

اثرات حشره‌کش‌های بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین روی

پارامترهای تولید مثلی (*Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae)احمد حیدری^۱، سعید محرمی پور^۲، علی اصغر پورمیرزا^۳ و علی اصغر طالبی^۲

۱- موسسه‌ی تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی، بخش تحقیقات آفت‌کش‌ها، ۲- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده‌ی کشاورزی، گروه حشره‌شناسی، ۳- دانشگاه ارومیه، دانشکده‌ی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی.

Effects of buprofezin, pyriproxyfen and fenpropathrin on the reproductive parameters of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae)

A. Heidari¹, S. Moharrampour², A. A. Poormirza² and A. A. Talebi²

1. Pesticide Research Department, Plant Pest and Disease Research Institute, 2. Department of Entomology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, 3. Department of Plant Protection, College of Agriculture, Urmieh University.

چکیده

کاربرد حشره‌کش‌ها همراه با زنبور *Encarsia formosa* Gahan جهت کنترل *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) در قالب مبارزه‌ی تلفیقی ضرورتی اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. تعدادی از تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات (IGRs) با کنترل قابل قبولی که روی سفیدبالک‌ها دارند در صورت بی‌خطر بودن روی این پارازیتوئید می‌توانند جایگزین مناسبی برای حشره‌کش‌های متداول باشند. از این رو در این تحقیق سعی شده است تا ارزیابی دقیق‌تری از حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسی فن (تنظیم‌کننده‌ی رشد) در کنار فنپروپاترین (پیرتروئید) روی زنبور *E. formosa* انجام گیرد. بدین منظور برگ‌های لوبیای حامل سفیره‌های پارازیتوئید در محلول سمی با غلظت توصیه شده غوطه‌ور شدند. در آزمایش دیگر حشرات کامل *E. formosa* روی دیسک‌های برگ‌ی آغشته به حشره‌کش‌های مذکور نگهداری شدند و به این ترتیب پارامترهایی مانند طول عمر حشرات کامل، باروری و درصد تفریح تخم با استفاده از روش سم شناسی دموگرافیک مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها در شرایط دمائی ۱۶±۲۶ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. بر اساس نتایج تحقیق، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین به ترتیب باعث ۲۷/۵ و ۶۷/۸ درصد کاهش ظهور حشرات کامل پارازیتوئید شدند در حالی که بوپروفزین (۳/۸ درصد) اثر کشندگی قابل توجهی روی سفیره‌های زنبور نداشت. حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسی فن روی حشرات کامل اثر کشندگی نداشتند در حالی که فنپروپاترین در غلظت توصیه شده باعث ۱۰۰ درصد تلفات شد. میانگین باروری و طول عمر حشرات کامل در بوپروفزین (به ترتیب ۵/۴±۵۹/۶ عدد و ۱/۰±۱۴/۵ روز) و پیری پروکسی فن (به ترتیب ۴/۸±۶۲/۵ عدد و ۰/۹±۱۵ روز) با شاهد (به ترتیب ۵/۳±۶۴/۵ عدد و ۰/۸±۱۵/۵ روز) اختلاف معنی‌دار نداشت، در حالی که در فنپروپاترین (به ترتیب ۲/۴±۲۰/۴ عدد و ۰/۶±۶/۶ روز) بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش نشان داد. مقایسه‌ی نرخ تفریح نشان از کاهش جزئی در سم بوپروفزین و پیری پروکسی فن نسبت به شاهد داشت. در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بوپروفزین و پیری پروکسی فن برای *E. formosa* کم‌خطر بوده و احتمالاً می‌توانند در قالب مبارزه‌ی تلفیقی جهت کنترل سفیدبالک گلخانه مورد استفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: *Encarsia formosa*، پارامترهای تولید مثل، بوپروفزین، پیری‌پروکسی فن، فنپروپاترین

Abstract

Insecticide application is necessary for controlling *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) in integrated pest management, so if they don't have any side effects on *Encarsia Formosa* Gahan, they can be used as alternatives for common insecticides. Therefore an experiment was conducted to investigate the effects of buprofezin and pyriproxyfen (IGRs) compared with fenpropathrin (pyrethroid) on *E. formosa*. Bean leaves with parasitoid pupae were immersed in insecticide solution with recommended concentration. In another experiment adult insects were released on a leaf disk after immersion in insecticide solution, thereafter, different parameters such as adult longevity, daily fecundity rate and percentage of egg hatching were recorded with demographic toxicology. These experiment was done under temperature of 26 ± 1 °C, 60% RH and photoperiod of 16: 8 (L: D). Pyriproxyfen and fenpropathrin reduced adult emergence by 27.5% and 67.8 % respectively, while buprofezin (3.8%) didn't have a considerable lethal effect on parasitoid pupae. Buprofezin and pyriproxyfen didn't have lethal effect on adult parasitoids while fenpropathrin caused 100% mortality in the recommended concentration. Mean fecundity and longevity showed no significant difference in buprofezin (59.6 ± 5.4) (14.5 ± 1.0) and pyriproxyfen (62.5 ± 4.8) (15.0 ± 0.9) compared with the control (64.5 ± 5.3) (15.5 ± 0.8), while fenprpathrin (20.4 ± 2.4) (6.6 ± 0.6) reduced these parameters. Egg hatch rate showed a little reduction in buprofezin and pyriproxyfen compared with the control. In summery we can conclude that buprofezin and pyriproxyfen are relatively safe for *E. formosa* and they can probably be used for integrated control of this pest.

