

بررسی اثرات حشره‌کش‌های بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن پروپاترین روی برخی از

رفتارهای کاوشگری زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa*

احمد حیدری^۱✉، حسین کیشانی فراهانی^۱ و یعقوب فتحی پور^۲

۱- بخش تحقیقات آفت‌کش‌ها، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، تهران؛ ۲- گروه حشره‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۳؛ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۴)

چکیده

سفید بالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* (Hom.: Aleyrodidae)) در اکثر مناطق دارای اهمیت اقتصادی بوده و دشمنان طبیعی مختلفی روی آن فعالیت می‌کنند که در این میان نقش زنبور *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae) انکارناپذیر است. سموم شیمیایی دارای اثرات متفاوتی روی جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی دشمنان طبیعی می‌باشند. در این تحقیق اثرات حشره‌کش‌های بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن پروپاترین روی ترجیح بین میزبان‌های آلوده به سم و غیرآلوده و هم‌چنین واکنش تابعی زنبور *E. formosa* مورد مطالعه قرار گرفته است. تیمار زنبورها از طریق در معرض قرار دادن پارازیتوئید با نهشت آفت‌کش روی برگ صورت گرفت. آزمایشات در شرایط دمایی 26 ± 1 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. براساس نتایج به‌دست آمده مشخص گردید میانگین تعداد لاروهای سن سوم پارازیت شده سفید بالک گلخانه توسط زنبور در تیمارهای بوپروفزین و پیری پروکسی فن با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، در حالی که نرخ پارازیتسم شاهد به‌طور معنی‌داری از فن پروپاترین بیشتر بود. واکنش تابعی در شاهد، بوپروفزین و پیری پروکسی فن از نوع ۲ و در تیمار فن پروپاترین از نوع ۳ بود که نشان داد کاربرد سم فن پروپاترین روی میزبان باعث تبدیل واکنش تابعی از نوع ۲ به ۳ شده است. مقادیر قدرت جستجو در واحد زمان در تیمار شاهد و تیمارهای بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن پروپاترین به ترتیب 0.0143 ، 0.0108 ، 0.0132 و 0.0095 بود. براساس نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که استفاده از سموم بوپروفزین و پیری پروکسی فن در برنامه‌های کنترل تلفیقی سفید بالک گلخانه اثرات سوء کمتری روی شکارگری و کارایی زنبور *E. formosa* خواهد داشت. واژه‌های کلیدی: ترجیح میزبانی، حشره‌کش‌ها، واکنش تابعی، *Encarsia formosa*.

Effects of Buprofezin, Pyriproxyfen and Fenpropathrin on some foraging behaviors of *Encarsia formosa*

A. HEIDARI¹✉, H. KISHANI FARAHANI¹ and Y. FATHIPOUR²

1- Department of Pesticides Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran 2- Entomology department, Trabiati Moddares university, Iran

Abstract

Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hom.: Aleyrodidae), causes economic damages in most of agricultural areas, which several natural enemies are restricting its damage. Among its natural enemies, *Encarsia formosa* (Hym: Aphelinidae) role in its population control is undeniable. Chemical pesticides can affect several various aspects of natural enemies' biology. In the current research effects of three insecticides, Buprofezin, Pyriproxyfen and Fenpropathrin on host preference and functional response of *E. formosa* was studied. Wasps were exposed to insecticides by using leaf disc method. Experiments were carried out under controlled conditions, 26 ± 1 °C, 60 ± 5 RH and 16:8 (: D). According to obtained results parasitized hosts, third instar, were not significantly different in control and Buprofezin treated wasps ($P > 0.05$) and also between control and Pyriproxyfen treated wasps ($P > 0.05$). However control wasps significantly parasitized more hosts than Fenpropathrin treated wasps ($P < 0.05$). Results of logistic regression revealed that the control, buprofezin and Pyriproxyfen-treated *E. formosa* was a function of host density and followed a type II functional response while *E. formosa* treated by Fenpropathrin showed a type III functional response. Estimated attack rates of control, Buprofezin, Pyriproxyfen and Fenpropathrintreated wasps was 0.043, 0.0108, 0.0132 and 0.0095 respectively. As our results showed Buprofezin or Pyriproxyfen application in integrated control programs of *T. vaporariorum* will result less side effects on parasitism and efficiency of *E. formosa*.

Key words: *Encarsia formosa*, Functional response, Host preference, Insecticides

مقدمه

آفات است (Wang *et al.*, 2008)، زیرا کاربرد هر کدام از این روش‌ها به‌تنهایی دارای نواقصی است که جوابگوی اهداف IPM نیست. مطالعات صورت گرفته نشان داده است که امکان تلفیق روش‌های کنترل بیولوژیک و شیمیایی در جهت کنترل این آفت وجود دارد (Endo and Tsurumachi, 2001).

جنبه‌های مختلفی از زیست‌شناسی و رفتار پارازیتوئیدها مانند راه رفتن، میزان تحرک، مسیریابی، رفتار تخم‌گذاری، توانایی یادگیری و رفتار تغذیه‌ای تحت تأثیر سموم شیمیایی تغییر یافته‌اند (Salerno *et al.*, 2002; Schneider *et al.*, 2003, Desneux *et al.*, 2004). یکی از ویژگی‌های مهم شکارگری و رفتاری دشمنان طبیعی واکنش‌های تابعی و عددی آنها در پاسخ به تغییرات جمعیت میزبان می‌باشد. کنترل یک آفت توسط دشمنان طبیعی تحت تأثیر برهمکنش میزبان/دشمن طبیعی می‌باشد که یکی از مهم‌ترین اجزای این برهمکنش واکنش‌های عددی و تابعی دشمن طبیعی در پاسخ به تغییرات تراکم میزبان می‌باشد (Rezac *et al.*, 2010). به‌طور کلی موفقیت و عدم موفقیت یک عامل کنترل بیولوژیک به عوامل مختلفی از جمله عوامل بیولوژیکی و شرایط محیطی بستگی دارد. این عوامل ممکن است با واکنش‌های تابعی برهم‌کنش داشته و به‌عنوان یک شاخص در ارزیابی کارایی عامل کنترل بیولوژیک مورد استفاده قرار گیرند (Kishani Farahani and Goldansaz, 2013). عوامل مختلفی مانند نوع گیاه میزبان، درجه حرارت، گونه و یا سن میزبان می‌توانند نوع و پارامترهای واکنش‌های تابعی دشمنان طبیعی را تحت تأثیر قرار دهند (Juliano and Williams, 1985; Runjie *et al.*, 1996; Messina and Hanks, 1998; Wang and Ferro, 1998; De Clercq *et al.*, 2000; Mohaghegh *et al.*, 2001). تاکنون اثرات سموم شیمیایی روی واکنش‌های تابعی دشمنان طبیعی مختلفی بررسی شده است (Deng *et al.*, 2007; Ambrose *et al.*, 2008; Rezac *et al.*, 2010; Gholamzadechitgar *et al.*, 2012; Abedi *et al.*, 2013; Mahdavi *et al.*, 2014). لذا به نظر می‌رسد که برآورد و مقایسه پارامترهای واکنش‌های تابعی دشمنان طبیعی می‌تواند نشان‌دهنده اثرات جانبی سموم شیمیایی روی

