاشته شده و تخم تفریخ شده در طول زندگی برای ماده‌های زنبور در تخم‌ریزی می‌باشند، در شاهد بیشترین (به ترتیب ۸۷/۰۸ و ۸۶/۸۴ تخم) در امامکتین ۲۴/۶۸ و ۲۳ و در متوکسی فنوزاید ۴۵/۷۶ و ۴۵/۰۴ بود که در امامکتین بنزوات بیشترین تاثیر سوء را داشت.

تفاوت میان فراسنجه‌های ناخالص تولیدمثلی با فراسنجه‌های خالص تولیدمثلی در این می‌باشد که در فراسنجه‌های ناخالص تولیدمثلی مرگو میردر نظر گرفته نمی‌شود ولی در فراسنجه‌های خالص تولیدمثلی، مقدار L_x که عبارت است از نسبت افراد زنده مانده در وسط هر رده سنی، دخالت داده می‌شود.

برای تعیین اثرات کلی حشره‌کش‌ها روی زنبور پارازیتوئید از روش جدول‌های زیستی سم‌شناختی^۱ استفاده گردید (Elzen et al. 2000). تنظیم جدول‌های زیستی و تجزیه و تحلیل داده‌های دموگرافی، داده‌های مربوط به مرگ‌ومیر و باروری روزانه، با روش Carey (2001) انجام شد. برای تشکیل جدول زندگی پارازیتوئید، داده‌ها بر اساس سن x و تعداد افراد زنده مانده در سن x (N_x)، در یک جدول و در دو ستون سازمان داده شدند و بقیه‌ی فراسنجه‌ها شامل نرخ بقا، مرگ‌ومیر در فاصله‌ی سنی، امید زندگی و نرخ مرگ‌ومیر از داده‌های این دو ستون محاسبه گردید.

برای تشکیل جدول‌های تولیدمثلی، چهار ستون سن (x)، بقا بین دو گروه سنی (L_x)، متوسط تعداد تخم گذاشته شده توسط حشرات ماده در فاصله سنی x تا $x+1$ (M_x) و نرخ تفریخ روزانه‌ی تخم (h_x) ایجاد شد که از طریق آن‌ها، سایر فراسنجه‌های تولیدمثلی محاسبه شدند. با تقسیم نرخ ناخالص تولیدمثلی به تعداد روزهای زندگی حشره‌ی ماده، متوسط تخم گذاشته شده به ازای هر ماده در روز^۲ به دست آمد. برای به دست آوردن متوسط تعداد تخم بارور گذاشته شده به ازای هر ماده در روز^۳ نرخ‌های باروری به متوسط تعداد روزهای زندگی ماده تقسیم شد.

این آزمایش برای هر تیمار در ۲۵ تکرار انجام شد و با روش جک‌نایف تکرارهای کاذب ایجاد و واریانس آن‌ها برآورد شد. محاسبات و رسم نمودارها با نرم افزار Excel و مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در نرم‌افزار SAS صورت گرفت (SAS Institute 2002).

نتایج

حداکثر طول عمر ثبت شده برای زنبور *T. brassicae* در تیمارهای شاهد، متوکسی فنوزاید و امامکتین بنزوات به ترتیب ۲۰، ۱۸ و ۱۷ روز بود. بعضی از فراسنجه‌های مهم جدول زندگی زنبور پارازیتوئید شامل نرخ بقا، مرگ‌ومیر

