کاربرد همزمان زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* و حشره‌کش پریمیکارب، به منظور کنترل شته جالیز *Aphis gossypii* در شرایط گلخانه‌ای

آرش راسخ[1*]، علی الماسی[2]، مهدی اسفندیاری[3]، معصومه ضیائی[3] و مجید عسکری سیاهوئی[4]

۱- ***نویسنده مسوول:** استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (a.rasekh@scu.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- استادیار، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۸

چکیده

شته جالیز یا شته پنبه، *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae)، یکی از آفات مهم خیار بوده و استفاده از حشره‌کش‌ها یکی از روش‌های متداول کنترل این آفت محسوب می‌شود. در پژوهش حاضر امکان استفاده همزمان از زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hym.: Braconidae) و غلظت کاهش یافتهٔ حشره‌کش پریمیکارب، برای کنترل این شته مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا آزمون زیست‌سنجی روی پورهٔ سن سوم شته برای تعیین غلظت‌های کشندهٔ پریمیکارب انجام گرفت، سپس اثر پایداری غلظت LC_{50} این ترکیب بر زنده‌مانی حشرات کامل زنبور تعیین شد. در ادامه با بکارگیری غلظت LC_{50} پریمیکارب در تلفیق با رهاسازی زنبور (۴۰ و یا ۶۰ عدد زنبور روی هر بوته، هر سه روز یک‌بار) روند تغییرات جمعیت شته روی گیاهان خیار به مدت یک ماه در گلخانه بررسی شد. طبق نتایج بدست آمده، میزان LC_{50} پریمیکارب، ۲۱۲/۶ (µg/L) تعیین شد و با توجه به میزان پایداری پریمیکارب، امکان رهاسازی زنبور، سه روز بعد از سم پاشی ممکن بود. مقایسهٔ نتایج کاربرد همزمان زنبور و غلظت LC_{50} پریمیکارب در تیمارهای مختلف نشان داد که کاربرد تراکم ۶۰ زنبور، تأثیر بیشتری در کاهش جمعیت شته نداشته و رهاسازی ۴۰ زنبور در هر یک از دوره‌های رهاسازی، برای کنترل شته کافی و مناسب می باشد. مطابق با نتایج بدست آمده، پس از اولین سم پاشی و کاهش قابل توجه جمعیت شته، زنبور قادر بود در ادامه مانع رشد جمعیت شته شود و نیازی به تکرار سم پاشی وجود نداشت، اما در صورت نیاز، همزمان با ادامهٔ کاربرد زنبور، می‌توان هر ۱۵ روز نسبت به تکرار سم‌پاشی با غلظت LC_{50} پریمیکارب اقدام نمود.

***کلیدواژه‌ها:** Aphidiinae، زیست‌سنجی، خیار، شته‌جالیز، شته پنبه*

دبیر تخصصی: دکتر پرویز شیشه‌بر

مقدمه

شته جالیز *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) یکی از آفات مهم گیاه خیار است که در گلخانه‌ها و مزارع خسارت قابل‌توجهی به این گیاه وارد می‌سازد (Blackman and Eastop, 1984). این آفت علاوه بر تغذیهٔ مستقیم که منجر به پژمردگی، کوتولگی و ریزش برگ‌ها می‌شود (Attia and El-Hamaky, 1987)، به صورت غیرمستقیم نیز از طریق ترشح عسلک و انتقال ویروس‌های گیاهی خسارت‌زا می‌باشد (Kresting et al., 1999). برای کنترل این آفت، گلخانه‌داران بطور معمول با بکارگیری انواع حشره‌کش‌های غیرانتخابی، اقدام به سمپاشی‌های بی‌رویه و مکرر می‌کنند که نتیجهٔ آن از بین رفتن حشرات مفید و مؤثر در کنترل آفت، افزایش هزینه کنترل، بروز پدیدهٔ مقاومت، طغیان دوبارهٔ آفت و مهم‌تر از همه افزایش باقی ماندهٔ سموم روی محصول می‌باشد که این امر به نوبهٔ خود می‌تواند اثرات زیان‌باری برای سلامت مصرف‌کنندگان به همراه داشته باشد (Herron et al., 2001; El-Kady, 2007; Baniameri and Farrokhi, 2011).

شتهٔ جالیز دارای دشمنان طبیعی متعددی است که در صورت حمایت، می‌توانند در کاهش جمعیت این آفت تأثیر به سزایی داشته باشند. زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) گونه‌ای با دامنهٔ وسیعی از میزبان‌ها بوده (Carver, 1984) و تا کنون از روی بیش از ۱۰۰ گونهٔ مختلف شته (Yu et al., 2013)، به ویژه شته‌های جنس *Aphis* (Nuessly et al., 2004) گزارش شده است. بررسی‌ها حاکی از آن است که این زنبور به عنوان فراوان‌ترین پارازیتوئید شته‌ها در شمال ایران (Rakhshani et al., 2005) و مرکز اروپا (Stary, 1983, 1986) می‌باشد. این زنبور دارای دو نژاد نرزا[1] با تولیدمثل جنسی و ماده‌زا[2] با تولیدمثل غیرجنسی بوده که نژاد نرزا از مناطق شمالی و جنوبی ایران (Baghery-Matin et al., 2005; Mossadegh et al., 2011) و نژاد ماده‌زا از منطقهٔ چورزق شهر زنجان (Rasekh et al., 2011) گزارش شده است. طبق بررسی‌های صورت گرفته، نژاد نرزای زنبور *L. fabarum* از قدرت پارازیتیسمی بالایی روی سنین مختلف رشدی شته جالیز برخوردار بوده و می‌تواند درکنترل زیستی این آفت، مؤثر واقع شود (Almasi et al., 2017). این توانایی زنبور به ویژه در رهاسازی اشباعی که در آن تعداد زیادی از جمعیت دشمن طبیعی برای کاهش جمعیت فوری آفت رهاسازی می‌شود، می‌تواند حائز اهمیت باشد (van lenteren, 2000).

باوجود مثال‌های متعدد از موفقیت عوامل کنترل زیستی در کنترل آفات (Herren and Neuenschwander, 1991; Steenis, 1992; Obrycki and Kring, 1998; Gerling et al., 2001; Urbaneja et al., 2007)، در ارتباط با آفاتی نظیر شته‌ها با توجه به نرخ بالای تولیدمثلی آن‌ها، انتظار نمی‌رود که دشمنان طبیعی بتوانند به طور کامل قادر به مهار جمعیت آفت باشند. تحقیقات نشان داده است که بهترین راه کنترل موفق و پایدار این گروه از آفات، استفاده توأم از عوامل زیستی و ترکیبات شیمیایی (آفت‌کش‌ها) در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات می‌باشد، چرا که هر کدام از این روش‌ها دارای نواقصی هستند که تأمین‌کنندهٔ کنترل موفق آفت نبوده و مدیریت تلفیقی آفت را طلب می‌کند (Croft, 1990).

یکی از عوامل مهم در موفقیت برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات، تعیین زمان صحیح رهاسازی عوامل کنترل زیستی می‌باشد. در بعضی شرایط ممکن است برنامهٔ کنترل زیستی با موفقیت ظاهری روبه‌رو شود، اما هزینهٔ رهاسازی تا دو برابر بیشتر از شرایط استاندارد باشد، بنابراین علاوه بر زمان، تعداد و دفعات رهاسازی نیز

1- Arrhenotokous

2- Thelytokous

می‌تواند در موفقیت برنامهٔ کنترل آفات نقش داشته باشد. از طرفی رهاسازی دشمن طبیعی ممکن است با محدودیت‌هایی از نظر کاربردی مواجه شود که در این صورت نیز حفظ و نگهداری دشمن طبیعی، در شرایطی که آفت‌کش‌ها بطور متمرکز علیه آفات مهم به کار گرفته می‌شوند، بسیار حیاتی خواهد بود (Srark and Rangus, 1994). با در نظر گرفتن عوامل اشاره شده، مطالعات برخی محققین نشان داده است که چنان‌چه همراه با کاربرد آفت‌کش مناسب، دشمن طبیعی نیز با ملاحظاتی رهاسازی شود، نتایج بسیار مطلوبی بدست خواهد آمد (Baniameri and Farrokhi, 2011). براین اساس، استفاده از حشره‌کش‌هایی که دارای خاصیت انتخابی می‌باشند و همچنین استفاده از ترکیباتی که دارای پایداری کمی هستند (Jepson, 1989) و اثرات سوء کمتری روی دشمنان طبیعی دارند، می‌تواند مفید واقع شود (Tadeo, 2008).

