

اثرات حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

مینا جعفری¹، موسی صابر^{2*}، محمد باقری²، غلامحسین قره خانی³

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

² دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

³ استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

* مسئول مکاتبه: moosaber@gmail.com

تاریخ پذیرش: 92/12/13

تاریخ دریافت: 92/05/09

چکیده

استفاده از حشره‌کش‌ها ممکن است رفتار دشمنان طبیعی از جمله واکنش تابعی را تحت تاثیر قرار دهد. در این تحقیق، تاثیر دزهای زیرکشدگی حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Sitotroga cerealella* Bezdenko *Trichogramma brassicae* نسبت به تراکم‌های مختلف تخم‌های بید غلات Olivier در شرایط دمایی 26 ± 1 درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره نوری 16 ساعت روشنایی و 8 ساعت تاریکی مورد ارزیابی قرار گرفت. زنبورهای بالغ به مدت 24 ساعت در کنار شاهد در معرض LC₃₀ حشره‌کش-های امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید که به ترتیب 0/001 و 0/0003 پی‌پی‌ام بود، قرار گرفتند. تراکم‌های 2، 4، 8، 16، 32 و 64 تخم میزبان در لوله آزمایش در 10 تکرار به مدت 24 ساعت در اختیار یک زنبور ماده زنده تیمار شده قرار داده شدند و سپس تعداد تخم‌های پارازیت شده شمارش گردید. نوع واکنش تابعی با استفاده از رگرسیون لجستیک و فراسنجه‌های پارامترهای آن بر اساس رگرسیون غیرخطی در نرم‌افزار SAS تخمین زده شد. واکنش تابعی در شاهد و تیمار متوکسی فنوزاید از نوع دوم و در تیمار امامکتین بنزوات از نوع سوم بود. نرخ حمله در شاهد و تیمارهای امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید به ترتیب 0/00183، 0/001292 و 0/001290 بر ساعت و زمان دستیابی به ترتیب 0/4987، 0/6247 و 0/6174 ساعت بود. نتایج نشان داد که دزهای زیر کشنده هر دو حشره‌کش متوکسی فنوزاید و امامکتین بنزوات تاثیر سوء اندکی روی کارایی کاوش گری زنبور تریکوگراما داشتند.

کلمات کلیدی: آورمکتین‌ها، حشره‌کش‌های زیست‌سازگار، واکنش تابعی، *Trichogramma brassicae*

مقدمه

هکتار از زمین‌های کشاورزی و جنگلی توسط تریکوگراما تحت پوشش کنترل زیستی آفات قرار داشته است (شولر و حسن 2001). تحقیق‌های کاربردی روی زنبور تریکوگراما در ایران از سال 1353 در موسسه تحقیق گیاه‌پزشکی کشور آغاز شد (ابراهیمی و همکاران 1390) و در سال‌های اخیر تولید و رهاسازی زنبورهای

زنبورهای تریکوگراما از موفق‌ترین گونه‌های انگل واره در دنیا هستند و در برنامه‌های کنترل زیستی آفات در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد وسیع این انگل واره در کنترل بسیاری از آفات در بیش از 30 کشور جهان انجام گرفته است. سالانه حدود 32 میلیون

های مورد حمله افزایش می‌یابد، ولی این افزایش بصورت خطی نبوده و بتدریج از شیب منحنی کاسته می‌شود تا به یک مقدار ثابت برسد. در واکنش تابعی نوع سوم بخشی از منحنی وابسته به تراکم میزبان بوده و با افزایش تراکم میزبان درصد میزبان های مورد حمله قرار گرفته تا حدی افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. در واکنش تابعی نوع چهارم با افزایش تراکم میزبان، تعداد میزبان مورد حمله قرار گرفته پس از رسیدن به یک حداکثر، دوباره کاهش می‌یابد. در واقع این نوع واکنش شبیه واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد با این تفاوت که در تراکم‌های بالا در عمل شکارگر اختلال به وجود می‌آید (اورسون 1979).

استفاده از کنترل زیستی در مدیریت آفات زمانی موفقیت‌آمیز خواهد بود که جنبه‌های مختلف زیستی، اکولوژیکی و رفتاری دشمنان طبیعی به دقت مورد مطالعه و بررسی قرارگیرد که این جنبه‌ها از طریق بررسی‌های آزمایشگاهی و صحرایی تعیین می‌شوند (دان و یوکاتا 1997). با توجه به این که آفت‌کش‌های امامکتین بنزوات¹ و متوکسی فنوزاید² بالپولکداران آفت را به خوبی کنترل می‌کنند (پیندا و همکاران 2007؛ لویز و همکاران 2010)، مطالعه‌ی اثرات این حشره‌کش‌ها روی واکنش تابعی زنبور انگل واره‌ها می‌تواند مفید باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثر احتمالی این حشره‌کش‌ها بر کارایی زنبور انگل واره‌ها *T. brassicae* است تا با انتخاب حشره‌کش‌هایی که تاثیر سوء اندکی روی کارایی کاوشگری این زنبور انگل واره‌ها داشته باشد بتوان از آنها بعد از مطالعات تکمیلی همراه با این عامل کنترل زیستی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود.

