تحقیقات آفات گیاهی
۸۱-۶۷ :(۲) ۸- ۱۳۹۷

اثرات حشره‌کش‌های اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید روی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym.: Braconidae) در شرایط آزمایشگاهی

ندا امینی‌جم[1*] و سیما کبیری دهکردی[2]

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران، ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۸)

چکیده

بررسی اثرات جانبی حشره‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی آفات ضروری به‌نظر می‌رسد. در این پژوهش، سمیت حشره‌کش‌های اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید روی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* مورد بررسی قرار گرفت. به‌علاوه، اثر زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌ها روی واکنش تابعی پارازیتوئید نسبت به تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ پوره سن سوم شته سیاه باقلا، *Aphis fabae* در شرایط آزمایشگاهی ارزیابی شد. برای تعیین سمیت حشره‌کش‌ها روی حشرات کامل پارازیتوئید، از روش زیست سنجی تماس با باقی‌مانده حشره‌کش‌ها استفاده شد. به‌منظور ارزیابی واکنش تابعی پارازیتوئید، ماده-های جفت‌گیری کرده که کمتر از ۱۲ ساعت عمر داشتند، در معرض سطح آغشته به غلظت LC_{25} حشره‌کش‌های مذکور و آب مقطر به‌عنوان شاهد در استوانه‌های شیشه‌ای قرار گرفتند. آزمایش‌ها در ۱۵ تکرار انجام شد. میزان LC_{50} حشره‌کش‌های استامی-پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید به‌ترتیب ۲۲/۵، ۷۵/۶ و ۳۰۲/۱ پی‌پی‌ام بود. در مورد حشره‌کش اسپیروتترامات تا سه برابر غلظت مزرعه‌ای (۵۰۰ پی‌پی‌ام)، حداکثر ۱۶ درصد تلفات مشاهده شد. واکنش تابعی در شاهد و تیمارهای حشره‌کش از نوع دوم بود. قدرت جستجوگری (a) در شاهد و تیمارهای اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید به‌ترتیب ۰/۰۱±۰/۰۶۸۹، ۰/۰۱±۰۴۸۰/۰۱، ۰/۰±۰۲۷۲/۰۶، ۰/۰±۰۴۷۵/۰۱ و ۰/۰۱±۰۵۳۲/۰ بار در ساعت و زمان دستیابی (T_h) به‌ترتیب ۰/۰۴±۰/۴۳۲۲، ۰/۰±۵۱۴۸/۰۶، ۱/۰±۱۰۰۴/۱۸، ۰/۰±۴۵۵۸/۰۸ و ۰/۰۴±۰/۴۶۰۱ ساعت تخمین زده شد. طبق نتایج به‌دست آمده، حشره‌کش-های اسپیروتترامات، فلونیکامید و پیریمیکارب در مقایسه با استامی‌پرید، اثرات جانبی کمتری روی پارازیتوئید *L. fabarum* داشتند و گزینه‌های مناسبی برای کنترل شته *A. fabae* در تلفیق با پارازیتوئید *L. fabarum* هستند.

واژه‌های کلیدی: اثر زیرکشنده، شته سیاه باقلا، قدرت جستجوگری، زمان دستیابی

* نویسنده مسئول: naminijam@jsu.ac.ir

مقدمه

در بین عوامل کنترل بیولوژیک شته‌ها، گونه‌های مختلفی از زنبورهای پارازیتوئید می‌توانند نقش مهمی در کنترل طبیعی این گروه از آفات داشته باشند. زنبورهای پارازیتوئید خانواده Braconidae و زیرخانواده Aphidiinae از پارازیتوئیدهای اقتصادی و مهم شته‌ها به‌شمار می‌روند. استقرار موفقیت‌آمیز زنبورهای پارازیتوئیدها و توانایی سریع در کاهش جمعیت شته‌ها، نشان دهنده اهمیت و ارزش این گروه از پارازیتوئیدها می‌باشد (Tremblay, 1964; Rakhshani *et al.*, 2013). زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym.: Braconidae) فراوان‌ترین و غالب‌ترین پارازیتوئید در بین افراد خانواده مذکور در نواحی مدیترانه است (Stary, 1986) و در انواع زمین‌های جلگه‌ای یافت می‌شود (Stary, 1988). این زنبور مهم‌ترین پارازیتوئید شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli (Hemi.: Aphididae) روی محصولات کشاورزی و علف‌های هرز بوده (Volkl and Stechmann, 1998; Nuessly *et al.*, 2004) و از روی بیش از ۱۰۰ گونه‌ی مختلف شته جمع‌آوری و گزارش شده است (Yu *et al.*, 2013). جمعیت‌های دوجنسی و ماده‌زای آن در بعضی نقاط کنار هم زندگی می‌کنند، اما جمعیت ماده‌زای آن در مرکز اروپا گسترش بیشتری دارد (Nemec and Stary, 1985; Stary, 1986). جمعیت جنسی این پارازیتوئید از نقاط مختلف ایران (Stary *et al.*, 2001; Mossadegh *et al.*, 2011; Rakhshani *et al.*, 2013) و جمعیت ماده‌زای آن از استان زنجان (Rasekh *et al.*, 2009) گزارش شده است.

استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی نیز یکی دیگر از عوامل موثر در حفاظت محصولات کشاورزی در دهه‌های اخیر بوده است. متاسفانه استفاده بی‌رویه از حشره‌کش‌ها به‌منظور کنترل شته‌ها منجر به وارد شدن صدمات شدیدی بر دشمنان طبیعی این آفت شده است. امروزه مشخص شده است که روش‌های کنترل بیولژیک و شیمیایی به‌صورت جداگانه دارای نواقصی هستند که تامین کننده اهداف مدیریت تلفیقی نمی‌باشند (Croft, 1990). یکی از راه‌های مهم و پایدار کنترل آفات، استفاده توام از عوامل کنترل کننده زیستی و ترکیبات شیمیایی در چهارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM[1]) است (Croft, 1990; Wright and Verkert, 1995; Desneux *et al.*, 2007). در واقع IPM به‌دنبال شناخت و توسعه آفت‌کش‌های انتخابی است (Croft, 1990; Desneux *et al.*, 2007). غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌ها می‌توانند روی رفتار دشمنان طبیعی مثل تحرک عمومی، میزبان‌یابی و تخم‌گذاری تاثیر بگذارند و اثرات مثبت یا منفی بر دشمنان طبیعی داشته باشند (Messing and Croft, 1990; Wright and Verkert, 1995; Desneux *et al.*, 2007).

معیارهای مختلفی برای ارزیابی عوامل کنترل بیولوژیک از جمله زنبورهای پارازیتوئید وجود دارد (Waage, 1990). یکی از این روش‌ها رابطه بین تراکم میزبان و تعداد میزبان‌های مورد حمله توسط دشمن طبیعی یا به عبارتی واکنش تابعی می‌باشد (Jervis and Kidd, 1996). هولینگ (Holling, 1959) واکنش تابعی را به سه نوع اول، دوم و سوم تقسیم نمود. نوع چهارم (Luck, 1985) و نوع پنجم (Sabelis, 1992) واکنش تابعی، توسط محققین دیگر معرفی شدند. اغلب پارازیتوئیدها از واکنش تابعی نوع دوم پیروی می‌کنند، اگرچه مواردی از واکنش نوع سوم هم در این گروه از حشرات گزارش شده است (Jones *et al.*, 2003; Zamani *et al.*, 2006; Tahriri *et al.*, 2007).

