

اثرات کشنده و غیر کشنده آفت‌کش‌های پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل روی پراسنجه‌های جدول زیستی زنبور انگل‌واره‌ی، *Trichogramma brassicae* (Hym.; Trichogrammatidae)

موسی صابر^{۱*}، صمد وجودی^۲، احسان پارسائیان^۱ و اکرم احمدی^۱

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران و ۲- مرکز خدمات کشاورزی خدآفرین، آذربایجان شرقی، ایران
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: saber@tabrizu.ac.ir

چکیده

زنبورهای تریکوگراما از مهم‌ترین انگل‌واره‌های آفات متعدد بالپولکی می‌باشند. توانایی انگلی کردن این انگل‌واره‌ها در مزارع و باغات می‌تواند تحت تاثیر کاربرد آفت‌کش‌ها قرار گیرد. در مطالعه‌ی حاضر، اثرات کشندگی و غیرکشندگی آفت‌کش‌های رایج در کشت پنبه شامل پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل روی مراحل مختلف رشدی و برخی پراسنجه‌های زیستی زنبور انگل‌واره، *Trichogramma brassicae* مورد بررسی قرار گرفت. زیست-سنجی‌ها به روش تماس با مانده سمی روی حشرات کامل زنبور انجام شد. مقادیر LC₅₀ آفت‌کش‌های پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل برای زنبور تریکوگراما به ترتیب ۰/۷۵۳، ۱۱۹۰، ۱۷۳۱/۶، ۵/۸۵ و ۱/۹۶ میلی‌گرم ماده موثر در لیتر بودند. نتایج زیست‌سنجی روی حشرات کامل نشان دادند که کلرپایریفوس اتیل بالاترین سمیت را در مقایسه با سایر آفت‌کش‌های مورد آزمایش داشت. با وجود این، ایمیداکلوپرید هم سمیت بالایی روی حشرات کامل انگل‌واره نشان داد. همچنین نتایج نشان دادند که به غیر از کلرپایریفوس اتیل، سایر آفت‌کش‌های مورد آزمایش در غلظت‌های توصیه شده‌ی مزرعه‌ای سمیت پایینی روی مراحل نابالغ زنبورهای انگل‌واره داشتند. براساس طبقه‌بندی سازمان بین‌المللی کنترل زیستی، کلرپایریفوس اتیل در گروه آفت‌کش‌های کم‌ضرر و پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل و ایمیداکلوپرید در گروه آفت‌کش‌های بی‌ضرر در مرحله‌ی نابالغ قرار گرفتند. در مطالعه‌ی اثرات غیرکشندگی، از غلظت‌های کشنده برای ۳۰ درصد جمعیت استفاده شد. در مطالعه‌ی اثر LC₃₀ روی زادآوری و باروری، تنها تیمارهای کلرپایریفوس اتیل و پروپارژیت اثر چشمگیری داشتند. مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r_m*) برای شاهد و آفت‌کش‌های پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل به ترتیب ۰/۳۴۴، ۰/۳۲۲، ۰/۳۳۸، ۰/۳۳۷، ۰/۳۳۴ و ۰/۳۱۸ نتایج ماده بر هر ماده در روز به دست آمدند. براساس نتایج به دست آمده، به غیر از کلرپایریفوس اتیل بقیه آفت‌کش‌ها تاثیر سوء کمتری روی انگل‌واره‌ی *T. brassicae* داشتند، بنابراین توصیه می‌شود آفت‌کش‌های پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید همراه با این عامل کنترل زیستی در شرایط گلخانه و مزرعه نیز بررسی شده و در صورت اخذ نتایج مطلوب در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: کنترل زیستی، مدیریت تلفیقی آفات، انگل‌واره تخم، اثر کشندگی، جدول زندگی

Lethal and sublethal effects of propargite, benomyl, haloxyfop etotyl, imidacloprid and chlorpyrifos on life table parameters of egg parasitoid, *Trichogramma brassicae* (Hym.; Trichogrammatidae)

Moosa Saber^{1,*}, Samad Vojoudi², Ehsan Parsaeyan¹ & Akram Ahmadi¹

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran & 2. Agricultural Service Center of Khodafarin, East Azarbaijan, Iran

*Corresponding author, E-mail: saber@tabrizu.ac.ir

Abstract

Trichogramma brassicae Bezdenko is an important egg parasitoid of several lepidopteran insect pests. The parasitism potential of this parasitoid is affected by insecticides applications. In this study, lethal and sublethal effects of propargite, benomyl, haloxyfop etotyl, imidacloprid and chlorpyrifos were evaluated on different life stages and biological parameters of the insect. Bioassays were carried out by residual contact method on adult stage of the parasitoid at $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH and a photoperiod of 16: 8 (L: D) h. The LC_{50} values of propargite, benomyl, haloxyfop etotyl, imidacloprid and chlorpyrifos were 753, 1190, 1731.6, 5.85 and 1.96 mg a.i./L on adult *T. brassicae*, respectively. The results of bioassays on adult stage showed that chlorpyrifos had the highest toxicity compared to the other tested pesticides. Field recommended rate of the pesticides excluding chlorpyrifos showed lower adverse effects on immature stages of the parasitoid. According to IOBC standards, propargite, benomyl, haloxyfop etotyl and imidacloprid were classified as harmless and chlorpyrifos as slightly harmful at immature stages. The sublethal effect studies revealed that LC_{30} of chlorpyrifos and propargite negatively affected the fecundity and fertility of the females; but the other pesticides did not. Intrinsic rate of increase (r_m) values for propargite, benomyl, haloxyfop etotyl, imidacloprid and chlorpyrifos were 0.344, 0.322, 0.338, 0.337, 0.334 and 0.318 (female offspring/female/day), respectively. Results showed that almost all pesticides excluding chlorpyrifos had less adverse effects on the parasitoid. Therefore, propargite, benomyl, haloxyfop etotyl and imidacloprid can be chosen for further evaluation including semifield and field studies. Whether getting suitable results in field studies they would be used in combination with *T. brassicae* as biological control agent in integrated pest management (IPM) programs.

Key words: Biological control, egg parasitoid, integrated pest management, lethal effects, life table.

Received: 12 January 2018, Accepted: 14 June 2019.

