تحقیقات آفات گیاهی
۲۸-۱۳ :(۴) ۷- ۱۳۹۶

اثر حشره‌کش‌های گیاهی دایابون® و پالیزین® روی شته *Aphis fabae* Scopoli (Hem.: Aphididae) و واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید آن *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym.: Braconidae)

ندا امینی‌جم*[۱]

۱- گروه علوم پایه، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۲)

چکیده

حشره‌کش‌های گیاهی یکی از ابزارهای مدیریت تلفیقی آفات هستند و بررسی اثر آنها روی آفات و اثرات جانبی‌شان روی دشمنان طبیعی آفات ضروری به‌نظر می‌رسد. در این پژوهش، سمیت دو حشره‌کش گیاهی دایابون® و پالیزین® روی پوره‌های سن سوم و بالغین شته *Aphis fabae* Scopoli و مرحله شفیرگی زنبور پارازیتوئید آن، *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) مورد بررسی قرار گرفت. به‌علاوه، اثر حشره‌کش‌های مذکور روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید ارزیابی شد. همه آزمایش‌ها در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. میزان LC_{50} حشره‌کش‌های دایابون® و پالیزین® روی پوره‌های سن سوم *A. fabae*، به‌ترتیب ۷۵۰/۲ و ۶۳۶/۳ پی‌پی‌ام بود. مقادیر LC_{50} حشره‌کش‌ها برای بالغین به‌ترتیب ۱۳۰۲/۰۴ و ۱۰۶۲/۸ پی‌پی‌ام بود. میانگین نرخ ظهور زنبورهای پارازیتوئید بالغ به‌ترتیب ۲/۰۳ ± ۹۱/۳۳، ۳/۲ ± ۸۶/۰۸ و ۲/۵۵ ± ۸۹/۷۴ درصد برای تیمارهای شاهد، دایابون® و پالیزین® بود. حشره‌کش‌ها زادآوری زنبورهای ماده بقا یافته را در مقایسه با شاهد، تحت تاثیر قرار ندادند ($P >$ ۰/۰۵). براساس استاندارد سازمان بین‌المللی برای کنترل بیولوژیک (IOBC)، دایابون® و پالیزین® در گروه حشره‌کش‌های بی‌زیان قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در همه تیمارها واکنش تابعی از نوع دوم است. قدرت جستجوگری (a) زنبور *L. fabarum* در تیمارهای شاهد، دایابون® و پالیزین® به‌ترتیب ۰/۰۷۵، ۰/۰۵۰ و ۰/۰۵۶ (بر ساعت) و زمان دستیابی (T_h) ۰/۴۵۹، ۰/۵۱۵ و ۰/۴۸۲ ساعت بود. اختلاف معنی‌داری در پارامترهای واکنش تابعی بین تیمارهای حشره‌کش‌ها و شاهد مشاهده نشد. نتایج به‌دست آمده، نشان داد که حشره‌کش‌های دایابون® و پالیزین® گزینه‌های مناسبی برای کنترل شته سیاه باقلا در تلفیق با زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* هستند.

واژه‌های کلیدی: سمیت، شته سیاه باقلا، قدرت جستجوگری، زمان دستیابی

*نویسنده مسئول: naminijam@jsu.ac.ir

مقدمه

شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli (Hemi.: Aphididae) گونه‌ای چندخوار و دارای پراکنش جهانی است و به بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی از جمله چغندرقند و باقلا خسارت وارد می‌کند (Blackman and Eastop, 1984; Volkl and Stechmann, 1998). این آفت به‌طور مستقیم با مکیدن شیره گیاهی و یا به‌طور غیرمستقیم توسط انتقال ویروس‌های گیاهی، دفع عسلک و اختلال در فتوسنتز به گیاهان خسارت می‌زند، که در نهایت ممکن است باعث کاهش عملکرد محصول و مرگ کل گیاه شود (Volkl and Stechmann, 1998).

یکی از مهم‌ترین زنبورهای پارازیتوئید شته سیاه باقلا، گونه *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym.: Braconidae) است. این پارازیتوئید توانایی کاهش شدید جمعیت آفت را دارا بوده و در کنترل بیولژیک آن از عوامل موثر محسوب می‌شود (Volkl and Stechmann, 1998). زنبور مذکور به طور وسیع در نواحی پالئارکتیک انتشار داشته و از کشورهای مختلف گزارش شده که نشان‌دهنده وسعت این گونه در جهان می‌باشد (Tremblay, 1980). این زنبور دارای دو نژاد با تولیدمثل جنسی[1] و غیر جنسی (ماده‌زا[2]) بوده و نژاد جنسی آن از مناطق شمالی و جنوبی ایران (Bagheri-Matin *et al.*, 2005; Mossadegh *et al.*, 2011) و نژاد غیرجنسی آن از شهر زنجان (Rasekh *et al.*, 2011) گزارش شده است.

استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی و غیرانتخابی می‌تواند باعث طغیان مجدد آفت هدف، شیوع آفات ثانویه، توسعه مقاومت به حشره‌کش‌ها در آفت هدف و اثرات نامطلوب بر دشمنان طبیعی آفات شود (Hardin *et al.*, 1995). علاوه بر آن، باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی می‌تواند باعث افزایش بروز بیماری‌ها در انسان شود (Fitriasari and Prijono, 2009). یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی، به‌کارگیری حشره‌کش‌هایی با منشا گیاهی است. این ترکیبات به‌دلیل موثر بودن روی آفات، عدم سمیت یا سمیت کم برای موجودات غیرهدف از جمله دشمنان طبیعی آفات و توانایی تجزیه‌پذیری در محیط زیست، می‌توانند در تلفیق با کنترل بیولژیک، در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات[3] (IPM) مورد استفاده قرار گیرند (Tremblay *et al.*, 2008). با این حال بررسی اثرات احتمالی فرمولاسیون‌های جدید حشره‌کش‌های گیاهی روی دشمنان طبیعی ضروری به‌نظر می‌رسد.

دایابون® یک آفت‌کش گیاهی جدید و زیست‌سازگار است که از روغن کرچک تهیه شده است (Rezaei *et al.*, 2016; Rezaeian *et al.*, 2015). صابون حشره‌کش پالیزین® (۵ ± ۶۵ درصد روغن نارگیل) ترکیبی با منشا گیاهی و دارای ماده موثره روغن نارگیل است که با عصاره اکالیپتوس مخلوط شده است (Baniameri, 2008).

رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2016) اثر دایابون® را روی مراحل نابالغ (پوره‌های سن دوم و سوم) شته جالیز و زنبور پارازیتوئید آن *Aphidius* spp. مورد بررسی قرار دادند. مقدار LC_{50} سمیت تماسی دایابون® روی شته ۱۵۰۱/۵ پی‌پی‌ام گزارش شد. تلفات شته‌های مومیایی شده بعد از محلول‌پاشی با آفت‌کش، با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشته است.

سمیت صابون‌های حشره‌کش M-Pede® و Safer® روی شته سبز هلو *Myzus persicae* (Edelson *et al.*, 2002; Fournier and Brodeur, 2000) و پالیزین® روی شته جالیز *A. gossypii* (Baniameri, 2008; Amini Jam, 2013) توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج آن‌ها نشان‌دهنده تاثیر مناسب صابون‌های حشره‌کش در کنترل شته‌ها است.