Key words: *Encarsia formosa*, reproductive parameters, buprofezin, pyriproxyfen, fenpropathrin

مقدمه

یکی از دشمنان طبیعی مهم سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hom: Aleyrodidae)، زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* Gahan است. پارازیتوئید مذکور در ایران برای اولین بار توسط (Nasrolahi (1990) از روی *Bemisia tabaci* (Gennadius) گزارش شد. در بسیاری از نقاط جهان این پارازیتوئید از سال ۱۹۲۴ تا سال ۱۹۴۶ بطور وسیع جهت کنترل سفیدبالک‌ها مورد استفاده قرار گرفت، اما به دلیل اثرات وسیع و منافع ظاهری حاصل از کاربرد حشره‌کش‌ها تکثیر و رها سازی آن به مدت ۲۰ سال متوقف شد (Van Lenteren & Woets, 1988; Van Lenteren, 1989). بروز مشکلات زیست محیطی حاصل از کاربرد حشره‌کش‌ها، توجه مجدد محققین را به این عامل بیولوژیک معطوف کرد، به‌طوریکه امروزه تکثیر انبوه و عرضه‌ی آن به‌صورت یک فرآورده‌ی بیولوژیک در برخی از کشورها انجام می‌شود (De Bach & Rosen, 1991). هم اکنون کاربرد وسیع این پارازیتوئید برای کنترل تلفیقی سفیدبالک گلخانه آن را به‌عنوان یکی از بهترین پارازیتوئیدهای شناخته شده در تاریخ کنترل بیولوژیک درآورده است (Polaszek et al., 1992).

تحقیقات نشان داده است که تنها راه کنترل موفق و پایدار بسیاری از آفات و از جمله سفیدبالک گلخانه، استفاده‌ی توأم از عوامل کنترل بیولوژیک و ترکیبات شیمیائی در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات است، زیرا کاربرد هر کدام از این روش‌ها به‌طور جداگانه دارای نواقصی است که تأمین کننده‌ی اهداف مدیریت تلفیقی نیست (De Bach & Rosen, 1991; Hayashi, 1996). بنابراین انتخاب حشره‌کش‌های مناسب و سازگار با این پارازیتوئیدها از اهمیت زیادی برخوردار است.

بسیاری از حشره‌کش‌های متداول، برای پارازیتوئیدها سمی هستند (Price & Schuster, 1991). این در حالی است که در ایران و بسیاری از نقاط جهان گروه‌های مختلف حشره‌کش‌ها علیه آفات میزبان این پارازیتوئید و سایر آفات مورد استفاده قرار می‌گیرد که به نحوی زنبور پارازیتوئید نیز در معرض آنها قرار می‌گیرند (Farokhi, 1997; Hayashi, 1996). برای کاهش اثرات سوء حشره‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی می‌توان از حشره‌کش‌هایی استفاده نمود که با دارا بودن حداقل تأثیر سوء روی دشمنان طبیعی، کارایی لازم را برای کنترل آفات داشته باشند (انتخاب فیزیولوژیک) (Croft, 1990). ارزیابی اثرات حشره‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی بایستی همه جانبه و با در نظر گرفتن اثرات کشندگی و زیر کشندگی باشد، بنابراین روش‌های معمول زیست‌سنجی که در آن فقط مرگ و میر حشرات مورد ارزیابی قرار می‌گیرد کافی نیست. روش سم‌شناسی دموگرافیک که در آن پارامترهای مختلف زیستی مورد مطالعه قرار می‌گیرند روش دقیق‌تری است که برای ارزیابی حشره‌کش‌ها به‌خصوص ترکیبات طبیعی آفت‌کش شامل تنظیم‌کننده‌های رشد و بازدارنده‌های سنتز کیتین پیشنهاد شده است. طبق بررسی‌های انجام شده، مطالعه‌ی سم‌شناسی دموگرافیک با این حشره‌کش‌ها روی پارازیتوئید مورد نظر تا کنون انجام نشده است. در همین راستا با کنترل خوبی که از این ترکیبات (تنظیم‌کننده‌ی رشد حشرات) روی سفیدبالک‌ها (Aleyrodidae) گزارش شده است (Ishaaya & Horowitz, 1995; Ishaaya *et al.*, 1998) اثرات جنبی این حشره‌کش‌ها در کنار یک حشره‌کش پیرتروئیدی روی *E. formosa* بررسی شد تا حشره‌کش‌های مناسب جهت کنترل تلفیقی سفیدبالک گلخانه انتخاب شوند.

مواد و روش‌ها

زنبور *E. formosa* از شفیره‌های پارازیت شده‌ی سفیدبالک گلخانه از روی میزبان‌های مختلف در گلخانه‌های موسسه‌ی تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی تهران جمع‌آوری شد و با استفاده از کلیدهای مربوطه (Gerling, 1990; Polazek *et al.*, 1992) گونه‌ی آن تعیین گردید و در بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات موسسه‌ی تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی مورد تأیید قرار گرفت. برای پرورش این زنبور از بوته‌های توتون (وارتیه زانثی) استفاده شد. برای این منظور ابتدا بوته‌های توتون به مدت ۲۴ ساعت در قفس پرورش سفیدبالک گلخانه قرار داده شد، سپس گلدان‌های حاوی گیاه توتون که در سطح پشتی برگ آنها تخم‌های سفیدبالک وجود داشت در اتاق رشد با شرایط دمایی 1 ± 26 درجه‌ی سانتی گراد، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شد. وقتی لاروهای میزبان به سن سوم لاروی رسیدند (مرحله مناسب برای پارازیتوئید) (Ishaaya *et al.*, 1998)، شفیره‌های پارازیت شده‌ی سفیدبالک گلخانه روی بوته‌های توتون قرار داده شد. به این ترتیب با خروج حشرات کامل زنبور از شفیره‌های پارازیتوئید و تخم‌ریزی آنها، جمعیت مناسبی از پارازیتوئید بدست آمد.

برای بدست آوردن حشرات کامل پارازیتوئید، برگ‌های دارای شفیره‌ی پارازیتوئید در ظروف با درپوش توری قرار داده شدند. قبل از ظهور حشرات کامل، در ظروف با دری که به یک لوله‌ی آزمایش شفاف متصل بود جایگزین شد (در انتهای لوله یک قطره عسل برای تغذیه حشرات کامل قرار داشت). حشرات کامل به دلیل گرایش به نور به محض ظهور به طرف لوله‌ی آزمایش حرکت می‌کردند و با این روش حشرات کامل پارازیتوئید به سهولت برای آزمایش جمع‌آوری می‌شد (Collier *et al.*, 2002).