مقدمه

زنبورهای انگل واره به دلیل توانایی بالا در کاهش جمعیت گونه‌های آفت به زیر سطح آستانه اقتصادی، در بوم سامانه‌های زراعی دارای اهمیت بالایی بوده و قادرند از طغیان آنها جلوگیری نمایند. زنبور تریکوگراما از موفق‌ترین گونه‌های مورد استفاده در کنترل زیستی آفات حشره‌ای در جهان می‌باشد. این انگل واره‌ها، تخم‌های ۱۱ رسته از حشرات را انگلی می‌کند، که از بین آن‌ها راسته‌ی بالپولکداران دارای بیشترین گونه‌ی میزبان برای این زنبورها هستند (Sorokina, 1999; Abdelgader & Hassan, 2012). گونه‌ی *Trichogramma brassicae* Bezdenko از مهم‌ترین گونه‌های *Trichogramma* در ایران می‌باشد (Ebrahimi et al., 1998). این زنبور بر علیه آفات ذرت، برنج، پنبه، چغندر قند، گوجه، سبزیجات و میوه‌ها در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hassan, 1993). در سال‌های اخیر پرورش انبوه و استفاده از آن، برای کنترل کرم قوزه پنبه *Helicoverpa armigera* Hübner مورد توجه قرار گرفته است و در دشت مغان، گرگان و خوزستان به صورت انبوه در روی میزبان‌های آزمایشگاهی پرورش داده شده و در مزارع پنبه برای کنترل آفت مذکور رهاسازی می‌شود (Heravi, 2016). یکی از رویکردهای مهمی که در دهه‌های اخیر در سطح جهان برای کنترل آفات اجرا می‌گردد، استفاده از دشمنان طبیعی است که در چهارچوب مدیریت تلفیقی آفات (IPM) انجام می‌گیرد (Wright & Verkert, 1995; Zhao, 2000). اگرچه کنترل آفات با استفاده از دشمنان طبیعی و بدون کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی بسیار مطلوب است، اما کنترل برخی از

آفات، با استفاده از یک روش کنترل، دشوار بوده و در مواردی استفاده از حشره‌کش‌های انتخابی همراه با عوامل کنترل کننده زیستی ضروری به نظر می‌رسد (Stark & Banks, 2001). بر این اساس از کنترل شیمیایی و زیستی به عنوان دو رویکرد مهم در برنامه مدیریت تلفیقی آفات یاد می‌شود (Croft, 1990). در بسیاری از موارد، رهاسازی دشمنان طبیعی از قبیل زنبورهای انگل‌واره به تنهایی برای کنترل کامل آفات هدف کافی نیستند و بایستی از سایر ابزارهای مدیریتی هم برای کنترل آفت مورد نظر استفاده شود (Khan et al., 2015). علاوه بر این، آفات غیر از بندپایان از قبیل بیماری‌گرها و علف‌های هرز نیز در سامانه‌های کشاورزی بصورت طبیعی حضور دارند که نیاز به مدیریت دارند و در اغلب موارد از آفت‌کش‌های شیمیایی برای کنترل آنها استفاده می‌گردد (Khan et al., 2015). بنابراین داشتن اطلاعات کافی از اثر آفت‌کش‌های مورد استفاده در مزارع روی دشمنان طبیعی آفات برای کاربرد این دو ابزار مدیریتی امری ضروری است.

آفت‌کش‌ها، از راه‌های متفاوتی روی دشمنان طبیعی اثر می‌گذارند. این اثرات ممکن است روی رشد و نمو و یا رفتار آنها باشد و همچنین باروری، زادآوری، میزان رشد و بقای موجود را تغییر دهند (Croft, 1990; Desneux et al., 2007). به دلیل شباهت‌های فیزیولوژیکی اساسی بین بندپایان هدف و دشمنان طبیعی آنها، آفت‌کش‌ها اغلب مرگ‌ومیر شدیدی در هر دو گروه از این موجودات ایجاد می‌کنند. ارزیابی اثرات آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی باید همه‌جانبه و با در نظر گرفتن اثرات کشندگی و زیرکشندگی آنها باشد، به این منظور از سم شناسی دموگرافیک استفاده می‌شود (Alan & Daniel, 1982). سم شناسی دموگرافیک روش مناسبی برای بررسی اثرات کلی سموم است، زیرا همه‌ی اثراتی را که ممکن است یک ماده‌ی سمی روی جمعیت ایجاد نماید، دربردارد (Stark & Banks, 2003). برای ارزیابی موفقیت و عدم موفقیت عامل کنترل بیولوژیک جهت کنترل آفات در یک محیط خاص، آگاهی از عوامل موثر روی پراسنجه‌های زیستی و رفتاری آنها ضروری می‌باشد. با توجه به اینکه آفت‌کش‌های پروپارزیت، بنومیل، هالوکسی‌فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل در مزارع پنبه در مراحل مختلف رشدی پنبه جهت کنترل آفات بندپا، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز مورد استفاده بوده‌اند و یا در گذشته نه چندان دور کاربرد داشتند و از طرفی اطلاعات کافی در زمینه سمیت آنها بر روی زنبور تریکوگراما وجود ندارد. بنابراین مطالعه اثرات این ترکیبات روی زنبور تریکوگراما می‌تواند در طراحی و اجرای یک برنامه موفق مدیریت تلفیقی مفید و موثر باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش بید غلات، *Sitotroga cerealella* Olivier

جمعیت اولیه‌ی بید غلات از کلنی موجود در انسکتاریوم مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان کلبر تهبه گردید. پرورش بید غلات در داخل ظروف آبکش با قطر دهانه‌ی ۳۵ سانتیمتر و ارتفاع ۱۵ سانتیمتر حاوی جو ضدعفونی شده انجام گرفت. پس از سپری شدن مراحل نشوونمای بید و همزمان با ظاهر شدن اولین حشرات کامل، جهت سهولت جمع‌آوری حشرات کامل، دانه‌های جو به داخل سبدهای کوچک آبکش با قطر دهانه‌ی ۱۵ سانتیمتر منتقل شدند. به منظور گرفتن پروانه‌های بیرون آمده از منافذ سبدهای آبکش، سبدهای مذکور داخل یک کیسه‌ی پلاستیکی سلوفان به ابعاد ۶۵×۴۰ سانتیمتر قرار داده شده، دهانه‌ی کیسه توسط یک گیره‌ی لباس مسدود شده و مجموعه‌ی آنها توسط یک قلاب از ارتفاع مناسبی آویزان شد. در مرحله پروانه‌گیری، پروانه‌ها با استفاده از اسپیراتور برقی به درون یک بطری منتقل شدند. به منظور تخم‌گیری از قیف‌هایی با قطر دهانه‌ی ۱۵ سانتیمتر که هر دو دهانه‌ی قیف با یک توری ۴۰ مش پوشانیده شده بود و به طور وارونه بر روی یک ورق کاغذ A4 قرار

داده شده بودند، استفاده گردید. تخم‌های روی کاغذ توسط یک قلموی ظریف جدا گردید و برای تشکیل جمعیت جدید و نیز برای پرورش زنبور مورد استفاده قرار گرفت (Saber, 2011).