غلظت‌های زیرکشنده مواد شیمیایی ممکن است باعث تغییر در نوع و پارامترهای واکنش تابعی دشمنان طبیعی آفات، از قبیل قدرت جستجوگری و زمان دستیابی شوند و یا اینکه نوع واکنش تابعی و پارامترهای آن را تحت تاثیر قرار ندهند، که بررسی هایی در این زمینه انجام شده است (Saber *et al.*, 2002; Rafiee Dastjerdi *et al.*, 2009; Dashti, 2010; Faal Mohammad Ali *et*

[1]. Integrated Pest Management

al., 2010; Abedi *et al.*, 2012; Amini Jam *et al.*, 2012; Rezaei *et al.*, 2014).

حشره‌کش‌های‌اسپیروتترامات، استامی پرید،پیریمیکارب و فلونیکامید از جمله حشره‌کش‌هایی هستند که برای کنترل شته‌ها در ایران مصرف می‌شوند. حشره‌کش اسپیروتترامات از جمله مشتقات اسید تترامیک است که کارایی مناسبی را روی مجموعه‌ای از آفات مکنده از قبیل شته‌ها، شپشک‌ها، سفیدبالک‌ها و پسیل‌ها روی میزبان‌های مختلف نشان داده است. این حشره‌کش در ساخته شدن چربی در بدن حشرات، از طریق کاهش فعالیت استیل کوآنزیم A اختلال ایجاد می‌کند و در نهایت باعث مرگ حشره می‌شود (Nauen *et al.*, 2008).

استامی‌پرید از حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی است که روی گیرنده های نیکوتینی استیل کولین اثر می‌گذارد، این ترکیب برای کنترل آفات راسته ناجوربالان از جمله شته‌ها به‌کار برده می‌شود (Millar and Denholm, 2007). پیریمیکارب حشره‌کش سیستمیک انتخابی از گروه کاربامات‌ها است که به‌عنوان یک شته کش سریع و اختصاصی عمل می‌کند (Talebi-Jahromi, 2007). فلونیکامید یکی از حشره‌کش‌های جدید سیستمیک است که کارایی بالایی در کنترل گونه‌های مختلف شته‌ها روی سیب، هلو، سیب زمینی، گندم و سایر محصولات سبزی و صیفی از خود نشان داده است (Fanigliulo *et al.*, 2009).

باتوجه به اینکه تاکنون سمیت و اثر زیرکشنده حشره‌کش‌های مذکور روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* مورد بررسی قرار نگرفته است، این پژوهش طراحی شد، تا باتوجه به نتایج آن، حشره‌کش‌های انتخابی‌تر در تلفیق با زنبور پارازیتوئید برای کنترل شته سیاه باقلا مشخص شود.

مواد و روش‌ها

پرورش شته و زنبور پارازیتوئید

برای تهیه کلنی شته سیاه باقلا، نمونه‌هایی از جمعیت *A. fabae* از مزارع باقلا اهواز جمع‌آوری و تشکیل کلنی انجام شد. گلدان‌های حاوی گیاهان باقلا به‌عنوان میزبان شته درون قفس پرورش به ابعاد ۷۰ × ۷۰ × ۱۲۰ سانتی‌متر قرار گرفتند.

برای تشکیل کلنی زنبور پارازیتوئید، شته‌های مومیایی شده از مزارع باقلا اهواز جمع‌آوری شد. پس از شناسایی گونه *L. fabarum*، زنبورهای نر و ماده به قفس پرورش به ابعاد ۷۰ × ۷۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر روی بوته‌های باقلا حاوی شته سیاه باقلا، رهاسازی شدند. قفس‌های مذکور در اتاقک رشد در دمای ۱±۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی:روشنایی) نگه‌داری شدند.

هم‌سن‌سازی شته و زنبور پارازیتوئید

برای هم‌سن‌سازی شته‌ها، تعداد حداقل ۲۰ عدد شته سیاه باقلا جهت پوره‌زایی روی گیاهچه‌های باقلا محصور در قفس استوانه‌ای شفاف (با قطر ۲۵ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر) به‌مدت ۱۲ ساعت درون انکوباتور در دمای ۱±۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی:روشنایی) مستقر شدند. بعد از ۱۲ ساعت شته‌های بالغ حذف شدند و به پوره‌های سن یک هم‌سن اجازه داده شد تا سن سوم پورگی رشد نمایند.

برای به‌دست آوردن زنبور پارازیتوئید بالغ هم‌سن (عمر کمتر از ۱۲ ساعت)، تعداد حداقل ۲۰ شته سیاه باقلا جهت پوره‌زایی روی گیاهچه‌های محصور در قفس استوانه‌ای شفاف با اندازه ذکرشده در بالا، به مدت ۲۴ ساعت درون انکوباتور با شرایط مذکور نگه داری شدند. وقتی پوره ها به سنین سوم پورگی، سن ترجیحی برای تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید، رسیدند (Bagheri Matin *et al.*, 2005)، تعداد ۱۰ جفت زنبور نر و ماده به مدت ۱۲ ساعت جهت تخم‌ریزی درون قفس‌های مذکور رهاسازی شدند. سپس زنبورهای پارازیتوئید بالغ حذف شده و شته‌های پارازیته شده تا زمان ظهور زنبورهای بالغ پارازیتوئید درون انکوباتور نگه‌داری شدند. بدین ترتیب زنبورهای بالغ هم سن برای انجام آزمایش‌ها پرورش داده شدند.

حشره‌کش‌ها

حشره‌کش‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: اسپیروتترامات[1](مونتو® 100 SC) (شرکت بایر، آلمان)، استامی‌پرید[2] (موسپیلان® 20 SP) (شرکت آریا شیمی، ایران)، پیریمیکارب[3](پریمور® 50 WP) (شرکت مشکفام فارس، ایران) و فلونیکامید[4] (تپکی® 50 WG) (شرکت ISK، ژاپن).

زیست‌سنجی

برای زیست‌سنجی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* از روش کاربرد غیرمستقیم حشره‌کش‌ها استفاده شد (Desneux *et al.*, 2004). در این روش از استوانه-های شیشه‌ای به‌قطر ۶ سانتی‌مترو ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. آزمایش‌های مقدماتی برای تعیین حدود غلظت‌های موثر حشره‌کش‌ها انجام گرفت. دامنه غلظت‌های تعیین شده برای تیمارهای استامی‌پرید ۸۰-۵ پی‌پی‌ام، پیریمیکارب ۱۴۰-۲۰/۴ پی‌پی‌ام و فلونیکامید ۶۰۰-۱۵۱/۴ پی‌پی‌ام بود. در مجموع ۵ غلظت سمی و در هر غلظت ۵ تکرار استفاده شد. هر آزمایش زیست‌سنجی در سه نوبت تکرار شد. به هر یک از غلظت‌های محلول حشره‌کش ماده خیس کننده توئین[5]۲۰ با غلظت ppm ۵۰۰ اضافه شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر به‌همراه ppm ۵۰۰ توئین ۲۰ استفاده شد.