در این تحقیق اثرات حشره‌کش‌های بوپروفزین^۱ (Applaud 40% SC) از شرکت Nihon Nohyaku ژاپن، پیری پروکسی فن^۲ (Admiral 10% EC) و فنپروپاترین^۳ (Danithol 10% EC) از

۱- Buprofezin (chitin synthesis inhibitors)

۲- Pyriproxyfen (juvenile hormone mimic)

۳- Fenpropathrin (pyrethroid)

شرکت Sumitomo Chemical ژاپن روی شفیره و حشرات کامل زنبور مورد بررسی قرار گرفت.

آزمایش روی شفیره‌های *E. formosa*

آزمایش‌ها روی گیاهچه‌های دو برگ‌ی لوبیا رقم کانتاندر در شرایط اتاق رشد انجام شد. برای این منظور حداقل ۲۰ عدد حشره‌ی ماده‌ی سفیدبالک گلخانه روی برگ لوبیا درون قفس برگ‌ی به مدت ۲۴ ساعت رهاسازی شد، سپس برگ‌های حامل مرحله‌ی تخم در اتاق رشد نگهداری شدند. وقتی لاروهای سفیدبالک به سن سوم رسیدند با نصب مجدد قفس برگ‌ی، تعداد ۵ عدد زنبور ماده‌ی تازه ظاهر شده به مدت ۲۴ ساعت جهت تخم‌ریزی در قفس برگ‌ی رها سازی شد. مراحل رشد پارازیتوئید با استریو میکروسکوپ بررسی می‌شد تا زنبورها به مرحله‌ی شفیرگی برسند. سپس برگ‌های لوبیا با شفیره‌های پارازیتوئید (۲-۳ روزه) در محلول سمی با غلظت توصیه شده‌ی (بر مبنای ۶۰۰ لیتر آب در هکتار) حشره‌کش‌های بوپروفرزین (۸۰۰ mg (a.i)/l)، پیری پروکسی فن (۵۰ mg (a.i)/l) و فنپروپاترین (۲۰۰ mg (a.i)/l) به مدت ۵ ثانیه غوطه‌ور شدند. در تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. هر برگ با تعدادی شفیره پارازیتوئید (۲۰-۳۵ عدد) به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد و حداقل ۱۰ تکرار در هر تیمار مورد آزمایش قرار گرفت. یک تا دو روز قبل از ظهور پارازیتوئیدها، شفیره‌های سیاه شده و مقدار کمی از بافت برگ اطراف آن از برگ جدا شده و درون ظروف ظهور حشرات کامل قرار داده شد. به این ترتیب تعداد زنبورهای ظاهر شده شمارش گردید. پارازیتوئیدهایی که پس از ۵ روز ظاهر نشدند یا یک روز پس از ظهور تلف شدند مرده در نظر گرفته شدند.

برای بررسی اثرات حشره‌کش‌ها روی پارامترهای تولید مثل از روش سم شناسی دموگرافیک استفاده شد (Carey, 1993). برای این منظور، ۲۰ عدد حشره‌ی کامل پارازیتوئید حاصل از تیمار مرحله‌ی شفیرگی به محض ظهور به طور انفرادی روی دیسک‌های برگ‌ی حامل ۳۰ عدد لارو سن سوم میزبان رها سازی شد. دیسک‌های برگ‌ی روی لایه‌ی نازکی از آگار درون ظروف مخصوص طوری قرار داده شده بود که لاروهای میزبان در معرض زنبورها باشند. این ظروف به طور وارونه در شرایط اتاق رشد نگهداری شده و روزانه حشرات کامل

به‌وسیله‌ی اسپیراتور به ظروف جدید منتقل شدند. با بررسی برگ‌ها، تعداد تخم گذاشته شده و تعداد تخم‌های تفریخ شده روزانه ثبت می‌شد. این عمل تا آخر عمر زنبور ادامه یافت و به این ترتیب پارازیتوئید مورد مطالعه از نظر بقاء و تولید مثل مورد ارزیابی قرار گرفت.

آزمایش روی حشرات کامل *E. formosa*

برگ‌های لوبیای دارای لاروهای سن دوم و سوم میزبان در محلول‌های با غلظت توصیه شده‌ی حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسی فن به مدت ۵ ثانیه غوطه ور شده (Kerns & Stewart, 2000) و پس از آن به مدت ۳۰ دقیقه جهت زدودن قطرات اضافی سم از روی برگ در شرایط اتاق رشد نگهداری شد. سپس از آنها دیسک‌های برگ‌ی به قطر ۳ سانتی‌متر تهیه و بر روی لایه‌ی نازکی از آگار در ظروف مخصوص طوری قرار داده شد که لاروهای میزبان در دسترس زنبورها باشند. درون قفس‌های مذکور ۲۰ عدد زنبور با عمر ۲۴ ساعت رها سازی شد و این ظروف بطور وارونه در اتاق رشد نگهداری شدند. در تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. پس از ۴۸ ساعت تعداد حشرات کامل زنده و مرده شمارش گردید. در تیمار فنپروپاترین به دلیل آنکه در ۲۴ ساعت اول همه‌ی پارازیتوئیدها در غلظت توصیه شده (۲۰۰ mg (ai)/l) از بین رفتند، لذا از غلظت‌های مختلف برای محاسبه LC_{30} و LC_{50} استفاده شد.

در آزمایش دموگرافی، حشرات کامل تازه ظاهر شده‌ی پارازیتوئید به مدت ۴۸ ساعت روی برگ‌های تیمار شده نگهداری شد. در تیمار بوپروفزین و پیری پروکسی فن از غلظت توصیه شده و در سم فنپروپاترین از غلظت LC_{30} استفاده شد، سپس حشرات کامل مطابق آنچه در مورد مرحله‌ی تیمار شفیرگی بیان گردید بطور جداگانه در قفس‌های مختلف روی برگ‌های حامل لارو سن سوم میزبان رها سازی شد و تا آخر عمر، پارامترهای بقاء و تولید مثل مورد ارزیابی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

برای ساخت جدول زندگی ویژه‌ی سن حشرات کامل از روش Carey (1993) و برای محاسبه پارامترهای تولید مثل با تشکیل جداول سنی تولید مثل از روش Carey (1984) استفاده شد. برای بررسی اثر حشره‌کش‌ها روی پارامترهای باروری و طول عمر، در مواردی که لازم بود، قبل از تجزیه و تحلیل آماری، داده‌ها به $\text{Log}(x+I)$ تبدیل شدند. برای مقایسه‌ی درصد تفریح تخم و درصد ظهور، داده‌ها قبل از تجزیه و تحلیل آماری برای نرمال شدن به $\text{Arcsin}\sqrt{\frac{x}{100}}$ تبدیل شدند. برای بررسی اثرات متقابل نوع حشره‌کش‌ها و مراحل رشدی زنبور، پارامترهای مختلف نظیر طول عمر، باروری، تعداد تخم و درصد تفریح به روش فاکتوریل تجزیه و تحلیل شد.