پرورش زنبور انگل‌واره *T. brassicae*

کلنی اولیه زنبور *T. brassicae* از انسکتاریوم مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان کلبر تهیه شد. برای پرورش زنبورهای تریکوگراما از ظروف پلاستیکی استوانه‌ای به قطر ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر استفاده شد و برای تامین تهویه، دریچه مدوری در سطح فوقانی ظروف تعبیه و با توری مسدود شد و در قسمت جانبی ظروف نوار کاغذی آغشته به لایه نازک عسل برای تغذیه زنبورها قرار داده شد. در داخل هر ظرف یک برگ تخم انگلی شده قرار داده شد و پس از خروج زنبورها، هر ۲۴ ساعت یکبار، تخم بید غلات در اختیارشان قرار گرفت. ظروف در اتاقک رشدی با شرایط دمایی 26 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. تخم‌های انگلی شده برای انجام آزمایشات زیست‌سنجی و نیز برای پرورش و نگهداری جمعیت مورد استفاده قرار گرفت (Saber, 2011).

آفت‌کش‌های مورد آزمایش

آفت‌کش‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل؛ هالوکسی فوپ اتوتیل (فرمولا سیون EC ۱۲/۵ در صد)، پروپارزیت (فرمولا سیون EC ۵۷ درصد)، بنومیل (فرمولا سیون WP ۵۰ درصد)، ایمیداکلوپرید (فرمولا سیون SC ۳۵ درصد)، کلربایریفوس اتیل (فرمولا سیون EC ۴۰/۸ درصد) بودند.

زیست‌سنجی آفت‌کش‌ها

زیست‌سنجی حشرات کامل زنبور

زیست‌سنجی حشرات کامل به روش تماس با مانده‌ی آفت‌کش‌ها انجام گرفت. برای این منظور از قفس‌های در معرض قراردادی استفاده شد (Saber et al., 2005). این قفس‌ها از یک چهارچوب پلی اتیلنی با طول و عرض ۱۰ سانتی‌متر و دارای سوراخ‌هایی به قطر یک سانتی‌متر در طرفین بود که با توری پوشانده شده بودند. کف و سقف قفس‌ها از شیشه معمولی با ابعاد (۱۰×۱۰ سانتی‌متر) تشکیل می‌شد. از سمپاش دستی به منظور پخش محلول سمی در سطوح شیشه‌ای استفاده شد، به‌طوری‌که ۲ میلی لیتر محلول سمی به صورت یکنواخت روی سطوح شیشه‌ای پخش شد. پس از خشک شدن شیشه‌ها، قفس‌ها با گذاشتن شیشه‌ها روی چهارچوب با گیره فلزی بسته شدند. لوله‌های آزمایش حاوی حشرات کامل زنبور درون یکی از سوراخ‌های قفس قرار داده شد و از آنجایی که زنبورها نورگرایی مثبت دارند، به منظور هدایت آن‌ها به داخل قفس دور تا دور لوله‌های آزمایش حاوی زنبور بوسیله مقوای مشکی پوشانده شد. مرگ و میر زنبورها بعد از ۲۴ ساعت در معرض قرارگیری یادداشت شد. برای زیست‌سنجی در مرحله اول آزمایشات مقدماتی در چندین مرتبه برای تعیین دامنه غلظت‌ها انجام گرفت. سپس آزمایش‌های اصلی زیست‌سنجی با پنج غلظت و شاهد اجرا شد. آزمایش اصلی در هر مورد حداقل سه بار در روزهای مختلف تکرار شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SAS صورت گرفت. برای تعیین مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ از روش پروبیت در نرم افزار SAS استفاده شد.

زیست‌سنجی مراحل نابالغ

برای بررسی اثر آفت‌کش‌ها بر روی مراحل نابالغ *T. brassicae* از تخم‌های *Sitotroga cerealella* Olivier انگلی شده استفاده گردید. تخم‌های تازه بید غلات با استفاده از ژل کتیرا، بصورت دایره‌ای بر روی نوارهای کاغذی سفید رنگ چسبانده شدند. نوارهای حاوی تخم به منظور انگلی شدن، به مدت ۲۴ ساعت در اختیار

زنبورهای جفت گیری کرده قرار داده شدند. نوارهای کاغذی حاوی تخم‌های انگلی شده در فواصل ۳ روزه، برای بدست آوردن مراحل نابالغ ۳، ۶ و ۹ روزه انگلی شدن تهیه گردیدند. این روزها به ترتیب مراحل لاروی، پیش شفیرگی و شفیرگی را شامل می‌شد (Consoli et al., 1998; Suh et al., 2000). نوارهای حاوی تخم انگلی شده درون غلظت‌های مزرعه‌ای (جدول ۲) هر یک از آفت‌کش‌های مورد آزمایش (با فرض مصرف ۵۰۰ لیتر محلول سمی در هکتار) به مدت ۵ ثانیه و به صورت همزمان غوطه‌ور شدند. تخم‌ها در شرایط آزمایشگاه، به مدت ۲ ساعت روی حوله‌های کاغذی قرار داده شدند تا خشک شوند. هر نوار تخم به ویال‌های شیشه‌ای منتقل شدند و درب آن‌ها با پارافیلیم پوشانده شد و در شرایط دمای 26 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی $70 \pm 5\%$ و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. حشرات بالغ ۱۰ تا ۱۱ روز بعد از انگلی شدن اولیه از تخم‌ها خارج شدند. ارزیابی نهایی خروج، ۱۴ روز بعد از انگلی شدن اولیه انجام شد. آفت‌کش‌های مورد آزمایش بر اساس استانداردهای سازمان بین‌المللی کنترل زیستی IOBC/WPRS و بر اساس درصد کاهش ظهور نسبت به شاهد گروه بندی شدند. بر این اساس، آفت‌کش‌ها به گروه‌های $E < 30\%$ (بی‌ضرر)، $31\% < E < 79\%$ (کم‌ضرر)، $80\% < E < 99\%$ (باضرر متوسط) و $E < 99\%$ (مضر) تقسیم بندی می‌شوند (Biondi et al., 2012).

اثرات غیر کشنده

برای بررسی اثرات غیرکشندگی آفت‌کش‌ها روی پراسنجه‌های تولیدمثلی، زیستی و جمعیتی همچون نرخ‌های تولیدمثلی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ‌های زادآوری و باروری، طول عمر و نسبت جنسی زنبور *T. brassica* از غلظت کشنده‌ی LC₃₀ آفت‌کش‌ها برای حشرات کامل استفاده شد. به منظور انجام آزمایشات زنبورهای نر و ماده‌ی یک روزه (با عمر کمتر از ۲۴ ساعت) در ۳ تکرار و در هر تکرار 20 ± 100 زنبور بالغ در معرض LC₃₀ هر یک از آفت‌کش‌ها قرار داده شدند. سپس به طور تصادفی ۲۵ جفت زنبور نر و ماده‌ی زنده مانده در تیمارها را انتخاب و هر جفت به لوله‌های آزمایش انتقال داده شدند و هر ۲۴ ساعت برگه حاوی دسته تخم میزبان تازه در اختیار هر زنبور قرار گرفت. دسته‌های تخم ارایه شده به زنبورها روزانه با دسته تخم جدید و تازه جایگزین گردید. این دسته‌های تخم، برای بررسی میزان انگلی شدن در لوله‌های آزمایش مجزا نگهداری شدند. این عمل تا مرگ آخرین زنبور در هر تیمار ادامه یافت. تعداد کل تخم‌های گذاشته شده، تخم‌های سیاه میزبان (تخم‌های انگلی شده) و زنبورهای خارج شده برای هر تکرار و روز ثبت شد و با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، جدول‌های تولیدمثلی، زیستی و جمعیتی زنبور تشکیل شدند. برای تشکیل جدول‌های زیستی و تجزیه و تحلیل داده‌های دموگرافی، داده‌های مربوط به مرگ‌ومیر و باروری روزانه از روش Carey (1993) استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین تیمارها در موارد مورد نیاز با آزمون LSD انجام و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج

اثرات کشندگی

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی آفت‌کش‌های پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی‌فوب اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل روی حشرات کامل زنبور *T. brassica* نشان داد، بین آفت‌کش‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر میزان سمیت وجود دارد. تفاوت در سمیت آفت‌کش‌ها از طریق محاسبه نسبت‌های دزهای کشنده (Lethal Dose Ratio) مقایسه شد. مقادیر نسبت‌های دزهای کشنده برای آفت‌کش‌های مورد آزمایش و دامنه آنها با استفاده از نرم افزار Polo Plus محاسبه شد. هیچ یک از دامنه‌های حد بالا و پایین

شامل عدد یک نبود. بنابراین سمیت آن‌ها تفاوت معنی داری با هم داشتند (جدول ۱). مقایسه سمیت آفت‌کش‌های مورد آزمایش پس از ۲۴ ساعت نشان داد که پایین‌ترین LC₅₀ مربوط به حشره‌کش کلرپایریفوس اتیل با ۱/۹۶ میلی‌گرم ماده موثر در لیتر بود. پس از کلرپایریفوس آفت‌کش‌های ایمیداکلوپرید، پروپارژیت، بنومیل و هالوکسی فوب اتیل به ترتیب دارای LC₅₀ معادل ۵/۸۵، ۷۵۳، ۱۱۹۰ و ۱۷۳۱/۶ میلی‌گرم ماده موثر در لیتر قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- سمیت آفت‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرات کامل زنبور *Trichogramma brassicae*

Table 1. Acute toxicity of tested pesticides on adult stage of *Trichogramma brassicae*

Pesticide	Slope ± SE	χ^2			Acute toxicity (mg a.i./L)		
		Value	df	P	LC ₁₀ (95%FL*)	LC ₅₀ (95%FL)	LC ₉₀ (95%FL)
Benomyl	9.9±1.1	3.1	4	0.54	885.5 (813-939.5)	1190 (1156.5-1221.5)	1599.5 (1520.5-1720)
Imidacloprid	5.6±0.65	8.4	4	0.09	3.47 (2.98-10.9)	5.85 (5.57-6.13)	9.87 (9.03-11.24)
chlorpyrifos	3.1 ± 0.3	4.4	4	0.34	0.73 (0.6-0.9)	1.96 (1.8-2.2)	5.1 (4.3-6.4)
haloxyfop etotyl	30.1±2.9	0.55	4	0.96	1569.8 (1525.1 -1600)	1731.6 (1715.5-1746.8)	1910 (1878-1955)
propargite	6.8±0.6	3.5	4	0.48	490 (441.5 -528.3)	753 (723.9)-(784.3)	1157.1 (1071-1288.8)

* FL: Fiducial limit

نتایج بررسی تاثیر غلظت توصیه شده‌ی مزرعه‌ای آفت‌کش‌های مورد آزمایش روی مراحل لاروی، پیش‌شغیرگی و شغیرگی زنبور تریکوگراما در جدول ۲ ارایه شده است. مقایسه‌ی میانگین‌های مربوط به درصد خروج زنبور از مراحل تیمار شده نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کلرپایریفوس اتیل و پروپارژیت با سایر تیمارهای مورد آزمایش و شاهد در مراحل لاروی و پیش‌شغیرگی وجود داشت. همچنین تیمارهای کلرپایریفوس اتیل و ایمیداکلوپرید اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها زمانی که در مرحله شغیرگی تیمار شده بودند، نشان دادند. در میانگین کل مربوط به تمام مراحل، کمترین میزان ظهور مربوط به تیمار کلرپایریفوس اتیل بود و سایر آفت‌کش‌ها اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان ندادند. با توجه به میانگین‌های کاهش در ظهور حشرات کامل زنبورهای انگل‌واره در تیمارهای کلرپایریفوس اتیل، ایمیداکلوپرید، بنومیل، هالوکسی فوب اتوتیل و پروپارژیت و براساس استانداردهای سازمان بین‌المللی کنترل زیستی کلرپایریفوس اتیل در گروه حشره‌کش‌های کم‌ضرر و بقیه آفت‌کش‌های مورد استفاده در گروه آفت‌کش‌های بی‌ضرر قرار گرفتند (لاروی: $P < 0.0001$ ، $df=5.24$ ، $F=1435/7$ ؛ پیش‌شغیرگی: $P < 0.0001$ ، $df=5.24$ ، $F=1022/2$ ؛ شغیرگی: $P < 0.0001$ ، $df=5.24$ ، $F=678/3$ ؛ کل: $P < 0.0001$ ، $df=5.12$ ، $F=34/5$) (جدول ۲).

جدول ۲- اثر غلظت مزرعه‌ای آفت‌کش‌های مورد آزمایش روی درصد خروج حشرات کامل زنبور انگل واره‌ی *Trichogramma brassicae* از تخم میزبان

Table 2. Effect of examined pesticides on emergence rate of *Trichogramma brassicae* exposed to field recommended concentration of the pesticides at preimaginal stages

Pesticide	Field recommended concentration (mg a.i./L)	% Mean of adult emergence from parasitized host eggs treated at different preimaginal stages			Mean emergence rate (%)	Mean reduction in emergence (%)	Class ¹
		Larvae	Prepupae	Pupae			
benomyl	500	96.7±0.2 a	96.2±0.1 a	96.4±0.5 a	96.4±0.14 a	0.2	H
imidacloprid	210	96.7±0.3 a	96.4±0.2 a	81.3±0.7 b	91.4±5.08 a	5.3	H
chlorpyrifos	1632	53.6±0.8 c	64.3±0.7 c	61.9±0.9 c	59.9±0.24 b	37.9	SH
haloxyfop etotyle	500	96.8±0.1 a	96.5±0.2 a	96.4±0.5 a	96.5±0.12 a	0.1	H
propargite	1710	94.4±0.6 b	94.4±0.6 b	94.2±0.7 a	94.3±0.06 a	2.3	H
control	-	97.1±0.1 a	96.8±0.2 a	96.1±0.2 a	96.6±0.29 a	-	-

1. Classification of pesticides were done according to IOBC/WPR standard, H=Harmless, SH=Slightly Harmless; Means in each column followed by different letters are significantly different (Fisher's protected LSD; P<0.05).