سطح داخلی هر استوانه شیشه‌ای با ۱۵۰ میکرولیتر از هر غلظت حشره‌کش و آب مقطر به‌عنوان شاهد آغشته شد، یک ساعت بعد از خشک شدن در معرض هوا، تعداد ۱۵ عدد زنبور ماده که کمتر از ۱۲ ساعت عمر داشتند، در هر استوانه رهاسازی شد. برای تهویه، دهانه هر استوانه توسط پارچه ارگانزا پوشیده شد. برای تغذیه زنبورهای پارازیتوئید *L. fabarum* از یک نوار کوچک روغنی آغشته به محلول آب و عسل ۳۰ درصد استفاده شد. استوانه‌های مورد آزمایش به انکوباتور با شرایط ذکر شده در بالا قرار داده شدند. ۲۴ ساعت بعد از معرفی زنبورها، تعداد تلفات شمارش و داده‌ها توسط فرمول ابوت تصحیح شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی، از روش پروبیت و نرم افزار پولوپلاس (LeOra Software, 1987) استفاده شد. برای مقایسه سمیت در تیمارهای مختلف نیز از مقادیر LC_{50} استفاده شد. با آزمون نرخ سمیت نسبی، در صورت عدم همپوشانی حدود اطمینان محاسبه شده در سطح ۹۵ درصد، اختلاف مقادیر معنی‌دار در نظر گرفته شد (Robertson *et al.*, 2007).

اثر زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*

به‌منظور بررسی اثر زیرکشنده حشره‌کش‌ها بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*، زنبورهای ماده جفت‌گیری کرده که کمتر از ۱۲ ساعت عمر داشتند، به-ترتیب در معرض باقی‌مانده غلظت‌های ۱۰/۲۱ و ۵۰/۱۶ و ۲۱۱/۱ پی‌پی‌ام (LC_{25}) برای حشره‌کش‌های استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. برای بررسی اثر حشره‌کش اسپیروتترامات روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید از غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام استفاده شد. تعداد ۹۰ زنبور پارازیتوئید ماده جفت‌گیری کرده که از هر تیمار زنده مانده بودند، به‌طور تصادفی انتخاب و به‌طور جداگانه به قفس‌های استوانه‌ای شفاف حاوی ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ عدد پوره سن سوم شته سیاه باقلا منتقل شدند. بعد از ۲۴ ساعت زنبورها از درون قفس‌ها حذف شدند. برای بررسی میزان تخم‌ریزی، شته‌های پارازیته شده تا زمان مومیایی شدن و ظهور حشرات کامل در انکوباتور با شرایط ذکر شده در بالا قرار گرفتند. هر تراکم حداقل در ۱۵ تکرار انجام گرفت. به‌منظور تغذیه زنبورها از محلول آب و عسل ۳۰ درصد روی نوار روغنی استفاده شد. اندازه قفس‌ها و شرایط انکوباتور مشابه بخش‌های قبلی بود.

تجزیه و تحلیل داده‌های واکنش تابعی

برای تعیین واکنش تابعی و پارامترهای آن از روش دو مرحله‌ای جولیانو (Juliano, 2001) استفاده شد. در

[1]. Spirotetramat
[2]. Acetamiprid
[3]. Pirimicarb
[4]. Flonicamid
[5]. Tween 20

مرحله اول داده‌ها با استفاده از تابع چندجمله‌ای (معادله ۱) برازش شدند (Juliano, 2001). معادله(۱):

$$Na/N_0 = \frac{\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)}{1+\exp(P_0 + P_1N0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)}$$

P_0. عرض از مبدا[1] P_1. قسمت خطی[2] P_2. قسمت درجه دو[3] P_3. قسمت درجه سه[4] N_a. تعداد میزبان‌های پارازیته شده، N_0. تعداد میزبان در اختیار پارازیتوئید هستند. این پارامترها با استفاده از رویه CATMOD در برنامه آماری SAS Version 9.1 برآورد شدند (Juliano, 2001; SAS Institute, 2003). منفی یا مثبت بودن شیب قسمت خطی منحنی به‌ترتیب نشان‌دهنده واکنش تابعی‌های نوع دوم و سوم می‌باشد (Juliano, 2001).

در مرحله دوم، پس از تعیین نوع واکنش تابعی برای برآورد پارامترها از مدل ترجیحی رگرسیون غیر خطی حداقل مربعات تعداد میزبان‌های پارازیته شده به تعداد میزبان اولیه استفاده شد (Juliano, 2001) (روش NLIN در برنامه آماری SAS Version 9.1) (SAS Institute, 2003). برای واکنش تابعی نوع دوم مدل پیشنهادی راجرز (Rogers, 1972) برای پارازیتوئیدها با داده‌ها برازش یافت. معادله جستجوی تصادفی راجرز (Rogers, 1972) عبارت است از معادله (۲):

$$N_a = N_0\left[1 - \exp\left(-\frac{a\,T_t}{1 + aT_hN_0}\right)\right]$$

T_t. کل زمانی که پارازیتوئید و میزبان در معرض هم هستند، a. نرخ جستجوگری پارازیتوئید و T_h. زمان دستیابی می‌باشند.

برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی پارازیتوئید در تیمارهای مختلف از معادله (۳) استفاده شد (Juliano, 2001). معادله (۳):

$$N_a = N_0\left\{1 - \exp\left[(a + D_a(j))\left((T_h + D_{Th}(j))N_a - T\right)\right]\right\}$$

j. یک متغیر شاخص است که برای تیمار اول عدد صفر و برای تیمار بعدی مقدار ۱ در نظر گرفته می‌شود. پارامترهای D_a و D_{Th} به‌ترتیب تفاوت در مقادیر قدرت جستجوگری (a) و زمان دستیابی (T_h) بین دو جمعیت را مشخص می‌نمایند. به‌عبارت دیگر زمان دستیابی پارازیتوئید در تیمار شاهد T_h و در تیمار حشره‌کش $T_h \pm D_{Th}$ در نظر گرفته می‌شود. برای تشخیص تفاوت معنی‌دار بین زمان‌های دستیابی این دو جمعیت باید ثابت شود که D_{Th} با صفر تفاوت معناداری دارد. اگر D_{Th} با صفر تفاوت معنی‌دار نداشته باشد، نتیجه این خواهد بود که T_h و $T_h \pm D_{Th}$ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و در نتیجه زمان دستیابی بین دو جمعیت تفاوت معنی داری با هم نخواهد داشت (Juliano, 2001).

نتایج و بحث

زیست‌سنجی

نتایج آزمایش‌های زیست‌سنجی مربوط به برآورد مقادیر LC_{25}، LC_{50} و LC_{90} استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* در جدول ۱ آورده شده است. حشره‌کش اسپیروتترامات تا سه برابر غلظت مزرعه‌ای (۵۰۰ پی‌پی‌ام) حداکثر ۱۶ درصد تلفات روی زنبور ایجاد کرد. مقادیر سمیت نسبی غلظت‌های کشنده ۵۰ درصد حشره‌کش‌های مذکور از طریق آزمون سمیت نسبی نشان داد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سمیت حشره‌کش‌ها روی زنبور وجود دارد. معنی‌دار بودن سمیت نسبی زمانی است که حدود اطمینان ۹۵ درصد عدد یک را شامل نشود (Robertson *et al.*, 2007). بنابراین سمیت استامی‌پرید برای حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* به‌طور معنی‌داری بیشتر از پیریمیکارب و فلونیکامید بود ($P<$ ۰/۰۵). سمیت پیریمیکارب روی زنبور نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از فلونیکامید بود ($P<$ ۰/۰۵) (جدول ۲).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که غلظت توصیه شده مزرعه‌ای حشره‌کش‌های اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید به‌ترتیب باعث ۱/۳±۵/۶، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۴±۲۲/۲ درصد تلفات حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* شد. سمیت پایین حشره‌کش‌های اسپیروتترامات و فلونیکامید روی سایر حشرات و دشمنان