^۴Gross fecundity rate

^۵Gross fertility rate

^۶Gross hatch rate

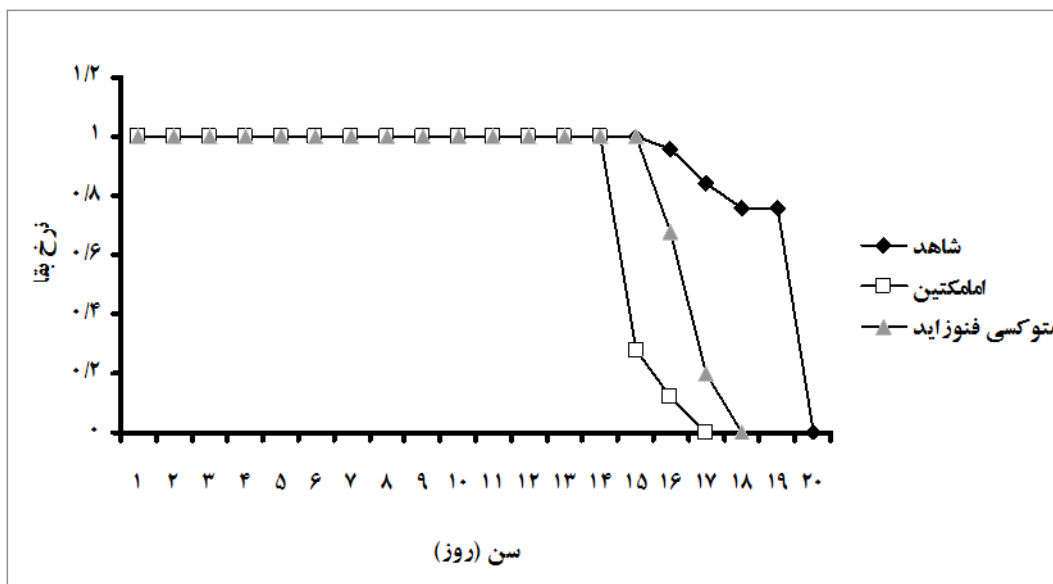
^۷Net fecundity rate

^۸Net fertility rate

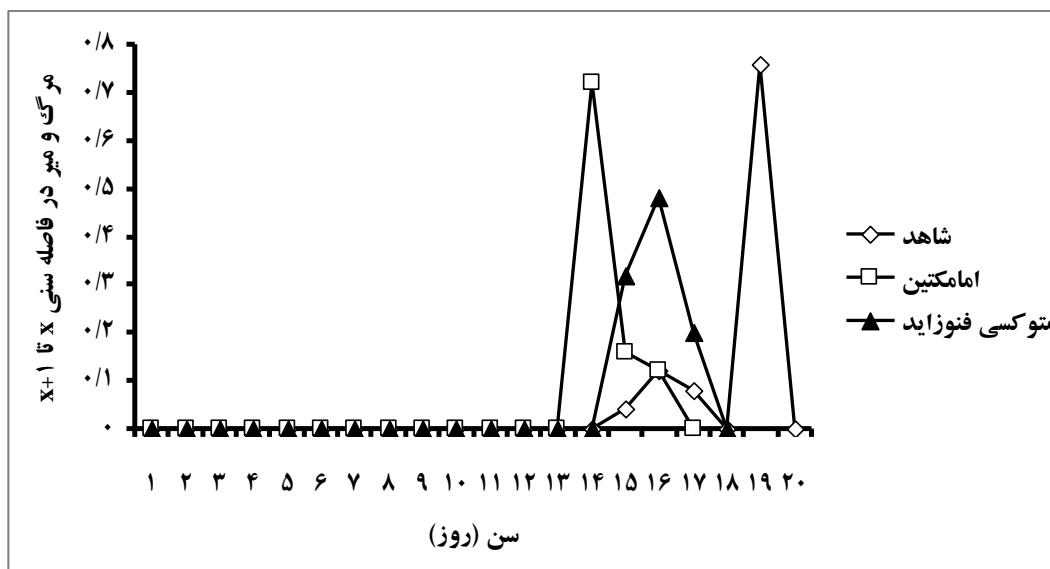
^۱Toxicological life table approach

^۲Fecundity egg/ female/ day

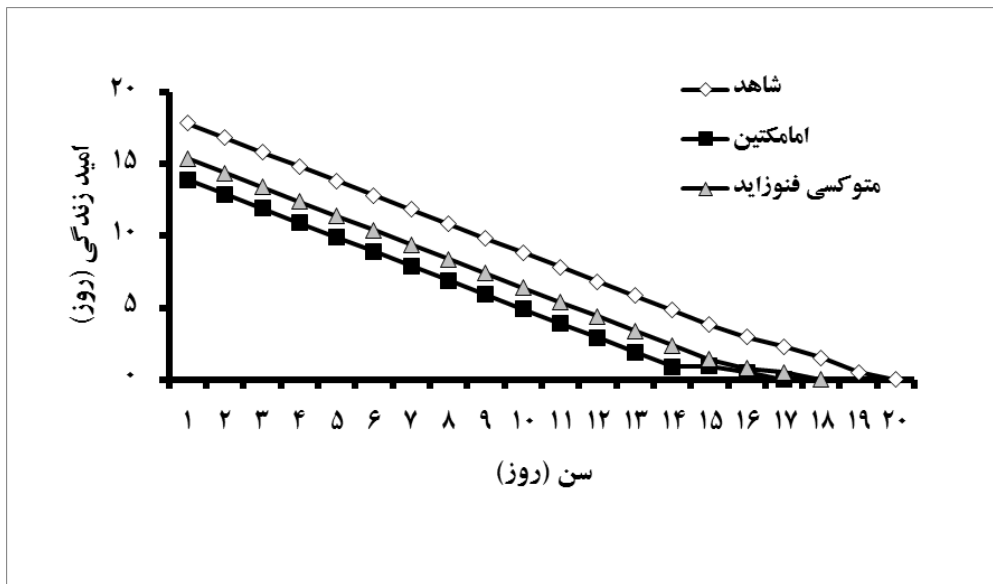
^۳Fertile egg/female/day



شکل ۲. منحنی‌های نرخ بقا (l_x) زنبور *T. brassicae* تیمار شده با غلظت مزرعه‌ای حشره‌کش‌ها و شاهد روی مرحله شفیرگی



شکل ۳. مرگ و میر در فاصله‌ی سنی (d_x) زنبور *T. brassicae* تیمار شده با غلظت مزرعه‌ای حشره‌کش‌ها و شاهد روی مرحله‌ی شفیرگی



شکل ۴: امید زندگی (e_x) زنبور *T. brassicae* تیمار شده با غلظت مزرعه‌ای حشره‌کش‌ها و شاهد روی مرحله‌ی شفیرگی