یکی از ویژگی‌های مهم بیولوژیکی زنبورهای پارازیتوئید، واکنش آن‌ها نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان است به‌عبارت دیگر، واکنش تابعی به‌عنوان رابطه بین تعداد میزبان مورد حمله و تراکم میزبان، توسط یک دشمن

1. Sexual reproduction
2. Asexual reproduction (Thelytokous)
3. Integrated Pest Management

طبیعی و در یک واحد زمانی مشخص، تعریف می‌شود (Holling 1959; McCaffery and Horsburgh, 1986). این ارتباط می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلف از جمله اثر زیرکشنده آفت‌کش‌ها تغییر نموده و روی کارایی یک پارازیتوئید در کنترل میزبان خود تاثیر بگذارد (Abedi *et al.*, 2012). در زمینه بررسی اثرات زیرکشنده آفت-کش‌های شیمیایی روی زنبورهای پارازیتوئید آفات (Saber *et al.*, 2002; Desneux *et al.*, 2005; Dashti, 2010; Faal Mohammad Ali *et al.*, 2010; Abedi *et al.*, 2012; Sohrabi, *et al.*, 2012; Amini Jam, 2013; Rezaei *et al.*, 2014) بررسی-هایی صورت گرفته است، هر چند در مورد اثرحشره‌کش-های گیاهی روی واکنش تابعی زنبورهای پارازیتوئید شته‌ها بررسی‌های چندانی انجام نشده است. در زمینه سمیت حشره‌کش‌های گیاهی نیز روی زنبورهای پارازیتوئید پژوهش‌هایی انجام شده است (Tang *et al.*, 2002; Tremblay *et al.*, 2008; Amini Jam, 2013; Almasi *et al.*, 2016; Rezaei *et al.*, 2016). برای مثال ترمبلی و همکاران (Tremblay *et al.*, 2008) با روش کاربرد موضعی، سمیت تماسی یک صابون حشره-کش را روی مرحله بالغ زنبور پارازیتوئید *Aphidius colemani* Viereck مورد بررسی قرار دادند، نتایج این محققین نشان داد که صابون مذکور در غلظت ۲۷۵۰ پی‌پی-ام ۵۰ درصد حشرات بالغ پارازیتوئید مذکور را از بین می-برد.

باتوجه به اینکه تاکنون روی سمیت حشره‌کش‌های گیاهی جدید دایابون® و صابون پالیزین® روی شته *A. fabae* با روش غوطه‌وری برگ حاوی شته و به‌علاوه اثر حشره‌کش‌های مذکور روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* بررسی انجام نشده است، این پژوهش طراحی شد تا تاثیر حشره‌کش‌های مذکور در کنترل شته و همچنین سازگار بودن آنها با زنبور پارازیتوئید شته سیاه باقلا، ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

پرورش شته و زنبور پارازیتوئید در آزمایشگاه

برای تهیه کلنی شته سیاه باقلا، نمونه‌هایی از جمعیت *A. fabae* از یک مزرعه باقلا در اهواز جمع‌آوری و پس از شناسایی گونه با استفاده از کلید شناسایی شته‌های ایران (Rezvani, 2001) تشکیل کلنی انجام شد.

روی هر بوته باقلا تعدادی شته بالغ بی‌بال *A. fabae* قرار داده شد. سپس گلدان‌ها درون یک قفس توری به ابعاد ۱۵۰×۷۵×۷۵ سانتی‌متر در شرایط اتاقک رشد در دمای ۱±۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی:روشنایی) نگه‌داری شدند. هر هفته یکبار بوته‌های باقلا سالم جدید در اختیار شته‌ها قرار داده می‌شد.

پس از جمع‌آوری شته‌های مومیایی شده *A. fabae* از یک مزرعه باقلا در اهواز و شناسایی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*، تعدادی از زنبورهای نر و ماده به‌کمک آسپیراتور جمع‌آوری شد و برای جفت‌گیری و تخم‌ریزی روی گیاهان باقلای دارای شته سیاه باقلا در قفس پرورش به ابعاد ۱۰۰×۵۰×۵۰سانتی‌متر، رها سازی شدند. پارازیتوئیدها در اتاقک رشد در شرایطی مشابه کلنی شته نگه‌داری شدند. به منظور تامین غذای مورد نیاز برای زنبورها تعدادی نوار روغنی با قطرات محلول آب و عسل (۳۰ درصد) آغشته شده و در قسمت‌های مختلف قفس قرار داده شدند. پارازیتوئید *L. fabarum* توسط کلید پارازیتوئیدهای شته‌ها در آسیای مرکزی (Stary, 1976a) و منطقه مدیترانه (Stary, 1976b) شناسایی شد.

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 ژرمیناتور 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 که تا مرحله سن سوم پورگی رشد نمایند.

برای هم‌سن‌سازی زنبورهای پارازیتوئید، حدود ۱۰۰ عدد پوره سن سوم شته (سن ترجیحی برای تخم‌گذاری زنبور پارازیتوئید) (Bagheri-Matin *et al*. 2005) روی گیاهچه‌های باقلا محصور در قفس استوانه‌ای شفاف با اندازه مذکور درون ژرمیناتور (شرایط ذکر شده در بالا) مستقر شدند.

تعداد ۱۰ جفت زنبور به مدت ۱۲ ساعت جهت تخم-ریزی درون قفس‌های مذکور رهاسازی شدند. سپس زنبورهای پارازیتوئید بالغ حذف شدند و ظروف پرورش تا زمان ایجاد شته‌های مومیایی شده در ژرمیناتور نگه‌داری شدند و بدین ترتیب مومیایی‌های هم سن برای انجام آزمایش‌ها فراهم شد.

حشره‌کش‌ها

حشره‌کش‌های مورد استفاده عبارت بودند از: حشره-کش گیاهی دایابون® (EC 20%) (شرکت نانوفناوران دایا، ایران) و صابون حشره‌کش پالیزن® (SL 65%) (شرکت کیمیا سبزآور، ایران).

اثرات کشندگی حشره‌کش‌ها روی شته

به‌منظور بررسی سمیت حشره‌کش‌های دایابون® و صابون پالیزین® روی شته *A. fabae*، از روش غوطه‌وری برگ حاوی شته استفاده شد (FAO, 1979). دامنه غلظت-های حشره‌کش دایابون® که باعث مرگ و میری معادل ۱۰ تا ۹۰ درصد در جمعیت مورد نظر شد، ۲۵۰۰-۷۵/۸۶ پی-پی‌ام برای پوره سن سوم و ۳۵۰۰-۲۳۹/۸۸ پی‌پی‌ام برای شته بالغ بود. دامنه غلظت‌های حشره‌کش پالیزین® ۲۴۰۰-۷۹/۴۳ برای پوره سن سوم و ۲۹۰۰-۱۲۵/۸۹ پی‌پی‌ام برای شته بالغ بود.