پریمیکارب حشره‌کشی انتخابی از گروه کاربامات‌ها است (Masuda et al., 2001). این ترکیب به عنوان یک شته‌کش سریع و اختصاصی، دارای باقیماندهٔ سمی کمی در محیط بوده و سمیت اندکی برای دشمنان طبیعی دارد (Jansen, 2000; James, 2003). در این پژوهش از پریمیکارب که یکی از پُرمصرف‌ترین آفت‌کش‌ها برای کنترل شته جالیز در کشور بوده و توسط سازمان حفظ نباتات برای کنترل برخی آفات سبزی و جالیز توصیه‌شده (Noorbakhsh and Sahraeian, 2015)، مورد استفاده قرار گرفت.

با توجه به این که شتهٔ جالیز یکی از آفات مهم خیار بوده و در حال حاضر کنترل آن یکی از دغدغه‌های گلخانه‌داران محسوب می‌شود، پژوهش حاضر به منظور بررسی کاربرد همزمان زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* و حشره‌کش پریمیکارب، جهت کنترل آفت در قالب یک برنامه‌ی مدیریت تلفیقی صورت گرفت. در مطالعات بررسی اثر پایداری یک آفت‌کش روی دشمنان طبیعی نیاز است که قدرت کشندگی ترکیب تا یک ماه بعد از کاربرد، روی میزان تلفات دشمن طبیعی مشخص شود و مطابق با استانداردهای سازمان جهانی کنترل زیستی[1] معین گردد که ترکیب در کدام گروه قرار می‌گیرد. در این راستا در پژوهش حاضر میزان پایداری پریمیکارب روی برگ‌های خیار به منظور تعیین میزان تلفات حشرات کامل زنبور *L. fabarum* و تعیین فاصلهٔ زمانی مناسب رهاسازی زنبور بعد از کاربرد آفت‌کش مورد بررسی قرار گرفت. مطابق با نتایج مطالعهٔ قبلی (Almasi et al., 2018) مشخص شد که غلظت LC_{50} پریمیکارب ضمن اثرات کشندگی قابل قبول روی شته جالیز، اثرات مخربی روی مراحل مختلف رشدی زنبور *L. fabarum* نداشته و به عنوان یک ترکیب مناسب در تلفیق با این زنبور قابل استفاده است، بنابراین در تکمیل نتایج قبلی، در شرایط گلخانه‌ای روی بوته‌های خیار آلوده به شته جالیز، چگونگی رهاسازی زنبور در تلفیق با غلظت LC_{50} پریمیکارب مورد مطالعه قرار گرفت. امید می‌رود نتایج این پژوهش در تولید محصول سالم‌تر مؤثر واقع شود.

مواد و روش‌ها

شته سیاه باقلا، *Aphis fabae* Scopoli به عنوان میزبان اختصاصی زنبور *L. fabarum* محسوب شده (Volkl and Stechmann, 1998) و از دیدگاه پرورش انبوه، امکان پرورش سریع و ارزان قیمت این زنبور روی شتهٔ سیاه و گیاهان باقلا (*Vicia faba* L.) امکان پذیر می باشد (Rasekh et al., 2010; Mahi, 2013). مطالعات قبلی نشان داده که همراه با استفاده از این عامل کنترل زیستی، می‌توان از گیاهان باقلای آلوده به شته سیاه باقلا به عنوان گیاه حامل برای کنترل شته جالیز استفاده نمود (Astaraki et al., 2018). به همین منظور در پژوهش حاضر از زنبورهای پارازیتوئید *L. fabarum*

1- IOBC

پرورش‌یافته روی گیاهان باقلای آلوده به شته سیاه باقلا، برای انجام آزمایش‌ها استفاده شده است.

کشت گیاه باقلا و خیار

برای تسریع در جوانه‌زنی، بذور باقلا و خیار، ۷۲ ساعت قبل از کشت در آب خیسانده شدند. برای کشت بذرهای باقلا، رقم شوشتری، از گلدان‌های چهار لیتری در بستری حاوی خاک اره و برای کشت بذر خیار گلخانه‌ای، *Cucumis sativus* L.، رقم نگین[1]، از گلدان‌های دو لیتری در بستری از خاک و خاک اره (به نسبت ۲ به ۳) استفاده شد. گلدان‌ها در شرایط دمایی ۳ ± ۲۲ °C و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵٪ و دوره روشنایی: تاریکی ۸:۱۶ در گلخانه نگهداری شده و هر چهار روز یک بار، با کود کامل هورتی گرو[2] به نسبت سه در هزار تغذیه شدند.

پرورش شته سیاه باقلا و شته جالیز

جمعیت اولیهٔ شته سیاه باقلا طی نمونه‌برداری از مزارع باقلا دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز جمع‌آوری و پس از تأیید گونه توسط متخصصان، روی گیاه باقلا پرورش داده شد. برای تهیهٔ کلونی شته جالیز نیز نمونه‌هایی از این شته از گلخانهٔ پرورش خیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز جمع‌آوری و روی گیاه خیار پرورش داده شد. پرورش هر دو گونهٔ شته به طور جداگانه درون قفس‌های توری (به ابعاد ۶۰×۶۰×۱۲۰ سانتی‌متر) انجام گرفت.

طی نمونه‌برداری از مزارع باقلا، شته‌های سیاه باقلای مومیایی شده نیز جمع‌آوری شد. با ظهور حشرات کامل، گونهٔ زنبور *L. fabarum*، تشخیص داده شد. با توجه به مشاهدهٔ افراد نر در جمعیت، نژاد زنبور، نرزا تشخیص داده شد. با این وجود برای اطمینان از نژاد زنبور، به ماده‌های باکره، اجازه تولید نتاج داده شد و با توجه به نر بودن تمامی نتاج، نرزا بودن جمعیت زنبور به اثبات رسید. به منظور نگهداری و پرورش زنبورها، تعدادی از زنبورهای نر و ماده در قفسی حاوی گیاهان باقلای آلوده به شتهٔ سیاه باقلا رهاسازی شدند و کلونی آن‌ها شکل گرفت.

از آنجایی که آزمایش زیست‌سنجی روی جمعیت هم‌سن[3] پورهٔ سن سوم شته جالیز انجام گرفت، به منظور تولید این جمعیت، شته‌های بکرزا روی دیسک برگی خیار، درون ظروف پتری (قطر ۹ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر) حاوی محلول آگار (۱/۲ درصد) قرار داده شدند. پس از ۱۲ ساعت حشرات کامل شته حذف و پوره‌های هم‌سن بعد از ۶۶ ساعت (۶ ±)، وارد سن سوم پورگی شدند (Almasi et al., 2016). به منظور تهویه، روی درپوش هر ظرف پتری، سوراخی به قطر دو سانتی‌متر که با توری ارگانزا پوشانده شده بودند، ایجاد گردید.

پرورش زنبور *L. fabarum*

طی نمونه برداری از مزارع باقلا، شته‌های سیاه باقلای مومیایی شده نیز جمع‌آوری شد. با ظهور حشرا ت کامل زنبور، نسبت به تأیید گونه توسط متخصصین اقدام شد. به منظور نگهداری و پرورش زنبورها، تعدادی از زنبورهای نر و ماده در قفس توری (به ابعاد ۶۰×۶۰×۱۲۰ سانتی‌متر) حاوی گیاهان باقلای آلوده به شته سیاه باقلا، تحت شرایط محیطی ذکر شده رهاسازی شدند و کلونی آن‌ها شکل گرفت. برای تأمین آب مورد نیاز برای نوشیدن زنبورها، روزانه دوبار اسپری آب در قفس صورت گرفت.

برای هم‌سن‌سازی زنبور دو گلدان باقلای که از جمعیت مناسبی از شته سیاه باقلا برخوردار بودند، در قفسی توری (به ابعاد ۳۰×۳۰×۶۰ سانتی‌متر) قرار داده شدند. سپس حدود ۲۰ زنبور ماده جفت‌گیری کرده (یک روزه) روی گیاهان رهاسازی شده و بعد از ۱۲ ساعت نسبت به حذف تمام زنبورها اقدام شد. پس از چند روز با ظهور شته‌های مومیایی، یکایک آن‌ها به آرامی توسط قلم‌مو ظریف[4] از گیاه جدا و به درون ظروف پتری (قطر ۹ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر) انتقال یافتند.