جدول ۱. فراسنجه‌های تولیدمثل زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* در شاهد و تیمارهای حشره‌کش‌ها

تیمارها			پارامترها
متوکسی فنوزاید	امامکتین بنزوات	شاهد	
نرخ‌های تولیدمثل در طول عمر (تخم)			
۵۶/۵۲	۴۰/۷۸	۹۳/۱۹	نرخ ناخالص زادآوری
۵۵/۸۰	۳۸/۹۴	۹۲/۹۵	نرخ ناخالص باروری
۰/۹۸۷	۰/۹۵۵	۰/۹۹۷	نرخ ناخالص تفریح
۴۵/۷۶	۲۴/۶۸	۸۷/۰۸	نرخ خالص زادآوری
۴۵/۰۴	۲۳	۸۶/۸۴	نرخ خالص باروری
میانگین سنی تولیدمثل (روز)			
۱۳/۶۳	۱۳/۶۴	۱۳/۹۹۴	میانگین سن زادآوری ناخالص
۱۳/۶۵	۱۳/۶۸	۱۳/۹۹۸	میانگین سن باروری ناخالص
۱۳/۰۵۵	۱۲/۹۳	۱۳/۷۶۸	میانگین سن زادآوری خالص
۱۳/۰۶۱	۱۲/۹۵	۱۳/۷۶۰	میانگین سن باروری خالص
۱۴/۵۱	۱۴/۰۴	۱۵/۵۰	میانگین سن تفریح
نرخ‌های تولیدمثل روزانه			
۲/۹۸	۱/۷۸	۴/۸۸	تعداد تخم گذاشته شده توسط هر ماده در روز
۲/۹۳	۱/۶۵	۴/۸۷	تعداد تخم بارور گذاشته شده توسط هر ماده در روز