در مجموع ۵ غلظت برای هر ترکیب به‌کار برده شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر به‌همراه ۵۰۰ پی‌پی‌ام توئین ۲۰ استفاده شد. در روز آزمایش اصلی یک محلول پایه از هر حشره‌کش تهیه شده و سایر غلظت‌های سمی هر کدام با حجمی معادل ۱۰۰ میلی‌لیتر از این محلول پایه به‌دست آمدند. برای هر غلظت ۵ تکرار و در هر تکرار ۲۰ عدد شته (پوره سن سوم و شته بالغ) در نظر گرفته می‌شد. آزمایش‌ها در سه نوبت تکرار شدند.

دیسک‌های برگی باقلا حاوی شته به قطر ۴ سانتی‌متر در محلول حشره‌کش‌های دایابون® و صابون پالیزین® با غلظت مشخص، حدود ۵ ثانیه غوطه‌ور شدند. بعد از یک ساعت (جهت خشک شدن قطرات سم در سطح برگ‌ها و شته‌ها)، درون ظروف پتری به قطر ۶ و عمق ۱ سانتی‌متر که حاوی محیط کشت پایه (محلول آگار ۱/۲ درصد) بودند، قرار گرفتند. برای ایجاد تهویه کافی دو دریچه به قطر ۱/۲ سانتی‌متر روی درپوش آن‌ها ایجاد شد، که با توری ارگانزا محصور شدند.

پس از ۲۴ ساعت تعداد شته‌های مرده شمارش و براساس فرمول ابوت (Abbott, 1925) تصحیح شدند. شته‌هایی که بعد از تماس با یک سوزن هیچ حرکتی نداشتند، به‌عنوان مرده در نظر گرفته شدند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش‌های زیست سنجی و تعیین LC_{50}، از روش پروبیت و نرم‌افزار پولو پی‌سی[۴] (LeOra Software, 1987) استفاده شد. برای مقایسه سمیت حشره‌کش‌ها از آزمون سمیت نسبی[۵] استفاده شد (Robertson *et al.*, 2007).

اثرات کشندگی حشره‌کش‌ها روی زنبور پارازیتوئید

به‌منظور بررسی سمیت حشره‌کش‌های دایابون® و پالیزین® روی مرحله شفیرگی پارازیتوئیدها، دسته‌های ۲۰ تایی از مومیایی‌های یک‌روزه به‌مدت ۵ ثانیه در محلول حشره‌کش‌ها با غلظت توصیه شده غوطه‌ور شدند (Sabahi *et al*., 2011; Saber, 2011). برای این منظور، مقدار مناسبی از هر حشره کش با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شد تا غلظت توصیه شده ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب برای حشره‌کش‌های دایابون و پالیزین به‌دست آید. برای هر تیمار، ۵ تکرار در نظر گرفته شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر به‌همراه ۵۰۰ پی‌پی‌ام توئین ۲۰ استفاده شد. آزمایش‌ها در سه نوبت تکرار شد. پس از تیمار، دسته‌های مومیایی غوطه‌ور شده به‌مدت ۱ ساعت روی کاغذ صافی در دمای اتاق قرار داده شدند تا به‌طور کامل خشک شوند. سپس هر

4. Polo-PC
5. Relative potency

دسته به یک ظرف پتری با اندازه ذکر شده در بالا انتقال یافته و درون ژرمیناتور با شرایط مذکور نگه‌داری شدند. پس از ظهور حشرات کامل از مومیایی‌ها، تعداد زنبورهای مرده شمارش شدند. برای بررسی اثر زیرکشندگی حشره-کش‌ها، زنبورهای پارازیتوئید بقا یافته از تیمارهای آزمایشی و شاهد (۴۷ جفت برای هر تیمار حشره‌کش و ۵۰ جفت برای شاهد) به طور جداگانه به ظروف استوانه‌ای شفاف (با قطر ۲۵ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر) حاوی گیاهچه‌های باقلا که دارای ۵۰ عدد پوره سن سوم شته *A. fabae* بودند، منتقل شدند. پارازیتوئیدها روزانه به ظروف جدید حاوی میزبان منتقل شدند و این عمل تا آخر عمر زنبورها ادامه یافت. زنده‌مانی و زادآوری هر زنبور ماده به‌صورت روزانه شمارش و ثبت شد. اثرات کل حشره‌کش‌ها (اثرات کشندگی و زیرکشندگی) روی زنبور پارازیتوئید، بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Biondi *et al.*, 2012).

رابطه (۱):

$$E_x = 100\left\{1 - \left[\left(1 - \frac{E_{mx}}{100}\right)\left(1 - \frac{E_{fx}}{100}\right)\right]\right\}$$

E_{mx}: مرگ و میر اصلاح شده (Abbott, 1925) بود. E_{fx}: ظرفیت تولیدمثلی اصلاح شده پارازیتوئید است، که از فرمول زیر محاسبه شد.

رابطه (۲):

$$E_{fx} = 100 - \frac{F_x 100}{F_c}$$

F_x: میانگین زادآوری (تعداد تخم یا شته‌های پارازیته شده توسط هر پارازیتوئید ماده بقا یافته) در تیمار حشره‌کش x و F_c: میانگین زادآوری در شاهد بود.

مقادیر شاخص اثر کل (E_x) براساس استانداردهای سازمان بین‌المللی کنترل بیوژیک (IOBC) با معیارهای: ۱: بی‌زیان (تلفات کمتر از ۳۰ درصد)، ۲: کمی زیان‌بار (تلفات بین ۳۰ تا ۸۰ درصد)، ۳: تا حدودی زیان‌بار (تلفات بین ۸۰ تا ۹۹ درصد) و ۴: زیان‌بار (تلفات بیش از ۹۹ درصد) طبقه-بندی شد (Hassan, 1994; Biondi *et al.*, 2012). داده‌های حاصل از آزمایش بررسی اثر حشره‌کش‌ها بر مرحله شفیرگی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک-طرفه در برنامه آماری SAS Version 9.1 تجزیه و تحلیل شدند. به‌منظور نرمال‌سازی داده‌ها، داده‌های درصد ظهور حشرات کامل به سینوس معکوس ریشه دوم $arcsin\sqrt{x/100}$ تبدیل و سپس تجزیه و تحلیل شدند.

اثر حشره‌کش‌ها روی واکنش تابعی

به‌منظور بررسی اثر حشره‌کش‌ها بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*، تیمار مرحله شفیرگی پارازیتوئید با غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب برای حشره‌کش‌های دایابون® و پالیزین® مطابق با روش ذکر شده در بخش بررسی اثرات کشنده حشره‌کش-ها روی زنبور پارازیتوئید، انجام شد. برای هر تیمار ۹۰ جفت زنبور پارازیتوئید (طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت) حاصل از شته‌های مومیایی تیمار شده به طور جداگانه به قفس‌های استوانه‌ای شفاف حاوی ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ عدد پوره سن سوم شته سیاه باقلا روی گیاهچه‌های 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 ژرمیناتور با شرایط ذکر شده قرار گرفتند. هر تراکم حداقل در ۱۵ تکرار انجام گرفت. اندازه قفس‌ها و شرایط ژرمیناتور مشابه بخش‌های قبلی بود.

برای تعیین واکنش تابعی و پارامترهای آن از روش دو مرحله‌ای جولیانو (Juliano, 2001) استفاده شد. در مرحله اول داده‌ها با استفاده از تابع چندجمله‌ای (معادله ۳) برازش شدند (Juliano, 2001).