سفید بالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Hom.: Aleyrodidae) (Westwood) با پراکنش وسیعی که دارد، در اکثر گلخانه‌ها، کشت‌های زیر پوشش و در خارج از گلخانه روی محصولات مختلف دارای اهمیت اقتصادی است. محققین مختلف تعداد میزبان‌های گیاهی این آفت را ۲۴۹ جنس گیاهی گزارش کرده‌اند (Kos *et al.*, 2009; Van Lenteren *et al.*, 1996) and Woets, 1988). سفید بالک گلخانه دارای دشمنان طبیعی مختلفی است که هر کدام به‌نحوی در پائین آوردن تراکم جمعیت آن نقش دارند. در این میان نقش زنبور *Encarsia formosa* Gahan (Hym.: Aphelinidae) انکارناپذیر است (Collier *et al.*, 2002). تحقیقات مختلف انجام شده نشان داده است که این پارازیتوئید می‌تواند نقش بسزایی در کنترل خسارت این آفت در سیستم‌های کنترل تلفیقی مبارزه داشته باشد (Nannini *et al.*, 2006; Gillespie *et al.*, 2006; Trottin-Caudal *et al.*, 2006). به‌طوری‌که امروزه تکثیر انبوه و عرضه آن به صورت یک فراآورده بیولوژیک در بعضی از کشورها به‌طور مداوم انجام می‌شود (Simmonds *et al.*, 2002). کاربرد این عامل بیولوژیک هر چند در مواردی توانسته نتایج رضایت بخش داشته باشد ولی موارد عدم موفقیت کافی این روش به‌تنهایی نیز مشاهده شده است (Hayashi, 1996).

کاربرد سموم شیمیایی برای کنترل سفید بالک گلخانه همواره مورد توجه بوده است، در حالی‌که اثرات سوء این سموم روی دشمنان طبیعی، بروز پدیده مقاومت و آلودگی‌های زیست محیطی کارائی این روش را به‌عنوان یک روش کارآمد دچار شبه کرده است (Sivasupramaniam *et al.*, 1997, Denney and Williams 1997, Haseeb *et al.*, 2004, Desneux *et al.*, 2004). تحقیقات مختلف نشان داده است که مناسب‌ترین روش کنترل موفق و پایدار بسیاری از آفات از جمله سفید بالک گلخانه استفاده توأم از عوامل کنترل بیولوژیک و شیمیایی در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی

ویژگی‌های شکارگری دشمنان طبیعی باشد.

هدف از این تحقیق بررسی اثر احتمالی سه نوع حشره‌کش بویروفزین، پیری پروکسی فن و فن پروپاترین بر ویژگی‌های شکارگری زنبور *E. formosa* است تا با انتخاب حشره‌کش‌هایی که تأثیر سوء کمتری روی شکارگری این پارازیتوئید دارند از آنها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی سفیدبالک گلخانه با تأکید بر کاربرد این پارازیتوئید استفاده نمود.

روش بررسی

پرورش حشرات میزبان: سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* از گلخانه‌های واقع در مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور از روی بوته‌های توتون جمع‌آوری شد. برای پرورش سفیدبالک گلخانه، برگ‌های حامل مراحل نابالغ حشره پس از حذف تمامی مراحل به جز شفیره‌ها به قفس پرورش منتقل شد. قفس‌های پرورش به ابعاد $70 \times 60 \times 60$ سانتی‌متر بودند که از تمام جوانب به وسیله شیشه یا توری ریز (۷۸ مش) پوشانده شده بود و تنها از طریق درب یا زیب‌های مخصوص که در آن تعبیه شده بود امکان تعویض گلدان‌ها و انتقال حشرات فراهم بود. پس از انتقال برگ‌های حامل شفیره به درون قفس پرورش، بعد از چند روز حشرات کامل ظاهر شده و روی بوته‌ها منتقل شدند و بدین ترتیب کلنی مناسبی از حشرات برای آزمایش آماده گردید. این کلنی‌ها در شرایط دمائی 1 ± 26 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

پارازیتوئید: زنبور *E. formosa* از شفیره‌های پارازیته شده سفیدبالک گلخانه از روی میزبان‌های مختلف در گلخانه مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور جمع‌آوری شد. بوته‌های توتون (واریته زانتی و وایت بارلی) به دلیل تناسب میزبانی و برگ‌های توسعه یافته میزبان‌های مناسبی برای پرورش انبوه زنبور می‌باشند لذا در این تحقیق از آنها استفاده شد. ابتدا کلنی مناسبی از سفیدبالک گلخانه به‌عنوان میزبان آماده گردید

و پرورش زنبورهای پارازیتوئید بر اساس روش گلخانه‌ای و مطابق روش تکثیر در قفس که توسط Scopes and Pickford (1985) شرح داده شده است تکثیر شد. ابتدا بوته‌های ۵-۶ برگگی توتون داخل قفس پرورش سفیدبالک قرار داده شد تا حشرات کامل سفیدبالک در پشت برگ‌ها تخم‌ریزی نمایند. پس از ۲۴ ساعت با دمیدن گاز CO_2 روی برگ‌ها، حشرات کامل سفیدبالک از سطح پشتی برگ‌ها زدوده شد. گلدان‌های حاوی گیاه توتون که در سطح پشتی برگ آنها فقط تخم‌های شیری رنگ سفیدبالک وجود داشت به قفس مخصوص رشد و نمو مراحل پورگی منتقل شد. پس از تفریح تخم‌ها و رسیدن پوره‌ها به ابتدای سن سوم، گلدان‌ها به قفس‌های مجزای تکثیر زنبور *E. formosa* انتقال یافت. شفیره‌های انگلی شده سفیدبالک درون قفس‌های تکثیر زنبور و در بین بوته‌های توتون توزیع شد. بدین ترتیب با خروج حشرات کامل زنبور از شفیره‌های پارازیته و تخم‌ریزی آنها درون پوره‌های سفیدبالک جمعیت خالصی از زنبور به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن حشرات کامل زنبور *E. formosa*، برگ‌های توتون دارای شفیره‌های پارازیتوئید (شفیره‌های سیاه رنگ میزبان) از گیاه جدا شده و ابتدا برای خشک شدن روی یک سینی به مدت ۲۴ ساعت نگهداری و سپس برگ‌ها به قطعات کوچکتر تقسیم شده و در ظروف ظهور حشرات کامل قرار داده شد. ظرف ظهور حشرات کامل به یک لوله شفاف متصل بود و به محض خروج حشرات کامل به دلیل گرایش به نور در انتهای لوله جمع می‌شدند. لازم به ذکر است که در انتهای لوله یک قطره عسل برای تغذیه زنبورها قرار داشت.