1- Negin
2- Horti-grow®
3- synchronous cohort
4- Camel brush

زنبورهای ظاهر شده با نوارهای پنبه‌ای آغشته به محلول عسل (۳۰٪) و آب مورد تغذیه قرار گرفتند. از زنبورهای تازه ظاهر شده (جفت‌گیری کرده) برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

پرورش و هم‌سن‌سازی شته‌ها و زنبور پارازیتوئید، در اتاقک رشد در شرایط دمایی ۱ ± ۲۱ °C، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵٪ و دوره روشنایی: تاریکی ۱۶:۸، صورت پذیرفت.

حشره‌کش‌ها

در این پژوهش، حشره‌کش پریمیکارب (پریمور®) با فرمولاسیون (۵۰WP٪، محصول شرکت آریا شیمی) مورد استفاده قرار گرفت.

طراحی و انجام آزمایش‌ها

بررسی اثر پایداری غلظت توصیه‌شدهٔ پریمیکارب، در تماس با حشرات کامل زنبور *L. fabarum*

این آزمایش جهت بررسی اثر پایداری پریمیکارب روی زنده‌مانی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید، در شرایط گلخانه انجام شد. به این منظور چند عدد گلدان حاوی بوته‌های خیار (۸ برگی) با برگ‌های کاملاً رشد کرده انتخاب و با استفاده از سم‌پاش دستی با غلظت توصیه‌شده این آفت‌کش(۵۹۰ میکروگرم بر لیتر برمبنای فرموله شده) تا حد جاری شدن، محلول‌پاشی روی آن‌ها صورت گرفت. بوته‌های شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. گلدان‌ها به مدت ۳۰ روز در شرایط گلخانه نگهداری شدند. به منظور بررسی اثر پایداری به روش Sabahi et al. (2011)، در فواصل زمانی ۱، ۵ ، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ روز پس از محلول‌پاشی، یک برگ از هر گلدان انتخاب (n = ۱۵) و به ظرف پتری تهویه‌دار محتوی محیط کشت پایه (محلول آگار ۱/۲ درصد) منتقل شد. سپس ۱۵ عدد حشره‌کامل زنبور (تازه ظاهر شده)، روی هر برگ رهاسازی شد. پس از ۲۴ ساعت، ظروف بازدید و وضعیت زنده‌مانی آن‌ها ثبت شد. حشراتی که قادر به حرکت و یا حفظ تعادل خود نبودند، مُرده در نظر گرفته شدند

بررسی اثر پایداری غلظت LC_{50} حشره‌کش پریمیکارب در تماس با حشرات کامل زنبور *L. fabarum*

از آنجایی‌که غلظت LC_{50} پریمیکارب (۲۵۰/۹ میکروگرم بر لیتر) در تلفیق با رهاسازی زنبور *L. fabarum* می‌تواند به عنوان غلظتی مناسب جهت کنترل شته جالیز مورد استفاده قرار گیرد (Almasi et al., 2018)، این آزمایش به منظور تعیین اثر پایداری غلظت LC_{50} پریمیکارب روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید انجام گرفت. برای تعیین غلظت LC_{50}، ابتدا آزمایش مقدماتی تعیین محدودهٔ غلظت‌های مؤثر پریمیکارب انجام گرفت و غلظت‌های بالا و پایین و همچنین غلظت‌های حدفاصل آنها با فاصلهٔ لگاریتمی محاسبه شد. میزان کشندگی این غلظت‌ها به نحوی انتخاب شد که منجر به ۲۰ تا ۸۰ درصد تلفات در حشرات مورد آزمایش شوند (Robertson et al., 2007). از این غلظت‌ها جهت تعیین LC_{50} استفاده شد. برای انجام زیست‌سنجی با روش غوطه‌وری برگ مطابق با روش Koziol and Semtner (1984) و همچنین Amini Jam et al. (2014)، ابتدا برگ‌های سالم گیاه در هر یک از غلظت‌های حشره‌کش به مدت ۵ ثانیه غوطه‌ور شدند و پس از یک ساعت (جهت خشک شدن قطرات سم)، ۱۵ عدد پورهٔ سن سوم شته‌ی جالیز در هر ظرف پتری در معرض برگ‌های آغشته به باقی ماندهٔ حشره‌کش قرار گرفتند. در تیمار شاهد نیز از آب مقطر استفاده شد. برای تهویه و جریان یافتن هوا، سوراخ‌هایی روی درب ظروف پتری تعبیه و با پارچهٔ توری ارگانزا پوشیده شد. در ادامه، ظروف پتری به انکوباتور (شرایط دمایی ۱ ± ۲۱ °C، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵٪ و دوره روشنایی: تاریکی ۱۶:۸) منتقل و پس از ۲۴ ساعت، مرگ‌ومیر حشرات ثبت گردید. آزمایش در ۵ غلظت سمی به همراه گروه شاهد (۱۵ تکرار در هر تیمار) انجام گرفت.

در آزمایش اصلی جهت تعیین پایداری غلظت LC_{50} پریمیکارب، گلدان‌های حاوی بوته‌های خیار به مدت یک هفته در شرایط گلخانه نگهداری شدند و در فواصل زمانی ۱، ۳ و ۴ روز پس از محلول‌پاشی با غلظت LC_{50} آفت‌کش، مشابه روش ذکر شده در آزمایش نخست، اثرات پایداری این ترکیب روی حشرات کامل زنبور *L. fabarum* مورد بررسی قرار گرفت.

تعیین تعداد و دفعات رهاسازی زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* در تلفیق با کاربرد حشره‌کش پریمیکارب

این آزمایش به منظور تعیین تعداد رهاسازی زنبور روی هر بوتهٔ خیار و همچنین فواصل زمانی این رهاسازی، جهت کنترل جمعیت شته جالیز، در پنج تیمار طراحی و انجام شد. به این منظور برای هر تیمار، ۵ بوته خیار (درمرحلهٔ ۸–۷ برگی) انتخاب و ۲۵۰ عدد پوره سن سوم شته، روی هر بوته رهاسازی شد. گلدان‌های هرتیمار بطور جداگانه در یک قفس توری با چارچوب چوبی (به ابعاد ۳۰×۳۰×۶۰ سانتی‌متر) که اطراف آن با توری مِش ریز پوشیده شده بود، قرار داده شدند. مطابق با نتایج آزمایش‌های قبلی، این تعداد شته برای ایجاد جمعیت مناسب و پایدار شته کافی بود (Almasi, 2017). در تیمار اول این آزمایش، بوته‌های خیار آلوده به شته، برخلاف سایر تیمارها در روز اول با غلظت توصیه‌شدهٔ مزرعه‌ای پریمیکارب (۵۹۰ میکروگرم بر لیتر) سم‌پاشی (اسپری دستی) شدند و رهاسازی زنبور روی آن‌ها صورت نگرفت. در حالی‌که در سایر تیمارها (چهار تیمار باقیمانده)، در روز اول تمام گیاهان، با غلظت LC_{50} حشره‌کش پریمیکارب، سم‌پاشی شدند. در ادامهٔ آزمایش، در تیمار دوم و سوم هر سه روز یک‌بار، تعداد ۴۰ عدد حشره کامل زنبور نر و ماده (تازه ظاهر شده) روی هر بوتهٔ خیار رهاسازی شد و این روند رهاسازی زنبور به مدت یک ماه (مجموعاً ۱۰ دورهٔ رهاسازی) ادامه یافت. در تیمار سوم، پس از پنج دورهٔ رهاسازی زنبور، یعنی گذشت ۱۵ روز پس از رهاسازی اولین زنبورها، گیاهان مجدداً با همان غلظت حشره‌کش (LC_{50}) اسپری شدند. تیمارهای چهارم و پنجم نیز به ترتیب مشابه تیمارهای دوم و سوم بود با این تفاوت که در این تیمارها در هر رهاسازی از ۶۰ عدد حشره کامل زنبور استفاده شد. در تمامی تیمارها، برای بررسی روند تغییرات جمعیت شته، هر پنج روز یک‌بار تعداد شته روی یک برگ بالایی و یک برگ پائینی گیاه شمارش شد. در نهایت در روز سی‌اُم (پایان آزمایش)، تعداد کل شته و تعداد کل مومیایی‌های موجود روی هر بوته گیاه خیار شمارش و ثبت شد.