[1] Constant
[2] Linear
[3] Quadratic
[4] Cubic

طبیعی آفات گزارش شده است. سمیت کم اسپیروتترامات روی سایر زنبورهای پارازیتوئید آفات از قبیل *Anagyrus* sp. (Mansour *et al.*, 2011) و *Aphytis melinus* DeBack (Vanaclocha *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است. بنابر پژوهشی حشره‌کش فلونیکامید تا ۱۴ روز پس از کاربرد دارای کمترین اثر سوء روی زنبور *Bombus teristris* (L.) بوده است (Fanigliulo *et al*, 2009). دامنه LC_{50} حشره‌کش فلونیکامید روی پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say، ۴۳۷-۶۵۳ میلی‌گرم ماه موثر بر لیتر گزارش شده است (Fooladi *et al*., 2015) که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مغایرت دارد و دلیل آن می‌تواند تفاوت در نوع گونه پارازیتوئید مورد بررسی باشد. دربررسی‌های دیگر روی سایر زنبورهای پارازیتوئید آفات، کاربرد غلظت توصیه شده مزرعه‌ای استامی‌پرید باعث ۹۵ درصد تلفات زنبور *Encarsia* sp. (Bacci *et al.*, 2007) و ۱۰۰ درصد تلفات زنبور پارازیتوئید *Aphidius colemani* Viereck (Stara *et al.*, 2011) شده است. سمیت بالای غلظت توصیه شده پیریمیکارب روی زنبورهای پارازیتوئید *Aphidius matricariae* Haliday (Amini Jam *et al.*, 2012) و *Diaeretiella rapae* (MIntosh) (Rezaei *et al.*, 2014) گزارش شده است که با نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر مطابقت دارد. سمیت شدید سایر حشره-کش‌های نئونیکوتینوئیدی مانند ایمیداکلوپرید روی زنبورهای پارازیتوئید *A. matricariae* (Amini Jam *et al.*, 2012)، *D. rapae* (Kheradmand *et al.*, 2012; Rezaei *et al.*, 2014) و *A. colemani* (Golmohammadi, 2015) گزارش شده است.

میزان LC_{50} محاسبه شده پیریمیکارب روی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* (۳۵/۷۴-۶۳/۸۵) ۷۵/۵۵ پی‌پی‌ام تعیین شد که کمتر از مقدار گزارش شده توسط رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2014) که دامنه LC_{50} پیریمیکارب روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *D. rapae* را ۱۲۵/۵۸-۱۱۲/۱۲ پی‌پی‌ام گزارش نمودند. امینی‌جم و همکاران (Amini Jam *et al.*, 2012) دامنه LC_{50} پیریمیکارب روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *A. matricariae* را ۱۲/۹-۹/۲ پی‌پی‌ام گزارش کردند که کمتر از مقدار گزارش شده در پژوهش حاضر است. علت تفاوت در میزان LC_{50} برآورد شده در مطالعه‌ی حاضر با سایر بررسی‌های صورت گرفته، احتمالا به دلیل تفاوت در گونه زنبور پارازیتوئید مورد آزمایش، حساسیت متفاوت پارازیتوئیدها به حشره‌کش‌ها و موقعیت جغرافیایی است.

جدول ۱- سمیت استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید روی حشرات کامل *Lysiphlebus fabarum*

Table 1. Toxicity of acetamiprid, pirimicarb and flonicamid to adult wasps of *Lysiphlebus fabarum*

Insecticide	Slope ± SE	χ^2 (df)	Lethal concentration (ppm)		
			LC_{25} (95% FL[a])	LC_{50} (95% FL)	LC_{90} (95% FL)
Acetamiprid	1.97±0.13	2.60 (3)	10.2 (8.5-11.9)	22.5 (19.9-25.3)	101.1 (83.8-127.5)
Pirimicarb	3.79±0.30	3.86 (3)	50.2 (39.2-58.9)	75.6 (63.4-85.7)	164.5 (136.9-220.7)
Flonicamid	4.33±0.27	4.36 (3)	211.1 (173.6-241.6)	302.1 (267.6-335.9)	597 (516-740.8)

[a] Fiducial limits

جدول ۲- سمیت نسبی استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید روی حشرات کامل *Lysiphlebus fabarum*

Table 2. Relative potency of acetamiprid, pirimicarb and flonicamid to adult wasps of *Lysiphlebus fabarum*

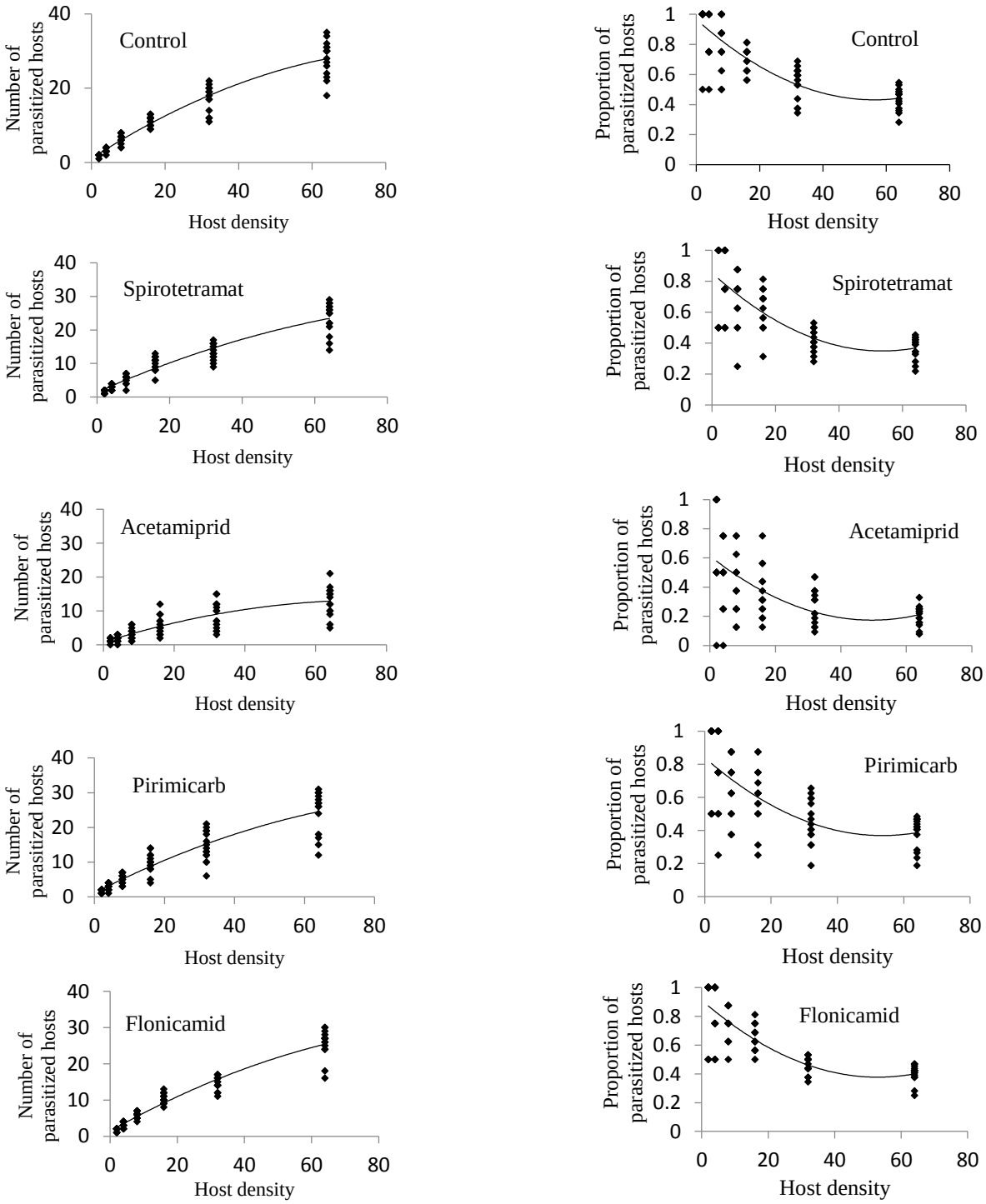
Insecticides	Relative potency	95% Confidence interval of relative potency
Flonicamid *vs.* Acetamiprid	13.5	8.4-22.5*
Flonicamid *vs.* Pirimicarb	4	3.6-4.5*
Pirimicarb *vs.* Acetamiprid	3.6	2.4-5.7*