رابطه (۳):

$$\frac{N_a}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}$$

P_0: عرض از مبدا[6]، P_1: قسمت خطی[7]، P_2: قسمت درجه دو[8]، P_3: قسمت درجه سه[9]، 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,

6. Constant
7. Linear
8. Quadratic
9. Cubic

2001). منفی یا مثبت بودن شیب قسمت خطی منحنی به‌ترتیب نشان‌دهنده واکنش‌های تابعی 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 برنامه آماری SAS Version 9.1). برای واکنش تابعی نوع دوم مدل پیشنهادی راجرز (Rogers, 1972) برای پارازیتوئیدها با داده‌ها برازش شد. معادله جستجوی تصادفی راجرز (Rogers, 1972) عبارت است از:

رابطه (۴):

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

T_t. کل زمانی که پارازیتوئید و میزبان در تماس با یکدیگرند، a. نرخ جستجوگری پارازیتوئید[0] و T_h. زمان دستیابی[1] می‌باشند.

قدرت جستجوگری یا نرخ حمله (a) عبارت است از نسبت میزبان‌هایی که پارازیتوئید در واحد زمان جستجو با آن مواجه می‌شود (Hassell, 1982). به‌عبارت دیگر سرعت رسیدن منحنی واکنش تابعی با مجانب فوقانی را نشان می‌دهد و T/T_h تعیین کننده نرخ حداکثر حمله یا حداکثر تعداد میزبان‌هایی که می‌توانند مورد حمله قرار گیرند (Hassell, 1982).

برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی پارازیتوئید در تیمارهای مختلف از رابطه (۵) استفاده شد (Juliano, 2001).

رابطه (۵):

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

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 معنی‌داری با هم نخواهد داشت (Juliano, 2001).

ضریب تبیین (R^2) نمایانگر میزان تغییرات در نرخ پارازیتیسم می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه شد (Tabachnick and Fidell, 2007).

رابطه (۶): (مجموع مربعات کل تصحیح شده[2]-مجموع مربعات انحرافات[3])/مجموع مربعات کل تصحیح شده[2] = R^2

نتایج و بحث

اثرکشندگی حشره‌کش‌های دایابون و پالیزین روی شته *A. fabae*

سمیت دایابون® و صابون حشره‌کش پالیزین® روی پوره سن سوم و افراد بالغ شته سیاه باقلا *A. fabae* در جدول ۱ نشان داده شده است. مقدار LC_{50} محاسبه شده برای صابون پالیزین® روی پوره سن سوم و بالغ شته *A. fabae* به‌ترتیب ۶۳۶/۳ و ۱۰۶۲/۸ پی‌پی‌ام تعیین شد که کمتر از مقادیر گزارش شده توسط ترمبلی و همکاران (Tremblay *et al.*, 2009) است که دامنه LC_{50} صابون حشره‌کش M-Pede® روی پوره سن سوم و بالغ شته سبز هلو *M. persicae* روی دیسک‌های برگی کلم را به‌ترتیب ۳۰۰۰-۳۷۵۰ و ۶۲۵۰-۵۰۰۰ پی‌پی‌ام گزارش نمودند. در بررسی‌های دیگر، دامنه‌های LC_{50} صابون حشره‌کش Safer® برای پوره سن سوم شته *M. persicae* روی کاهو ۱۴۵۰۰-۲۴۵۰۰ پی‌پی‌ام (Fournier and Brodeur, 2000)، صابون M-Pede® برای پوره سن سوم و چهارم *M. persicae* روی دیسک‌های برگی کلم ۷۳۰۰-۶۱۰۰ پی‌پی‌ام (Edelson *et al.*, 2002)، صابون پالیزین روی

0 . Attack rate
1 . Handling time

2 . Corrected Total Sum of Squares
3 . Residual Sum of Squares

پوره های سن سوم و بالغ شته *A. gossypii* به‌ترتیب ۶/۹–۷۲۵/۸۴۸ و ۱۳۳۶/۸–۱۱۴۷/۵ پی‌پی‌ام (Amini Jam, 2013) گزارش شده است که بیشتر از مقادیر به‌دست آمده برای پوره‌های سن سوم و بالغ شته سیاه باقلا در پژوهش حاضر است. تفاوت در نتایج این مطالعه با بررسی‌های دیگر می‌تواند به‌دلیل عوامل مختلفی از قبیل گونه شته، گونه میزبان، تفاوت‌های جغرافیایی شته، مواجه قبلی با آفت‌کش‌ها و ترکیب صابون حشره‌کش مورد استفاده باشد (Tremblay *et al.*, 2009; Amini Jam, 2013).

بنی‌عامری (Baniameri, 2008) گزارش نمود که غلظت ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام صابون حشره‌کش پالیزین® باعث ۷۵/۸۹ درصد مرگ و میر شته جالیز در شرایط گلخانه‌ای می‌شود که نشان‌دهنده تاثیر مناسب حشره‌کش مذکور در کنترل شته است. در بررسی‌های دیگری، غلظت ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام صابون حشره‌کش پالیزین® باعث ۸۶/۶ درصد مرگ و میر شته *Tinocallis kahawaluokalani* Kirkaldy یک روز بعد از محلول‌پاشی (Gholamzadeh-Chitgar, 2016) و غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام صابون مذکور باعث ۷۸/۴۷ درصد مرگ و میر شته *A. gossypii* سه روز بعد از محلول‌پاشی شد (Emami, 2016). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان دادکه صابون پالیزین® در غلظت‌هایی حدود یک سوم و یک دوم غلظت توصیه شده مزرعه‌ای پنجاه درصد جمعیت پوره‌های سن سوم و بالغ شته *A. fabae* را در شرایط آزمایشگاهی‌کنترل می‌کند، با این‌حال انجام آزمایش‌هایی در شرایط نیمه مزرعه‌ای و مزرعه‌ای پیشنهاد می‌شود.

در این بررسی، مقادیر LC_{50} دایابون® روی پوره سن سوم و بالغ شته سیاه باقلا به‌ترتیب ۷۵۰/۲ و ۱۳۰۲/۰۴ پی‌پی‌ام برآورد شد که کمتر از مقدار گزارش شده توسط رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2016) است که مقدار LC_{50} دایابون® را روی پوره‌های سن دوم و سوم شته جالیز ۱۵۰۱/۵ پی‌پی‌ام گزارش نمودند. مقادیر LC_{50} دایابون روی شته *Brevicoryne brassicae* (L.)، ۲۵/۱۴ پی‌پی‌ام (Rezaeian *et al.*, 2015) و روی شته‌های *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe و *A. fabae* به‌ترتیب ۴۵۹۰ و ۴۱۳۰ پی‌پی‌ام (Vahabi-Mashhoor *et al.*, 2016) گزارش شد. در بررسی‌های ذکر شده، سمیت باقیمانده دایابون® روی شته ارزیابی شده است. تفاوت در گونه شته‌های مورد بررسی، روش زیست‌سنجی و سایر موارد ذکر شده در بالا می‌تواند در تفاوت نتایج به‌دست آمده توسط محققین مختلف، نقش داشته باشند.