تجزیهٔ آماری داده‌ها

برای محاسبه LC_{50}، حدود اطمینان ۹۵٪ و روابط غلظت–پاسخ از نرم‌افزار پولو پلاس[1] (LeOra Software, 2006) و روش تجزیه پروبیت[2] استفاده شد. به منظور پی بردن به تأثیر تیمارهای مختلف بر تغییرات جمعیت شته روی برگ‌های بالایی و پائینی خیار از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه[3] با دو متغیر مستقل شامل روش کنترل و زمان نمونه برداری (۱، ۵ ، ۱۰، ۱۵، ۲۰ ، ۲۵ و ۳۰ روز) استفاده شد. داده‌های حاصل از تعداد کل شته و تعداد کل مومیایی موجود روی بوته‌های خیار در روز پایانی آزمایش و همچنین نتایج حاصل از آزمایش‌های اثرات پایداری غلظت توصیه‌شدهٔ مزرعه‌ای و غلظت LC_{50} پریمیکارب روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید، با آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه[4] تجزیه و تحلیل شد. لازم به ذکر است در تمامی آزمایش‌ها، اختلاف بین گروه‌ها با آزمون تکمیلی توکی[5] (در سطح ۵ ٪) تعیین شد. آنالیز آماری داده‌ها با کمک نرم افزار اس‌پی‌اس‌اس[6] (نسخه ۱۶) انجام گرفت (SPSS, 2006).

1- Polo-Plus
2- Probit analysis
3- Two-way ANOVA
4- One-way ANOVA
5- Tukey
6- SPSS software

نتایج

اثر پایداری غلظت توصیه‌شده و غلظت LC_{50} پریمیکارب در تماس با حشرات کامل زنبور *L. fabarum*

نتایج آزمایش اثر پایداری پریمیکارب، روی حشرات کامل زنبور *L. fabarum* حاکی از این بود که پریمیکارب در گروه ترکیبات B (ترکیبات کمی پایدار) قرار دارد. نتایج اثرات پایداری غلظت توصیه‌شدهٔ مزرعه‌ای پریمیکارب بر میزان تلفات زنبور در روزهای مختلف در شکل a-۱، آورده شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، میزان تلفات زنبور در روزهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۰۱؛ df=۵,۱۸؛ F=۵۳/۵۶). بیشترین میزان مرگ‌ومیر در روز اول و پنجم بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر (P=۰/۰۹) مشاهده شد و در روزهای بعدی، گذشت زمان تأثیری در میزان تلفات نداشت، چنانچه اختلاف معنی‌داری در تلفات حشرات کامل زنبور بین روزهای دهم تا روز سی‌اُم دیده نشد و میزان تلفات زنبور در این روزها همگی کمتر از ۱۰ درصد بود.

نتایج حاصل از تجزیهٔ آماری اثر پایداری غلظت LC_{50} پریمیکارب بر میزان تلفات زنبور نشان داد که بین روزهای مختلف (روزهای ۱، ۳ و ۴) اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۰۱؛ df=۲,۱۲؛ F=۶۴/۸۴). میانگین مرگ‌ومیر حشرات کامل زنبور *L. fabarum*، در روز اول به طور معنی‌داری بیشتر بود و با گذشت زمان در روزهای بعد، از میزان تلفات کاسته شد (شکل b-۱). لازم به ذکر است که میزان تلفات در روز سوم و چهارم اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (P=۰/۷۷).

طبق نتایج آزمایش‌های اثرات پایداری غلظت توصیه‌شده و غلظت LC_{50} پریمیکارب روی زنبور *L. fabarum*، مشخص شد که غلظت LC_{50} اثرات پایداری کمتری روی زنبور داشته و می‌توان سه روز پس از سم‌پاشی گیاه با این غلظت، نسبت به رهاسازی زنبور اقدام نمود.

تعیین LC_{50} حشره‌کش پریمیکارب روی پورهٔ سن سوم شته‌ی جالیز

با تجزیهٔ پروبیت از داده‌های به‌دست آمده از زیست‌سنجی پورهٔ سن سوم شته جالیز با حشره‌کش پریمیکارب، مقدار غلظت‌های LC_{25}، LC_{50}، LC_{90}، محدوده اطمینان و شیب خط رگرسیون، محاسبه شد (جدول ۱). مطابق با نتایج به‌دست آمده، مقدار LC_{50} پریمیکارب ۲۱۲/۶ میکروگرم بر لیتر محاسبه شد که تقریباً نصف غلظت توصیه‌شدهٔ مزرعه‌ای (۴۵۷/۵ میکرو-گرم بر لیتر) آن بود.

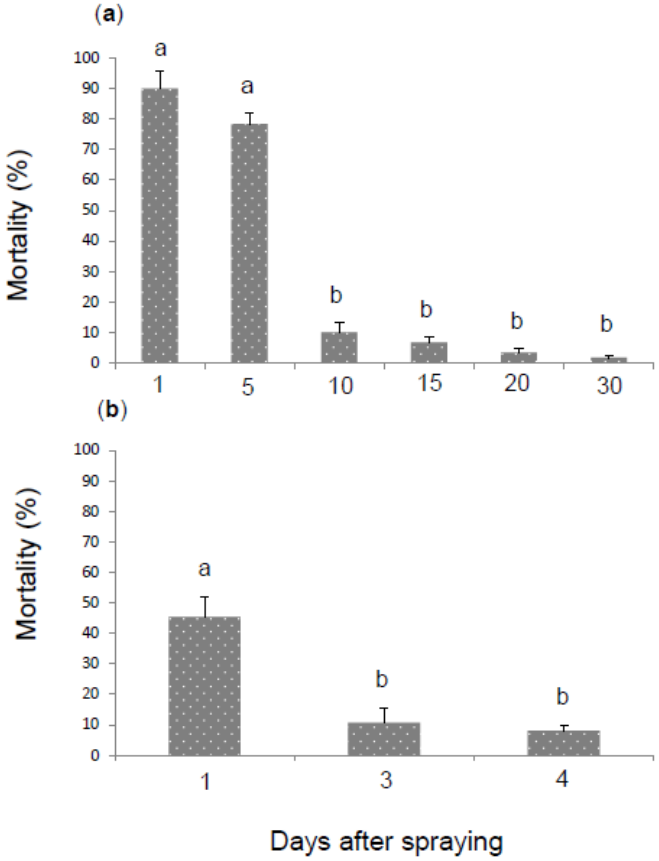
تعیین تعداد و دفعات رهاسازی زنبورپارازیتوئید *L. fabarum* در تلفیق با کاربرد حشره‌کش پریمیکارب

مقایسهٔ اثر تیمارهای مختلف بر تعداد شتهٔ جالیز روی برگ بالایی خیار

اثرات تیمارهای مختلف بر تعداد شته روی برگ‌های بالایی خیار در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس دوطرفه نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد شته روی برگ‌های بالایی خیار، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۰۱؛ df=۴,۱۲۷؛ F=۷۵/۸۷). همچنین بین روزهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۰۱؛ df=۶,۱۲۷؛ F=۳۱/۵۱). اثرات متقابل تیمارها و زمان نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۰۱؛ df=۲۲,۱۲۷؛ F=۲۰/۰۴).

در تمامی تیمارهای مورد مطالعه، تعداد شته روی برگ بالایی خیار در روزهای مختلف به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفتند (تیمار اول: P<۰/۰۰۱؛ df=۴,۱۵؛ F=۶۰/۴۶؛ تیمار دوم: P=۰/۰۲؛ df=۶,۲۸؛ F=۳/ ۱۶؛ تیمار سوم: P<۰/۰۰۱ ؛ df=۶,۲۸؛ F=۱۳/۳۹؛ تیمار چهارم: P=۰/۰۴۲؛ df=۶,۲۸؛ F=۲/۵۷ و تیمار پنجم: P<۰/۰۰۱؛ df=۶,۲۸؛ F=۹/۵۱).