اثرات بر روی پراسنجه‌های زیستی

نتایج مربوط به مطالعه اثرات زیرکشندگی در مرحله حشره کامل بر روی پراسنجه‌های تولیدمثل، نشان دادند که مقادیر نرخ ناخالص زادآوری در تیمار شاهد و تیمارهای پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایرفوس اتیل به ترتیب ۱۴۶/۷۲، ۱۲۰/۹۳، ۱۴۳/۱۶، ۱۴۳/۱۸، ۱۳۲/۲۰ و ۵۷/۸۱ تخم بودند. این نتایج نشان دادند که تعداد نتاج تولید شده در شاهد، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید و پروپارژیت بیشتر از تیمار حشره‌کشی کلرپایرفوس اتیل بود (جدول ۳). بیشترین کاهش در نرخ ناخالص باروری در تیمار کلرپایرفوس اتیل (۱۰۲/۶۰ تخم) مشاهده شد، ولی آفت‌کش‌های بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل و ایمیداکلوپرید اثر سوء قابل توجهی روی نرخ ناخالص باروری در مقایسه با تیمار شاهد نداشتند. آفت‌کش‌های پروپارژیت و کلرپایرفوس اتیل نرخ ناخالص تفریح را در مقایسه با حشرات شاهد و تیمارهای بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل و ایمیداکلوپرید به میزان قابل توجهی کاهش نشان دادند. بیشترین و کمترین نرخ خالص زادآوری به ترتیب در شاهد (۱۱۴/۵۰) و کلرپایرفوس اتیل (۵۱/۶۲) تخم مشاهده شد (جدول ۳). تیمار کلرپایرفوس اتیل بیشترین اثر سوء روی نرخ خالص و ناخالص باروری داشت. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) مهم‌ترین پراسنجه برای تعیین میزان رشد جمعیت‌ها است که می‌تواند بیانگر رشد مثبت، منفی یا ثابت بودن جمعیت باشد. در خصوص نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) بین شاهد و تیمارهای پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی فوپ اتوتیل و ایمیداکلوپرید تفاوت چشمگیری مشاهده نشد ولی میزان این پراسنجه در تیمار کلرپایرفوس اتیل در مقایسه با سایر تیمارها (به غیر از پروپارژیت) کمتر بود که نشانگر اثر کاهش تیمار کلرپایرفوس اتیل روی مقدار r_m بود. کلرپایرفوس اتیل بیشترین تاثیر منفی روی مقدار r_m داشت (جدول ۳). در تیمارهای شاهد، هالوکسی فوپ اتوتیل، بنومیل و ایمیداکلوپرید از نظر میزان نرخ ذاتی مرگ (d) تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد. میزان نرخ ذاتی مرگ و میر در تیمارهای پروپارژیت و کلرپایرفوس در مقایسه با سایر تیمارهای مورد آزمایش افزایش نشان داد و بیشترین میزان مرگ در تیمار کلرپایرفوس اتیل مشاهده شد. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) که به میزان افزایش جمعیت در هر روز نسبت به روز قبل اشاره دارد، در تیمار کلرپایرفوس اتیل در کمترین مقدار، ۱/۳۷ بر روز را داشت که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای مورد آزمایش به غیر از تیمار پروپارژیت داشت، در حالیکه بین بقیه تیمارهای مورد آزمایش تفاوت چشمگیری مشاهده نشد (جدول ۳). متوسط مدت زمان یک نسل (T) که عبارتست از مدت زمانی که جمعیت نیاز دارد تا به اندازه‌ی نرخ خالص تولید مثل برسد، بین تیمارهای مورد آزمایش تفاوت زیادی نداشت. مقادیر مربوط به مدت زمان دو برابر شدن جمعیت نشان می‌دهد که جمعیت زنبور

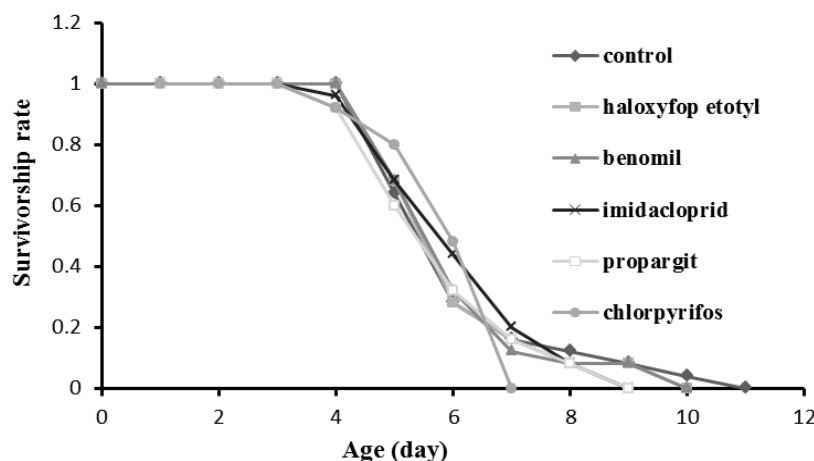
انگل‌واره در شاهد بعد از ۲/۰۱ روز دو برابر شد و بیشترین زمان برای دو برابر شدن جمعیت مربوط به تیمار کلرپایریفوس اتیل (۲/۱۷ روز) بود (جدول ۳).

جدول ۳- تاثیر آفت‌کش‌های مورد آزمایش روی پراسنجه‌های تولیدمثلی (\pm SE) زنبور *Trichogramma brassicae*

Table 3. Effects of tested pesticides on reproduction parameters of *Trichogramma brassicae*