نتایج

بررسی اثر حشره‌کش‌ها روی ظهور حشرات کامل

مقایسه‌ی درصد ظهور حشرات کامل که در مرحله‌ی شفیرگی در معرض غلظت توصیه شده‌ی حشره‌کش‌ها قرار گرفته بودند نشان داد که بین آنها اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0.01$, $F_{(3,36)} = 321.4$). میانگین $(\text{Mean} \pm \text{SE})$ درصد ظهور حشرات کامل در تیمار شاهد، بوپرووفزین، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین به ترتیب $1/0.2 \pm 0.94/5$ ، $1/1.5 \pm 0.90/9$ ، $2/4 \pm 68/5$ و $1/6 \pm 30/4$ درصد بود که نشان داد بوپرووفزین روی شفیره‌های پارازیتوئید اثر کشندگی نداشته در حالیکه فنپروپاترین بطور معنی‌داری درصد ظهور حشرات کامل را کاهش داده است.

اثر حشره‌کش‌ها روی بقاء و پارامترهای تولید مثلی حشرات کامل تیمار شده در مرحله‌ی شفیرگی برای توصیف مرگ و میر، جدول زندگی ویژه‌ی سن حشرات کامل پارازیتوئید تشکیل شد که در آن مرگ و میر از زمان ظهور حشرات کامل تا آخر عمر به صورت روزانه ثبت شد. منحنی بقاء حشرات کامل (شکل ۱) در تیمارهای مختلف نشان دهنده‌ی اختلاف در میان آنهاست. در تمام موارد نرخ بقاء با افزایش سن کاهش یافت. احتمال ۵۰ درصد بقاء در شاهد،

بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین به ترتیب ۱۶، ۱۴، ۱۷ و ۸/۵ روز بود. امید به زندگی در زمان ظهور حشرات کامل در شاهد و تیمارهای مذکور به ترتیب ۱۴/۹، ۱۳/۹، ۱۵/۴ و ۷/۶ روز بود که نشان از کاهش قابل ملاحظه‌ی امید به زندگی در تیمار فنپروپاترین نسبت به سایر تیمارهاست (جدول ۱).

نرخ ناخالص باروری که نشان دهنده‌ی میزان تخم‌ریزی حشرات ماده در صورت زنده بودن تا حداکثر طول عمر خود می‌باشد، در شاهد و تیمارهای مذکور به ترتیب ۱۰۵، ۱۱۰، ۱۰۹ و ۵۳/۸ عدد تخم بود که نشان دهنده‌ی کاهش میزان تخم‌ریزی در سم فنپروپاترین می‌باشد. نرخ ناخالص زادآوری نشان داد که انتظار می‌رود ماده‌های زنده مانده تا آخرین روز ممکن زندگی در شاهد و تیمارهای مذکور به ترتیب ۹۴/۶، ۹۲/۹، ۹۳/۸ و ۶۷/۹ عدد تخم بارور بگذارند. نرخ تفریح خالص برای تیمارهای فوق به ترتیب ۰/۹۳، ۰/۸۹، ۰/۸۷ و ۰/۹۲ بود. که نشان از کاهش جزئی درصد تفریح تخم در تیمارهای مذکور نسبت به شاهد است (جدول ۱).

چنانچه به نرخ ناخالص باروری نسبت زنده‌مانی حشرات کامل و نسبت تفریح اضافه شود پارامتر نرخ خالص زادآوری بدست می‌آید، این مقدار در شاهد و تیمارهای مذکور به ترتیب ۷۸/۵، ۷۱/۱، ۷۷/۶ و ۳۵ عدد تخم بود، که نشان دهنده‌ی متوسط تولید تخم تفریح شده در طول زندگی برای ماده‌های مؤثر در تخم‌ریزی است. مقایسه‌ی این پارامترها نشان از تأثیر شدید فنپروپاترین روی تخم‌ریزی دارد (جدول ۱).

مقایسه‌ی تعداد کل تخم‌های گذاشته شده به ازای هر فرد (باروری) در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P < 0.01$, $df = (3, 76)$, $F = 11.3$), به طوری‌که میانگین تخم‌گذاری در شاهد، بوپروفزین، پیری پروکسی فن به ترتیب ۸۵/۹، ۸۱/۷ و ۹۰/۸ عدد و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشت، در حالی که فنپروپاترین با ۳۹/۸ عدد تخم با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین درصد تفریح تخم در تیمارهای مختلف نشان داد که در شاهد و فنپروپاترین به ترتیب ۹۱/۵ و ۹۰/۵ درصد بالاترین تفریح تخم و در سم پیری پروکسی فن با ۸۶/۲ درصد نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار داشته است. مقایسه‌ی آماری میانگین طول عمر حشرات کامل نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد

($P < .01$, $df = (3, 76)$, $F = 7.81$). میانگین طول عمر حشرات کامل در شاهد، بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین به ترتیب ۱۵/۴، ۱۴/۵، ۱۵/۹ و ۸/۱ روز بود که نشانگر کاهش طول عمر در تیمار فنپروپاترین است (جدول ۲).

جدول ۱. پارامترهای تولید مثلی و بقاء حشرات کامل *E. formosa* در شاهد و تیمارهای بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین، تیمار شده در زمان شفیرگی.

Table 1. Reproduction and survival parameters of *E. formosa* exposed to buprofezin, pyriproxyfen and fenpropathrin in the pupal stage.