نتایج نشان داد که در آغاز آزمایش بین تیمارهای مختلف، تفاوت معنی‌داری بین تعداد شته روی برگ‌های بالایی وجود نداشت (P=۰/۵۰) و با اعمال تیمارهای مختلف



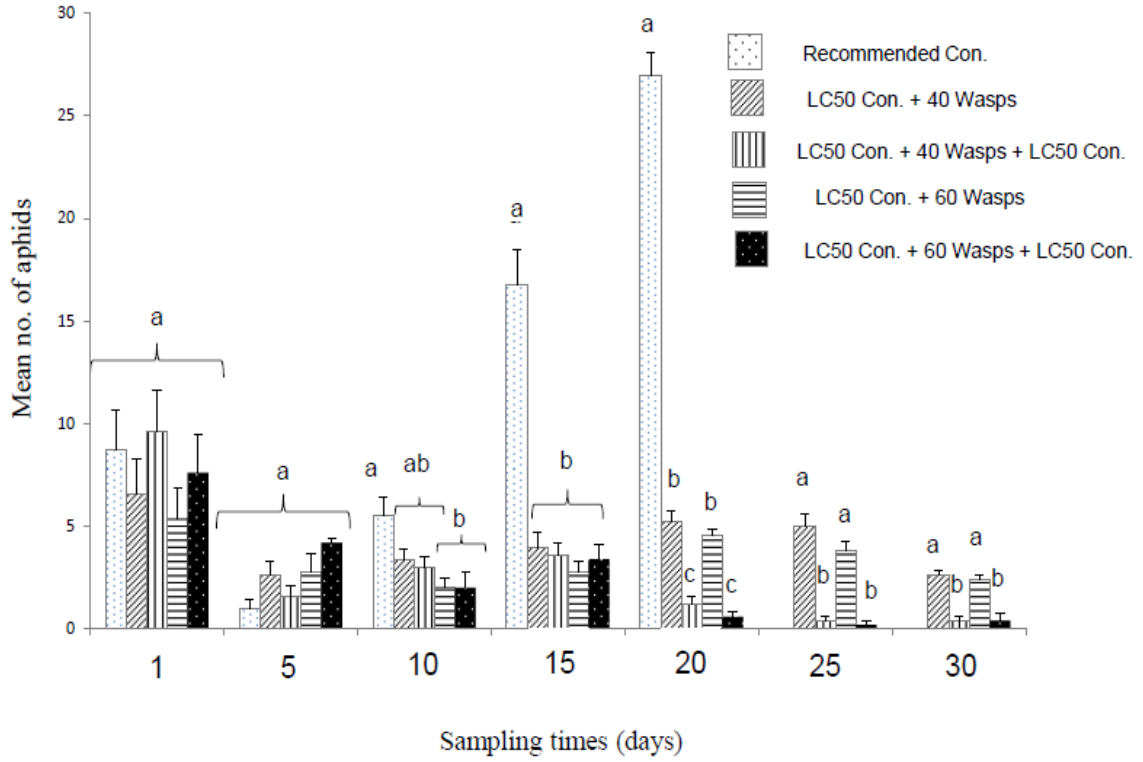
شکل ۱- میانگین (± خطای معیار) مرگ‌ومیر حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* در آزمون اثرات پایداری غلظت توصیه‌شدهٔ مزرعه‌ای (a) و غلظت LC_{50} پریمیکارب (b) روی گیاهان خیار. میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (Tukey test و *P*<۰/۰۵).

Figure 1. The effects of stability of the recommended field concentration (a) and LC_{50} concentration of pirimicarb insecticide (b) on mortality (Mean ± SE) of adult *L. fabarum* in consecutive days after application on cucumber. Means bearing the same letter are not significantly different (Tukey test, *P*< 0.05).

جدول ۱- سمیت حشره‌کش پریمیکارب روی پوره سن سوم شته جالیز، *Aphis gossypii*، ۲۴ ساعت پس از تیمار

Table 1. Toxicity of pirimicarb insecticide on third instar of melon aphid, *Aphis gossypii*, 24 hours after application

Insecticide	Intercept	Slope ±SE	χ^2 (df)	Lethal Concentration (95% FL) (µg/L)		
				LC_{25}	LC_{50}	LC_{90}
Pirimicarb	-8.96±1.008	3.851±0.431	6.522 (18)	142.06 (120.9-160.2)	212.62 (191.5-235.9)	457.49 (387.7-582.9)



شکل ۲- میانگین (± خطای معیار) تعداد شته جالیز *Aphis gossypii* روی برگ‌های بالایی خیار، در روزهای متوالی نمونه‌برداری پس از کاربرد همزمان حشره‌کش پریمیکارب و رهاسازی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum*. میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (Tukey test و P<۰/۰۵).

Figure 2. Mean (±SE) number of melon aphid on upper leaves of cucumber on consecutive days of sampling, after simultaneous application of pirimicarb insecticide and release of a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*. Means bearing the same letter are not significantly different (Tukey test, P< 0.05).

در روز پنجم نیز اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها دیده نشد (P=۰/۲۴) (شکل ۲). اما از روز دهم به بعد افزایش قابل توجه و معنی‌دار جمعیت شته در تیمار اول (سم پاشی شده با غلظت توصیه‌شدهٔ مزرعه‌ای) به صورتی بود که عملاً در روز ۲۵ گیاهان این تیمار پژمرده شدند و دیگر امکان شمارش شته‌ها روی آن‌ها وجود نداشت. در روز ۱۵ نمونه‌برداری، اختلاف معنی‌داری بین میانگین شته‌ها روی گیاهان تیمارهای دوم تا چهارم دیده نشد (شکل ۲). در ادامه با توجه به تکرار سم پاشی گیاهان تیمار سوم و پنجم با غلظت LC_{50} پریمیکارب، کاهش معنی‌دار تعداد شته در این دو تیمار در مقابل تیمارهای دوم و چهارم دیده شد و این تفاوت در روزهای ۲۵ و ۳۰ نمونه برداری نیز ادامه داشت (شکل ۲).

مقایسه‌ی اثر تیمارهای مختلف بر تعداد شتهٔ جالیز روی برگ‌های پائینی خیار

نتایج تجزیه واریانس در مورد تعداد شته روی برگ‌های پائینی خیار نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۰۱؛ df=۴,۱۲۷؛ F=۲۶/۹۹). همچنین بین روزهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۰۱؛ df=۶,۱۲۷؛ F=۲۹/۰۱). اثرات متقابل آن‌ها نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۰۱؛ df=۲۲,۱۲۷؛ F=۹/۶۹).

در تمامی تیمارهای مورد مطالعه، تعداد شته روی برگ‌های پائینی خیار در روزهای مختلف به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفتند (تیمار اول: P<۰/۰۰۱؛ df= ۴,۱۵؛ F=۴۳/۲۳؛ تیمار دوم: P=۰/۰۲؛ df=۶,۲۸؛ F=۳/۲۱؛ تیمار سوم: P<۰/۰۰۱؛ df=۶,۲۸؛ F=۶/۰۹؛

تیمار چهارم: P<۰/۰۰۱؛ df=۶,۲۸؛ F=۹/۲۲ و تیمار پنجم: P<۰/۰۰۱؛ df=۶,۲۸؛ F=۲۲/۴۶).

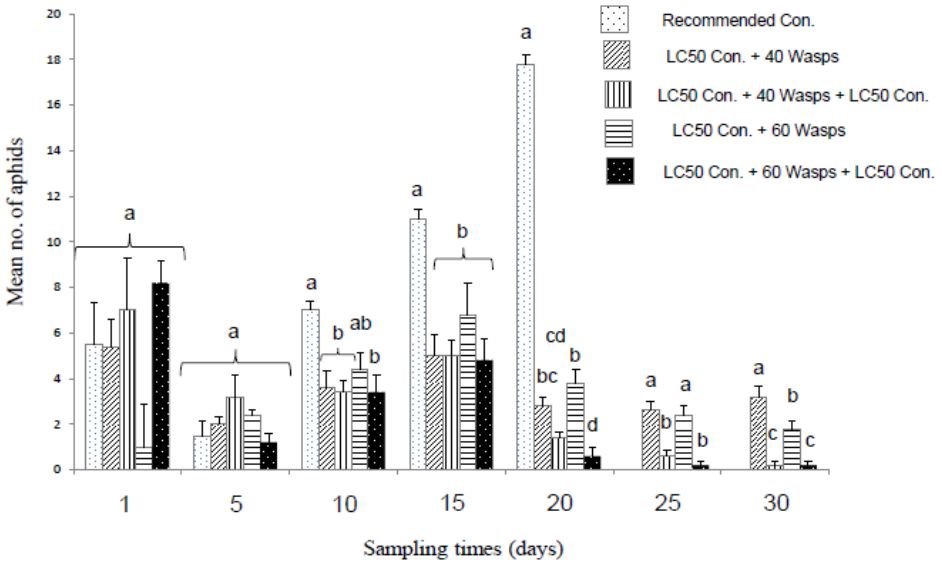
نتایج نشان داد که مشابه برگ‌های بالایی، در آغاز آزمایش بین تیمارهای مختلف، تفاوت معنی‌داری بین تعداد شته در برگ‌های پائینی وجود نداشت (P=۰/۳۰) و با اعمال تیمارهای مختلف در روز پنجم نیز اختلاف معنی‌داری بین آنها دیده نشد (P=۰/۱۵) (شکل ۳). اما از روز دهم به بعد افزایش قابل توجه و معنی‌دار جمعیت شته در تیمار اول (سم پاشی شده با غلظت توصیه‌شده مزرعه ای) دیده شد (روز دهم: P=۰/۰۱؛ df=۴,۱۹؛ F_{10}=۴/۶۲؛ روز پانزدهم: P=۰/۰۰۲؛ df=۴,۱۹؛ F_{15}=۶/۵۳ و روز بیستم: P<۰/۰۰۱؛ df=۴,۱۹؛ F_{20}=۲۳۸/۷۱)، به صورتی بود که جمعیت شته روی گیاهان این تیمار آنقدر زیاد شد که عملاً در روز ۲۵ پژمرده شدند و دیگر امکان شمارش شته ها روی آن‌ها وجود نداشت. مطابق با نتایج شکل ۳، در روز ۱۵ نمونه برداری، اختلاف معنی داری بین میانگین شته‌ها روی گیاهان تیمارهای دوم تا چهارم دیده نشد. در ادامه با توجه به تکرار سم پاشی گیاهان تیمار سوم و پنجم با غلظت LC_{50} پریمیکارب، کاهش معنی‌دار تعداد شته در این دو تیمار در مقایسه با تیمارهای دوم و چهارم دیده شد و این تفاوت در روزهای بیست‌وپنجم (P<۰/۰۰۱؛ df=۳,۱۶؛ F_{25}=۱۴/۳۲) و سی‌ام (P<۰/۰۰۱؛ df=۳,۱۶؛ F_{30}=۱۸/۱۷) نمونه برداری نیز ادامه داشت (شکل ۳).