ترجیح میزبانی: در آزمایش ترجیح میزبانی زنبور *E. formosa* حشرات کامل زنبور از نظر ترجیح بین میزبان‌های سمی و غیرسمی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین منظور دیسک‌های برگگی به شکل نیم دایره از برگ‌های توتون دارای ۳۰ عدد لارو سن سوم سفیدبالک گلخانه تهیه شد و به مدت ۵ ثانیه در محلول‌های سمی با غلظت توصیه شده بویروفزین (۸۰۰ میلی گرم ماده مؤثره در لیتر) و پیری

زنبور برای آزمایشات واکنش تابعی انتخاب و ۵ عدد از زنبورهای سالم به صورت تصادفی انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند. زنبورها به مدت ۲۴ ساعت روی برگ‌ها نگهداری و سپس از داخل قفس برگی حذف شدند. زنبورهای تلف شده در طول مدت تیمار از آزمایشات حذف گردید. چهار روز پس از تخم‌ریزی، برگ‌ها از بوته‌ها جدا شد و در زیر استریومیکروسکوپ موارد تخم‌گذاری شده شمارش گردید (پوره‌هایی که در آنها تخم‌ریزی صورت گرفته بود با علامت قهوه‌ای در محل تخم‌ریزی قابل تشخیص بودند). این آزمایشات در شرایط دمایی 1 ± 26 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای تشخیص ترجیح میزبان از

فرمول (Sherratt and Harvey 1993) به نقل از Van Alphen and Jervis (1996) استفاده شد.

$$\frac{E1}{E2} = C \frac{N1}{N2} \quad (\text{تابع } 1)$$

$N1$ = تعداد اولیه میزبان در تیمار سم

$N2$ = تعداد اولیه میزبان در تیمار شاهد

$E1$ = تعداد پوره‌های پارازیت شده در تیمار سم

$E2$ = تعداد پوره‌های پارازیت شده در تیمار شاهد

C = شاخص ترجیح

در این آزمایش چون تعداد پوره‌های میزبان در تیمار و شاهد به طور مساوی در اختیار زنبور قرار گرفت لذا فرمول فوق به صورت زیر در می‌آید.

$$C = \frac{E1}{E2} \quad \text{تابع } 2$$

در این حالت اگر $0 < C < 1$ باشد نشان‌دهنده ترجیح *E. formosa* به تیمار شاهد است ولی چنانچه $1 < C < \infty$ باشد نشان‌دهنده ترجیح به طرف میزبان آلوده به سم است. مقایسه

پروکسی فن (۵۰۰ میلی‌گرم ماده مؤثره در لیتر) غوطه‌ور شد. در تیمار فن‌پروپاترین از غلظت LC_{30} (۲۵۰ میلی‌گرم ماده مؤثره در لیتر) برای حشرات کامل زنبور استفاده شد. سپس یک دیسک برگی آلوده به سم در کنار یک دیسک برگی عاری از سم (شاهد) با فاصله یک سانتی‌متر درون ظرف مخصوص با قطر ۱۰ و ارتفاع ۲ سانتی‌متر قرار داده شد و یک زنبور ماده با عمر حداکثر ۲۴ ساعت در آن رهاسازی شد. پس از ۲۴ ساعت زنبورها از ظروف خارج شده و دیسک‌های برگی آلوده به آفت در شرایط دمایی 1 ± 26 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. پس از ۴ روز دیسک‌های برگی در زیر استریومیکروسکوپ بررسی شدند. شواهد تخم‌گذاری به صورت لکه‌های قهوه‌ای در سطح پستی میزبان مشخص بود که به‌عنوان شاخص تعداد تخم‌گذاری مورد استفاده قرار گرفت. این آزمایش در ۱۰ تکرار انجام گردید.

واکنش تابعی: در این مطالعه از غلظت‌های توصیه

شده سموم بوپروفزین، پیری پروکسی فن و در تیمار فن-پروپاترین از غلظت LC_{30} برای بررسی اثر حشره‌کش‌ها روی واکنش تابعی زنبور *E. formosa* استفاده شد. بدین منظور برگ‌های لوبیا حامل تراکم‌های مختلف پوره سن سوم سفید بالک گلخانه به مدت ۵ ثانیه در غلظت‌های مذکور غوطه‌ور شد و پس از ۶۰ دقیقه از زمان غوطه‌وری برگ‌ها، با نصب قفس برگی (4×2 سانتی‌متر) روی برگ در هر کدام یک زنبور با عمر یک روزه رهاسازی شد. براساس آزمایشات ابتدایی انجام شده، در این مطالعه ۸ تراکم میزبان در تیمارهای شاهد، بوپروفزین و پیری پروکسی فن شامل ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۸۰ و در تیمار فن‌پروپاترین تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۳۲، ۴۰، ۶۴، ۸۰ و ۱۲۰ عددی و هر کدام با ۵ تکرار مورد استفاده قرار گرفت. برای جلوگیری از ایجاد خطا به دلیل مرگ و میر زنبورها در طول آزمایشات، در ابتدا ۱۰ عدد

می‌شود (وابسته معکوس به تراکم میزبان) پس منفی بودن شیب قسمت خطی منحنی لجستیک نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع دوم است. ولی در واکنش تابعی نوع سوم با افزایش تراکم میزبان ابتدا نسبت میزبان‌های پارازیت‌شده افزایش (وابسته به تراکم) و سپس کاهش می‌یابد به‌همین دلیل شیب قسمت خطی منحنی مثبت است بنابراین از مثبت بودن شیب قسمت خطی منحنی نتیجه گرفته می‌شود که واکنش تابعی از نوع سوم می‌باشد (Kishani Farahani and Goldansaz 2013).

مرحله دوم: پس از تعیین نوع واکنش تابعی و انتخاب مدل مناسب در مرحله اول در این مرحله برای برآورد پارامترها از مدل ترجیحی رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات (Nonlinear least- Squares regression) تعداد میزبان‌های انگلی شده (N_e) به تعداد میزبان‌های ارائه شده (N_0) استفاده شد (Juliano, 1993 ; Juliano and Williams, 1985) (روش NLIN متد DUD در برنامه آماری SAS). این تکنیک روی داده‌های تغییر نیافته اعمال می‌شود چون روش ساده رگرسیون خطی با داده‌های تغییر یافته که توسط برخی مؤلفین استفاده شده است (Livdahl and Stiven, 1983) دارای اشکالات آماری بوده و نتایج انحرافی برای پارامترها ایجاد می‌کند (Juliano and Williams, 1985; Cock, 1977). همچنین این روش برای تشخیص واکنش‌های تیپ II و III مناسب نیست (Juliano, 1993).

برای واکنش تابعی تیپ ۲ مدل‌های پیشنهادی Holling (1959) و Royama (1971) و Rogers (1972) با داده‌ها برآزش یافتند:

- تابع دیسک هولینگ

$$N_e = \frac{aTN_t P_t}{1 + aT_h N_t} \quad (\text{تابع ۴})$$

که در آن N_e معادل N_a در نظر گرفته شده است.

تابع جستجوی تصادفی Royama (1971) و Rogers (1972)

دو به دو میانگین تعداد میزبان پارازیت‌شده در تیمارهای سم و شاهد با استفاده از آزمون ویلکاکسون به‌عنوان معادل‌های غیر پارامتری آزمون t جفت شده انجام شد.

برای تعیین واکنش تابعی و پارامترهای آن از روش Juliano (1993) در دو مرحله انتخاب مدل و آزمون فرضیه استفاده شد. مرحله اول: انتخاب مدل، شامل شناسایی نوع واکنش تابعی به‌کمک رگرسیون لجستیک نسبت میزبان‌های انگلی شده (N_e) به میزبان‌های اولیه (N_0) است (Trexler and Travis, 1993). در این روش یک تابع چند جمله‌ای از N_0 جستجو می‌شود که ارتباط N_0 را با N_e/N_0 توصیف کند.