*Relative potency considered significant when its 95% confidence interval did not comprise the value 1.0 (Robertson *et al.*, 2007)

واکنش تابعی

منحنی‌های واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* نسبت به تغییرات تراکم پوره‌های سن سوم شته میزبان در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید در شکل ۱ نشان داده شده است. مقادیر منفی به‌دست آمده برای شیب قسمت خطی (P_1) منحنی درجه سه رگرسیون لجستیک نشان دهنده واکنش تابعی نوع دوم برای تیمارهای شاهد و حشره‌کش‌ها می‌باشد (جدول ۳ و شکل ۱). یعنی پارازیتوئید نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان خود به صورت وابسته به عکس تراکم عمل کرده است. در این وضعیت با افزایش تراکم میزبان نسبت تعداد میزبان‌های پارازیته شده به تعداد میزبان‌های اولیه به‌تدریج کاهش می‌یابد و منحنی حاصله در نهایت به صورت مجانب در می‌آید (شکل ۱).

مدل‌های واکنش تابعی می‌توانند ابزاری برای دستیابی به اثرات ترکیبات شیمیایی روی کارایی کاوشگری گونه‌های حشرات مفید به منظور توصیه یا عدم توصیه حشره‌کش‌ها در برنامه های IPM باشند (Martinou and Slavrinides, 2015). طبق نتایج، غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید، نوع واکنش تابعی زنبور *L. fabarum* را نسبت به تیمار شاهد تغییر نداد. عدم تغییر در نوع واکنش تابعی پارازیتوئیدهای تیمار شده با حشره‌کش‌ها، توسط برخی محققین گزارش شده است. برای مثال، حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید و پیریمیکارب، نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *A. matricariae* (Amini Jam *et al.*, 2012) و حشره‌کش‌های تیامتوکسام و پیریمیکارب، نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *D. rapae* (Rezaei *et al.*, 2014) را نسبت به تیمار شاهد تغییر ندادند. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، سهرابی و همکاران (Sohrabi *et al.*, 2012) نیز در بررسی اثر حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید و بوپروفزین روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Encarsia inaron* (Walker)، گزارش نمودند که حشره‌کش‌های مذکور باعث تغییر در نوع واکنش تابعی نسبت به‌تیمار شاهد نشدند. همچنین صابر و همکاران (Saber *et al.*, 2002) تغییری در نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trissolcus semistriatus* (Nees) تیمار شده با حشره‌کش‌های فنیتروتیون و دلتامترین گزارش نکردند.



شکل ۱- واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم شته *Aphis fabae* در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید. نمودار چپ: تعداد میزبان‌های پارازیته شده. نمودار راست: نسبت میزبان‌های پارازیته شده

Figure 1. Functional response of *Lysiphlebus fabarum* at different densities of third instar nymphs of *Aphis fabae* in control, spirotetramat, acetamiprid, pirimicarb,and flonicamid treatments. Left: number of parasitized hosts. Right: proportion of parasitized hosts

جدول ۳- نتایج حاصل از برازش رگرسیون لجستیک نسبت میزبان پارازیته شده توسط زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* بر تعداد اولیه میزبان در تیمارهای مختلف

Table 3. Results of logistic regressions analysis of the proportion of host parasitized versus host density by *Lysiphlebus fabarum* at different treatments.

Treatment	Coefficient	Estimate	SE	Chi-squared value	*P*-value
Control	Constant (P_0)	2.525	0.442	32.65	< 0.0001
	Linear (P_1)	-0.157	0.061	6.61	0.01
	Quadratic (P_2)	0.003	0.002	2.47	0.12
	Cubic (P_3)	-0.00003	0.00002	1.53	0.22
Spirotetramat	Constant (P_0)	1.438	0.352	16.62	< 0.0001
	Linear (P_1)	-0.063	0.052	1.48	0.22
	Quadratic (P_2)	3.630	0.002	0.00	0.99
	Cubic (P_3)	-7.818	0.00002	0.18	0.68
Acetamiprid	Constant (P_0)	0.504	0.308	2.67	0.10
	Linear (P_1)	-0.113	0.048	5.64	0.02
	Quadratic (P_2)	0.003	0.002	2.60	0.11
	Cubic (P_3)	-0.00003	0.00002	1.98	0.16
Pirimicarb	Constant (P_0)	1.503	0.352	18.28	< 0.0001
	Linear (P_1)	-0.089	0.051	3.07	0.08
	Quadratic (P_2)	0.001	0.002	0.55	0.46
	Cubic (P_3)	-7.560	0.00002	0.17	0.68
Flonicamid	Constant (P_0)	1.938	0.387	24.97	< 0.0001
	Linear (P_1)	-0.105	0.055	3.68	0.06
	Quadratic (P_2)	0.001	0.002	0.49	0.48
	Cubic (P_3)	-5.410	0.00002	0.08	0.78

مقادیر قدرت جستجو وزمان دستیابی در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج مقایسه پارامترهای واکنش تابعی توسط معادله (۳) در جدول ۵ نشان داده شده است. در صورتی که حدود اطمینان ۹۵٪ برای D_a و D_{Th} صفر را شامل نشود، نشان‌دهنده این است که اختلاف معنی‌داری در قدرت جستجوگری و زمان دستیابی بین دو تیمار وجود دارد، در حالی‌که، حدود اطمینان صفر را شامل شود تفاوت معنی‌داری در پارامترهای مذکور بین دو تیمار وجود ندارد (Juliano, 2001). بر این اساس، میزان قدرت جستجو و زمان دستیابی در تیمار استامی‌پرید نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند، در صورتی‌که در تیمارهای اسپیروتترامات، پیریمیکارب و فلونیکامید پارامترهای واکنش تابعی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). مقایسه پارامترهای مذکور در تیمارهای حشره‌کش‌ها نشان داد که قدرت جستجو و زمان دستیابی در زنبورهای پارازیتوئید تیمار شده با حشره‌کش استامی‌پرید نسبت به سایر تیمارهای حشره‌کش‌ها به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری کمتر و بیشتر است. زمان دستیابی مدت زمانی است که یک پارازیتوئید برای یافتن و پارازیته کردن میزبان، تمیز کردن خود و استراحت صرف می‌کند (Holling, 1959). افزایش این پارامتر در تیمار استامی‌پرید می‌تواند به‌دلیل تاثیر حشره‌کش مذکور روی طولانی شدن هر یک از مراحل ذکر شده باشد که در نهایت منجر به کاهش پارازیتیسم و کارایی زنبور پارازیتوئید می‌شود.

جدول ۴- پارامترهای واکنش تابعی تخمین زده شده برای زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* در تیمارهای مختلف

Table 4. Estimated parameters of functional response for *L. fabarum* to different treatments.