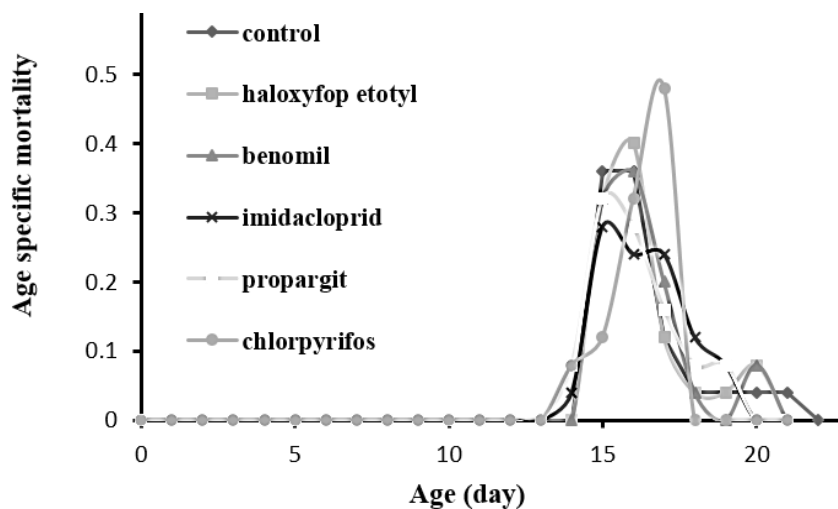
Parameter	Treatment					
	Control	haloxyfop etotyl	benomyl	Imidacloprid	propargite	chlorpyrifos
Gross fertility rate	146.7 ± 4.4	143.2 ± 3.2	143.2 ± 5.1	132.2 ± 5.6	120.93 ± 2.5	57.8 ± 2.4
Gross fecundity rate	150.1 ± 4.8	148.3 ± 3.0	147.9 ± 4.8	137.73 ± 7.2	127.45 ± 4.4	102.6 ± 4.8
Gross hatch rate	0.98 ± 0.001	0.98 ± 0.0004	0.98 ± 0.0006	0.97 ± 0.004	0.95 ± 0.003	0.56 ± 0.005
Net fertility rate	114.5 ± 4.3	107.8 ± 3.4	107.7 ± 3.3	103.5 ± 4.6	99.3 ± 3.4	51.6 ± 2.1
Net fecundity rate	117.8 ± 3.9	111.4 ± 3.3	111.2 ± 3.2	106 ± 4.7	103.1 ± 3.6	75.6 ± 3.1
Intrinsic rate of increase	0.344 ± 0.006	0.337 ± 0.003	0.338 ± 0.003	0.334 ± 0.002	0.332 ± 0.003	0.318 ± 0.0
Intrinsic rate of death	0.744 ± 0.00	0.7448 ± 0.00	0.7447 ± 0.00	0.7543 ± 0.00	0.9497 ± 0.00	1.6 ± 0.00
Finite rate of increase	1.411 ± 0.007	1.401 ± 0.004	1.402 ± 0.004	1.396 ± 0.004	1.393 ± 0.004	1.374 ± 0.0
Doubling time	2.01 ± 0.037	2.05 ± 0.019	2.04 ± 0.019	2.07 ± 0.017	2.08 ± 0.019	2.17 ± 0.02

پراسنجه‌های نرخ بقا، امیدزندگی، نرخ مرگ و میر و میر در فاصله‌ی سنی در شکل‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده است. در تمامی تیمارها، با افزایش سن زنبور، نرخ بقا روند نزولی داشت (شکل ۱). در واقع در تمامی تیمارها منحنی‌های بقا شبیه به منحنی بقای نوع اول بود، یعنی مرگ‌ومیر در سنین اولیه کمتر بوده و در سنین آخر افزایش می‌یابد. امید زندگی برای این زنبورها در اولین روز زندگی برای تیمارهای شاهد، پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی‌فوب اتوتیل، امیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل به ترتیب ۱۷/۰۲، ۱۶/۶۶، ۱۶/۸۲، ۱۶/۸۶، ۱۶/۷۸ و ۱۶/۰۶ روز بود. که تیمارهای شاهد و کلرپایریفوس اتیل به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار امید زندگی را داشتند (شکل ۳). کاهش امید زندگی در همه‌ی تیمارها روند یکنواختی داشت. نتایج d_x و q_x نشان دادند که با بالا رفتن سن زنبور، مرگ‌ومیر افزایش یافت (شکل ۲ و ۴).



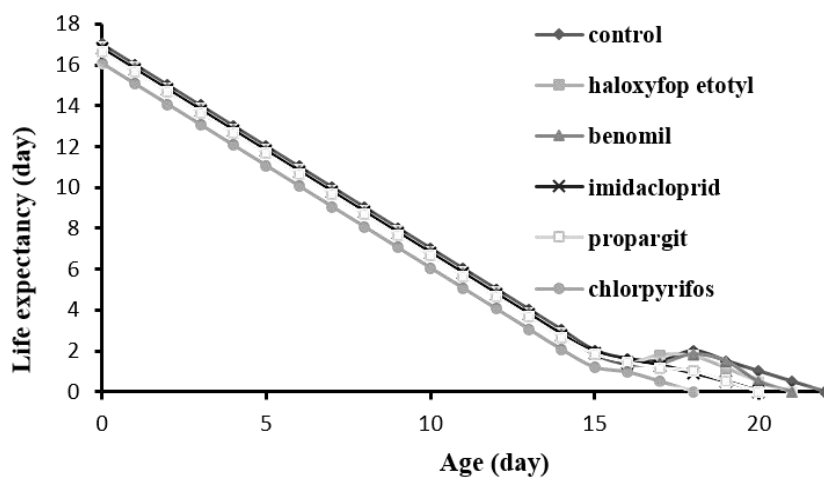
شکل ۱- نرخ بقا (l_x) زنبور بالغ *Trichogramma brassicae* تیمار شده در مرحله حشره کامل با غلظت LC_{30} آفت‌کش‌های مورد آزمایش

Fig. 1. Survivorship rate of *Trichogramma brassicae* following the exposure of adults to LC_{30} of tested pesticide



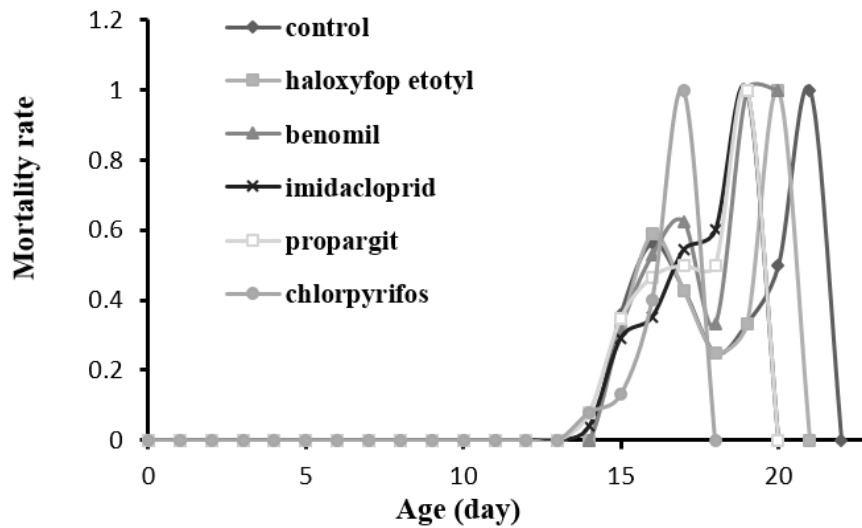
شکل ۲- مرگ و میر در فاصله‌ی سنی (d_x) زنبور *Trichogramma brassicae* تیمار شده در مرحله حشره کامل با غلظت LC_{30} آفت‌کش‌های مورد آزمایش

Fig. 2. Age specific mortality of *Trichogramma brassicae* following the exposure of adults to LC_{30} of tested pesticides



شکل ۳- امید زندگی (e_x) در زنبور *Trichogramma brassicae* تیمار شده در مرحله حشره کامل با غلظت LC_{30} آفت‌کش‌های مورد آزمایش