تریکوگراما در مزارع برنج، پنبه، ذرت، باغ‌های میوه‌ی انار و سیب برای کنترل آفات مهمی چون کرم ساقه-خوار برنج، کرم قوزه پنبه، کرم ساقه‌خوار ذرت، کرم گلوگاه انار و کرم سیب گسترش قابل ملاحظه‌ای در کشور ما داشته است (شمس زاده 1390).

برای ارزیابی موفقیت و عدم موفقیت عامل کنترل زیستی جهت کنترل آفات در یک محیط خاص، آگاهی از عوامل موثر روی فراسنجه‌های زیستی و رفتاری آن ضروری می‌باشد (عابدی و همکاران 1390). تحقیق‌ها نشان داده است که راه کنترل موفق و پایدار بسیاری از آفات، استفاده توأم از عوامل کنترل زیستی و ترکیبات شیمیایی در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات است، زیرا هر کدام از این روش‌ها به تنهایی دارای کاستی‌هایی هستند که تامین‌کننده کنترل مورد نیاز کشاورز و خواست‌های مصرف‌کننده نیستند (هایاشی 1996).

انگل واره‌ها و شکارگرها به تغییرات تراکم میزبان و شکار به دو روش عکس‌العمل نشان می‌دهند: 1- ممکن است تعداد انگل واره‌ها با تغییرات تراکم میزبان تغییر پیدا کند. 2- تعداد میزبان‌های مورد حمله توسط انگل واره‌ها ممکن است با افزایش یا کاهش تراکم میزبان تغییر پیدا کند. این تغییرات در تعداد انگل واره‌ها واکنش عددی و تعداد میزبان‌های مورد حمله به اصطلاح واکنش تابعی نامیده می‌شود که اولین بار توسط سولومون (1949) جهت توصیف واکنش رفتاری یک شکارگر یا انگل واره‌ها نسبت به تغییرات تراکم شکار یا میزبان به کار رفت و بعداً توسط هولینگ (1965، 1966) بسط داده شد. هولینگ (1965، 1961) چهار نوع واکنش تابعی را توصیف کرد: در واکنش تابعی نوع اول با افزایش تراکم میزبان، تعداد میزبان‌های مورد حمله تا رسیدن به یک مقدار حداکثر بصورت خطی افزایش می‌یابد و سپس ثابت می‌ماند. در واکنش تابعی نوع دوم با افزایش تراکم میزبان، تعداد میزبان-

1. Emamectin benzoate

2. Methoxyfenozide

مواد و روش‌ها

پرورش زنبور انگل واره ها *T. brassicae*

برای ایجاد کلنی اولیه زنبور انگل واره ها، ابتدا تخم‌های پارازیت شده بید غلات از انسکتاریومی در شهرستان ساری تهیه و به آزمایشگاه گروه گیاهپزشکی دانشگاه مراغه منتقل گردید و پس از ظهور حشرات کامل از تخم‌های پارازیت شده، زنبورها روی تخم‌های بید غلات *Sitotroga cerealella* Olivier که در آزمایشگاه روی دانه‌های جو (رقم آبیدر) پرورش داده می‌شد تکثیر گردید. پس از چهار نسل پرورش زنبورهای تازه ظاهر شده برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. همه آزمایش‌ها و پرورش زنبور و بید غلات در اتاقک رشدی با شرایط دمایی $26 \pm 1^\circ C$ ، رطوبت نسبی $70 \pm 5\%$ و دوره‌ی نوری 16 ساعت روشنایی و 8 ساعت تاریکی صورت گرفت (صابر 2011).

حشره‌کش‌های مورد استفاده

- 1- امامکتین بنزوات (Proclaim[®] 5% SG) ساخت شرکت Syngenta کشور سوئیس
- 2- متوکسی فنوزاید (Runner 2F[®] 21-24 SC) ساخت شرکت Dow AgroSciences کشور اسپانیا

آزمایش‌های واکنش تابعی

در این مطالعه اثرات زیرکشنده‌ی (LC₃₀) حشره-کش‌های امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید روی واکنش تابعی *T. brassicae* نسبت به تراکم‌های مختلف تخم‌های بید غلات ارزیابی شد. براساس مطالعات اولیه کشنده‌ی، مقادیر LC₃₀ امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید به ترتیب 0/001 و 0/0003 پی‌پی‌ام به‌دست آمد (مطالب منتشر نشده). برای این منظور ابتدا 150 عدد زنبورهای یک روزه (با عمر کمتر از 24