امید زندگی در تیمار متوکسی فنوزاید اختلاف چندانی با شاهد نداشت. هم‌سو با نتایج این تحقیق، Heydari *et al.* (2006) گزارش کردند که امید زندگی زنبور *Encarsia formosa* Gahan در اولین روز زندگی تحت‌تأثیر حشره‌کش‌های بوپروفزین و پایروپروکسی فن تفاوت چندانی با شاهد نداشت. از فراسنجه‌های تولیدمثلی می‌توان به نرخ ناخالص تفریح اشاره کرد که مقدار آن در امامکتین کمتر از شاهد و متوکسی فنوزاید بود. بیشتر مطالعات، مربوط به محاسبه‌ی غلظت کشنده‌ی ۵۰ درصد جمعیت (LC₅₀) بوده و تنها بخش کمی برای بررسی اثرات غیرکشندگی اختصاص دارد (Stapel *et al.* 2000). باروری حساس‌ترین شاخص زیستی است که تحت‌تأثیر آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرد. دزهای زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌ها می‌توانند روی عوامل کنترل زیستی زیان‌بار باشند (Cabral *et al.* 2007). بررسی اثرات حشره‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی در شرایط کنترل‌شده‌ی آزمایشگاهی به این دلیل اهمیت دارد که پارازیتوئید در معرض بیشترین اثر حشره‌کش قرار می‌گیرد. البته معمولاً اثر حشره‌کش‌ها در شرایط مزرعه‌ای روی دشمنان طبیعی کمتر است چرا که دشمنان طبیعی از نزدیک شدن به مزارع سمپاشی‌شده امتناع می‌ورزند. علاوه بر این نور خورشید نقش مهمی در مزرعه دارد و از طریق تبخیر سبب کاهش اثر حشره‌کش روی دشمن طبیعی می‌شود (Hassan 1992).

براساس نتایج به دست آمده، امامکتین بنزوات بیشترین تأثیر سوء را روی جدول‌های زندگی و فراسنجه‌های تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* داشت و پس از مطالعات تکمیلی مزرعه‌ای از متوکسی فنوزاید می‌توان همراه با این عامل کنترل بیولوژیک در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود. در نهایت هیچ‌کدام از روش‌های آزمایشگاهی، نیمه‌مزرعه‌ای و مزرعه‌ای به تنهایی نمی‌توانند اثر کلی حشره‌کش‌ها را روی دشمنان طبیعی نشان دهند. حشره‌کش‌هایی که در شرایط آزمایشگاهی زیان‌آور عمل می‌کنند نیاز است در شرایط نیمه‌مزرعه‌ای برای ارزیابی دوام باقیمانده حشره‌کش و در شرایط مزرعه‌ای برای ارزیابی اثر نور خورشید، پناهگاه‌ها و دیگر عواملی که روی حشره‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند، آزمایش شوند.

استفاده از نرخ‌های خالص به علت دخالت داشتن فراسنجه‌هایی مانند بقا و طول عمر که تحت تأثیر حشره‌کش‌ها می‌باشند، به منظور مقایسه‌ی اثر حشره‌کش‌ها روی تولیدمثل دقیق‌تر می‌باشند. در برخی موارد با وجود افزایش باروری به دلیل کم شدن طول عمر ممکن است در کل میزان باروری کاهش یابد. با توجه به نتایج میانگین‌های سنی تولیدمثلی، در شاهد و تیمارهای حشره‌کشی تفاوت معنی‌داری روی میانگین سن تفریح^۱ مشاهده نشد. از نرخ‌های تولیدمثل روزانه نیز فراسنجه‌هایی مانند تعداد تخم گذاشته شده توسط هر ماده و تعداد تخم بارور گذاشته شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