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3 + \dots + P_z N_0^z)}{1 + (P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3 + \dots + P_z N_0^z)} \quad (\text{تابع ۳})$$

$P_0, P_1, P_2, P_3, \dots, P_z$ پارامترهایی هستند که با روش Maximum Likelihood برآورد می‌شوند (روش CATMOD در برنامه آماری SAS). بدین ترتیب داده‌ها در تابع چندجمله‌ای فوق از درجه سوم N_0 برآزش داده شدند که در صورت معنی‌دار بودن مقادیر پارامترها از صفر منحنی درجه ۳ حاصل می‌شد که دارای ۳ بخش خطی (Linear)، درجه ۲ (Quadratic) و درجه ۳ (Cubic) بود، ولی در صورت معنی‌دار نبودن این مقادیر از صفر، جمله درجه ۳ از فرمول فوق (تابع ۳) حذف شده و با درجه دوم N_0 دوباره امتحان شد. به هر حال با معنی‌دار شدن مقادیر پارامترها از صفر علامت پارامتر بخش خطی منحنی عوض نشده و برای تشخیص نوع واکنش تابعی استفاده شد. با مشاهده علامت پارامتر ضریب N_0 (بخش خطی منحنی) در جدول آنالیز رگرسیونی، نوع واکنش تابعی مشخص گردید. اگر علامت قسمت خطی (Linear) منفی باشد پس شیب قسمت خطی منحنی منفی بوده و این قسمت منحنی نزولی است و چون در واکنش تابعی نوع دوم با افزایش تراکم میزبان از نسبت میزبان‌های پارازیت‌شده کاسته

شامل تعقیب و تسلیم کردن، خوردن شکار یا شاخک‌زنی به میزبان، پارازیت‌ه کردن، تمیز کردن، خودآرایی و استراحت ناشی از عمل خوردن توسط شکارچی یا تخم‌ریزی توسط پارازیتوئید می‌باشد که از زمان مشاهده میزبان تا از سرگیری مجدد جستجو صورت می‌گیرد (Jervis and Kidd, 1996; Tillman, 1996). علاوه بر T_h محدودیت تخم پارازیتوئید نیز تعیین‌کننده نرخ حداکثر حمله می‌باشد. قدرت جستجو یا نرخ حمله (a) عبارت است از نسبت میزبان‌هایی که پارازیتوئید در واحد زمان جستجو با آنها مواجه می‌شود. به عبارتی سرعت رسیدن منحنی واکنش تابعی به بالاترین قسمت خود را نشان می‌دهد.

نتیجه و بحث

ترجیح میزبانی: در آزمایش ترجیح میزبانی زنبور *E. formosa*، حشرات کامل زنبور از نظر ترجیح بین میزبان‌های سمی و غیرسمی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد میانگین تعداد لاروهای سن سوم پارازیت‌ه شده سفید بالک گلخانه توسط زنبور در تیمار بوپروفزین ($3/1 \pm 0/35$) و شاهد ($3/4 \pm 0/33$) با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارد ($Z = 0.65$; $P > 0.05$). همین نتیجه در حضور تعداد مساوی میزبان در تیمار پیری پروکسی فن ($3/2 \pm 0/33$) و شاهد ($3/4 \pm 0/4$) به دست آمد ($Z = 0.34$ $P > 0.05$)، در حالی که مقایسه میزان پارازیت‌ه در فن پروپاترین ($1/5 \pm 0/24$) و شاهد ($4/4 \pm 0/49$) نشان داد میزان پارازیت‌ه در شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بوده است ($Z = 2.49$; $P < 0.05$) (شکل ۱). شاخص ترجیح (C) (تابع ۲) نشان داد که در تمام تیمارها ترجیح کلی پارازیتوئید به طرف شاهد می‌باشد ($C < 1$)، مقدار این پارامتر در بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن پروپاترین نسبت به شاهد به ترتیب ۰/۹۱، ۰/۹۴ و ۰/۳۴ می‌باشد که نشان می‌دهد ترجیح در بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن پروپاترین به ترتیب ۹، ۶ و ۶۶ درصد نسبت به شاهد کاهش پیدا کرده است.

$$N_a = N_t \left[1 - \exp\left(\frac{-aTP_t}{1 + aT_h N_t}\right) \right] \quad (\text{تابع ۵})$$

که در آن N_e تعداد میزبان‌هایی که پارازیتوئید با آنها مواجه می‌شود، N_a تعداد میزبان‌های مورد حمله توسط پارازیتوئید، P_t تعداد پارازیتوئیدها در زمان آزمایش (t)، a قدرت جستجوی آنی، T کل زمان موجود در اختیار پارازیتوئید، N_t تعداد میزبان در زمان آزمایش (t) و T_h زمان دستیابی می‌باشد.

برای واکنش تیپ ۳ طبق Hassel (1978) اگر a تابعی از تراکم شکار باشد:

$$a = \frac{bN_t}{1 + cN_t}$$

این واکنش (منحنی سیگموئید) از روی تابع دیسک هولینگ (تابع ۴) می‌تواند مدل شود. (Juliano 1993) در حالت کلی a را یک تابع هذلولی از N_t به صورت (تابع ۶)

$$a = \frac{d + bN_t}{1 + cN_t}$$

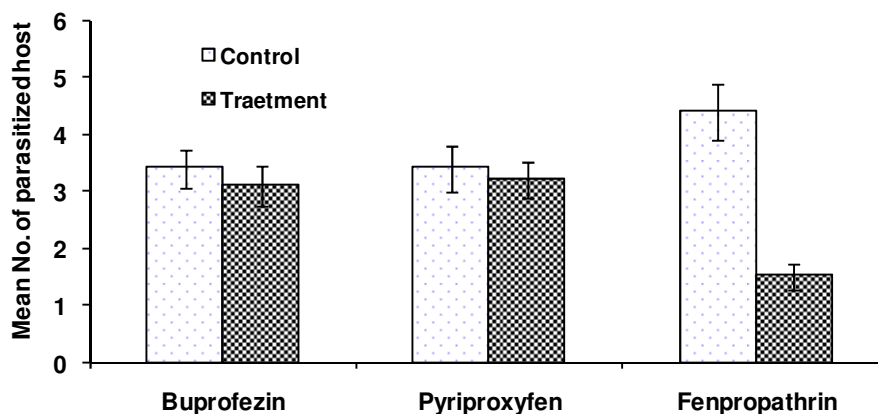
بیان می‌کند که وقتی $d = 0$ باشد همان رابطه پیشنهادی Hassell به دست می‌آید. از جایگزینی تابع ۶ در تابع ۴ نتیجه می‌شود که در آن b ، c و d مقادیر ثابت هستند:

$$N_e = \frac{dT_p N_t + bTP_t N_t^2}{1 + cN_t + dT_h N_t + bT_h N_t^2} \quad (\text{تابع ۷})$$