ساعت) با استفاده از قفس‌های در معرض قرارگذاری (به روش صابر 2011) در تماس با سطح آلوده به غلظت LC₃₀ حشره‌کش‌ها قرار گرفتند. هر یک از تیمارهای حاوی زنبور، به مدت 24 ساعت در قفس‌های جداگانه ای در معرض حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید به اضافه توئین³ 80 قرار گرفتند. به منظور بهتر خیس شدن سطح شیشه‌ها، از توئین 80 استفاده شد (روسنهم و هوی، 1988). توئین کشش سطحی محلول را کاهش داده در نتیجه باعث ایجاد پوشش یکنواختی از محلول سمی روی سطوح مختلف می‌گردد. این روغن امولسیفایر، پخش‌کننده و مرطوب‌کننده بود و به مقدار یک قطره به ازای هر 50 میلی لیتر محلول سمی در آزمایشات زیست‌سنجی استفاده شد. در تیمار شاهد از آب مقطر به اضافه توئین 80 استفاده شد. بعد از این مدت از زنبورهای زنده مانده تعداد 10 ماده برای هر یک از 6 تراکم‌های تخم که در 10 تکرار بود به طور تصادفی برای هر تیمار و شاهد انتخاب گردید و هر ماده به یک لوله آزمایش به قطر 1 و ارتفاع 10 سانتی‌متر منتقل گردید. دسته‌های تخرمی حاوی تراکم‌های 2، 4، 8، 16، 32 و 64 عدد که روی کاغذی به ابعاد 5 × 1 سانتی‌متر با ژل کتیرا چسبانده شده بودند مورد استفاده قرار گرفتند. سپس لوله‌های آزمایش در اتاقک رشد نگهداری شدند، بعد از 24 ساعت، زنبورهای ماده از لوله‌های آزمایش خارج و لوله‌های آزمایش حاوی تخم‌های پارازیت شده در اتاقک رشد نگهداری شدند. بعد از 7 روز تعداد تخم‌های پارازیت شده و پارازیت‌نشده شمارش گردید. جمعاً 60 زنبور در هر بار تکرار آزمایش استفاده شد. آزمایش‌ها در هر یک از تراکم‌ها در 10 تکرار انجام شده و آزمایش 3 نوبت دیگر هم تکرار گردید.

آنالیزهای آماری واکنش‌تابعی

امامکتین بنزوات، نوع واکنش‌تابعی در دراین تیمار از نوع III می‌باشد.

دو فراسنجه مهم در ارزیابی واکنش‌تابعی یک انگل واره‌ها، نرخ حمله و زمان دستیابی می‌باشد. تاثیر LC₃₀ حشره‌کش‌ها روی فراسنجه‌های واکنش‌تابعی (نرخ حمله و زمان دستیابی) زنبور تریکوگراما در جدول 2 ارایه شده است.

در بین تیمارهای شاهد و متوکسی فنوزاید که واکنش‌تابعی نوع دو را نشان دادند مقدار نرخ حمله (a) در تیمار شاهد (0/00183 بر ساعت) بیشتر از تیمار متوکسی فنوزاید (0/001290 بر ساعت) مشاهده گردید. در تیمار امامکتین بنزوات واکنش‌تابعی نوع سه بود و مقدار نرخ حمله (b) 0/001292 ساعت برآورد گردید. زمان دستیابی در شاهد و تیمارهای امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید به ترتیب 0/4987، 0/6247 و 0/6174 ساعت بود. منحنی تعداد تخم‌های پارازیت‌دهنده و منحنی درصد پارازیت‌تسیم میزبان توسط زنبور تریکوگراما در شکل‌های 1 و 2 آورده شده است.

تجزیه داده‌های واکنش‌تابعی با نرم افزار SAS (SAS Institute, 2002) در دو مرحله صورت گرفت (جولیانو 1993 و 2001)، در مرحله اول نوع واکنش-تابعی از رگرسیون لجستیک⁴ نسبت به تخم‌های پارازیت‌دهنده به تخم‌های موجود در تراکم اولیه محاسبه شد. این رگرسیون میزان شیب و منفی یا مثبت بودن شیب را در سه قسمت اصلی منحنی یعنی قسمت-های خطی⁵، درجه دو⁶ و درجه سه⁷ در نرم افزار SAS نشان می‌دهد. منفی یا مثبت بودن قسمت خطی منحنی به ترتیب نشانگر واکنش‌تابعی نوع II و III می‌باشد. در مرحله دوم، پس از تعیین نوع واکنش‌تابعی به وسیله پردازش داده‌ها با مدل راجرز (راجرز 1972)، با استفاده از رگرسیون غیرخطی⁸، فراسنجه‌های قدرت جستجو یا ضریب حمله⁹ (a یا b) و زمان دستیابی¹⁰ (Th) برآورد شدند. رسم نمودارها با نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج

تجزیه‌ی رگرسیون لجستیک داده‌های مربوط به واکنش‌تابعی زنبور انگل واره‌ها *T. brassicae* در شاهد و تیمارهای امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید به تراکم‌های مختلف میزبان *S. cerealella* در جدول 1 آمده است. با توجه به منفی بودن علامت قسمت خطی منحنی در شاهد و تیمار متوکسی فنوزاید می‌توان نتیجه گرفت که واکنش‌تابعی در این تیمارها از نوع II و با توجه به مثبت بودن علامت قسمت خطی منحنی در تیمار

4. Logistic regression

5. Linear

6. Quadratic

7. Cubic

8. Nonlinear

9. Attack rate

10. Handling time

جدول 1- تجزیه‌ی رگرسیون لجستیک واکنش تابعی *T. brassicae* نسبت به تراکم‌های مختلف تخم‌های *S. cerealella* در شاهد و

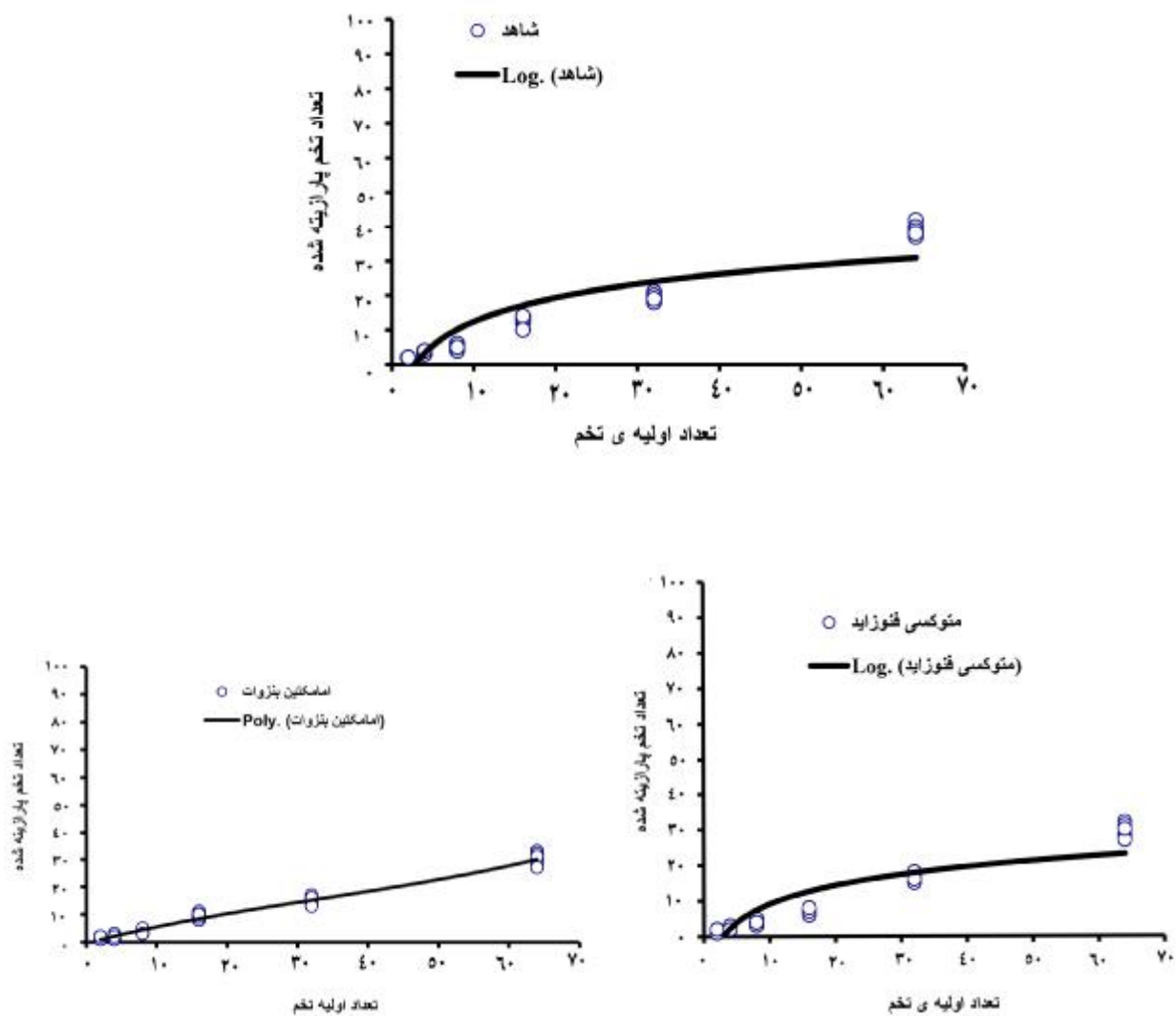
تیمارهای LC30 حشره کش‌ها

سطح احتمال P-value	χ^2	تخمین	اشتباه استاندارد	درجه آزادی	فراسنجه	تیمارها
0/0005	12/20	1/6395	0/4694	1	Intercept (عرض از مبدا)	شاهد
0/5469	0/36	-0/0413	0/0686	1	No (خطی)	
0/9991	0	-2/79×10 ⁶	0/00254	1	No ² (درجه 2)	
0/8214	0/05	5/591×10 ⁶	0/000025	1	No ³ (درجه 3)	
0/8697	44/34	-	-	56	Likelihood Ratio(نسبت احتمال)	
0/8151	0/05	-0/0870	0/3721	1	Intercept (عرض از مبدا)	امامکتین بنزوات
0/4826	0/49	0/0398	0/0567	1	No (خطی)	
0/3761	0/78	-0/00190	0/00214	1	No ² (درجه 2)	