Treatment	a (h^{-1}) (Asymptotic 95% CI)	T_h (h) (Asymptotic 95% CI)	T/T_h	r^2
Control	0.0689 ± 0.01 (0.0492-0.0886)	0.4322 ± 0.04 (0.345-0.519)	55.55	0.97
Acetamiprid	0.0272 ± 0.06 (0.0162-0.0382)	1.1004 ± 0.18 (0.7481-1.4526)	21.82	0.85
Spirotetramat	0.0480 ± 0.01 (0.0350-0.0611)	0.5148 ± 0.06 (0.3946-0.6350)	46.60	0.96
Flonicamid	0.0532 ± 0.01 (0.0413-0.0650)	0.4601 ±0.04 (0.3724-0.5479)	52.17	0.97
Pirimicarb	0.0475±0.01 (0.0312-0.0637)	0.4558±0.08 (0.3062-0.6054)	52.65	0.93

a: Attack rate, T_h: handling time, T/T_h: maximum attack rate.

جدول ۵- پارامترهای تخمین زده شده برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی زنبور *Lysiphlebus fabarum* بین تیمارهای مختلف

Table 5. Estimated parameters for comparing functional response parameters between different treatments for *Lysiphlebus fabarum*

Treatment	Parameter	Estimate	Asymptotic SE	Asymptotic 95% CI	
				Lower	Upper
Control *vs.* Acetamiprid	D_a [a]	-0.042	0.01	-0.065	-0.019
	D_{Th} [b]	0.668	0.18	0.318	1.018
Control *vs.* Spirotetramat	D_a	0.021	0.01	-0.043	0.001
	D_{Th}	0.088	0.07	-0.050	0.226
Control *vs.* Pirimicarb	D_a	-0.022	0.01	-0.048	0.006
	D_{Th}	0.024	0.08	-0.142	0.189
Control *vs.* Flonicamid	D_a	-0.016	0.01	-0.037	0.005
	D_{Th}	0.033	0.06	-0.082	0.149
Pirimicarb *vs.* Acetamiprid	D_a [a]	0.020	0.01	0.001	0.039
	D_{Th} [b]	-0.644	0.21	-1.059	-0.230
Pirimicarb *vs.* Spirotetramat	D_a	0.001	0.01	-0.020	0.021
	D_{Th}	0.059	0.09	-0.133	0.251
Pirimicarb *vs.* Flonicamid	D_a	0.006	0.01	-0.015	0.026
	D_{Th}	0.004	0.08	-0.017	0.174
Flonicamid *vs.* Acetamiprid	D_a [a]	-0.026	0.01	-0.042	-0.01
	D_{Th} [b]	0.640	0.17	0.311	0.969
Spirotetramat *vs.* Acetamiprid	D_a	-0.021	0.01	-0.038	-0.004
	D_{Th}	0.586	0.18	0.226	0.944
Spirotetramat *vs.* Flonicamid	D_a [a]	0.005	0.01	-0.013	0.023
	D_{Th} [b]	-0.055	0.07	-0.201	0.091

[a] D_a: indicator variable estimates the differences between the treatments in the value of the parameter *a*

[b] D_{Th}: indicator variable estimates the differences between the treatments in the value of the parameter T_h

رفتارهایی نظیر جهت‌یابی و کاوشگری از قبیل پیدا کردن میزبان و تخم‌ریزی دشمنان طبیعی به‌طور عمده به سیستم عصبی آن‌ها وابسته است که این موضوع توسط حشره‌کش‌های عصبی با نحوه‌های عمل مختلف، تحت تاثیر قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر اختلال در رفتار کاوشگری پارازیتوئیدها بستگی به نحوه عمل حشره‌کش‌ها و سطح در معرض قرارگیری حشره دارد (Desneux *et al.*, 2004). تاثیر منفی استامی‌پرید روی پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* می‌تواند به‌دلیل تاثیر سوء این حشره‌کش روی سیستم عصبی پارازیتوئید باشد. تاثیر منفی حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی روی دشمنان طبیعی و موجودات غیرهدف دیگر به اثبات رسیده است (Al-Antary *et al.*, 2010; Amini Jam *et al.*, 2012; Sanchez-Bayo *et al.*, 2013; Rezaei *et al.*, 2014). برای مثال، پارامترهای واکنش تابعی زنبور *A. matricariae* در معرض قرار گرفته با ایمیداکلوپرید (Amini Jam *et al.*, 2012) و زنبور *D. rapae* تیمار شده با تیامتوکسام (Rezaei *et al.*, 2014) به‌طور منفی تحت تاثیر قرار گرفتند.

برخلاف نتایج پژوهش حاضر، غلظت زیرکشنده حشره‌کش ایمیداکلوپرید، پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی زنبور پارازیتوئید *E. inaron* را نسبت به تیمار شاهد تغییر نداده است (Sohrabi *et al.*, 2012). البته شرایط مختلف آزمایشگاهی، گونه متفاوت زنبور پارازیتوئید، آفت میزبان، حساسیت متفاوت پارازیتوئید به آفت‌کش، غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌های مورد بررسی و پهنه آزمایش می‌تواند در تفاوت نتایج به‌دست آمده در بررسی‌های مختلف موثر باشند.

حشره‌کش‌های اسپیروتترامات و فلونیکامید از جمله حشره‌کش‌های جدید و انتخابی هستند که نقش خوبی در کنترل شته‌ها دارند (Jansen *et al.*, 2011). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که حشره‌کش‌های مزبور واکنش رفتاری بالغین پارازیتوئید *L. fabarum* را تحت تاثیر قرار ندادند. ولی باتوجه به اینکه این حشره‌کش‌ها سیستمیک هستند، بررسی حساسیت مراحل نابالغ پارازیتوئید در بدن شته و همین‌طور بررسی واکنش‌های رفتاری پارازیتوئیدهای ظهور یافته از شته‌های تیمار شده با حشره‌کش‌ها می‌توانند اطلاعات کامل‌تری را درباره اثرات آن‌ها روی زنبور پارازیتوئید فراهم کنند. قابل ذکر است که پارازیتوئید *L. fabarum* برای پیدا کردن شته‌های میزبان خود، به‌طور عمده روی سطح شاخ و برگ گیاهان قدم می‌زند و به‌ندرت پرواز می‌کند. در این‌صورت بیشتر در معرض باقی‌مانده آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرد (Sabahi *et al.*, 2011). بنابراین حشره‌کش‌هایی که پایداری چندانی روی سطح گیاهان ندارند می‌توانند در تلفیق با پارازیتوئید به منظور کنترل شته‌ها مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به اثرات سوء استامی‌پرید روی *L. fabarum*،کاربرد این حشره‌کش در زمان حضور جمعیت طبیعی یا رهایی اشباعی پارازیتوئید توصیه نمی‌شود.

نسبت زمان آزمایش به زمان دستیابی (T/T_h) نشان دهنده حداکثر پارازیتیسم یا حداکثر نرخ حمله می‌باشد، که این مقدار در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات، استامی‌پرید، پیریمیکارب و فلونیکامید به‌ترتیب ۵۵/۵۳، ۴۶/۶۰، ۲۱/۸۱، ۵۲/۶۵ و ۵۲/۱۷ پوره میزبان بود (جدول ۴). نتایج نشان دهنده تاثیر سوء استامی‌پرید روی حداکثر نرخ حمله پارازیتوئید است. به‌عبارت دیگر کارایی پارازیتیسم در تیمار شاهد ۲/۵۵ برابر بیشتر از استامی‌پرید بود. در مطالعه حاضر، اثر حشره‌کش‌ها روی پارازیتوئید تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی انجام شد. اگرچه در شرایط نیمه مزرعه‌ای و مزرعه‌ای، دشمنان طبیعی با شرایط ناپایدار و متغییری مواجه می‌شوند. بنابراین انجام بررسی‌هایی درمورد اثرات جانبی حشره‌کش‌ها روی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* و سایر دشمنان طبیعی شته سیاه باقلا *A. fabae* در شرایط مزرعه‌ای علاوه بر شرایط آزمایشگاهی پیشنهاد می‌شود.