پس از برآزش داده‌ها با تابع ۷ چون هیچ‌یک از پارامترهای b ، c ، d و T_h اختلاف معنی‌داری با صفر نداشتند طبق روش Juliano (1993) ابتدا پارامتر c و سپس با عدم تغییر نتیجه پارامتر d مساوی صفر قرار داده شدند که پس از معنی دار شدن پارامترها از صفر، مدل با دو پارامتر T_h و b بر داده‌ها برآزش یافت و بدین ترتیب تابع ۶ به صورت $a = bN_t$ در آمد. پس از برآورد پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T_h) این پارامترها در تیمارهای مختلف با هم مقایسه شدند. زمان دستیابی عبارت است از تمام عملیات غیر از جستجو،

نشان داده شده است. هر چند مقدار قدرت جستجو در تیمارهای بوپروفزین و پیری پروکسی فن نسبت به شاهد مقداری کاهش نشان داد ولی به دلیل هم پوشانی حدود اطمینان محاسبه شده با شاهد از نظر آماری اختلاف معنی دار ندارند. به عبارت دیگر کاربرد سموم مذکور عملاً باعث تغییرات محسوسی در قدرت جستجو پارازیتوئید نشده است. در حالی که کاربرد سم فن پروپاترین باعث کاهش معنی دار قدرت جستجو پارازیتوئید گردید. نتایج نشان داد که در شاهد و تیمارهای بوپروفزین و پیری پروکسی فن جستجو به دنبال میزبان از تراکم ۲ عدد میزبان شروع شد در حالی که در سم فن پروپاترین، جستجو به دنبال میزبان از تراکم ۱۲ عدد میزبان شروع شده است (شکل ۲).

واکنش تابعی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که علامت ضریب خطی در شاهد و تیمارهای بوپروفزین و پیری پروکسی فن منفی و در تیمار فن پروپاترین مثبت است. بنابراین واکنش تابعی در شاهد، بوپروفزین و پیری پروکسی فن از نوع ۲ و در تیمار فن پروپاترین از نوع ۳ بود که نشان داد کاربرد سم فن پروپاترین روی میزبان باعث تبدیل واکنش تابعی از نوع ۲ به ۳ شده است (جدول ۱). برای تعیین پارامترها در واکنش تابعی نوع ۲، از تابع Rogers (تابع ۵) و در واکنش تابعی نوع ۳ از تابع Holling (تابع ۴) استفاده شد، زیرا برآورد پارامترها با خطای کمتر و برازش بهتر انجام گرفت. مقادیر قدرت جستجو یا به عبارت دیگر نسبت تعداد میزبان‌های پارازیته شده به تعداد میزبان‌های موجود در محیط در واحد زمان جستجو در شاهد و تیمارهای بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین در جدول ۱



شکل ۱- مقایسه دو به دو ترجیح میزبان زنبور *E. formosa*

Fig. 1. Two by two comparison of host preference of *E. formosa*

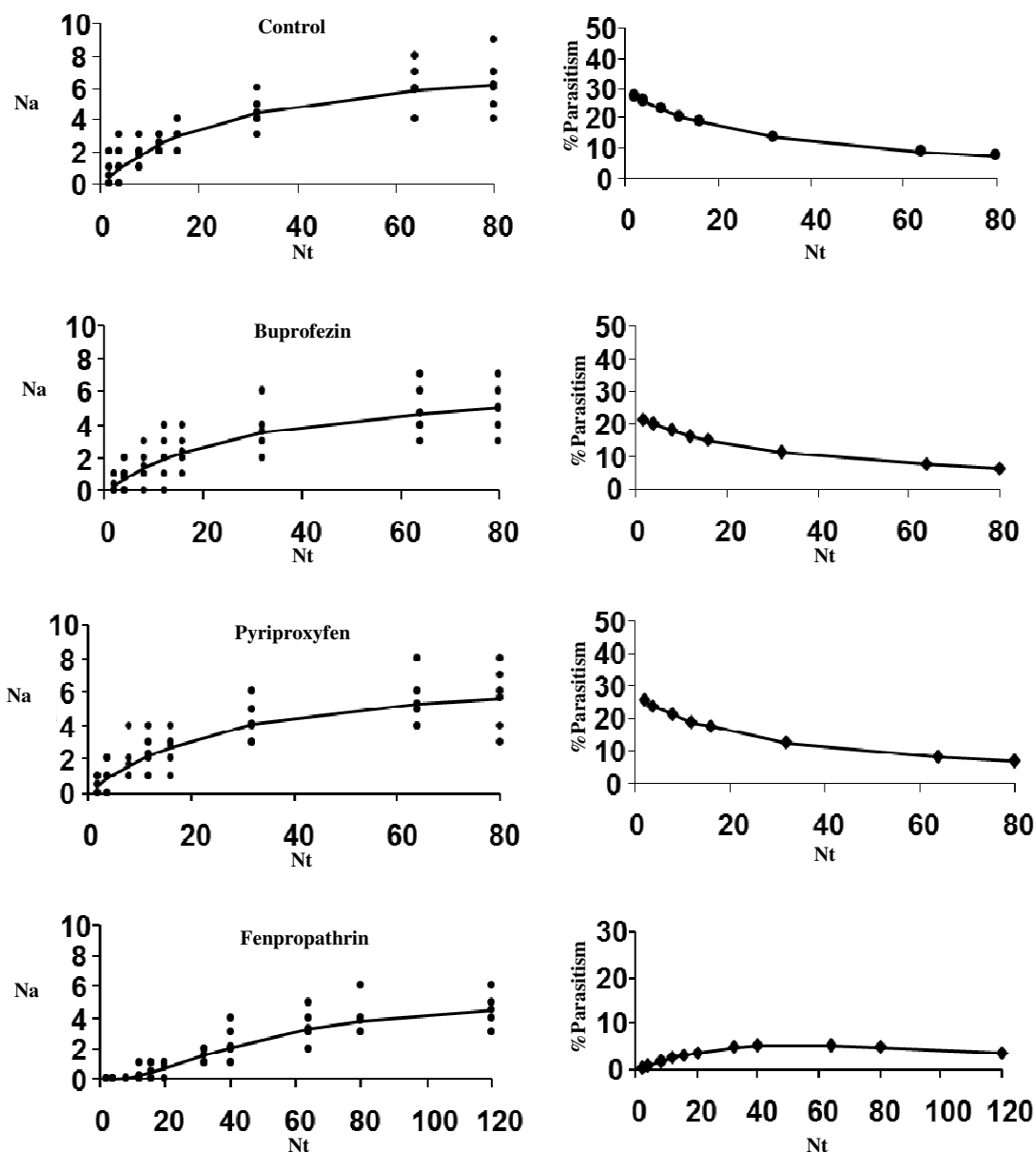
جدول ۱- نوع واکنش تابعی و مقادیر پارامترهای برآورد شده در شاهد و تیمارهای بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن پروپاترین در زنبور *E. formosa*

Table 1. Estimated parameters and type of Functional response of *E. formosa* in Buprofezin, Pyriproxyfen and Fenprothrin-treated populations and control

Treatment	Functional response type	Attack rate (a) (h^{-1})	Handling time (T_h) Hour	maximum number of attacks (T/T_h)
Control	II	0.0143 ± 0.00314	2.8601 ± 0.3583	8.4
Buprofezin	II	0.0108 ± 0.00293	3.4311 ± 0.5749	7
Pyriproxyfen	II	0.0132 ± 0.00341	3.1254 ± 0.4653	7.7
Fenprothrin	III	0.0095 ± 0.00022	4.5763 ± 0.5022	5.2

آزمایش به زمان دستیابی (T/T_h) نشان‌دهنده حداکثر پارازیت‌یسم یا حداکثر نرخ حمله می‌باشد که این مقدار در شاهد، بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن‌پروپاترین به ترتیب ۸/۷، ۷/۶۹ و ۱۲۳ پوره میزبان بود (جدول ۱).