0/3482	0/88	0/000020	0/000021	1	No ³ (درجه 3)	
0/9882	34/84	-	-	56	Likelihood Ratio(نسبت احتمال)	
0/0014	10/24	1/2523	0/3913	1	Intercept (عرض از مبدا)	متوکسی فنوزاید
0/0006	11/68	-0/2017	0/0590	1	No (خطی)	
0/0007	11/54	0/00753	0/00222	1	No ² (درجه 2)	
0/0007	11/53	-0/00007	0/000022	1	No ³ (درجه 3)	
1	20/21	-	-	56	Likelihood Ratio(نسبت احتمال)	

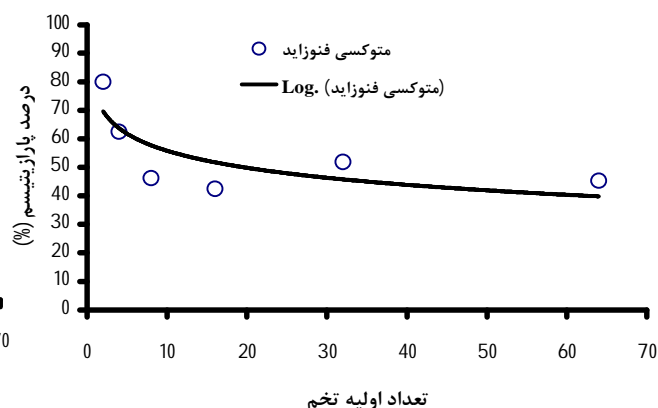
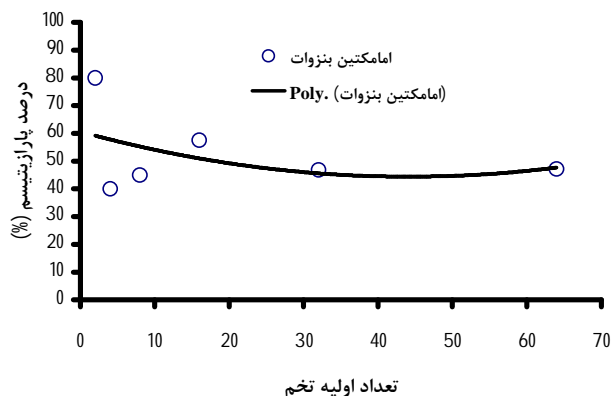
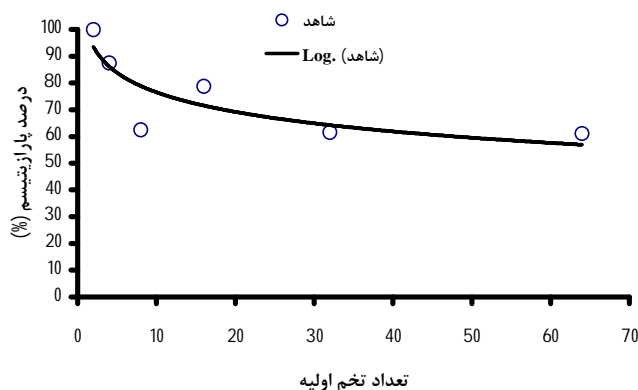
جدول 2- تاثیر LC30 حشره کش‌های امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید روی فراسنجه‌های واکنش تابعی زنبور *T. brassica*

ضریب همبستگی (r ²)	حداکثر نرخ حمله T/T _h	زمان دستیابی Handling time(h) T _h ±SE (Lower-Upper)	نرخ حمله Attack rate*(h ⁻¹) ±SE (Lower-Upper)	نوع واکنش تابعی	تیمار
0/9987	48/12	0/4987±0/0211 (0/4564-0/5411)	0/00183±0/000152 (0/00153-0/00214)	II	شاهد
0/9983	38/42	0/6247±0/0262 (0/5723-0/6772)	0/001292±0/000100 (0/00109-0/00149)	III	امامکتین بنزوات
0/9976	39/87	0/6174±0/0244 (0/5686-0/6661)	0/001290±0/000093 (0/00110-0/00147)	II	متوکسی فنوزاید

*نماد نرخ حمله برای تیمارهای شاهد و متوکسی فنوزاید که واکنش تابعی نوع II هستند با حرف a و برای تیمار امامکتین که نوع III است با حرف b نشان داده می‌شود.