بحث

تمام آفت‌کش‌های به کار رفته در طول فصل رشدی، دارای پتانسیل برهم زدن کنترل بیولوژیک موثر در آن محیط می‌باشد. ترکیبات فسفره آلی، کاربامات‌ها و پایروترئوئیدها اکثراً برای عوامل کنترل بیولوژیک به شدت سمی می‌باشد (Croft 1990). به نظر می‌رسد گروه‌های حشره‌کشی سازگار با محیط زیست و دشمنان طبیعی جهت کنترل آفات و استفاده در قالب IPM پتانسیل بسیار مناسبی دارند. سم‌شناسان اکولوژیست^۲ در برنامه‌های مدیریت آفات تأکید بیشتری از حشره‌کش‌های کم‌دوام در IPM دارند (Garcia *et al.* 2006). در این بررسی اثرات زیرکشندگی متوکسی فنوزاید و امامکتین بنزوات روی فراسنجه‌های جمعیتی زنبور *T. brassicae* مورد بررسی قرار گرفت و جدول‌های زندگی و تولیدمثلی تشکیل و مورد ارزیابی قرار گرفت. یک اندازه‌گیری کلی به دست نمی‌آید بلکه سایر اثرات متقابل که در آزمایش‌های سمیت کوتاه‌مدت قابل درک نیستند نیز ارزیابی می‌شوند. از فراسنجه‌های جدول زندگی زنبور پارازیتوئید می‌توان به نرخ بقا، مرگ‌ومیر در فاصله‌ی سنی، امید زندگی و نرخ مرگ‌ومیر اشاره کرد. در واقع در تمامی تیمارها منحنی‌های بقا شبیه به منحنی بقای نوع اول بود، یعنی مرگ‌ومیر در سنین اولیه کمتر بود و در سنین آخر افزایش یافت. در تمامی تیمارها، با افزایش سن زنبور نرخ بقا روند نزولی داشت و کمترین نرخ بقا در تیمار امامکتین بنزوات مشاهده شد.