جدول ۱- سمیت دایابون® و صابون حشره‌کش پالیزین® روی پوره سن سوم و بالغ شته سیاه باقلا *Aphis fabae*

Table 1. Toxicity of Dayabon® and the insecticidal soap, Palizin® against 3rd instar nymphs and adults of black bean aphid, *Aphis fabae*

Treatment	Developmental stage	Numbers	Slope ± SE	χ^2 (df)	Lethal concentration (ppm)
					LC_{50} (95% FL)
Dayabon®	3rd instar	1800	2.07 ± 0.15	5.77 (3)	750.2 (537.4-967.4)
Dayabon®	Adult	1800	2.24 ± 0.13	6.70 (3)	1302.04 (1018.4-1628.9)
Palizin®	3rd instar	1800	1.99 ± 0.11	3.44 (3)	636.3 (518.8-766.8)
Palizin®	Adult	1800	2.33 ± 0.15	4.68 (3)	1062.8 (847.7-1295.7)

سمیت حشره‌کش‌های دایابون® و پالیزین® با استفاده از آزمون سمیت نسبی در مقادیر LC_{50} نشان داد که سمیت دو حشره‌کش روی پوره‌های سن سوم بیشتر از بالغین است (جدول ۲). به‌عبارت دیگر حساسیت شته با افزایش سن کاهش می‌یابد (جدول ۲). مرحله سنی که آفت در معرض حشره‌کش قرار می‌گیرد در میزان حساسیت آن نقش بسزایی دارد (Stark and Wennergren, 1995). چنین روندی می‌تواند مربوط به جثه بزرگتر در سنین بالاتر رشدی و بنابراین نیاز به دریافت مقادیر بیشتر حشره‌کش برای بروز مرگ و میر مشابه باشد. در ضمن این پدیده می‌تواند ناشی

از تفاوت فیزیولوژیک مانند وجود سازوکارهای دفاعی باشد که در سنین مختلف مشاهده می شود (Prabhaker *et al.*, 1989; Kontsedalov *et al.*, 2009). نتایج مشابهی در مورد شته سبز هلو (Tremblay *et al.*, 2009) و شته جالیز (Amini Jam, 2013) نیز گزارش شده است.

سمیت صابون روی شته‌های بالغ به‌طور معنی‌داری بیشتر از دایابون® بود. اگرچه در سن سوم پورگی نیز میزان LC_{50} دایابون بیشتر از صابون پالیزین® است، اما این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۲- سمیت نسبی دایابون® و صابون حشره‌کش پالیزین® برای مقایسه حساسیت بین پوره سن سوم و بالغ شته سیاه باقلا *Aphis fabae*

Table 2. Relative potency of Dayabon® and the insecticidal soap, Palizin® to compare the susceptibility of 3rd instar *vs* adults of *Aphis fabae* to each insecticide

Insecticides	Relative potency	95% Confidence interval of relative potency
	LC_{50} (Adult) : LC_{50} (3rd instar)	
Dayabon®	1.73	1.68-1.89*
Palizin®	1.68	1.37-2.07*

*Relative potency considered significant when its 95% confidence interval did not comprise the value 1.0 (Robertson *et al.*, 2007; Rezaei *et al.* 2014).

جدول ۳- سمیت نسبی دایابون® و صابون حشره‌کش پالیزین® برای مقایسه سمیت هر دو حشره‌کش روی پوره سن سوم و بالغ شته سیاه باقلا *Aphis fabae*

Table 3. Relative potency of Dayabon® and the insecticidal soap, Palizin® to compare toxicity of both insecticides on 3rd instar and adults of *Aphis fabae*

Developmental stage	Relative potency	95% Confidence interval of relative potency
	LC_{50} (Dayabon®) : LC_{50} (Palizin®)	
3rd instar	1.57	0.87-2.91
Adult	1.22	1.02-1.42*

*Relative potency considered significant when its 95% confidence interval did not comprise the value 1.0 (Robertson *et al.*, 2007; Rezaei *et al.* 2014).

اثرکشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های دایابون® و پالیزین® روی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*

اثر دایابون® و صابون حشره‌کش پالیزین® بر نرخ ظهور زنبور *L. fabarum* در مرحله شفیرگی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌های درصد ظهور زنبورها از مومیایی‌های تیمار شده نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P >۰/۲۸؛ df = ۲,۴۲؛ F = ۱/۳۰). درصد ظهور پارازیتوئیدها در تیمارهای دایابون® و صابون پالیزین® به‌ترتیب ۳/۰۳ ± ۸۶/۰۸ و ۲/۵۵ ± ۸۹/۷۴ بود (جدول ۴). میانگین زادآوری پارازیتوئیدهای در معرض قرار گرفته با حشره‌کش‌های دایابون® و پالیزین® تفاوت معنی‌داری در مقایسه با شاهد (حشرات تیمار نشده) نداشت. به‌عبارت دیگر هر دو حشره‌کش، زادآوری پارازیتوئیدها را در مقایسه با شاهد تحت تاثیر قرار ندادند (P >۰/۶۰؛ df = ۲,۱۴۱؛ F = ۰/۵۱) (جدول ۴). اثر کل حشره‌کش‌های دایابون® و پالیزین® به‌ترتیب ۱۶/۹۰ و ۱۴/۹۶ درصد بود که بر پایه استاندارد سازمان جهانی کنترل زیستی (IOBC) در گروه ۱ (بی‌زیان) قرار گرفتند (جدول ۴).

رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2016) در بررسی سمیت دایابون® روی مرحله شفیرگی زنبور پارازیتوئید *Aphidius* spp.، این حشره‌کش را جزء گروه حشره‌کش-

های بی‌زیان گزارش نمودند که با نتایج به‌دست آمده در بررسی حاضر مطابقت دارد. تاثیر کم حشره‌کش گیاهی دیگری مانند آزادیراختین روی درصد خروج زنبورهای *L. fabarum* (Almasi *et al.*, 2016) و *L. testaceipes* Cresson (Tang *et al.*,2002) از شته‌های مومیایی تیمار شده با حشره‌کش مذکور در مقایسه با شاهد گزارش شده است. ایمن بودن صابون حشره‌کش پالیزین® روی تعدادی دیگر از دشمنان طبیعی آفات نیز گزارش شده است (Kabiri and Amiri-Besheli, 2012; Amini Jam, 2013; Gholamzadeh-Chitgar, 2016).