نتایج حاصل از تجزیه آماری بین تیمارهای مختلف، روی تعداد کل شته‌های شمارش شده در روز پایانی آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۰۱؛ df=۴,۱۹؛ F=۴۱۸/۷۳) (شکل ۴). به‌طوری‌که کمترین جمعیت شته در تیمار رهاسازی زنبورهای ۶۰ تایی (سم‌پاشی در روز اول و پانزدهم) با میانگین ۳/۰۸±۱۶/۴۰ و تیمار رهاسازی زنبورهای ۴۰ تایی (سم‌پاشی در روز اول و پانزدهم) با میانگین ۴/۷۳±۳۳/۶۰ بدون اختلاف معنی دار با یکدیگر قرار داشتند (P=۰/۹۷). بیشترین تعداد شته نیز در بوته‌های تیمار اول (سم‌پاشی در روز اول با غلظت توصیه‌شدهٔ مزرعه‌ای پریمیکارب) مشاهده شد و بعد از آن تیمارهای دوم (زنبورهای ۴۰ تایی با یک بار سم‌پاشی) و چهارم (زنبورهای ۶۰ تایی با یک بار سم‌پاشی) بدون اختلاف معنی‌دار قرار داشتند (شکل ۴).

در پایان آزمایش، مقایسه آماری بین تیمارها در تعداد کل شته‌های مومیایی شده اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۰۱؛ df=۳,۱۶؛ F=۲۴۳/۷۴). مطابق با انتظار، بیشترین تعداد مومیایی در تیمار تراکم بالای زنبور با حداقل میزان سم پاشی (تیمار چهارم) شمارش شد و بعد از آن تیمار دوم (۴۰ زنبور با یک بار سم پاشی) قرار داشت (شکل ۴).

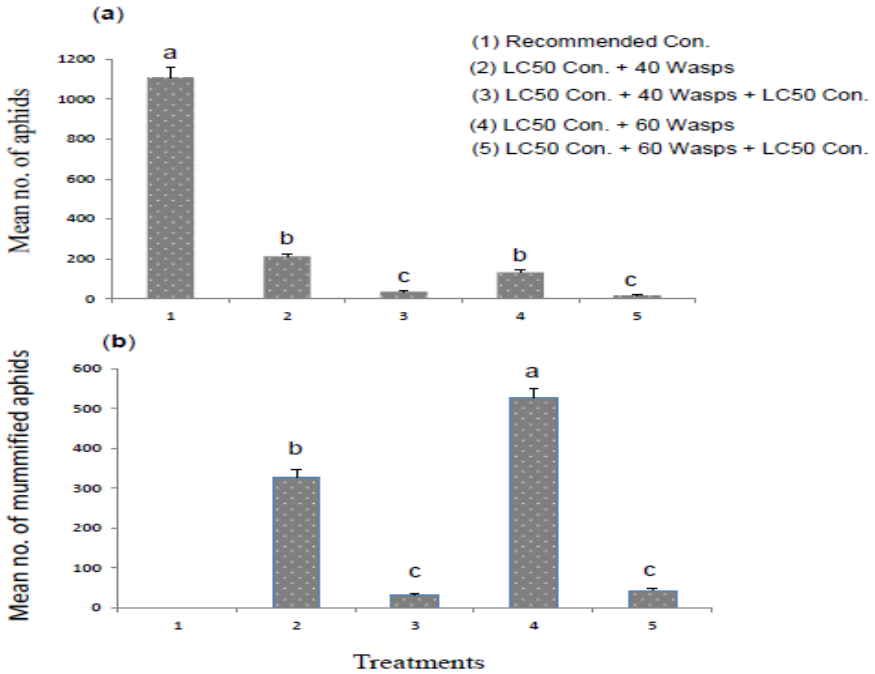
بحث

کنترل شته‌ها صرفاً با استفاده از دشمنان طبیعی، به‌دلیل نرخ بالای تولیدمثلی این گروه از آفات، دشوار بوده و در معمولاً استفاده همزمان از حشره‌کش‌های انتخابی لازم به نظر می‌رسد. در چنین مواقعی، حفاظت و حمایت از جمعیت پارازیتوئیدها در گلخانه‌ها و مزارع، هنگام کاربرد توأم آن‌ها با آفت‌کش‌ها اهمیت زیادی دارد (Srark and Rangus, 1994). در این ارتباط یک حشره‌کش مناسب در کنترل تلفیقی آفات، علاوه بر این‌که باید جمعیت آفت را به خوبی کنترل کند، لازم است اثر کشندهٔ کمی روی جمعیت دشمنان طبیعی داشته باشد (Sarfraz and Keddie 2005; Kanzaki and Tanaka, 2010). بطور مثال استفاده از دلتامترین به عنوان یک حشره‌کش غیرانتخابی، در کنترل شته سبز گندم *Sitobion avenae* Fabricius، منجر به کاهش ۹۰ درصدی جمعیت زنبور پارازیتوئید *Aphidius rhopalosiphi* DeStefani-perez شد (Longley and Jepson, 1997). همسو با نتایج تحقیق حاضر، Amini Jam et al. (2014)، در بررسی تأثیر چندین حشره‌کش از جمله پریمیکارب روی شتهٔ جالیز *A. gossypii* نشان دادند که این حشره‌کش علاوه بر کارایی



شکل ۳- میانگین (± خطای معیار) تعداد شته جالیز *Aphis gossypii* روی برگ‌های پائینی خیار، در روزهای متوالی نمونه‌برداری پس از کاربرد همزمان حشره‌کش پریمیکارب و رهاسازی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum*. میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (Tukey test و $P<۰/۰۵$).

Figure 3. Mean (±SE) number of melon aphid on lower leaves of cucumber on consecutive days of sampling, after simultaneous application of pirimicarb insecticide and release of a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*. Means bearing the same letter are not significantly different (Tukey test, $P< 0.05$).



شکل ٤- میانگین (± خطای معیار) تعداد کل شته جالیز *Aphis gossypii* و تعداد کل مومیایی‌ها روی بوته‌های خیار، ۳۰ روز پس از کاربرد همزمان حشره‌کش پریمیکارب و رهاسازی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum*. میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (Tukey test و $P<۰/۰۵$).

Figure 4. Mean (±SE) total number of melon aphids, *Aphis gossypii* and total number of mummies on the cucumber, 30 days after simultaneous application of pirimicarb insecticide and release of a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*. Means bearing the same letter are not significantly different (Tukey test, $P< 0.05$).

مناسب در کنترل این آفت، اثرات سوء کمی روی زنبور پارازیتوئید آن، *Aphidius matricariae* Haliday داشته است.

در کاربرد تلفیقی آفت‌کش‌ها و دشمنان طبیعی، علاوه بر انتخاب آفت‌کش انتخابی مناسب، توجه به دوام حشره‌کش نیز اهمیت زیادی دارد. در بررسی حاضر، نتایج آزمایش اثر پایداری پریمیکارب، روی حشرات کامل زنبور *L. fabarum* حاکی از این بود که پریمیکارب در گروه ترکیبات B (ترکیبات کمی پایدار) قرار دارد. مطالعات Mardani et al. (2017) نیز نشان داد که باقیماندهٔ پریمیکارب روی برگ باقلا، برای زنبور *L. fabarum*، پایداری کمی داشته است. اثر پایداری چندین حشره‌کش از جمله پریمیکارب روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *Aphytis melinus* Debach نیز نشان داد که این ترکیب براساس استاندارد سازمان جهانی کنترل زیستی در گروه ترکیبات کم دوام قرار دارد (Vanaclocha et al., 2013)، که همگی این نتایج با یافته‌های این پژوهش هم‌خوانی دارد.