شکل 1- منحنی‌های تعداد میزبان‌های پارازیت شده به وسیله زنبور *T. brassica* قرار گرفته در معرض LC_{30} حشره‌کش‌های اماسکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید



شکل 2- منحنی‌های درصد میزبان‌های پارازیت شده توسط *T. brassica* قرار گرفته در معرض LC_{30} حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات و متوکسی فنوزاید

بحث

هاسل (1982) اشاره می‌کند که قدرت جستجوی بالا و زمان دستیابی کوتاه در ارتباط با زمان در دسترس، ویژگی خوبی برای یک دشمن طبیعی به شمار می‌آید. قدرت جستجوی بالا باعث می‌شود که دشمنان طبیعی، جمعیت میزبان خود را در سطح پایین‌تر از سطح زیان اقتصادی کنترل کنند و قدرت جستجوی پایین، اثر عکس خواهد داشت. مطالعه روابط متقابل انگل واره - میزبان از جمله واکنش تابعی انگل واره ها می‌تواند در برنامه-

یکی از روش‌های تعیین کارایی یک انگل واره یا شکارگر از طریق تعیین نوع و فراسنجه‌های واکنش تابعی یعنی قدرت جستجو (نرخ افزایش پاسخ پارازیتوئید به تراکم میزبان) و زمان دستیابی (مدت زمان صرف شده توسط انگل واره‌ها برای حمله، پارازیت‌کردن و استراحت کردن) صورت می‌گیرد. این دو فراسنجه برای ارزیابی موثر بودن یک انگل واره‌ها یا شکارگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (هاسل 1982).

های مختلف جمعیت شب پره آرد در آزمایشگاه از نوع دوم تعیین کرد. همچنین، شمس زاده (1390) واکنش تابعی زنبور *T. brassicae* را در تراکم های مختلف تخم پروانه چوبخوار تاغ *Holcocerus tancrei* Pungeler در دماهای 25 و 28 درجه سانتی گراد بررسی کرد و از نوع دوم گزارش نمود.

در کنترل زیستی، مطالعه واکنش تابعی قبل از رهاسازی هر دشمن طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (برنال و همکاران 1994). واکنش های تابعی نوع سوم اغلب قادر به تنظیم جمعیت میزبان خواهد شد (مهدوی پرچین سفلی 1390). واکنش تابعی یکی از اجزای مهم دینامیسم جمعیت است و نوع آن یکی از عوامل مهم در انتخاب دشمن طبیعی مناسب برای استفاده در برنامه‌های کنترل زیستی می‌باشد. نوع واکنش تابعی و فراسنجه های آن می‌تواند توسط عواملی از قبیل گیاه میزبان، تراکم میزبان، رطوبت نسبی، سن دشمن طبیعی، دما، نوع طعمه یا میزبان تغییر کند (الهیاری و همکاران 2004؛ حسن پور و همکاران 2010). مطالعات آزمایشگاهی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای استانداردهای کنترل کیفیت در برنامه های تولید انبوه دشمنان طبیعی و پروژه‌های کنترل زیستی فراهم کند (مونتویا و همکاران 2000) و علاوه بر مطالعات آزمایشگاهی، بایستی شرایط نیمه-مزرعه‌ای و مزرعه‌ای فراهم شود تا نتایج آزمایشگاهی تکمیل و عملی شود.

براساس نتایج به دست آمده هر دو حشره‌کش زیست‌سازگار متوکسی‌فنوزاید و امامکتین بنزوات کمترین تاثیر سوء روی فراسنجه های واکنش تابعی زنبور تریکوگراما داشتند، بنابراین در صورت تایید نتایج در مطالعات تکمیلی مزرعه‌ای، از این حشره‌کش-ها می‌توان همراه با این عامل کنترل زیستی در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود.

های مدیریت تلفیقی آفات به‌کار آید و درک دینامیسم شکارگری/پارازیتیسم دشمنان طبیعی را آسان‌تر کند (کارنیرو و همکاران 2010). طیف وسیعی از واکنش-های دشمنان طبیعی نسبت به دزهای زیرکشنده آفت کش‌ها وجود دارد که فهم آن‌ها در تلفیق دشمنان طبیعی با آفت‌کش‌ها بسیار مفید خواهد بود.