مقادیر زمان دستیابی در شاهد، بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن‌پروپاترین به ترتیب ۲/۸۵، ۳/۴۳، ۳/۱۲ و ۴/۵۷ ساعت بود که نشان داد در سموم بوپروفزین و پیری پروکسی فن با شاهد اختلاف معنی‌دار ندارد در حالی که در سم فن‌پروپاترین نسبت به شاهد کاهش یافته است نسبت بین زمان



شکل ۲- واکنش تابعی زنبور *E. formosa* نسبت به تغییرات تراکم میزبان در تیمارهای شاهد، بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فن‌پروپاترین

Fig. 2. Functional response of *E. formosa* on different host densities in control, Buprofezin, Pyriproxyfen and Fenpropathrin-treated wasp

می‌باشد. نتایج این تحقیق با آزمایشات Shishehbor and Brennan (1996) که با *Trialeurodes ricini* به‌عنوان میزبان و Collier et al. (2002) با *T. vaporariorum* به‌عنوان میزبان و Sutterlin and Van Roermund and van Lenteren (1993) و Lenteren (1999) با *B. tabaci* به‌عنوان میزبان انجام دادند مطابقت دارد. (1998) Talebi واکنش تابعی *E. mundus* و (1998) Talebi واکنش تابعی *E. mundus* و (2012) Sohrabi et al. نوع واکنش تابعی زنبور *Encarsia lutea* (Masi) را روی *B. tabaci* از نوع II گزارش کرده است. (2012) Sohrabi et al. نوع واکنش تابعی زنبور *E. inaron* را از نوع II گزارش کرده‌اند. (2006) Gillespie et al. نیز نشان دادند که بعد از کاربرد قارچ‌های بیمارگر واکنش تابعی این پارازیتوئید از نوع ۲ به نوع ۳ تغییر می‌یابد. (2012) Sohrabi et al. نشان دادند که بعد از تیمار زنبورهای *E. inaron* با سموم بوپروفزین و ایمیداکلوپراید نوع واکنش تابعی این زنبور تغییر نکرده و از نوع II می‌باشد. نتایج هم‌چنین نشان داد که پارامتر قدرت جستجو در تیمار بوپروفزین و پیری پروکسی فن هر چند نسبت به شاهد مقداری کاهش یافته است ولی با آن اختلاف معنی‌دار ندارد که نشان‌دهنده عدم تأثیر سوء این سموم روی رفتار میزبان‌یابی پارازیتوئید است. این نتایج با یافته‌های ما در رابطه با ترجیح میزبان نیز مطابقت دارد که زنبور در انتخاب میزبان‌های آلوده به این سموم و شاهد تقریباً به‌طور یکسان عمل کرد. براساس مطالعات (2012) Sohrabi et al. پارامترهای واکنش تابعی زنبور *E. inaron* به‌صورت تماسی تحت تأثیر حشره‌کش‌های بوپروفزین و ایمیداکلوپراید قرار نگرفت. بررسی واکنش تابعی در تیمار فن‌پروپاترین نشان داد که این ترکیب باعث تغییر نوع واکنش تابعی به نوع III شده است. دو دلیل برای بروز واکنش تابعی نوع III محتمل است (Van Alphen and Jervis, 1996): اول اختصاص نسبت فزاینده‌ای از کل زمان در دسترس زنبور به فعالیت‌های دیگری غیر از جستجو در تراکم‌های پائین میزبان و دوم ارائه گونه‌های غیرترجیحی میزبان. (1978) Hassell و Dransfield (1979) نمونه‌هایی از شکارچیان و پارازیتوئیدها را ذکر کرده‌اند که واکنش تابعی آنها به‌ترتیب با افزایش اندازه

منحنی تخمین واکنش تابعی زنبور در ۲۴ ساعت در شاهد، بوپروفزین و پیری پروکسی فن به‌ترتیب از ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۵ پوره میزبان در تراکم ۲ عدد میزبان به ۶/۲، ۵ و ۵/۶ پوره میزبان در تراکم ۸۰ عدد میزبان به مجانب می‌رسد (شکل ۲)، با توجه به اینکه در واکنش تابعی مجانب منحنی توسط نرخ حداکثر حمله و یا محدودیت تخم پارازیتوئید تعیین می‌شود در این مورد به دلیل بالا بودن T_h تخمینی، زمان دستیابی عامل محدودکننده بود. در حالی که در تیمار فن‌پروپاترین منحنی تخمین واکنش تابعی زنبور از ۰/۰۹ تا ۰/۱۲ در تراکم ۲ عدد میزبان به ۴/۴ پوره میزبان در تراکم ۱۲۰ میزبان به مجانب می‌رسد که با توجه به حداکثر نرخ حمله در این تیمار (۱۲۳/۷ پوره میزبان) در این مورد عامل محدودکننده میزان پارازیتیسیم، محدودیت تخم میزبان است.

آزمایش صورت گرفته در مورد ترجیح میزبانی *E. formosa* به روش Leaf disk choice نشان داد که سموم بوپروفزین و پیری پروکسی فن روی میزان پارازیتیسیم تأثیر نداشته به‌عبارتی زنبور در برخورد با سطوح سمپاشی شده با این سموم و شاهد به‌طور تقریباً یکسان عمل می‌کند در حالی که فن‌پروپاترین به‌طور قابل‌توجهی از میزان پارازیتیسیم می‌کاهد. احتمالاً سم فن‌پروپاترین به دلیل خاصیت دورکنندگی مانع از تخم‌ریزی زنبور روی لاروهای میزبان می‌شود. براساس مطالعات (2002) Simmonds et al. عصاره گیاه پیرترم باعث کاهش تعداد تخم‌ریزی *E. formosa* نسبت به شاهد گردید. (1973) Irving and Wyatt در مطالعات خود نشان دادند که اثر باقی‌مانده دو قارچ‌کش بنومیل و دیکلوفلوانید (Dichlofluanid) و دو آفت‌کش تترادیفون و لیندین باعث کاهش رفتار تخم‌ریزی زنبور *E. formosa* می‌شود در حالی که حشره‌کش کارباماته پیرمیکارب اثر بر عکس دارد که علت این پدیده را اثرات دورکنندگی این ترکیبات می‌دانند.