بررسی حاضر نشان داد که به دلیل پایداری کم غلظت LC_{50} پریمیکارب و تلفات اندک زنبور، می‌توان سه روز پس از سم‌پاشی گیاه، نسبت به رهاسازی زنبور اقدام نمود. این نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از غلظت کاهش یافتهٔ ترکیبات کم دوام همراه با رهاسازی دشمنان طبیعی، می‌توان به موفقیت بهتری در کنترل شته‌ها دست یافت، چرا که با تجزیهٔ سریع، قدرت کشندگی حشره‌کش کاهش یافته و در نتیجه شرایط بهتری برای فعالیت زنبورهای پارازیتوئید مهیا می‌شود (Sabahi et al., 2011). این موضوع می‌تواند علاوه بر ایجاد تعادل در جمعیت پایین‌تر و پایدارتر آفات، زمینه را برای ادامهٔ فعالیت دشمنان طبیعی فراهم نماید. نتایج مشابه در مورد شته‌های غلات با غلظت کاهش یافته پیریمیکارب نیز به‌دست آمده است (Cornale et al., 1996).

در این پژوهش، نتایج آزمایش اثر حشره‌کش در تلفیق با رهاسازی زنبور نشان داد که تیمار سم‌پاشی شده با غلظت توصیه‌شدهٔ پریمیکارب (تیمار اول) در ابتدا جمعیت شته را به خوبی کاهش داد اما با گذشت زمان شاهد افزایش قابل توجهٔ جمعیت شته بودیم، به طوری‌که در روز بیستم بوته‌های خیار در این تیمار در اثر خسارت ناشی از تراکم بالای شته از بین رفتند. به نظر می‌رسد که غلظت توصیه‌شدهٔ پریمیکارب با گذشت زمان نتوانست مانع از افزایش جمعیت شته جالیز شود که یکی از دلایل محتمل این موضوع می‌تواند پایداری کم پریمیکارب باشد (McGregor, 2006; Talebi-Jahromi, 2011).

مقایسهٔ نتایج کاربرد همزمان زنبور و غلظت LC_{50} پریمیکارب در تیمارهای مختلف نشان داد که کاربرد تراکم بالاتر زنبور (۶۰ زنبور) تأثیر بیشتری در کاهش جمعیت شته نداشته و استفاده از ۴۰ زنبور در دوره‌های رهاسازی، همان نتیجه را به همراه خواهد داشت. با وجود تأثیر معنی‌دار تکرار سمپاشی روی کاهش تراکم شته، نتایج نشان می‌دهد که زنبور قادر خواهد بود جمعیت آفت را مهار کند و نیازی به تکرار سم پاشی نمی باشد اما در صورت نیاز همزمان با ادامه کاربرد زنبور، می‌توان به تکرار سم پاشی با غلظت LC_{50} پریمیکارب اقدام نمود. در این ارتباط در مطالعهٔ استفاده همزمان از غلظت کاهش یافته پی‌متروزین با زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* M'Intosh جهت کنترل شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L.، کاهش ۸۴ درصدی جمعیت شته گزارش شده است، به طوری که استفاده از غلظت کاهش یافتهٔ پی‌متروزین در ابتدا منجر به سرکوب اولیهٔ جمعیت شته شد و در ادامه با کاهش تراکم نسبتا پایین آفت و به دلیل پایداری کم این حشره‌کش، زنبور پارازیتوئید توانست فعالیت کنترلی مناسبی را جهت کنترل آفت از خود نشان دهد (Acheampong and Stark, 2004).

بر اساس نتایج این مطالعه، در یک جمع بندی می‌توان گفت امکان استفاده همزمان از غلظت LC_{50} پریمیکارب همراه با تراکم مناسب زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* برای کنترل موثر شتهٔ جالیز روی گیاهان خیار گلخانه‌ای وجود دارد.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره گرنت SCU.AP99.437) قدردانی می‌شود.

REFERENCE

Acheampong, S., and Stark, J.D. 2004. Can reduced rates of pymetrozine and natural enemies control the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae), on broccoli? International Journal of Pest Management 50: 275-279.

Almasi, A. 2017. Application of sexual population of the parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Hym., Braconidae) integrated with imidacloprid and pirimicarb insecticides, in order to control melon aphid, *Aphis gossypii* (Hem., Aphididae), in laboratory and greenhouse conditions. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, 170 pp (In Farsi with English abstract).

Almasi, A., Rasekh, A., Esfandiari, M., Askari-Seyahooei, M., and Ziaee, M. 2016. Investigating toxicity of pirimicarb and imidacloprid on different growth stages of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 39: 71-83.

Almasi, A., Rasekh, A., Esfandiari, M., Askari-Seyahooei, M., and Ziaee, M. 2017. Evaluation of efficiency the parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Braconidae), reared on *Aphis fabae*, against the melon aphid, *Aphis gossypii*. Journal of Applied Researches in Plant Protection, 6: 83-95.

Almasi, A., Rasekh, A., Esfandiari, M., Askari-Seyahooei, M., and Ziaee, M. 2018. The prospect of using sub-lethal imidacloprid or pirimicarb and a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*, simultaneously, to control *Aphis gossypii on* cucumber plants. Journal of Asia-Pacific Entomology, 21: 161-167.

Amini Jam, N., Kocheyli, F., Mossadegh, M.S., Rasekh, A., and Saber, M. 2014. Lethal and sublethal effects of imidacloprid and pirimicarb on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. Journal of Crop Protection, 3: 89-98.

Astaraki, M., Rasekh, A., Shishehbor, P., and Mahi, H. 2018. Evaluation of the possibility of using banker plant (*Vicia faba-Aphis fabae*) to increase parasitism of *Aphis gossypii* by a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*. Biocontrol in Plant Protection, 6(1): 89-99 (In Farsi with English abstract).

Attia, A.A., and El-Hamaky, M.A. 1987. The biology of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover in Egypt (Hemiptera: Aphididae). Bulletin Societe Entomologique Egypte, 85: 359-371.

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

Baniameri, V., and Farrokhi, Sh. 2011. Implementation of biological control program in greenhouse crops in Iran. Proceedings of the biological control development congress in Iran, Tehran, Iran, 346 pp (In Farsi).

Blackman, R.L., and Eastop, V.F. 1984. *Aphids* on the world's crops. An identification and information guide. 476 pp. Wiley Press.

Carver, M. 1984. The potential host ranges in Australia of some imported aphid parasite (Hemiptera: Aphididae). Entomophaga, 29: 351-359.

Cornale, R., Pozzati, M., Cavazzuti, C., and Burgio, G. 1996. Trattamenti insetticidi al grano: influenza su afidi e loro antagonisti nat-urali [Insecticide treatments to wheat: influence of aphids and their natural enemies]. Informatore Agrario, 52: 35-43.

Croft, B. A. 1990. Factors affecting susceptibility.pp. 71–100. In: Croft, B.A. (Eds). Arthropod Biological Control Agents and Pesticides. 2nd ed. Wiley, UK.

Gerling, D., Aloar, Q., and Arno, J. 2001. Biological control of *Beisia tabaci* using predators and parasitoids. Crop protection, 20: 779-799.

El-Kady, H. 2007. Insecticide resistance in the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover in Egypt. Journal of the Egyptian Society of Toxicology, 36: 43-46.

Herren, H. R., and Neuenschwander, P. 1991. Biological control of cassava pests in Africa. Annual review of entomology, 36: 257-283.

Herron G.A., Powis, K., and Rophail, J. 2001. Insecticide resistance in Aphis gossypii Glover (Hemiptera: Aphididae), a serious threat to Australian cotton. Australian Journal of Entomology, 40(1): 85-91.

James, D.G. 2003. Pesticide susceptibility of two coccinellids (*Stethorus punstum* and *Harmonia axyridis*) important in biological control of mites and aphids in Washington Hops. Biocontrol Science and Technology, 13: 253-259.

Jansen, J.P. 2000. A three-year field study on the short-term effects of insecticides used to control cereal aphids on planted welling aphid predators in winter wheat. Pest Management Science, 56: 533-539.