فاصله زمانی بین لحظه مشاهده میزبان، پارازیته کردن آن و لحظه آغاز جستجو برای میزبان جدید تحت تاثیر حشره‌کش‌ها زیاد می‌شود (عابدی 1391). با افزایش زمان دستیابی تعداد حمله در زمان کل آزمایش (24 ساعت) کمتر می‌شود و میزان پارازیتیسم کاهش می‌یابد، در نتیجه حداکثر نرخ حمله نیز تحت تاثیر حشره-کش‌ها کاهش می‌یابد.

نوع واکنش تابعی در نتایج ما در تیمارهای شاهد و متوکسی‌فنوزاید از نوع دوم و در تیمار حشره‌کشی امامکتین بنزوات از نوع سوم گزارش شد. رفیعی دستجردی و همکاران (2009) واکنش تابعی *Habrobracon hebetor* Say را در شاهد و تیمار با حشره‌کش‌های اسپاینوسد، هگزا فلومورن، تیودیکارب و پروفنوفوس از نوع II گزارش کردند. معزی‌پور و همکاران (2008) واکنش تابعی زنبور زنبور *T. brassicae* را در دماهای مختلف روی بید غلات بررسی کردند که در دمای 25 درجه سانتی‌گراد از نوع دوم و در دماهای 20 و 30 درجه سانتی‌گراد از نوع سوم گزارش نمودند. لشکری و همکاران (1383) واکنش تابعی زنبور *T. brassicae* را روی تخم های کرم قوزه پنبه، شب پره آرد و بید غلات در شرایط آزمایشگاهی بررسی کردند. ایشان نوع واکنش تابعی را در تخم‌های بید غلات و شب پره آرد از نوع دوم و روی تخم‌های کرم قوزه پنبه از نوع سوم گزارش کردند. میراب‌زاده و همکاران (1374) واکنش تابعی زنبور *T. embryophagum* Htg را نسبت به تراکم-

منابع

- ابراهیمی ا، لطفعلی زاده ح، کاظمی م ح و جعفرلو م، 1390. کارایی زنبور تریکوگراما و کائولین در کنترل کرم گلوگاه انار *Ectomyelis ceratoniae* (Lep.: Pyralidae) در منطقه سیه رود. مجله حشره شناسی گیاهان زراعی. سال اول، شماره 2. صفحه های 15 تا 24.
- شمس زاده م، 1390. بیولوژی و کارایی زنبور تریکوگراما *Trichogramma brassicae* روی تخم های پروانه چوبخوار *Holcocerus* sp. تاغ در شرایط آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه.
- عابدی ز، 1391. بررسی اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش های آزادیراکتین، پایریدالیل، سایپرمتترین و متوکسی فنوزاید روی پارامترهای جدول زیستی زنبور اکتوپارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). پایان نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه.
- عابدی ز، صابر م، مهرور ع و قره خانی غ ح، 1390. اثرات زیرکشنده حشره کش های آزادیراکتین، سایپرمتترین و متوکسی فنوزاید روی زنبور *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae). مجله حشره شناسی گیاهان زراعی. سال اول، شماره 2. صفحه های 45 تا 56.
- لشکری ع ا، طالبی خ، فتحی پوری و محرمی پور س، 1383. واکنش تابعی زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenko نسبت به تراکم‌های مختلف تخم سه گونه میزبان در آزمایشگاه. خلاصه مقالات شانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. صفحه 35.
- مهدوی پرچین سفلی و، 1390. بررسی حساسیت زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) به حشره کش های کلرپایریفوس، کارباریل، اسپاینوسد و آبامکتین و قارچ های بیمارگر *Beauveria bassiana* و *Metarhizium anisopliae* تحت شرایط آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه.
- میراب زاده ع، صحراگرد ا و آزما م، 1374. واکنش تابعی زنبور پارازیت *Trichogramma embryophagum* به تراکم جمعیت پروانه آرد (*Ephestia kuehniella*). خلاصه مقالات دوازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. صفحه 350.
- Allahyari H, Fard PA and Nozari J, 2004. Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the sunn pest. *Journal of Applied Entomology* 128: 39-43.
- Bernal JS, Bellows TS and Gonzalze D, 1994. Functional response of *Diuerella rapae* (Hymenoptera: Aphelinidae) to *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae). *Journal of Applied Entomology* 118: 300-309.
- Carneiro TR, Fernandes OA, Cruz I and Bueno RCOF, 2010. Functional response of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae) to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae) eggs: effect of female age. *Revista Brasileira de Entomologia* 54(4): 692-696.
- Daane KM and Yokota GY, 1997. Release strategies affect survival and distribution of green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 26: 455-464.