Fig. 3. Life expectancy of *T. brassicae* following the exposure of adults to LC_{30} of tested pesticides



شکل ۴- نرخ مرگ و میر (q_x) در زنبور *Trichogramma brassicae* تیمار شده در مرحله حشره کامل با غلظت LC_{30} آفت‌کش‌های مورد آزمایش

Fig. 4. Mortality rate of *Trichogramma brassicae* following the exposure of adults to LC_{30} of tested pesticides

بحث

در مطالعه‌ی حاضر، حشره‌کش کلرپایریفوس اتیل و ایمیداکلوپرید سمیت تماسی بالاتری در مقایسه با سایر آفت‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرات کامل زنبورهای تریکوگراما داشتند. (Saber (2011 اثر دو حشره‌کش ایمیداکلوپرید و فن‌پیروکسی میت را روی حشرات کامل زنبور انگل‌واره تخم *Trichogramma cacoeciae* Marchal بررسی کرد. در مطالعه وی سمیت ایمیداکلوپرید روی حشرات کامل زنبور بیشتر از فن‌پیروکسی میت بود و میزان LC_{50} ایمیداکلوپرید را $6/25$ میکروگرم در میلی‌لیتر گزارش شد. تفاوت مشاهده شده بین نتایج تحقیق حاضر و مطالعه‌ی ذکر شده را می‌توان ناشی از تفاوت در گونه‌ی زنبورهای مورد بررسی، فرمولاسیون سم مورد استفاده و شرایط آزمایشی متفاوت دانست. (Mahdavi *et al.* (2015 سمیت آفت‌کش‌های کلرپایریفوس اتیل و اسپینوسد را به روش تماس با مانده‌ی سم روی انگل‌واره‌ی خارجی *Habrobracon hebetor* Say بررسی کرده و گزارش نمودند که کلرپایریفوس اتیل بیشترین سمیت را روی لارو و حشره کامل زنبور داشت. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که زنبور تریکوگراما حساسیت بیشتری نسبت به حشره‌کش‌های مورد استفاده در مقایسه با سایر گروه آفت‌کش‌ها از قبیل قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها دارد. با توجه به اینکه زنبور تریکوگراما جزو رده حشرات می‌باشد بنابراین حساسیت بالای این حشره به کلرپایریفوس اتیل و ایمیداکلوپرید امری محتمل‌تر است. در مطالعه حاضر کلرپایریفوس اتیل و پروپارژیت در مرحله لاروی و پیش شفیرگی و کلرپایریفوس اتیل و ایمیداکلوپرید در مرحله شفیرگی باعث کاهش معنی‌دار در میزان خروج حشرات کامل شدند ولی سایر تیمارها در میزان خروج حشرات کامل زنبور تریکوگراما اثر کاهشی زیادی نداشتند. در این راستا، (Sohrabi & Amini (2015 اثر آفت‌کش‌های مورد استفاده در مزارع گوجه‌فرنگی را روی زنبورهای *T. brassicae* در شرایط آزمایشگاهی بررسی نموده و گزارش کردند که ایمیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل بیشترین تاثیر روی مراحل نابالغ زنبور تریکوگراما داشتند. در مطالعه ایشان قارچ‌کش‌های مانکوزب، کاربندازیم، کلرتالونیل تاثیر معنی‌داری بر میزان ظهور زنبورهای تریکوگراما نداشتند ولی قارچ‌کش بنومیل در مرحله شفیرگی باعث کاهش ۳۰ درصد

در ظهور حشرات کامل شد. همچنین قارچ‌کش‌های مورد مطالعه در این تحقیق برای حشرات کامل زنبور سمی بودند. (Carvalho et al. (2003 اثر قارچ‌کش‌های بنومیل، کلرتالونیل، ایپرودیون و مانکوزب را روی *Trichogramma pretiosum* Rieley بررسی نمودند و گزارش کردند که این ترکیبات برای حشرات کامل زنبور تریکوگراما بی‌ضرر می‌باشد. در آزمایشی (Hassan (1998 کلرپایریفوس را برای زنبور *T. cacoeciae* در گروه حشره‌کش‌های کاملاً زیان‌آور قرار داد. (Souza et al. (2014 اثر برخی حشره‌کش‌های مورد استفاده در مزارع ذرت را روی مراحل نابالغ زنبور *T. cacoeciae* بررسی نمودند و گزارش کردند که بر اساس طبقه بندی IOBC، حشره‌کش کلرپایریفوس در مرحله تخم و لاروی در گروه حشره‌کش‌های کم‌ضرر و در مرحله پیش‌شغیرگی در گروه حشره‌کش‌های با ضرر متوسط قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه‌ها تا حدودی با نتایج مطالعه‌ی ما مشابه می‌باشد و تفاوت مشاهده شده را می‌توان ناشی از روش متفاوت در معرض‌گذاری، فرمولاسیون مورد استفاده و گونه‌ی متفاوت زنبور مورد آزمایش دانست. حشره‌کش‌هایی که در طبقه بندی IOBC در گروه حشره-کش‌های بی‌ضرر و کم‌ضرر قرار می‌گیرند، به خوبی می‌توانند در برنامه‌های IPM استفاده شوند (Stara et al., 2011). در نتایج ما نیز کلرپایریفوس اتیل برای مراحل نابالغ زنبور در گروه آفت‌کش‌های کم‌ضرر و بقیه آفت-کش‌ها در گروه آفت‌کش‌های بی‌ضرر قرار گرفتند. بنابراین می‌توان از این ترکیبات در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات در مرحله‌ای که اکثریت جمعیت زنبور تریکوگراما به شکل نابالغ درون تخم میزبان هستند استفاده نمود. با این حال بایستی از کاربرد کلرپایریفوس اتیل و ایمیداکلوپرید زمانی که بیشتر جمعیت زنبور انگل‌واره *T. brassicae* در مرحله حشره کامل می‌باشد اجتناب شود.