Parameters	Fenpropathrin	Pyriproxyfen	Buprofezin	Control
Gross fecundity rate (egg)	53.7	109.5	110.5	105.1
Gross fertility rate (egg)	46.9	93.8	92.9	94.6
Gross hatch rate	0.87	0.86	0.84	0.9
Net hatch rate	0.92	0.87	0.89	0.93
Net fecundity rate (egg)	38.2	89.2	79.9	84.8
Net fertility rate (egg)	35	77.6	71.1	78.5
Mean egg per day	3.84	4.56	4.4	4.57
Egg/female/day	5.03	5.78	5.73	5.69
Mean fertile egg per day	3.35	3.91	3.72	4.12
fertile egg/female/day	4.61	5.02	5.1	5.27
Expectation of life at emergence	7.6	15.45	13.95	14.9
Mean age gross fecundity	5.16	8.03	8.77	8.18
Mean age gross fertility	4.67	7.77	7.8	7.71

اثر حشره‌کش‌ها روی پارامترهای تولید مثل حشرات کامل (تیمار شده در ۴۸ ساعت اول ظهور) مقایسه‌ی میزان بقاء حشرات کامل در تیمارهای مختلف نشان داد که حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسی فن در غلظت توصیه شده، در ۴۸ ساعت اول روی حشرات کامل اثر کشندگی ندارند، اما فنپروپاترین در ۴۸ ساعت اول در غلظت توصیه شده باعث ۱۰۰ درصد تلفات می‌شود، لذا برای ارزیابی اثر غلظت زیر کشنده‌ی فنپروپاترین روی حشرات کامل

پارازیتوئید از غلظت LC₃₀ استفاده شد. میانگین تعداد کل تخم‌های گذاشته شده به ازای هر حشره‌ی ماده در تیمار بوپروفزین (۶۱/۹) و پیری پروکسی فن (۵۸/۵) با شاهد (۶۶/۵) اختلاف معنی‌دار نداشت، در حالی که سم فنپروپاترین (۱۷/۸) با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت که نشان از کاهش قابل ملاحظه باروری است (جدول ۳).

میانگین درصد تفریخ تخم در تیمارهای بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد، به طوری که درصد تفریخ تخم در پیری پروکسی فن (۷۹ درصد) نسبت به سایر تیمارها کاهش بیشتری نشان داد، در حالی که سم بوپروفزین کمترین تأثیر را داشت (۸۵/۸ درصد). مقایسه‌ی آماری میانگین طول عمر حشرات کامل نشان داد که بوپروفزین و پیری پروکسی فن روی طول عمر حشرات کامل تأثیر معنی‌دار نداشته، در حالی که سم فنپروپاترین طول عمر حشرات کامل را بطور معنی‌داری کاهش داده است. میانگین طول عمر حشرات کامل در شاهد و تیمارهای بوپروفزین، پیری پروکسی فن و فنپروپاترین به ترتیب ۱۵/۶، ۱۴/۶، ۱۴/۲ و ۵/۱ روز بود (جدول ۳).

مطالعه‌ی اثرات متقابل نوع حشره‌کش و مرحله‌ی رشدی زنور پارازیتوئید

در این آزمایشات به دلیل آنکه حشره‌کش‌های مورد مطالعه در دو مرحله‌ی شفیرگی و حشرات کامل مورد بررسی قرار گرفتند، این احتمال وجود دارد که حداقل یکی از حشره‌کش‌ها اثرات متفاوتی روی پارامترهای بیولوژیک در مراحل شفیرگی و حشرات کامل داشته باشد، لذا با استفاده از آزمون فاکتوریل این احتمالات بررسی شد (جدول ۴). حشره‌کش‌های مورد مطالعه طول عمر را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۵)، به طوری که سم فنپروپاترین طول عمر را به‌طور قابل ملاحظه کاهش داد، در حالی که میانگین طول عمر حشرات کامل در هر یک از مراحل شفیره ($0.73 \pm 13/5$) و حشرات کامل ($0.74 \pm 12/4$) مورد تیمار با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشت. اثرات متقابل نوع سم و زمان کاربرد (مرحله‌ی رشد) نیز در طول عمر معنی‌دار نبود (جدول ۴).

میانگین تعداد تخم به ازای هر حشره‌ی ماده (باروری) در تیمارهای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشت، به طوری که سم فنپروپاترین باروری را به‌طور قابل ملاحظه کاهش

داد (جدول ۵). در حالی که میانگین باروری حشرات کامل در هر یک از مراحل شفیره (۵۲/۳۱ ± ۳/۷۵) و حشرات کامل (۵۱/۲۲ ± ۳/۹۵) مورد تیمار با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشت. اثر متقابل نوع سم و زمان کاربرد نیز در باروری معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه‌ی میانگین تخم به ازای هر حشره‌ی ماده در روز (میانگین باروری روزانه) در تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در حالی که باروری روزانه حشرات کامل در هر یک از مراحل شفیره و حشرات کامل مورد تیمار، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد. تعداد تخم حشرات کامل در روز که در مرحله‌ی شفیرگی (۴/۵۱ ± ۰/۱۵) تیمار شده بودند نسبت به مرحله‌ی حشرات کامل (۵/۰۱ ± ۰/۱۳) کاهش نشان داد، اما بدلیل معنی‌دار شدن اثرات متقابل نوع سم و زمان کاربرد در این ارتباط نمی‌توان قضاوت کلی نمود (جدول ۴). همانطور که شکل ۲ نشان می‌دهد، تنها سم فنپروپاترین به‌طور چشم‌گیری تعداد تخم در روز را نسبت به شاهد در مرحله‌ی تیمار شفیرگی کاهش و در مرحله‌ی تیمار حشرات کامل افزایش داده است.

جدول ۲. اثرات غلظت توصیه شده‌ی حشره‌کش‌ها روی پارامترهای طول عمر، باروری، تعداد تخم در روز و درصد تفریخ تخم حشرات کامل *E. formosa* تیمار شده در مرحله‌ی شفیرگی.