جدول ۴- اثر دایابون® و صابون حشره‌کش پالیزین® بر نرخ ظهور و زادآوری (میانگین ± خطای معیار) زنبور *Lysiphlebus fabarum* در مرحله شفیرگی

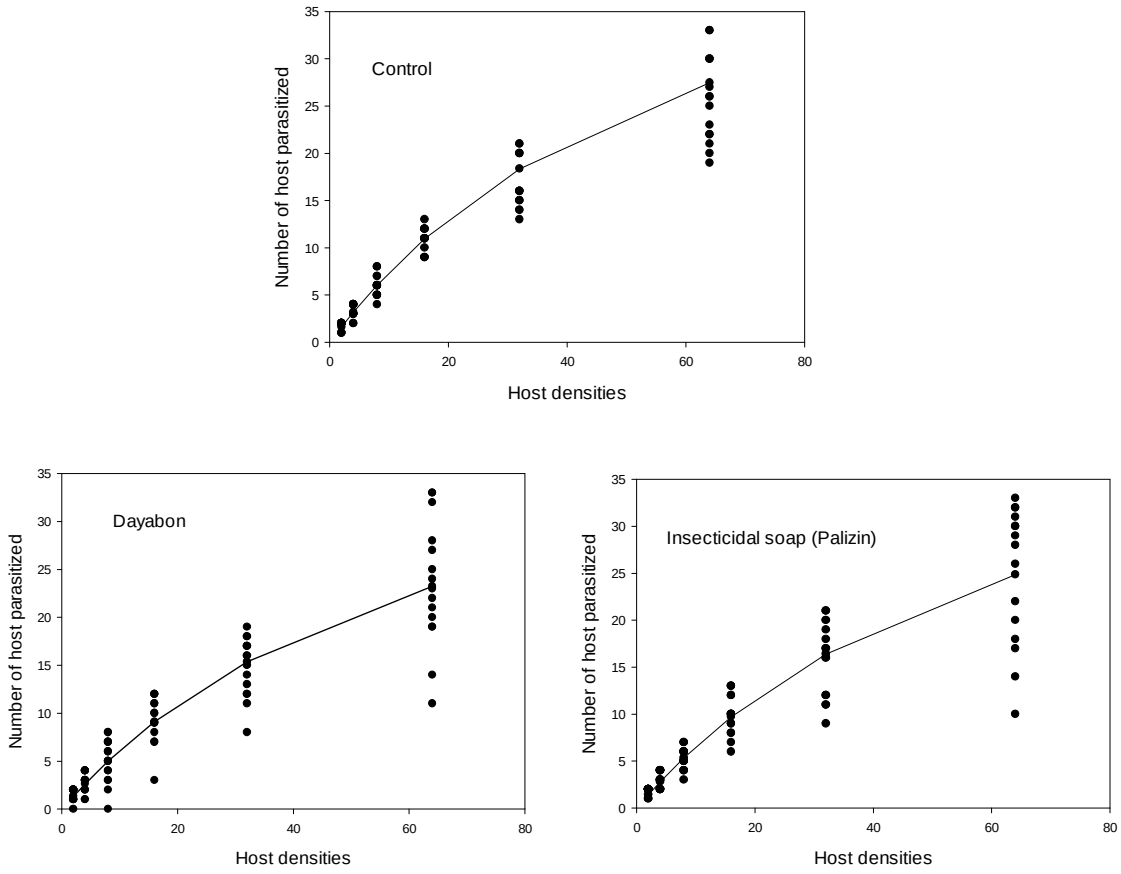
Table 4. Effect of Dayabon® and the insecticidal soap, Palizin® on emergence rate and fecundity (Mean ± SE) of *Lysiphlebus fabarum* at pupal stage

Treatment	Mean of adult parasitoid emergence (% ± SE)	Mean reduction in emergence rate (% ± SE)	Fecundity (number)	Total effect (%) (Classification**)
Dayabon®	86.08 ± 3.20 a*	13.92 ± 3.20	128.60 ± 4.35 a	16.90 (1)
Palizin®	89.74 ± 2.55 a	10.26 ± 2.55	126.14 ± 6.40 a	14.96 (1)
Control	91.33 ± 2.03 a	-	133.08 ± 4.33 a	-

*Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$).
**IOBC classification: 1= harmless (mortality <30%) (Hassan, 1994; Biondi *et al*., 2012).

اثر دایابون® و پالیزین® روی واکنش تابعی زنبور *L. fabarum*

منحنی‌های واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* نسبت به تغییرات تراکم پوره‌های سن سوم شته میزبان در تیمارهای شاهد، دایابون® و صابون حشره‌کش پالیزین® در شکل ۱ نشان داده شده است. مقادیر شیب قسمت خطی (P_1) منحنی درجه سه رگرسیون لجستیک در تیمارهای شاهد، دایابون® و پالیزین® به‌ترتیب (۰/۰۰۰۱= P، ۱۵/۵۰ = χ^2 ، ۰۶/۰±۲۴/۰- = χ) (۰/۰۲= P، ۵/۴۱ = χ^2 ، ۰۵/۰±۱۲/۰- = χ) و (۰/۰۲= P، ۲/۱۳ = χ^2 ، ۰/۰۷±۰/۰۵- = χ) به‌دست آمد. منفی بودن شیب نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد.



شکل ۱- واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* (تعداد میزبان‌های پارازیته شده) در تراکم‌های مختلف پوره-های سن سوم شته *Aphis fabae* در تیمارهای شاهد، دایابون® و پالیزین® (نشانه‌ها و منحنی‌ها به‌ترتیب نشان‌دهنده داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده توسط مدل (معادله ۴) هستند).

Figure 1. Functional response of *Lysiphlebus fabarum* (numbers of host parasitized) at different densities of third instar nymphs of *Aphis fabae* in control, Dayabon® and Palizin®. (Symbols are observed data and lines are predicted by model (equation 4)).

مقادیر قدرت جستجو (نسبت میزبان‌های پارازیته شده به تعداد میزبان‌های موجود در واحد زمان جستجو) در تیمارهای شاهد، دایابون و پالیزین به‌ترتیب ۰/۰۷۵، (۰/۰۷۵-۰/۰۲۵) ۰/۰۵۰ و (۰/۰-۰۷۵/۰۱۹) ۰/۰۵۶ بار در ساعت و زمان دستیابی در تیمارهای شاهد، دایابون و پالیزین به‌ترتیب ۰/۴۵۹، (۰/۴۵۹+۰/۰۵۶) ۰/۵۱۵ و (۰/۴۵۹+۰/۰۲۳) ۰/۴۸۲ ساعت بود (جدول ۵). نتایج مقایسه پارامترهای واکنش تابعی توسط معادله (۵) در جدول ۵ نشان داده شده است. در صورتی‌که حدود اطمینان ٪۹۵ برای D_a و D_{Th} صفر را شامل شود تفاوت معنی‌داری در قدرت جستجوگری و زمان دستیابی بین دو تیمار وجود ندارد (Juliano, 2001). بر این اساس، میزان قدرت جستجو و زمان دستیابی در تیمار حشره‌کش‌های دایابون و پالیزین نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند. مقایسه قدرت جستجو و زمان دستیابی در تیمارهای حشره‌کش‌ها نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان پارامترهای مذکور بین دو تیمار وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۵- پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum*، در تیمارهای شاهد، دایابون® و پالیزین®

Table 5. The functional response parameters of *Lysiphlebus fabarum*, in control, Dayabon® and Palizin® treatments

Parameter	Estimate	Asymptotic SE	Asymptotic 95% CI	
			Lower	Upper
Control *vs* Dayabon®				
Attack rate (α)	0.075	0.01	0.047	0.102
Handling time (T_h)	0.459	0.05	0.355	0.564
D_a[a]	-0.025	0.02	-0.057	0.007
D_{Th}[b]	0.056	0.09	-0.121	0.234
Control *vs* Palizin®				
Attack rate (α)	0.075	0.01	0.046	0.103
Handling time (T_h)	0.459	0.06	0.349	0.569
D_a	-0.019	0.02	-0.053	0.016
D_{Th}	0.023	0.09	-0.148	0.196
Dayabon® *vs* Palizin®				
Attack rate (α)	0.050	0.01	0.032	0.068
Handling time (T_h)	0.516	0.08	0.358	0.672
D_a	0.006	0.01	-0.021	0.034
D_{Th}	-0.033	0.11	-0.243	0.178

[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

نسبت زمان آزمایش به زمان دستیابی (T/T_h) نشان‌دهنده حداکثر پارازیتیسم یا حداکثر نرخ حمله می‌باشد، که این مقدار در تیمارهای شاهد، دایابون® و صابون حشره‌کش پالیزین® به‌ترتیب ۵۲/۲۹، ۴۶/۶۰ و ۴۹/۷۹ پوره میزبان بود. ضریب تبیین (R^2) در تیمارهای مذکور به‌ترتیب ۰/۹۶، ۰/۹۳ و ۰/۹۳ بود.