در مطالعه حاضر همچنین پراسنجه‌های جدول زندگی از قبیل نرخ ناخالص زادآوری، نرخ ناخالص باروری، نرخ خالص زادآوری، نرخ خالص باروری، امید زندگی، زمان دو برابر شدن نسل و ... برای بررسی اثرات زیرکشنده آفت‌کش‌های پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی‌فوپ اتوتیل، ایمیداکلوپرید و کلرپایریفوس اتیل استفاده شد. نتایج نشان داد که به غیر از حشره‌کش کلرپایریفوس اتیل سایر آفت‌کش‌های مورد استفاده اثرات جانبی ناچیزی روی زنبورهای تریکوگراما دارند. این نتایج نشان می‌دهد که آفت‌کش‌های پروپارژیت، بنومیل، هالوکسی-فوپ اتوتیل و تا حدی ایمیداکلوپرید می‌تواند با زنبورهای موجود در بوم سامانه‌های کشاورزی یا زنبورهای رها شده تریکوگراما سازگار باشند و بنابراین می‌توان از این ترکیبات همراه با دشمنان طبیعی برای کنترل آفات در برنامه‌های تلفیقی آفات استفاده نمود. در این راستا، (Saber (2011 اثر حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید و فن‌پیروکسی‌میت را بر روی *T. cacoeciae* بررسی کردند که همسو با تحقیق حاضر مقادیر DT و T_{50} اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان ندادند. در مطالعه حاضر حشره‌کش کلرپایریفوس اتیل بیشترین تاثیر سوء بر روی زنبوران تریکوگراما داشت و پراسنجه‌های جدول زندگی این حشره را به طور زیان‌آوری تحت تاثیر قرار داد. همچنین، (Mahdavi et al. (2015 با مطالعه سمیت آفت‌کش‌های کلرپایریفوس اتیل و اسپینوسد روی انگل‌واره‌ی خارجی *H. hebetor* بررسی کرده و گزارش نمودند که کلرپایریفوس اتیل اثرات سوء معنی‌داری روی پراسنجه-های جدول زندگی در مقایسه با حشرات شاهد داشتند. که این نتایج همسو با نتایج حاضر می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته به نظر می‌رسد حشره‌کش کلرپایریفوس اتیل نمی‌تواند یک ترکیب مناسب برای برنامه‌های تلفیقی آفات باشد و بایستی به دنبال حشره‌کش‌های سازگار با دشمنان طبیعی و برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات بود. بررسی‌های جامعی در مورد اثرات ترکیبات پروپارژیت، بنومیل و هالوکسی‌فوپ اتوتیل روی پراسنجه‌های جدول زندگی زنبورهای انگل‌واره صورت نگرفته است ولی با وجود این، مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهند که این ترکیبات اثرات کشنده ناچیزی بر روی زنبورهای انگل‌واره دارند و از طرفی با توجه به اینکه برخی از این ترکیبات از قبیل هالوکسی‌فوپ اتوتیل در در اوایل فصل زمانی که هنوز زنبورهای تریکوگراما

برای کنترل آفت کرم قوزه پنبه رها نشده اند استفاده می‌گردند به نظر می‌رسد کاربرد آن در زراعت پنبه اثر سویی بر روی زنبور تریکوگراما نداشته باشد. در عین حال بایستی مطالعات تکمیلی در رابطه با سازگاری همه ترکیبات مورد استفاده در زراعت پنبه با عوامل کنترل زیستی و مورد کاربرد انجام گیرد تا یک برنامه موفق مدیریت تلفیقی طراحی و اجرا شود.

References

- Abdelgader, H. & Hassan, S.A.** (2012) Effects of botanical insecticides on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym. Trichogrammatidae). *Third International Scientific Symposium "Agrosym Jahorina"*, PP.445-450.
- Alan, J.D. & Daniel, R.E.** (1982) Life table evaluation of chronic exposure of *Eurytemora affinis* (Copepoda) to kepone. *Marin Biology* 66(2), 179-184.
- Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G. & Zapala, 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(7), 803-812.
- Carey, J.R.** (1993) *Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects*. 205 pp. Oxford University Press, Inc.
- Carvalho, G.A., Reis, P.R., Rocha, L.C., Moraes, J.C., Fuini, L.C. & Ecol, C.C.** (2003) Side effect of insecticides used in tomato field on *Trichogramma pretiosum* (Hym.; Trichogrammatidae). *Maringa* 25(2), 275-279.
- Consoli, F.L., Para, J.R.P. & Hassan, S.A.** (1998) Side effect of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riely (Hym.; Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.; Gelechiidae). *Journal Applied Entomology* 122, 43-47.
- Croft, B.A.** (1990) *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*. 723 pp. New York, NY: Wiley.
- Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M.** (2007) The Sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52, 81-106.
- Ebrahimi, E., Pinturea, B. & Shojai, M.** (1998) Morphological and enzymatic study of the genus *Trichogramma* in Iran (Hym.; Trichogrammatidae). *Applied Entomology and Phytopathology* 66, 122-141.
- Hassan, S.A.** (1998) The side effects of 161 pesticides on egg parasitoid, *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem* 356: 63-76
- Hassan, S. A.** (1993) The mass rearing and utilization of *Trichogramma* to control Lepidopterous pests: achievements and outlook. *Pesticide Science* 37(4), 387-391.

- Heravi, P.** (2016) Handbook of advances in cotton IPM. 60 pp. Ministry of Jihad-E-Agriculture, Agricultural Research, Education and extension Organization Cotton Research Institute of Iran.
- Khan, M.A., Khan, H., & Ruberson, J.R.** (2015) Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pest Management Science* 71(12), 1640-1648.
- Mahdavi, V., Saber, M., Rafiee-Dastjerdi, H. & Kamita S.G.** (2015) Lethal and demographic impact of chlorpyrifos and spinosad on the ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). *Neotropical Entomology* 44(6), 626-633.
- Saber, M.** (2011) Acute and population level toxicity of imidacloprid and fenpyroximate on an important egg parasitoid, *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ecotoxicology* 20(6), 1476-1484.
- Saber, M., Hejazi, M.J., Kamali, K. & Moharramipour, S.** (2005) Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Journal of Economic Entomology* 98(1), 35-40.
- Sohrabi, F. & Amini, E.** (2015) Effect of pesticides used in tomato fields of Iran on the egg parasitoid *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory conditions. *Biological Forum* 7(2), 975-980.
- Sorokina, A.P.** (1999) Trophic links of species of the genus *Trichogramma* West. (Hym.; Trichogrammatidae) of the world fauna. *Entomology Review* 79(2), 125-132.
- Souza, J.R., Carvalho, G.A., Moura, A.P., Couto, M.H.G. & Maia, J.B.** (2014) Toxicity of some insecticides used in maize crop on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) immature stages. *Chilean Journal of Agricultural Research* 74(2), 234-239.
- Stara, J., Ourednicjova, J. & Kocourek, F.** (2011) Laboratory evaluation of the side effects of insecticides on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae), *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae), and *Neoseiulus cucumeris* (Acari., Phytoseiidae). *Journal of Pest Science* 84(1), 25-31.
- Stark, J.D. & Banks, J.E.** (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicant on arthropods. *Annual of Review Entomology* 48(1), 505-519.
- Stark, J.D., & Banks, J.E.** (2001) Selective pesticides: Are they less hazardous to the environment?, *BioScience* 51(11), 980-982.
- Suh, C.P.C., Orr, D.B. & Van Duyn, J.W.** (2000) Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. *Journal of Economic Entomology* 93(3), 577-583.

Wright, D.J. & Verkerk, R.H.J. (1995) Integration of chemical and biological control systems for arthropods; evaluation in a multitrophic context. *Pest Management Science* 44(3), 207–218.

Zhao, S.H. (2000) *Plant Chemical Protection*. 337 pp. China Agricultural Press, Beijing, China.