طبق نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر، سمیت حشره‌کش‌های اسپیروتترامات و فلونیکامید در مقایسه با استامی‌پرید و پیریمیکارب به‌طور معنی‌داری کمتر بود. علاوه بر آن، حشره‌کش‌های اسپیروتترامات، پیریمیکارب و فلونیکامید تاثیر منفی و سوئی روی پارامترهای واکنش

تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* از قبیل قدرت جستجو، زمان دستیابی و حداکثر نرخ حمله در شرایط آزمایشگاهی نداشتند. بنابراین حشره‌کش‌های مزبور می‌توانند در کنترل شته سیاه باقلا در تلفیق با پارازیتوئید *L. fabarum* مورد استفاده قرار گیرند.

References

Amini Jam, N., Kocheyli, F., Mossadegh, M. S., Rasekh, A. and Saber, M. 2012. Effect of imidacloprid and pirimicarb on functional response of *Aphidius matricariae* Haliday (Hym., Braconidae) under laboratory conditions. **Plant Pests Research** 2(3): 52-61. (in Farsi).

Abedi, Z., Saber, M., Gharekhani, G., Mehrvar, A. and Mahdavi, V. 2012. Effects of azadirachtin, cypermetrin, methoxyfenozide and pyridalil on functional response of *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae). **Journal of Plant Protection Research** 52(3): 353-358.

Al Antary, T. M., Ateyyat, M. A. and Abussamin, B. M. 2010. Toxicity of certain insecticides to the parasitoid *Diaeretiella rapae* (M´Intosh) (Hymenoptera: Aphidiidae) and its host, the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences** 4(6): 994-1000.

Bacci, L., Crespo, A. L. b., Galvan, T. L., Pereira, E. J. G., Picanco, M. C., Silva, G. A. and Chediak, M. 2007. Toxicity of insecticides to the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. **Pest Management Science** 63(7): 699-706.

Baghery-Matin, Sh., Sahragard, A. and Rasoolian, G. 2005. Some behavioural characteristics of *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Aphidiidae) parasiting *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. **Journal of Entomology** 20: 64- 68.

Croft, B. A. 1990.Arthropod Biological Control Agent and Pesticides.John Willey and Sons. New York, USA.

Dashti, H. 2010. Investigation of some aphicides on functional response of *Diaeretiella rapae* (M´Intosh) (Hym.: Braconidae) on *Schizaphis granarium* (Rondani) (Hem.: Aphididae). Msc., thesis. The University of Tehran. (in Farsi)

Desneux, N., Decourtye, A. and Delpuech, J. M. 2007.The Sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods.**Annual Review of Entomology** 52: 81-106.

Desneux, N., Rafalimanana, H. and Kaiser, L. 2004. Dose–response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. **Chemosphere** 54: 619-627.

Faal-Mohammad-Ali, H., Seraj, A. A., Talebi Jahromi, K., Shishehbor, P. and Mossadegh, M. S. 2010. The effect of sublethal concentration of chlorpyrifos and fenproparthin on functional response of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in larval and pupal stages. Proceedings of 19th Iranian Plant Protection Congress.31 July-3 August, Iran. pp. 236.

Fanigliulo, A., Filì, V., Pacella, R., Comes, S. and Crescenzi, A. 2009. Teppeki, selective insecticide about *Bombus terrestris*.**Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences** 74(2): 407-10.

Fooladi, M., Golmohammadi, G. and Ghajarieh, H. 2015. Lethal and sublethal effects of insecticides azadirachtin, flonicamid, thiacloprid and thiocyclam on parasitoid wasp *Habrobracon hebetor*. **Biocontrol in Plant Protection** 3(1): 9-18. (in Farsi)

Golmohammadi, G. R. 2015. To study the effect of imidacloprid (SC350) on parasitoid wasp *Aphidius colemani* Viereck under laboratory conditions. **Pesticides in Plant Protection Sciences** 2(1): 44-51. (in Farsi).

Holling, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism.**The Canadian Entomologist** 91: 385-398.

Kheradmand, K., Khosravian, M. and Shahrokhi, S. 2012. Side effect of four insecticides on demographic statistics of aphid parasitoid, *Diaeretiella rapae* (M´Intosh) (Hym., Braconidae). **Annals of Biological research** 3(7): 3340-3345.

Jansen, J.P., Defrance, T. and Warnier, A.M. 2011. Side effects of flonicamid and pymetrozine on five aphid natural enemy species.**BioControl** 56: 759-770.

Jervis, M. A. and Kidd, N. A. C. 1996. Insect Natural Enemies, Practical Approaches to Their Study and Evaluation (1st ed.). Chapman and Hall.

Jones, D. B., Giles, K. L., Berberet, R. C., Royer, T. A., Elliott, N. C. and Payton, M. E. 2003. Functional response of an introduced parasitoid and an indigenous on green bug at four temperatures. **Environmental Entomology** 32: 425-432.

Juliano, S. A. 2001. Nonlinear curve fitting: Predation and functional response curves. In Scheiner, S. M. and Gurevitch, J. (Eds.). Design and Analysis of Ecological Experiments (2nd ed.) Oxford University Press, New York, USA. pp. 178-196.

LeOra Software, 1987. POLO-PC: A users guide to probit or logit analysis. LeOra Software, Berkeley.

Luck, R. F. 1985.Principles of arthropod predation. In: Huffaker, C.B. and Rabb, R. L. (Eds.). Ecological Entomology.Wiley, New York. pp: 497-530.

Mansour, R., Suma, P., Mazzeo, G., Lebdi, K. G. and Russo, A. 2011.Evaluation side effects of newer insecticides on the vine mealybug parasitoid *Anagyrus sp. near pseudococci*, with implications for integrated pest management in vinyards. **Phytoparasiticia** 39: 369-376.

Martinou, A. F. and Stavrinides, M. C. 2015. Effects of sublethal concentrations of insecticides on the functional response of two mirid generalist predators. **PLOS ONE** 10 (12): e0144413. Doi: 10.1371/journal.pone.0144413.

Messing, R. and Croft, B. A. 1990. Sublethal influences. In: Croft, B.A. (Ed.), Arthropod biological control agents and pesticides. Jon Willey and Sons.Newyork. pp. 157-183.

Miller. N.S. and Denholm, I. 2007.Nicotinic acetylcholine receptors: targets for commercially important insecticides**. Invertebrate Neuroscience 7** (1): 53-66.

Mossadegh, M. S., Stary, P. and Salehipour, H. 2011. Aphid parasitoids in dry lowland area of Khuzestan, Iran (Hym.; Braconidae, Aphidiinae). **Asian Journal of Biological Science** 4(2): 175-181.

Nauen, R., Reckmann, U., Thomzik, J. and Thielert, W. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento®), a new two ways systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. **Bayer Cropscience Journal** 61: 245-275.

Nemec, V. and Stary, P. 1985.Population diversity in deuterotokous *Lysiphlebus* species, parasitoids of aphids (Hymenoptera, Aphidiidae). **Acta Entomologica Bohemoslovaca** 82: 170–174.

Nuessly, G. S., Hentz, M. G., Beiriger, R. and Scully, B. T. 2004. Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. **Florida Entomologist** 87: 204–211.