در میان واکنش‌های رفتاری، واکنش تابعی برای ارزیابی تعامل موجود بین پارازیتوئید و میزبان، کاربرد زیادی دارد. بررسی‌ها نشان داده است که غلظت‌های زیرکشنده مواد شیمیایی می‌توانند نوع واکنش تابعی را تغییر دهند (Desneux *et al.*, 2005). طبق نتایج پژوهش حاضر، حشره‌کش‌های دایابون® و صابون پالیزین® نوع واکنش تابعی را نسبت به تیمار شاهد تغییر ندادند و در همه تیمارها واکنش از نوع دوم بود (جدول ۱ 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 حاصل در نهایت به صورت مجانب در می‌آید. در زمینه بررسی اثرات حشره‌کش‌های گیاهی روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* مطالعه‌ای انجام نشده است. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، عابدی و همکاران (Abedi *et al.*, 2012) در بررسی اثر آزادیراختین روی واکنش تابعی زنبور *Habrobracon hebetor* Say، گزارش نمودند که حشره‌کش مذکور، نوع واکنش تابعی پارازیتوئید را نسبت به تیمار شاهد تغییر نداده است. بررسی اثر زیرکشنده برخی حشره‌کش‌های شیمیایی روی سایر زنبورهای پارازیتوئید آفات نیز نوع واکنش تابعی را نسبت به تیمار شاهد تغییر ندادند برای مثال، اثر زیرکشنده تیامتوکسام و پیریمیکارب روی زنبور *D. rapae* (Rezaei *et al.*, 2016)، ایمیداکلوپرید و پیریمیکارب روی زنبور پارازیتوئید *A. matricariae* (Amini Jam, 2013)، ایمیداکلوپرید و بوپروفزین روی *Encarsia inaron* (Walker) (Sohrabi *et al.*, 2012) و فنیتروتیون و دلتامترین روی پارازیتوئید *Trissolcus semistriatus* (Nees) (Saber *et al.*, 2002) نوع واکنش تابعی پارازیتوئیدهای مذکور را تغییر

ندادند که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

کاربرد حشره‌کش‌های دایابون® و صابون پالیزین®، اثر منفی روی قدرت جستجوگری و زمان دستیابی پارازیتوئید *L. fabarum* نداشت، به‌عبارت دیگر مقادیر پارامترهای مذکور با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). زمان دستیابی، مدت زمانی است که یک پارازیتوئید برای یافتن و پارازیته کردن یک میزبان، تمیز کردن خود و استراحت صرف می‌کند (Holling, 1959). طبق نتایج، کاربرد حشره‌کش‌های دایابون و صابون مدت زمان هر یک از مراحل ذکر شده برای مثال مدت زمان یافتن و پارازیته کردن را افزایش ندادند که در نهایت تاثیر منفی روی میزان پارازیتیسم میزبان خود نداشتند.

طبق نتایج، حشره‌کش‌های گیاهی دایابون® و صابون پالیزین® در غلظت‌هایی کمتر از غلظت توصیه شده، ۵۰ درصد از شته‌های سیاه باقلا را کنترل کردند، در عین حال کاربرد غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای تاثیر منفی روی شته‌های مومیایی شده نداشت و در گروه حشره‌کش‌های بی‌زیان قرار گرفتند. حشره‌کش‌های مذکور، زادآوری زنبورهای بقایافته از شته‌های مومیایی تیمار شده با حشره-کش‌ها در مقایسه با شاهد را تحت تاثیر قرار ندادند ($P>0/05$). به‌علاوه نوع واکنش تابعی، پارامترهای قدرت جستجوگری، زمان دستیابی و نرخ حمله پارازیتوئیدهای تیمار شده با حشره‌کش‌های مذکور در مرحله شفیرگی تحت تاثیر قرار نگرفتند. با توجه به ایمن بودن ترکیبات گیاهی دایابون® و صابون پالیزین® برای انسان و محیط زیست و همینطور مرحله شفیرگی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*، این حشره‌کش‌ها می‌توانند به عنوان جایگزین مناسبی برای حشره‌کش‌های شیمیایی در برنامه‌های مدیریت کنترل شته سیاه باقلا *A. fabae* در تلفیق با زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* به‌کار گرفته شوند. با این‌حال، انجام آزمایش‌هایی در شرایط نیمه مزرعه‌ای و مزرعه‌ای و بررسی اثرات حشره‌کش‌های مذکور روی مرحله لاروی پارازیتوئید، پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول که از انجام این پژوهش حمایت نمودند سپاسگزاری می‌شود. از جناب آقای دکتر سعید محرمی‌پور عضو محترم هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس به‌خاطر مساعدت‌های علمی‌شان و در اختیار گذاشتن حشره‌کش گیاهی دایابون®، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 8 (1): 265-267.

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.

Almasi, A., Askari Seyahooei, M. and Khajehzadeh, Y. 2016. The toxicity of acetamiprid, dicholorvos and azadirakhtin pesticides on melon aphid, *Aphis gossypii* Glover and *Lysiphlebus fabarum* (Marshall). **Iranian Journal of Plant Protection Science** 47(1): 163-175. (In Farsi)

Amini Jam, N. 2013. Lethal and sublethal effects of three insecticides on *Aphis gossypii* Glover and its parasitoid *Aphidius matricariae* Haliday at laboratory conditions. PhD. Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Farsi)

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.

Baniameri, V. 2008. Study of the efficacy of different concentrations of insecticidal soap, in comparison oxydemeton-methyl (Metasystox) to control *Aphis gossypii* in greenhouse cucumber. **IOBC/WPRS Bulletin** 32: 13-16.

Blackman, R. L. and Eastop, V. F. 1984. Aphids on the world's crops. An identification guide. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, Uk.

Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G. and Zappala, L. 2012. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere** 87: 803-812.

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

Desneux, N., Fauvergue, X., Dechaume-Moncharmont, O. X., Kerhoas, L., Ballanger, Y. and Kaiser, L. 2005. *Diaeretiella rapae* limits *Myzus persicae* populations after applications of deltamethrin in oilseed rape. **Journal of Economic Entomology** 98(1): 9-17.

Edelson, J. V., Duthie, J. and Roberts, W. 2002. Toxicity of biorational insecticides: activity against the green peach aphid, *Myzus persicae*. **Pest Management Science** 58 (3): 255-260.