- Everson P, 1979. The functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: phytoseiidae) to various densities of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Canadian Entomologist 111:7-10.
- Hassanpour M, Mohaghegh J, Iranipour Sh, Nouri Ganbalani G and Enkeggard A, 2010. Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of prey and predator stages. Insect Science 18(2):217-224.
- Hassell MP, 1982. What is searching efficiency? Annals Applied Biology 101: 170-175.
- Hayashi H, 1996. Side effects of pesticides on *Encarsia formosa*. Bulletin of the Hiroshima Prefectural Agriculture Research center 64: 33-43.
- Holling CS, 1961. Principles of insect predation. Annual Review of Entomology 6: 163-182.
- Holling CS, 1965. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population. Memoris of the Entomological Society of Canada 48: 1-86.
- Holling CS, 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. Memoris of the Entomological Society of Canada 48: 1-86.
- Juliano SA, 1993. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curve. p. 159–182. In: “Design and Analysis of Ecological Experiments” (S.M. Cheiner, J. Gurven, eds.). Chapman and Hall, New York.
- Juliano SA, 2001. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. p. 159–182. In: “Design and Analysis of Ecological Experiments” (S.M. Cheiner, J. Gurven, eds.). 2nd ed. Chapman and Hall, New York.
- Lopez JD, Latheef MA and Hoffmann WC, 2010. Effect of emamectin benzoate on mortality, proboscis extension, gustation and reproduction of the corn earworm, *Helicoverpa zea*. Journal of Insect Science 10(89):1-16.
- Moezipour M, Kafil M and Allahyari H, 2008. Functional response of *Trichogramma brassicae* at different temperatures and relative humidities. Bulletin of Insectology 61(2): 245-250.
- Montoya P, Liedo P, Benrey B, Barrera JF, Cancino J and Aluja M, 2000. Functional response and superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). Annals of the Entomological Society of America 93(1): 47-54.
- Pineda S, Schneider M, Smagghe G, Martinez AN, Del Estal P, Vinuela E, Valle J and Budia F, 2007. Lethal and Sublethal effects of methoxyfenozide and spinosad on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Economic Entomology 100: 773-780.
- Rafiee-Dastjerdi H, Hejazi MJ, Nouri-Ganbalani Gh and Saber M, 2009. Effects of some insecticides on functional response of ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* (Say) (Hym.: Braconidae). Journal of Entomology 6 (3): 161–166.
- Rogers DJ, 1972. Random search and insect population models. Journal of Animal Ecology. 41: 369-383.
- Rosenheim JA and Hoy MA, 1988. Sublethal effects of pesticides on the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). Journal of Economic Entomology 81:476-483.

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.

SAS Institute, 2002. The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.

Scholler M and Hassan SA, 2001. Comparative biology and life tables of *Trichogramma evanescens* and *T. cacoeciae* with *Ephestia elutella* as host at four constant temperatures. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 98: 35-40.

Solomon M E, 1949. The natural control of animal population. *Journal of Animal Ecology* 18: 1-35.

Effects of Emamectin Benzoate and Methoxyfenozide on Functional Response of *Trichogramma brassicae* (Hym: Trichogrammatidae)

Mina Jafari ¹, Moosa Saber ^{*2}, Mohammad Bagheri ², Gholamhossein Gharekhani ²

¹ MSc Student of Agricultural Entomology, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.

² Associate Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Maragheh.

³ Assistant Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Maragheh.

*Corresponding author: moosaber@gmail.com

Received: 31 Jul 2013

Accepted: 4 Mar 2014

Abstract

Insecticides applications may affect behavior of natural enemies such as functional response. The effects of LC₃₀ (as sublethal concentration) of emamectin benzoate and methoxyfenozide were evaluated on functional response of *Trichogramma brassicae* Bezdenko in different densities of *Sitotroga cerealella* Olivier eggs at 26±1°C, 70±5% RH and a photoperiod of 16:8 (L:D) h. Young adult wasps (<24h old) were exposed to LC₃₀ of the either insecticides as well as a control. Then, randomly selected 10 survived females were transferred individually to test tubes and supplied with the host densities of 2, 4, 8, 16, 32 and 64 *S. cerealella* eggs for 24 h. The numbers of parasitized eggs were recorded seven days later. The type of functional response was determined using logistic regression and the parameters were estimated by non-linear regression using SAS software. The results revealed a type II functional response in control and methoxyfenozide and type III in emamectin benzoate. Attack rates were 0.00183, 0.001292 and 0.001290 h⁻¹ and handling times were 0.4987, 0.6247, and 0.6174 h, in control, emamectin benzoate and methoxyfenozide, respectively. Results showed that these insecticides had little adverse effects on the functional response of the wasp. Field studies for assessing efficacy of the insecticides on *T. brassicae* are needed to obtain more reliable results.

Key words: avermectines, behavioral response, biorational insecticides, *Trichogramma brassicae*