Table 2. Recommended dose effects of insecticides on adult longevity, egg per female, number of egg production per day and egg hatch percentage of *E. formosa* exposed to insecticide in the pupal stage.

Treatment	% Egg hatch Mean ± SE	Number of egg production per day Mean ± SE	Egg per female Mean ± SE	Adult longevity* Mean ± SE
Control	91.5 ± 0.68 A	5.6 ± 0.3 AB	85.9 ± 7.9 A	15.4 ± 1.1 A
Buprofezin	88.6 ± 0.75 B	6.3 ± 0.4 A	81.7 ± 8.1 A	14.5 ± 1.6 A
Pyriproxyfen	86.2 ± 0.7 C	6 ± 0.3 AB	9.08 ± 8 A	15.9 ± 1.4 A
Fenpropathrin	90.5 ± 0.8 AB	5 ± 0.3 B	39.8 ± 4.3 B	8.1 ± 0.9 B

*- Means within a column followed by the same letter are not significantly different (Duncan, P>0.05).

جدول ۳. اثرات حشره‌کش‌ها روی پارامترهای طول عمر، باروری، تعداد تخم در روز و درصد تفریخ تخم حشرات کامل *E. formosa* تیمار شده در ۴۸ ساعت اول ظهور^۱.

Table 3. Effects of insecticides on adult longevity, egg per female, number of egg production per day and egg hatch percentage of *E. formosa* exposed in the first 48 hours of emergence¹.

Treatment	% Egg hatch Mean ± SE	Number of egg production per day Mean ± SE	Egg per female Mean ± SE	Adult longevity* Mean ± SE
Control	90.2 ± 0.9 A	4.8 ± 0.2 B	66.5 ± 7.9 A	15.7 ± 1.3 A
Buprofezin	85.8 ± 1.1 B	4.8 ± 0.4 B	61.9 ± 7.5 A	14.6 ± 1.6 A
Pyriproxyfen	79 ± 1.4 C	4.7 ± 0.1 B	58.6 ± 7.0 A	14.2 ± 1.1 A
Fenprothrin	80.9 ± 2.5 BC	5.6 ± 0.3 A	17.9 ± 3 B	5.1 ± 0.53 B

^۱- Means compared with LSD test.

*- Means within a column followed by the same letter are not significantly different.

جدول ۴. میانگین مربعات پارامترهای طول عمر، باروری، تعداد تخم در روز و درصد تفریخ تخم *E. formosa* در آزمون فاکتوریل.

Table 4. Mean square of adult longevity, egg per female, number of egg production per day and egg hatch percentage of *E. formosa* in factorial statistical analysis.

Treatment	Degree of Freedom	% Egg hatch	Number of egg production per day	Egg per female	Adult longevity
Insecticides (T)	3	0.09 **	1.06 ^{ns}	120.6 **	17.29**
Developmental stage (S)	1	0.12 **	10.13 **	0.56 ^{ns}	1.19 ^{ns}
T X S	3	0.02 ^{ns}	11.65 **	2.14 ^{ns}	0.78 ^{ns}
Error	152	0.01	1.39	4.19	0.61

** - Effects of insecticides on the parameters are significantly different.

ns - Effects of insecticides on the parameters are not significantly different.

جدول ۵. اثر حشره‌کش‌ها روی پارامترهای طول عمر، باروری، تعداد تخم در روز و درصد تفریخ تخم *E. formosa* در آزمون فاکتوریل.

Table 5. Effect of insecticides on longevity, egg per female, number of egg production per day and egg hatch percentage of *E. formosa* in factorial statistical analysis.

Treatment	% Egg hatch Mean \pm SE	Number of egg production per day Mean \pm SE	Egg per female Mean \pm SE	Adult longevity* Mean \pm SE
Control	90.48 \pm 0.69 A	4.74 \pm 0.18 A	64.47 \pm 5.3 A	15.5 \pm 0.87 A
Buprofezin	86.58 \pm 0.62 B	4.9 \pm 0.17 A	59.68 \pm 5.4 A	14.52 \pm 1 A
Pyriproxyfen	83.09 \pm 1.1 C	4.86 \pm 0.15 A	62.55 \pm 4.8 A	15.05 \pm 0.9 A
Fenprothrin	84.62 \pm 1.46 BC	4.54 \pm 0.28 A	20.38 \pm 2.4 B	6.6 \pm 0.6 B

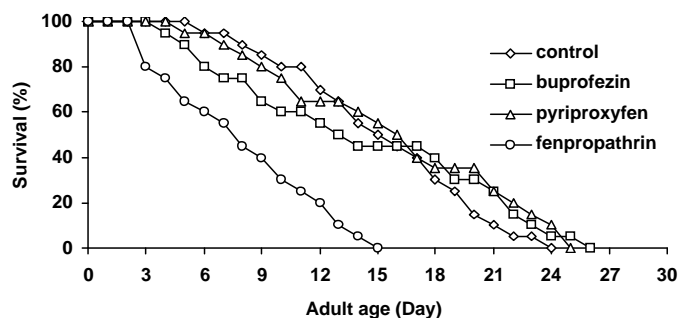
*Means within a column followed by the same letter are not significantly different (Duncan, $P > 0.05$).

درصد تفریخ تخم در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵) به‌طوریکه پیری پروکسی فن بیشترین (۸۳ درصد) و بوپروفزین (۸۷ درصد) کمترین تأثیر را در کاهش درصد تفریخ تخم داشته است. درصد تفریخ تخم حشرات کامل در هر یک از مراحل شفیرگی (۸۸/۰ \pm ۰/۶۲) و حشرات کامل (۸۴/۴ \pm ۰/۸۴) مورد تیمار اختلاف معنی‌داری داشت در حالی که اثر متقابل نوع سم و زمان کاربرد معنی‌دار نبود (جدول ۴). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود سم پیری پروکسی فن در مرحله‌ی تیمار حشرات کامل تأثیر بیشتری در کاهش درصد تفریخ تخم داشته است.