- Ahmad, M. 2004. Potentiation/antagonism of deltamethrin and cypermethrin with organophosphate insecticides in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:Noctuidae). Pesticide Biochemistry and Physiology, 80: 31-42.
- Alan, J. D., Daniel, R. E. 1982. Life table evaluation of chronic exposure of *Eurytemora affinis* (Copepoda) to kepone. Marin Biology, 66:179-184.
- Cabral, S., Garcia, P., Soares, A. O. 2007. Effect of pirimicarb, buprofezin and pymetrozine on survival, development and reproduction of *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Biocontrol Science and Technology, 18: 307-318.
- Carey, J. R. 2001. Insect biodemography. Annual Review of Entomology, 46: 79-110.
- Croft, B. A. 1990. Arthropoda Biological Control Agents and Pesticides. Wiley, New York. 723pp.
- Dhadialla, T. S., Le, D., Palli, S. R., Raikheld, A., Carlson, G. R. 2007. A photoaffinity, non-steroidal, ecdysone agonist, bisacylhydrazine compound characterization of binding and functional activity. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 37: 865-875.
- Elzen, G. W., Maldonado, S. N., Rojas, M. G. 2000. Lethal and sublethal effects of selected and an insect growth regulator on the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) Ectoparasitoid *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). Journal of Economic Entomology, 93(2): 300-303.
- Faniqliulo, A., Sacchetti, M. 2005. Emamectin benzoate; new insecticide against *Helicoverpa armigera*. Communications in Agricultural and Applied Biological Science, 73(3): 651-653.
- Garcia, J. F., Grisoto, E., Vendramim, J. D., Machado, B. P. S. 2006. Bioactivity of neem, *Azadirachta indica*, against spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) on sugarcane. Journal of Economic Entomology, 99: 2010-2014.
- Haseeb, M., Amano, H., Liu, T. X. 2005. Effects of selected insecticides on *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Insect Science, 12: 163-170.
- Hassan, S. A. 1992. Guideline for the evaluation of side-effects of plant protection product on *Trichogramma cacoeciae*. In: Hassan, S. A. (ed) Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: description of test methods. IOBC/WPRS Bulletin, 15: 18-39.
- Heydari, A., Moharramipour, S., Poormirza, A. A., Talebi, A. A. 2006. Effects of buprofezin, fenpropathrin on the reproductive parameters of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). Journal of Entomological Society of Iran, 25(2): 17-34.
- Hill, T. A., Foster, R. E. 2000. Effect of insecticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Journal of Economic Entomology, 93:763-768.
- Nakagawa, Y., Hattori, K., Minakuchi, C., Kugimiya, S., Ueno, T. 2000. Relationships between structure and molting hormonal activity of tebufenozide, methoxyfenozid, and their analogs in cultured integument system of *Chilo suppressalis* Walker. Steroids, 65: 117-123.
- Parra, J. R., Zucchi, P. R. A., Silveiraneto, S. 1987. Biological control of pests through egg parasitoids of the genera *Trichogramma* and Trichogrammatoidea. Memories Instrument Organization Cruz. 82: 153-160.
- 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.
- SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary.
- Jansson, R. K., Dybas, R. A. 1998. Avermectins, biochemical mode of action, biological activity, and agricultural importance. In: Ishaya, I., (editor). Insecticides with novel modes of action: Mechanism and Application, Springer. pp152-170.
- Schneider, M., Smagghe, G., Gobbi, A., Vinuela, E. 2003. Toxicity and pharmacokinetics of insect growth regulators and other novel insecticides on pupae of *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of early larval instars of lepidopteran pests. Journal of Economic Entomology, 96(4):1054-1065.
- Scholler, M., Fields, P. 2002. Screening of North American species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for control of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Proceedings of the Eighth International Working Conference of Stored-Product Protection, York, U.K., July 2002.
- Southwood, R., Henderson, P. A. 2000. Ecological Methods. Blackwell Science, Oxford, USA. 3th ed.
- Stapel, J. O., Cortesero, A. M., Lewis, W. J. 2000. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and span of a parasitoid after feeding on extra floral nectar of cotton treated with systemic insecticides. Biological Control, 17:243-249.
- Stark, J. D., Banks, J. E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicant on arthropods. Annual Review of Entomology, 48: 505-519.

Sublethal effects of methoxyfenozide and emamectin benzoate on *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Mina Jafari, Moosa Saber*, Gholamhossein Gharekhani, Mohammad Bagheri

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

* New Address for Corresponding Author: Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. moosaber@gmail.com

Date received: 12.19.2014

Date accepted: 05.10.2015

Abstract

Trichogramma brassicae Bezdenko is one of the most important egg parasitoid that is released for controlling *Helicoverpa armigera* (Hübner) in crop fields of Golestan, Mazandaran and Ardebil provinces of Iran. This parasitoid has potential to reduce the pest in agricultural ecosystems. The parasitoid was reared on the eggs of grain moth, *Sitotroga cerealella* Oliv. (Lep.: Gelechiidae) eggs at $26\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 5\%$ RH and a photoperiod of 16:8 (L:D) h. The pupal stage of the parasitoid was exposed to the insecticide solutions using dipping method. In this study, sublethal effects of emamectin benzoate and methoxyfenozid were evaluated on the life table and reproduction parameters of *T. brassicae*. The survivorship was affected by the insecticides. The maximum and minimum of life expectancy was observed in the control and emamectin, respectively. The maximum life span of females was estimated to be 19, 18 and 17 days in the control, methoxyfenozid and emamectin benzoate, respectively. The highest net fertility rate was recorded in the control (86.84 eggs) and the lowest value was observed in the emamectin treatment (23 eggs). Semi field and field studies aiming to assess efficacy of combined use of insecticides and *T. brassicae* is needed to obtain more applicable results.

Key words: *Trichogramma brassicae*, Biorational insecticides, Population parameters, Biological control.