بررسی‌های ما نشان داد، واکنش تابعی زنبور *E. formosa* نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان در شاهد از نوع II

References

- ABEDI, Z., SABER, M., GHAREKHANI, G. H., MEHRVAR, A. and MAHDAVI, V. 2012. Effects of Azadirachtin, Cypermethrin, Methoxyfenozide and Pyridalil on functional response of *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae), Journal of Plant Protection Research, No.52: 353-358.
- AMBROSE, D. P., RAJAN, S. J., and KUMAR, A. G. 2008. Impact of insecticide Synergy- 505 on the functional response of a non target reduviid predator *Rhynocoris marginatus* (Fabricius) (Heteroptera: Reduviidae) feeding on *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae), Journal of Biological Control, No. 22: 283-290.
- COCK, M. J. W. 1977. Searching behaviors of polyphagous predators. Ph. D. thesis, Imperial College, London.
- COLLIER, T., KELLY, S. and HUNTER, M. 2002. Egg size, intrinsic competition, and lethal interference in the parasitoids *Encarsia pergandiella* and *E. formosa*, Biological Control, No. 23: 250-261.
- DE CLERCQ, P., MOHAGHEGH, J. and TIRRY, L. 2000. Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae), Biological Control, No. 18: 65-70.
- DENG, L., DAI, J., CAO, H. and XU, M. 2007. Effects of methamidophos on the predating behavior of *Hylyphantes graminicola* (Sundevall) (Araneae: Linyphiidae), Environmental Toxicology and Chemistry, No. 26, 478-482.
- DENNEHY, T. J. and WILLIAMS, L. 1997. Management of resistance in Bemisia in Arizona cotton, Pesticide Science, No. 51: 398-409.
- DESNEUX, D., WAJNBERG, E., FAUVERGUE, X., PRIVET, S. and KAISER, L. 2004. Oviposition behavior and patch-time allocation in two aphid parasitoids exposed to Deltamethrin residues, Entomologia Experimentalis et Applicata, No. 112: 227-235.
- DRANSFIELD, R. D. 1979. Aspects of host – parasitoid interaction of two aphid parasitoid, *Aphidius urticae* (Haliday) and *Aphidius uzbekistanicus* (Luzhetskii) (Hym: Aphidiidae), Ecological Entomology, No. 4: 307-316.
- میزبان و ارائه میزبان‌های ارجح از نوع سوم به نوع دوم تغییر یافته است. بدین ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری نمود که احتمالاً میزبان‌های آلوده به سم فن پروپاترین به عنوان میزبان غیرارجح عمل کرده (همان‌طور که در آزمایش ترجیح مشخص شد) و بدین ترتیب باعث تبدیل واکنش تابعی نوع دوم زنبور به نوع سوم شده است. جستجو به دنبال میزبان در تیمار شاهد، بوپروفزین و پیری پروکسی فن از تراکم ۲ عدد میزبان شروع شده درحالی‌که این جستجو در تیمار فن پروپاترین از تراکم ۱۲ عدد میزبان آغاز شد. این مسئله باعث می‌شود در تراکم‌های نسبتاً پائین میزبان کاربرد سم فن پروپاترین قدرت میزبان‌یابی و در نتیجه کنترل آفت را کاهش دهد. در مطالعه‌ای که توسط (Saber 2001) صورت گرفت، اثری از تغییر نوع واکنش تابعی توسط سموم فنیتروتیون و دلتامترین روی *T. semistriatus* مشاهده نشد، درحالی‌که سموم مورد مطالعه قدرت جستجو را کاهش و زمان دستیابی را افزایش داده‌اند. ایشان این تغییرات را وابسته به اثرات دورکنندگی سموم ذکر کرده است. در مطالعات با جزئیات کمتر، اثر دورکنندگی حشره‌کش‌های پایرتروئیدی روی تعدادی از ویژگی‌های رفتاری دشمنان طبیعی توصیف شده است (Riedl and Hoying, 1998). براساس مطالعات Wolansky and Harrill (2008) تغییرات رفتاری القا شده توسط سموم پایرتروئیدی به دلیل استرس‌های ناشی از اثرات آلودگی به این سموم مانند خستگی، تشنج و کم آبی طولانی مدت می‌باشد. به‌طور کلی براساس نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد می‌توان از این حشره‌کش‌ها در قالب برنامه کنترل تلفیقی سفیدبالک گلخانه استفاده نمود؛ چرا که اثرات مشاهده شده ناشی از کاربرد این سموم نشان‌دهنده توانایی قابل قبول شکارگری زنبور *E. formosa* بعد از قرارگیری در معرض حشره‌کش‌های مورد مطالعه می‌باشد. با این حال انجام مطالعات مزرعه‌ای و نیمه مزرعه‌ای برای ارزیابی دقیق‌تر اثرات حشره‌کش‌ها روی رفتارهای میزبان‌یابی و شکارگری *E. formosa* به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دشمنان طبیعی سفیدبالک گلخانه ضروری به نظر می‌رسد.

- ENDO, S. and TSURUMACHI, M. 2001. Insecticide susceptibility of the brown plant hopper and the white-back plant hopper collected from Southeast Asia, *Journal of Pesticide Science*, No. 26 (1):82-86.
- GHOLAMZADEHCHITGAR, M., HAJIZADEH, J., GHADAMYARI, M., KARIMI-MALATI, A. and HODA, H. 2014. Sublethal effects of diazinon, fenitrothion and chlorpyrifos on the functional response of predatory bug, *Andrallus spinidens* Fabricius (Hem.: Pentatomidae) in the laboratory conditions, *Journal of King Saud University Science*, No.26: 113-118.
- GILLESPIE, D., BRODEUR, J., CLOUTIER, C., GOETTEL, M., JARAMILLO, P., LABBE, R., ROITBERG, R., THOMPSON, A. and VANLAERHOVEN, S. 2006. Combining pathogens and predators of insects in biological control. *Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate. IOBC/wprs Bulletin*, No. 29 (4): 3-8.
- HASEEB, M., LIU, T. X. and JONES, W. A. 2004. Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae*, endoparasitoid of *Plutella xylostella*, *BioControl*, No. 49: 33-46.
- HASSELL, M. P. 1978. The dynamics of arthropod predator-prey systems. *Monographs in Pop. Biol.*, 13, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- HAYASHI, H. 1996. Side effects of pesticides on *Encarsia formosa*, *Bulletin of the Hiroshima Prefectural Agriculture Research Center*, No. 64: 33-43.
- HOLLING, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism, *Canadian Entomologist*, No. 91: 385-398.
- IRVING, S. N. and WYATT, I. J. 1973. Effects of sublethal doses of pesticides on the oviposition behavior of *Encarsia formosa*, *Annual Applied Entomology*, No. 75: 57-62.
- JERVIS, M. and KIDD, N. 1996. *Insect natural enemies, practical approach's to their study and evaluation.* Chapman and Hall, London.
- JULIANO, S. A. 1993. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves, in design and analysis of ecological experiment (eds. Scheiner, S. M. and Gurevitch, J.), Chapman and Hall, New York, 159-182.
- JULIANO, S. A. and WILLIAMS, F. M. 1985. On the evolution of handling time, *Evolution*, No. 39: 212-215.
- KISHANI FARAHANI, H. and GOLDANSAZ, S. H. 2013. Is host age an important factor in the bionomics of *Apanteles Myeloenta* (Hymenoptera: Braconidae)? *European Journal of Entomology*, No. 110 (2): 277-283.
- KOS, K., TOMANOVIC, Z., ROJHT, H., VIDRIH, M. and TRDAN, S. 2009. First massive occurrence of greenhouse whitefly parasitoid, *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) on greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) in Slovenia, *Acta Agriculturae Slovenica*, No.93 (3):285-291.
- LIVDAHL, T. P. and STIVEN, A. E. 1983. Statistical difficulties in the analysis of functional response data, *Canadian Entomology*, No. 115: 1365-1370.
- MAHDAVI, M., SABER, M., RAFIEE-DASTJERDI, H., MEHRVAR, A. and HASSANPOUR, M. 2013. Efficacy of pesticides on the functional response on larval ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae), *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, No.46 (7): 841-848.
- MESSINA, F. J. and HANKS, J. B. 1998. Host plant alters the shape of the functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae), *Environmental Entomology*, No. 27: 1196-1202.
- MOHAGHEGH, J., D. E., CLERCQ, P. and TIRRY, L. 2001. Functional response of the predators *Podisus maculiventris* (say) and *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het,Pentatomodae) to the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lep,Noctuidae): effect of temperature, *Journal of Applied Entomology*, No. 125: 131-134.
- NANNINI, N., FODDI, F., MURGIA, G., PISCI, R. and SANNA, F. 2006. Alternative whitefly biocontrol options for greenhouse tomatoes *Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate IOBC/wprs Bulletin*, No. 29 (4): 65-70.
- REZAC, M., PEKAR, S. and STARA, J. 2010. The negative effect of some selective insecticides on the functional response of a potential biological control agent, the spider *Philodromus cespitum*, *BioControl*, No. 55: 503-510.
- RIEDL, H. and HOYING, S. A. 1998. Toxicity and residual