بحث

مقایسه‌ی تأثیر کشندگی حشره‌کش‌های مورد مطالعه روی شفیره‌های *E. formosa* نشان داد که حشره‌کش‌های پیری پروکسی فن و فنپروپاترین به ترتیب باعث ۲۷/۵ و ۶۷/۸ درصد کاهش ظهور حشرات کامل شده‌اند در حالی که سم بوپروفزین (۳/۸ درصد) اثر کشندگی قابل توجهی روی شفیره زنبور ندارد. براساس طبقه‌بندی IOBC/WPRS حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسی فن را می‌توان جزو حشره‌کش‌های بی‌ضرر دانست. از نظر کشندگی، روی حشرات کامل پارازیتوئید مشخص شد که حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسی فن (تنظیم‌کننده‌ی رشد) در غلظت توصیه شده روی حشرات کامل اثر کشندگی ندارند ولی فنپروپاترین

(در غلظت توصیه شده) در ۴۸ ساعت اول باعث ۱۰۰ درصد تلفات می‌شود. در مقایسه‌ی تأثیر کشندگی حشره‌کش‌ها روی شفیره‌های *Encarsia transvena* (Timberlake) سمیت بالایی از فنپروپاترین گزارش شده است که باقی مانده‌ی آن پس از ۷ روز برای حشرات کامل سمی نبوده است (Kapadia & Puri, 1991). نداشتن خاصیت سمی بوپروفزین روی حشرات کامل *Eretmocerus mundus* (Mercet) نیز گزارش شده است (Croft, 1990). تحقیقات Gerling & Sinai (1994) نشان داد که سم بوپروفزین روی شفیره‌های *Eretmocerus sp.* بی‌تأثیر است در حالی که روی شفیره‌های *Encarsia luteola* Howard باعث مرگ و میر می‌شود.



شکل ۱. نرخ بقاء حشرات کامل *E. formosa* خارج شده از شفیره‌های تیمار شده.

Figure 1. Survival rate of adult *E. formosa* exposed to insecticides in the pupal stage.

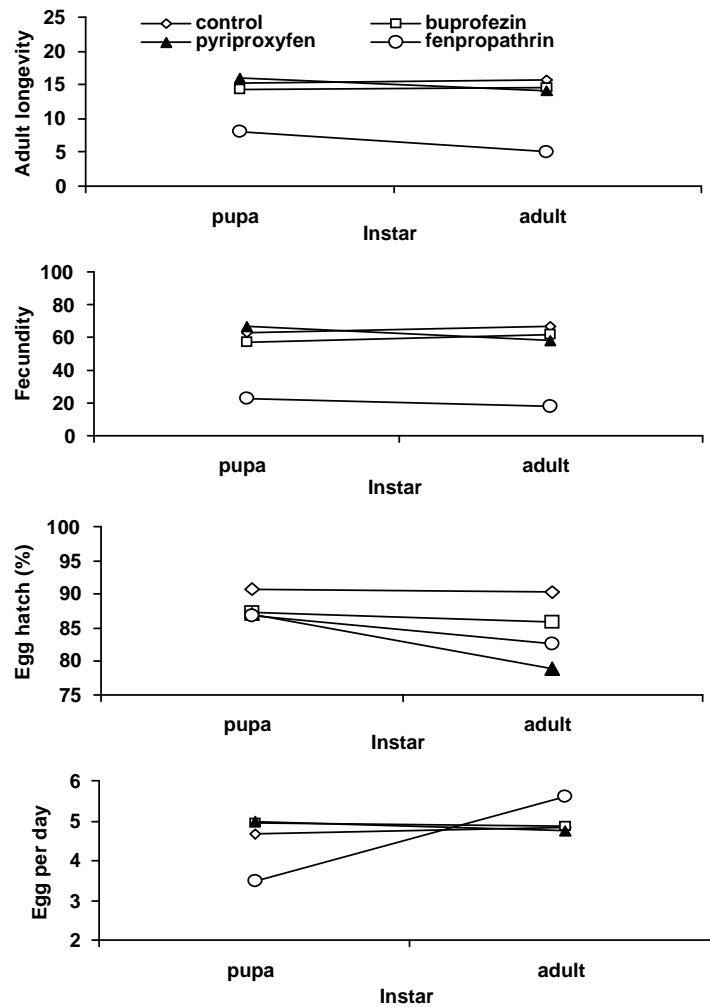
حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسی فن نه تنها باعث مرگ و میر حاد روی حشرات کامل پارازیتوئید نمی‌شوند بلکه طول عمر حشرات کامل تیمار شده با این حشره‌کش‌ها نیز طبیعی بوده و با شاهد اختلاف معنی‌دار ندارد، در حالی که فنپروپاترین علاوه بر اثر کشندگی حاد روی حشرات کامل، طول عمر حشرات کامل زنده مانده در مرحله‌ی تیمار شفیرگی و حشرات کامل را نیز به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. مقادیر مربوط به امید زندگی برای حشرات کامل ظاهر شده نیز مؤید این مطلب است.

مقایسه‌ی میزان باروری (پارازیتیسیم) نشان داد که حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسی فن با شاهد اختلاف معنی‌دار ندارند، در حالی که سم فنپروپاترین میزان باروری

را مانند طول عمر کاهش داده است که احتمالاً کوتاهی طول عمر حشرات کامل و اثرات دور کنندگی فنپروپاترین عامل آن است. مطالعات نشان داده است که گیاه پیرترم نیز باعث کاهش تعداد تخم‌ریزی این زنبور شده است (Simmonds *et al.*, 2002). اثر کاهش در میزان باروری *E. formosa* در مورد حشره‌کش‌ها پرمیکارب، لیندین و تترادیفون توسط Perera (1982) نیز گزارش شده است.

نتایج آزمون فاکتوریل نشان داد میانگین تعداد نتاج روزانه هر چند در بین تیمارها اختلاف معنی‌دار ندارد ولی مقایسه این پارامتر در هر یک از مراحل شفیرگی و حشرات کامل نشان از افزایش باروری روزانه در حشرات کامل مورد تیمار است. نظر به این که آزمون اثر متقابل سم و مرحله‌ی مورد تیمار معنی‌دار شده است، با ملاحظه‌ی شکل ۲ مشخص می‌شود که تنها سم فنپروپاترین به‌طور چشم‌گیری باروری روزانه را در حشرات کامل مورد تیمار نسبت به شاهد افزایش داده و در شفیره‌های مورد تیمار کاهش داده است. در موارد زیادی مشخص شده است که در حشرات کامل مورد تیمار، افزایش میزان باروری روزانه تا حدی توانسته نقصان باروری کل را جبران نماید (Croft, 1990).