Rafiee Dastjerdi, H., Hejazi, M. J., Ganbalani, G. N. 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.

Rakhshani, E., Stary, P. and Tomanovic, Z. 2013.Tritrophic associations and taxonomic notes on *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae), a keystone aphid parasitoid in Iran. **Archives of Biological Sciences** 65: 667–680.

Rasekh, A., Kharazi-Pakdel, A., Michaud, J. P., Allahyari, H. and Rakhshani, E.2009. Report of a thelytokous population of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hymenoptera: Aphidiidae) from Iran. **Journal of Entomological Society of Iran** 30: 83-84.

Rezaei, N., Kocheyli, F., Mossadegh, M. S., Talebi Jahromi, K. and Kavousi, A. 2014. Effects of sublethal doses of thiamethoxam and pirimicarb on functional response of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoid of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Crop protection** 3(4): 467-477.

Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K. and Savin, N.E. 2007. Bioassays with arthropods (2nded.). Boca Raton, CRC Press.

Rogers, D. 1972. Random search and insect population models. **Journal of Animal Ecology** 41: 369-383.

Sabahi, Q., Rasekh, A. and Michaud, J.P. 2011. Toxicity of three insecticides to *Lysiphlebus fabarum*, a parasitoid of the black bean aphid *Ahis fabae*. **Journal of Insect Science** 11: 104-112.

Sabelis, M. W. 1992. Predatory arthropods. In: Crawley, M.L. (Ed.). Natural Enemies: The population biology of predators, parasites and diseases. Blackwell, Oxford, U.K. pp: 225-264.

Saber, M., Hejazi, M. J. and Sheykhi, A. 2002. Effect of sublethal concentration of fenitrothion and deltametrin on functional response of *Trissolcus semistriatus* (Hymenoptera: Scelionidae). Proceeding of 15th Iranian Plant Protection Congress.7-11 September, Iran.pp. 13.

Sanchez-Bayo, F., Tennekes, H. A. and Goka, K. 2013. Impact of Systemic Insecticides on Organisms and Ecosystems: In: Tradan, S., (Ed.). Insecticides-Development of Safer and More Effective Technologies: 367-416. Publish with InTech.

SAS Institute. 2003. The SAS system for Windows, Release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. and Mossadegh, M. S. 2012. Effect of sublethal concentration of buprofezin and imidacloprid on functional response of *Encarsia inaron* (Walker) (Hymenoptera: Aphelinidae). **Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)** 35(1): 25-34. (in Farsi).

Stara, J., Ourednickova, J. and Kocourek, F. 2011. Laboratory evaluation of the side effects of insecticides on *Aphidius colemani* (Hym.: Aphidiidae), *Aphidoletes aphidimyza* (Dip.: Cecidomyiidae), and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseidae). **Journal Pest Science** 84 (1): 25-31.

Stary, P.1986. Specificity of parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae) to the black bean aphid *Aphis fabae* complex in agrosystems. **Acta Entomologica Bohemoslovaca** 83:24–29.

Stary, P., Lyon, J. P. and Leclant, F. 1988. Biocontrol of aphids by introduced *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym.: Braconidae) in Mediterranean France. **Journal of Applied Entomology** 105: 74-78.

Stary, P., Remaudiere, D., Gonzalez, D. and Shahrokhi, S. 2001. A review and host association of aphid parasitoid (Hym.: Braconidae, Aphidiinae) of Iran. **Parasitica** 56 (1): 15-41.

Tahriri, S., Talebi, A. A., Fathipour, Y. and Zamani, A. 2007. Host stage preference, functional response of *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae: Aphidiinae) on *Aphis fabae* (Hom.: Aphididae). **Entomological Science** 10: 323-331.

Talebi-Jahromi, K. 2007.Pesticide Toxicology. University of Tehran Publication, Tehran (In Farsi).

Tremblay, E. 1964.Research on parasitic Hymenoptera.**Bollettino del Laboratoria di Entomologia Agraria " Fillippo Silvestri "** 22: 1-122.

Vanaclocha, P., Vidal-Quist, C., Oheix, X.S., Monton, H., Planes, L., Catalan, J., Tena, A., Verda, M. J. and Urbaneja, A. 2013. Acute toxicity in laboratory tests of fresh and aged residues of pesticides used in citrus on the parasitoid *Aphytis melinus*. **Journal of Pesticide Science** 86: 329-336.

Volkl, W. and Stechmann, D. H. 1998. Parasitism of black bean aphid (*Aphis fabae*) by *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Aphidiidae): the influence of host plant and habitat. **Journal of Applied Entomology** 122: 201-206.

Waage, J. k. 1990. Ecological theory and the selection of biological control agents. In: Mackauer, M., Ehler, L. E. and Roland, J. (Eds.). Critical Issues in Biological control. Intercept press, Andover. Pp. 135-157.

Wright, D. J. and Verkert, R.H.J. 1995. Integration of chemical and biological systems for arthropods; evaluation in multitrophic context. **Pesticides Sciences** 44: 207-218.

Yu, D.S., Van Achterberg, C. and Horstmann, K. 2013. World Ichneumonoidea 2011.Taxonomy, Biology, Morphology and Distribution. Taxapad (Scientific Names for Information Managment), Interactive Catalogue, Ottawa Avilable on. www.taxapad.com.

Zamani, A. A., Talebi, A. A., Fathipour, Y. and Baniameri, V. 2006. Temperature-dependent functional response of two aphid parasitoids, *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae), on the cotton aphid. **Journal of pest Science** 79: 183-188.

Plant Pest Research
2018- 8(2): 67-81

Effects of spirotetramat, acetamiprid, pirimicarb and flonicamid on parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym.: Braconidae) under laboratory conditions

N. Amini Jam[1*] and S. Kabiri Dehkordi[2]
1-Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran, 2- Department of Plant Protection, University of Tehran, Karadj, Iran

(Received: July 24, 2018 - Accepted: September 9, 2018)

Abstract

It is necessary to investigate side effects of insecticides on natural enemies of pests. In this study, toxicity of spirotetramat, acetamiprid, pirimicarb and flonicamid was investigated on parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall). Furthermore, sublethal effect of the insecticides were evaluated on the functional response of the parasitoid to densities of 2, 4, 8, 16, 32 and 64 of third instar nymphs of *Aphis fabae* Scopoli under laboratory conditions. Residual bioassay method was used to determine the toxicity of the insecticides on parasitoid adults. For functional response assay, mated females (< 12 h old) were exposed to LC_{25} of mentioned insecticides and distilled water as control in glass tube. Experiments were conducted in 15 replicates. The LC_{50} values of acetamiprid, pirimicarb and flonicamid were 22.5, 75.6 and 302.1 ppm, respectively. The mortality was 16% at three times the field rate (500 ppm) of spirotetramat. Functional response on control and insecticides treatments fitted the type II. Attack rate (a) in control, spirotetramat, acetamiprid, pirimicarb and flonicamid treatments were estimated 0.0689±0.01, 0.0480±0.01, 0.0272±0.06, 0.0475±0.01 and 0.0532±0.01 h^{-1} and handling time (T_h) were 0.4322±0.04, 0.5148±0.06, 1.1004±0.18, 0.4558±0.08 and 0.4601±0.04 h, respectively. The results indicated that spirotetramat, flonicamid and pirimicarb had lower side effects on *L. fabarum* in comparison with acetamiprid and they are suitable candidates for controlling *A. fabae* in combination with *L. fabarum*.

Key words: Sublethal effect, broad bean aphid, attack rate, handling time

*Corresponding author: naminijam@jsu.ac.ir