- activity of Fenvalerate to *Typhlodromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) and its prey *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on pear, Canadian Entomologist, No. 115: 807-813.
- ROERMUND, J. J.W. and VAN LENTEREN, J. C. 1993. The Functional Response of the Whitefly Parasitoid, *Encarsia formosa*, IOBC/WARS, Bulletin, No. 16: 141-144.
- ROGERS, D. J. 1972. Random searching and insect population models, Journal of Animal Ecology, No. 41: 365-383.
- ROYAMA, T. 1971. A comparative study of models for predation and parasitism, Research Population Ecology, No. 1: 1-91.
- RUNJIE., Z., HEONG, K. L. and DOMINGO, I. T. 1996. Relationship between temperature and functional response in *Cardiochiles philippinensis* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae), Environmental Entomology, No. 25: 1321-1324.
- SABER, M. 2001. Sublethal effects of Fenitrothion and Deltamethrin on bionomics of *Trissolcus grandis* and *T. semistriatus*. PhD Thesis, Tarbiat Modares University, 133. (In Persian with English summary).
- SALERNO, G., COLAZZA, S. and CONTI, E. 2002. Sub-lethal effects of Deltamethrin on walking behavior and response to host kairomone of egg parasitoid *Trissolcus basalis*, Pest Management Science, No. 58: 663-668.
- SCHNEIDER, M. I., SMAGGHE, G., GOBBI, A. and 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, No. 96:1054-65.
- SCOPES, N. E. A. and PICKFORD, R. 1985. Mass production of natural enemies. In: N. W. Hussey and N. Scopes, Biological Pest Control. 197-200, Blendford Press.
- SHERRATT, T. N. and HARVEY, I. F. 1993. Frequency dependent food selection by arthropods: a review Biological Journal of the Linnaean Society, No. 48: 167-186.
- SHISHEBOR, P. and BRENAN, P. A. 1996. Functional response of *Encarsia formosa* (Gahan) parasitizing Caster whitefly, *Trialeurodes ricini* Misra (Hom: Aleyrodidae), Journal of Applied Entomology, No. 120: 297-299.
- SIMMONDS, M. S. J., MANLOVE, I. D., BLANEY, W. M. and KHAMBAY, B. P. S. 2002. Effects of selected botanical insecticides on the behaviors and mortality of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*, Entomologia Experimentalis et Applicata, No. 102: 39-42.
- SIVASUPRAMANIAM, S., J. WATSON, T. F. and JASSIM, R. 1997. A glass vial technique for monitoring tolerance of *Bemisia argentifolii* (Hom: Aleyrodidae) to selected insecticides in Arizona, Journal of Economical Entomology, No. 90 (1): 66-74.
- SOHRABI, F., SHISHEBOR, P., SABER, M. and MOSADEQ, M.S. 2012. Sublethal effects of Buprofezin and Imidacloprid on functional response of *Encarsia inaron* (Walker) (Hymenoptera: Aphelinidae), Journal of Plant Protection, No. 35 (1):25-34.
- SUTTERLIN, S. and VAN LENTEREN, J. C. 1999. Foraging behavior of the parasitoid *Encarsia formosa* on *Gerbera jamesoni* leaves. Journal of Insect Behavior, No. 12: 105-122.
- TALEBI, A. A. 1998. Identification of natural enemies and population dynamics of *Bemisia tabaci* in cotton fields of Varamain and Garmsar and study on *Encarsia lutea* and *Eretmocerus mundus*, PhD Thesis, Tarbiat Modares University, 288. (In Persian with English summary).
- TILLMAN, P. G. 1996. Functional response of *Microplitis croceipes* and *Cardiochiles nigriceps* (Hym. Braconidae) to variation in density of Tobacco Budworm (Lep: Noctuidae), Environmental Entomology, No.25 (2): 524-528.
- TREXLER, T. C. and TRAVIS, J. 1993. Nontraditional regression analysis, Ecology, No. 74: 1629-1637.
- TROTTIN-CAUDAL, Y., CHABRIÈRE, C., FOURNIER, C., LEYRE, J.M. and SCHOEN, L. 2006. Current situation of *Bemisia tabaci* in protected vegetables crops in the South of France. Integrated Control in

- Protected Crops, Mediterranean Climate IOBC/wprs Bulletin, No. 29 (4): 53-58.
- VAN ALPHEN, J. J. M. and JERVIS, M. A. 1996. Foraging behavior. In: Insect natural enemies. 1st. eds. Jervis, M. and Kidd, N. pp: 491. Page No: 40. London: Chapman and Hall, U. K.
- VAN LENTEREN, J. C. and WOETS, J. 1988. Biological and integrated control in greenhouses, Annual Review of Entomology, No. 33: 239-69.
- VAN LENTEREN, J. C., VAN ROERMUND, H. J. W. and SUTTERLIN, S. 1996. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work?, Biological Control, No. 6: 1-10.
- WANG, B. and FERRO, D. N. 1998. Functional response of *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory and field conditions, Environmental Entomology, No. 27: 752-758.
- WANG, H. I., YANG, Y., SU, J. Y., SHEN, J. L., GAO, C. F. and ZHU, U. C. 2008. Assessment of the impact of insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Hymenoptera: Mymanidae), an egg parasitoid of the rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae), Crop Protection, No. 27: 514-522.
- WOLANSKY, M. J. and HARRILL, J. A. 2008. Neurobehavioral toxicology of pyrethroid insecticides in adult animals: A critical review, Neurotoxicology and Teratology, No. 30(2): 55-78.