مقایسه‌ی درصد تفریخ تخم در تیمارهای مختلف نشان داد که تمام حشره‌کش‌ها به‌طور معنی‌داری درصد تفریخ تخم را در حشرات تیمار شده کاهش می‌دهند ولی این کاهش در سم پیری پروکسی فن مخصوصاً زمانی که حشرات کامل در معرض سم بوده‌اند بیشتر است. به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بوپروفزین و پیری پروکسی فن با توجه به کنترل خوبی که روی سفیدبالک‌ها دارند (Ishaaya *et al.*, 1998; Ishaaya & Horowitz, 1995) برای *E. formosa* بی‌ضرر بوده و قابل توصیه هستند. سم بوپروفزین برای هر یک از مراحل شفیرگی و حشره‌ی کامل پارازیتوئید بی‌خطر بوده و کاملاً به‌صورت انتخابی عمل می‌کند ولی سم پیری پروکسی فن با توجه به کاهش ظهوری که در مرحله‌ی شفیرگی دارد بهتر است تا حد امکان قبل از رها سازی پارازیتوئید یا در اوایل رها سازی بکار برده شود.



شکل ۲. اثرات متقابل میان نوع سم و زمان تأثیردهی در مراحل شفیره و حشره‌ی کامل روی طول عمر، باروری، درصد تفریح تخم و تعداد تخم‌های گذاشته شده در روز

E. formosa

Figure 2. Interaction between insecticides and exposed time, in pupa and adult stages of *E. formosa* on longevity, fecundity, egg hatch percentage and number of egg production per day.

کاربرد فنپروپاترین در هر مرحله می‌تواند برای پارازیتوئید مشکل آفرین باشد ولی چنانچه در مواردی ضرورت به کاربرد آن هست (جهت کنترل کنه‌ها، سایر آفات و حشرات کامل سفیدبالک که ناقل ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی هستند) بهتر است کاربرد آن برای کنترل آفت تا حد امکان قبل از رهاسازی و یا بنا به ضرورت تا حد امکان در مراحل پایانی رشدی لاروی باشد زیرا در سنین آخر لاروی تحمل پارازیتوئیدها به حشره‌کش‌ها افزایش می‌یابد (Croft, 1990).

منابع

- Carey, J. R.** (1984) Host specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Ecological Entomology* 9, 261-270.
- Carey, J. R.** (1993) *Applied demography for biologist with special emphasis on insect*. 206 pp. Oxford University Press.
- Collier, T., Kelly, S. & Hunter, M.** (2002) Egg size, intrinsic competition, and lethal interference in the parasitoids *Encarsia pergandiella* and *E. formosa*. *Biological Control* 23, 250-261.
- Croft, B. A.** (1990) *Arthropod biological control agents and pesticides*. 725pp. John Wiley and Sons.
- De Bach, P. & Rosen, D.** (1991) *Biological control by natural enemies*. 440 pp. Cambridge University Press.
- Farokhi, S.** (1997) An investigation on biology and efficiency of *Encarsia inaron* and *E. formosa* on *Trialeurodes vaporariorum*. M.Sc. thesis, Tehran University, Iran.
- Gerling, D.** (1990) *Whiteflies: their bionomic, pest status and management*. 348 pp. Wimborne, UK. Intercept.
- Gerling, D. & Sinai, P.** (1994) Buprofezin effects on two parasitoid species of whitefly (Hom. Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 87(4), 842-846.
- Hayashi, H.** (1996) Side effects of pesticides on *Encarsia formosa*. *Bulletin of the Hiroshima Prefectural Agriculture Research Center* 64, 33-43.
- Ishaaya, I. & Horowitz, R.** (1995) Pyriproxyfen, a novel insect growth regulator for controlling whiteflies: mechanisms and resistance management. *Pesticide Science* 43, 227-232.

- Ishaaya, I., Mendelson, Z. & Melamed-Madgan, V.** (1998) Effects of buprofezin on embryogenesis and progeny formation of sweetpotato whitefly (Hom. Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 81(3), 781-784.
- Jones, W. A., Wolfenbarger, D. A. & Kirk, A. A.** (1995) Response of adult parasitoids of *Bemisia tabaci* to leaf residues of selected cotton insecticides. *Entomophaga* 40(2), 153-162.
- Kapadia, M. N. & Puri, S. N.** (1991) Toxicity of different insecticides against two parasitoids of *Bemisia tabaci* and their persistence against *Encarsia transvena*. *International Journal of Tropical Agriculture* 9(2), 81-84.
- Kerns, D. L. & Stewart, S. D.** (2000) Sublethal effects of insecticides on the intrinsic rate of increase of cotton aphid. *Entomologia Experimentalis et Application* 94, 41-49.
- Nasrolahi, E.** (1990) Possibility of biological control of *Bemisia tabaci*. *Proceeding of the 9th Iranian Plant Protection Congress*, Ferdosi University, Mashhad, 88.
- Perera, P. A.** (1982) Some effects of insecticide deposit pattern on the parasitism of *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia formosa*. *Annual Applied Biology* 101, 239-244.
- Polaszek, A., Evans, G. A. & Bennett, F. D.** (1992) *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci*: a preliminary guide to identification. *Bulletin of Entomological Research* 82, 375-392.
- Price, J. F. & Schuster, D. J.** (1991) Effects of natural and synthetic insecticides on sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Hom. Aleyrodidae) and its hymenopterous parasitoids. *Florida Entomologist* 74, 60-68.
- Simmonds, M. S. J., Manlove, I. D., Blaney, W. M. & 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 Application* 102, 39-42.
- Van Lenteren, H. F.** (1989) *Pest control*. 117 pp. Cambridge University Press.
- Van Lenteren, J. C. & Woets, J.** (1988) Biological and integrated control in greenhouse. *Annual Review Entomology* 33, 239-269.