Jepson, P.C. 1989. Temporal and spatial dynamics of pesticide side-effects on non-target invertebrates. pp. 95-125. In: Jepson, P.C. (Eds). Pesticides and non-target invertebrates. Windborne Dorset.

Kanzaki, S.H., and Tanaka, T. 2010. Different responses of a solitary *Meteorus pulchricornis* and a gregarious *Cotesia kariyai* endoparasitoid to four insecticides in the host *Pseudaletia separata* (Noctuidae: Lepidoptera). Journal of Pesticide Science, 35: 1-9.

Koziol, F. S., and Semtner, P. J. 1984. Extent of resistance to organophosphorus insecticides in field population of the green peach aphid (Homoptera: Aphididae) infesting flue-cured tobacco in Virginia. Journal of Economic Entomology, 77: 1-3.

Kresting, U., Satar, S., and Uygun, N. 1999. Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum*. Journal of Applied Entomology, 123: 23-27.

LeOra Software. 2006. POLO-Plus 1.0 Probit and Logit Analysis. LeOra Software, Petaluma.

Longley, M., and Jepson, P.C. 1997. Cereal aphid and parasitoid survival in a logarithmically diluted deltamethrin spray transect in winter wheat: Field-based risk assessment. Environmental Toxicology and Chemistry, 16: 1761-1767.

Mahi, H. 2013. Cold storage feasibility of *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Aphidiidae) for mass rearing usage. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, 90 pp (In Farsi with English abstract).

Mardani, A., Sabahi, Q., and Almasi, A. 2017. Susceptibility of pupal and adult stages of the parasitoid *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hymenoptera: Braconidae) to insecticides thiacloprid+deltamethrin, pirimicarb and pymetrozine. Plant Pest Research, 6: 61-71.

Masuda, K., Ihara, M., Nishimura, K., Sattelle, D.B., and Komai, K. 2001. Insecticidal and neural activities of candidate photoaffinity probes for neonicotinoid binding sites. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 65: 1534-1541.

McGregor, D. B. 2006. Pesticide residues in food-2004. Food and Agriculture Organization. 207 pp. World Health Organization.

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

Noorbakhsh, S., and Sahraeian, H. 2015. List of pests, diseases and weeds important agricultural products; Pesticides and recommended practices to control them. 208 pp. Prognosis Bureau of Plant Protection Organization.

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.

Obrycki, J.J., and Kring, T.J. 1998. Predaceous coccinellidae in biological control. Annual review of entomology, 43: 295-321.

Rakhshani, E., Talebi, A., Kavallieratos, N., Rezwani, A., Manzari, S., and Tomanovic, Z. 2005. Parasitoid complex (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphidoidea) in Iran. Journal of Pest Science, 78: 193-198.

Rasekh, A., Kharazi-Pakdel, A., Michaud, J.P., Allahyari, H., and Rakhshani, E. 2011. Report of a thelytokous population of *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hymenoptera: Aphidiidae) from Iran. Journal of Entomological Society of Iran, 30: 83-84.

Rasekh, A., Michaud, J.P., Allahyari, H., and Sabahi Q. 2010. The foraging behavior of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) a thelytokous parasitoid of the black bean aphid in Iran. Journal of Insect behavior, 23: 165-179.

Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K., and Savin, N.E. 2007. Bioassays with arthropods. 199 pp. CRC Press.

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: 1-8.

Sarfraz, M., and Keddie, B.A. 2005. Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). Journal of Applied Entomology, 129: 149-157.

SPSS. 2006. SPSS for windows. Version 16th (Eds). SPSS INC, Chicago, Illinois.

Stark, J.D., and Rangus, T.M. 1994. Lethal and sublethal effects of the neem insecticide formulation, 'Margosan-O', on the pea aphid. Pest Management Science, 41: 155-160.

Stary, P. 1983. The perennial stinging nettle (*Urtica nettle*) as a reservoir of aphid parasitoid (Aphidiiidae). Acta Entomologica Bohemoslovaca, 80: 81-86.

Stary, P. 1986. Creeping thistle, Cersium arvense, as a reservoir of aphid parasitoid (Aphidiidae) in agroecosystems. Acta Entomologica Bohemoslovaca, 83: 24-29.

Steenis, M.V. 1992. Biological control of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae): pre-introduction evaluation of natural enemies. Journal of Applied Entomology, 114: 362-380.

Tadeo, L. 2008. Analysis of pesticides in food and environmental samples. 382 pp. CRC Press.

Talebi-Jahromi, K. 2011. Pesticide toxicology. 3th (Eds). 507 pp. Tehran University Press.

Urbaneja, A., Sanchez, E., and Stansly, P.A. 2007. Life history of *Eretmocerus mundus*, a parasitoid of *Bemisia tabaci*, on tomato and sweet pepper. BioControl, 52: 25-39.

Van lenteren, J.C. 2000. Measures of success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. pp. 77-103 In: Gurr, G. & Wratten, S. (eds). Measures of Success in Biological Control, Kluwer Academic Publishers.

Vanaclocha, P., Vidal-Quist, C., Oheix, S., Monton, H., Planes, L., Catalan, J., Tena, A., Verdu, 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 Pest Science, 86: 329-336.

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

Yu, D.S., Van Achterberg, C., and Horstmann, K. 2013. World Ichneumonoidea 2011. Taxonomy, Biology, Morphology and Distribution. Taxapad (Scientific Names for Information Management), Interactive Catalogue, Ottawa. Available from: http:// www.taxapad.com (accessed 27 May 2019).

© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International. (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

The simultaneous use of a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* and pirimicarb insecticide to control *Aphis gossypii*, in greenhouse conditions

A. Rasekh[1]*, A. Almasi[2], M. Esfandiari[3], M. Ziaee[3] and M. Askari Seyahooei[4]

1. ***Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (a.rasekh@scu.ac.ir)
2. Graduated Ph.D. student of Entomology, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research Center, Bandar Abbas, Iran

(DOI): 10.22055/PPR.2021.16814

Received: 1 March 2021 Accepted: 18 May 2021

Abstract

Background and Objectives

The melon or cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), is hazardous to many agricultural crops. Melon aphid is a highly polyphagous pest, feeding on more than 320 plant species including cucumber. Melon aphids physically damage plants by directly sucking their phloem sap, resulting in premature leaf drop, wilting, and desiccation of host plants. Application of insecticides is usually considered as the most common method to control this pest. As a result of the widespread use of these chemical compounds, this pest has become resistant against several classes of synthetic insecticides. Therefore, in this study, sub-lethal concentrations of pirimicarb, and a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Braconidae: Aphidiinae) were simultaneously used to control melon aphid on cucumber, as part of a comprehensive study for the integrated pest management.

Materials and Methods

In this research, first, bioassay of pirimicarb was performed with third instar of *A. gossypii* to calculate lethal concentrations of pirimicarb and then, another experiment was conducted to determine stability of pirimicarb, and also its effects on survival of a parasitoid wasp adult, *L. fabarum*. In the following, the effects of simultaneous releasing of *L. fabarum* with applying sub-lethal concentration (LC_{50}) of pirimicarb on cucumber were investigated by determining population dynamics *A. gossypii*, every 5 days. In the first treatment, as a control treatment; the plants were sprayed with the recommended field concentration, at the beginning of the experiment, without releasing of the parasitoid wasp. In the second and third treatments, 40 male and female parasitoid wasps were released every 3 days on each plant. In the fourth and fifth treatments, 60 male and female parasitoid wasps were released. In all the last four treatments, at the beginning of the experiment, and in the third and fifth treatments on the 15th day, the plants were

sprayed with LC_{50} of pirimicarb. After 30 days, the experiment was ended and the total number of alive aphids and total number of the mummified aphids were counted on each plant.

Results

Mean lethal concentration (LC50) of pirimicarb was equal to 212.6 µg/L for the third nymphal instar and due to low stability of this concentration of pirimicarb; it was possible to release the wasps 3 days after spraying. The results of releasing different densities of wasp showed that higher density of wasps (60 wasps per release) did not have a highly significant effect, and low density of wasps (40 wasps) was able to control aphids. After a significant reduction in aphid population due to pesticide use, the parasitoid wasp was able to prevent growth of aphid population, but if necessary, spraying can be repeated by sub-lethal concentration (LC_{50}) of the pirimicarb, after 15 days.

Discussion

Findings of the present study suggested that lethal concentration (LC_{50}) of pirimicarb can be applied as a suitable insecticide, simultaneously with *L. fabarum*, for the integrated pest management of melon aphids.

Keywords: Aphidiinae, Bioassay, Cotton aphids, Cucumber, Melon aphid