Emami, M. S. 2016. Bioefficacy of some biorational insecticides for the control of *Aphis gossypii* Glover, 1877, (Hemiptera: Aphididae) on greenhouse grown cucumber. **Acta Agriculturae Slovanica** 107: 419-427.

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.

FAO. 1979. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Method for adult aphid-FAO methods. No.17. **FAO Plant Protection Bulletin** 27 (2): 29-32.

Fitriasari, D. E. D., Prijono, D. 2009. Effictiveness of two botanical insecticide formulation to two major cabbage insect pests on field application. **Journal of Issaas** 1: 42-51.

Fournier, V. and Brrodeur, J. 2000. Dose-response susceptibility of pest aphids (Hom.: Aphididae) and their control on hydroponically grown lettuce with the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*, Azadirachtin and insecticidal soap. **Environmental Entomology** 29 (3): 568-578.

Gholamzadeh-Chitgar, M. 2017. Effect of insecticidal soap, Palizin on the crapemyrtle aphid, *Tinocallis kahawaluokalani* and its coccinellid predator, *Harmonia axyridis* under laboratory conditions. **Plant Pest Research** 6(4): 89-95. (In Farsi)

Hardin, M. R., Benrey, B., Coll, M., Lamp, W. O., Roderrick, G. K., Barbosa, P. 1995. Arthropd pest resurgence: and overview of potential Mechanisms. **Crop Protection** 14: 1-3.

Hassan, S. A. 1994. Activities of the IOBC/WPRS working group pesticides and beneficial organisms. **IOBC/WPRS Bull** 17: 1–5.

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

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 edn.) Oxford University Press, New York, USA. pp. 178-196.

Kabiri, M. and Amiri-Basheli, B. 2012. Toxicity of Palizin®, Mospilan® and Consult® on *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lautere (Hemiptera: Psyllidae), *Oenopia conglobata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) and *Psyllaephagus pistaciae* Ferriere (Hymenoptera: Encyrtidae). **Academic Journal of Entomology** 5(2): 99-107.

Kontsedalov, S., Gottlieb, Y., Ishaaya, I., Nauen, R., Horowitz, R. and Ghanim, M. 2009. Toxicity of spiromesifen to the developmental stages of *Bemisia tabaci* biotype B. **Pest Management Science** 65 (1): 5-13.

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

McCaffrey, J. P. and Horsburgh, R. L. 1986. Functional response of *Oius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) to the European red mite, *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) at different constant temperatures. **Environmental Entomology** 15: 532-535.

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.

Prabhaker, N.,Toscano, N. C and Coudriet, D. L. 1989. Susceptibility of the immature and adult stage of the sweet-potato whitefly to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology** 82(4): 938-988.

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.

Rezaeian, N., Heidari, A., Moharramipour, S., and Imani, S. 2015. Contact toxicity of botanical insecticide, Dayabon based on plant essential oils thyme (*Thymus vulgaris*) on *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). **Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences** 5(52): 3225-3228.

Rezaei, M., Moharramipour, S. and Fathipour, Y. 2016. Effect of botanical insecticide, dayabon on melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). Proceedings of 22nd Iranian Plant Protection Congress. 27-30 August, Iran. pp. 828.

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.

Rezvani, A. 2001. Identification key of Iran aphids. Iran organization of agricultural research. (in Farsi)

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.

Saber, M. 2011. Acute and population level toxicity of imidacloprid and fenpyroximate on an important egg parasitoid, *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology** 20: 1476-1484.

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). Proceedings of 15th Iranian Plant Protection Congress. 7-11 September, Iran. pp. 13.

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)

Stark, J. D. and Wennergren, U. 1995. Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies? **Journal of Economic Entomology** 88(5): 1089-1096.

Stary, P. 1976a. Aphid parasites of Central Asian area. House of Czech.

Stary, P. 1976b. Aphid parasites of Mediterranean area. House of Czech.

Tabachnick, B. G., and Fidell, L. S. 2007. Experimental designs using ANOVA (2nded.). Belmont, CA: Thomson/Brooks/Cole.

Tang, Y. Q., Weathersbee, A. A. and Mayer, R. T. 2002. Effect of neem seed extract on the brown citrus aphid (Hemiptera: Aphididae) and its parasitoid *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology** 31 (1): 172-176.

Tremblay, E. 1980. On a case of predation by *Chrysopa formosa* Br. (Neuroptera) on Hymenoptera Braconidae parasites of aphids. **Bollettino della Societa Entomologica Italiana** 112 (10): 189-191.

Tremblay, E., Belanger, A., Brosseau, M. and Boivin, G. 2008. Toxicity and sublethal effects of an insecticidal soap on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). **Pest Management Science** 64 (3): 249-254.

Tremblay, E., Belanger, A., Brosseau, M. and Boivin, G. 2009. Toxicity effects of an insecticidal soap on the green peach aphid (Hom.: Aphididae). **Phytoprotection** 90 (1): 35-39.

Vahabi Mashhour, M., Moharramipour, S., Negahban, M. and Ghelichkhani, M. 2016. Contact toxicity of botanical insecticide, Dayabon, on the *Aphis nerii*, *Aphis fabae* and their predator,

Coccinella septempunctata. Proceedings of 22nd Iranian Plant Protection Congress. 27-30 August, Iran. pp. 723.

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.

Plant Pest Research
2017- 7(4):13-28

Effect of botanical insecticides, Dayabon® and Palizin® against *Aphis fabae* Scopoli (Hem.: Aphididae) and functional response of its parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym.: Braconidae)

N. Amini Jam*[1]
1- Department of Basic Sciences, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran

(Received: November 2, 2017- Accepted: March 3, 2018)

Abstract

Botanical insecticides are one of the tools in integrated pest management programs. It is necessary to investigate their effect against pests and their side effects on natural enemies of pests. In this research, toxicity of two botanical insecticides, Dayabon® and Palizin® were investigated against third instar nymphs and adults of *Aphis fabae* Scopoli as well as pupal stage of its parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall). Furthermore, effect of the insecticides were evaluated on the functional response of *L. fabarum*. All experiments were done under laboratory conditions. These insecticides were highly toxic for third instar nymphs of *A. fabae* with LC_{50} values of 750.2 and 636.3 ppm for Dayabon® and Palizin®, respectively. The LC_{50} values of the insecticides were 1302.04 and 1062.8 ppm, respectively, for adults. Mean adult parasitoid wasp emergence were 86.08 ± 3.2, 89.74 ± 2.55 and 91.33 ± 2.03%, respectively, for Dayabon®, Palizin® and control treatments at pupal stage. The insecticides had no adverse effect on fecundity of emerged females. According to International Organization for Biological Control, Dayabon® and Palizin® were classified as harmless insecticides. The results revealed the type II functional response in all experiments. Attack rate (*a*) of *L. fabarum* in control, Dayabon® and Palizin® treatments were 0.075, 0.050 and 0.056 h^{-1} and handling time (T_h) were 0.459, 0.515 and 0.482 h, respectively. There were no differences in the functional response parameters between the treatments. These results suggest that Dayabon® and Palizin® are suitable candidates for control of *A.fabae* in combination with *L. fabarum*.

Key words: Toxicity, black bean aphid, attack rate, handling time

* Corresponding author: naminijam@jsu.ac.ir