

بررسی اثرات کشندگی و زیر کشندگی حشره کش های تیودیکارب و هگزافلومورون بر زنبور پارازیتوئید تخم، *Trichogramma brassicae* Bezde. در شرایط آزمایشگاهی

علی افشاری^{۱*}، الهام حمزه پور چناری^۲، علی ایرجی^۳ و محسن اصغری لاریمی^۴

- ۱- نویسنده مسوول: دانشیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران (Afshari@gau.ac.ir)
- ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد حشره شناسی کشاورزی، گروه گیاه پزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۳- دانشجوی سابق کارشناسی مهندسی کشاورزی- گیاه پزشکی، گروه گیاه پزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۴- استادیار گروه ریاضی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۹

چکیده

در این پژوهش، اثرات کشندگی و زیر کشندگی سه غلظت مختلف از دو حشره کش تیودیکارب و هگزافلومورون بر زنبور *Trichogramma brassicae* Bezde. در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. حشره کش تیودیکارب در سه غلظت ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام و حشره کش هگزافلومورون در سه غلظت ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ پی پی ام تهیه شدند و سمیت آن ها به سه روش گوارشی، تماسی و فرو بردن تخم های سالم و پارازیته شده ی میزبان درون محلول حشره کش، بررسی گردید. غلظت های مختلف تیودیکارب در هر دو روش گوارشی و تماسی موجب بروز ۱۰۰ درصد تلفات در جمعیت زنبورهای نر و ماده شدند و فرو بردن تخم های پارازیته شده ی میزبان درون غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام آن موجب مرگ و میر ۸۷/۳ درصد پیش سفیره های زنبور گردید. در مقابل، غلظت ۷۵۰ پی پی ام هگزافلومورون در روش های گوارشی و تماسی به ترتیب موجب بروز ۳۰/۲ و ۳۰/۵۵ درصد تلفات در جمعیت زنبورهای ماده و ۶۰/۵۵ درصد تلفات در پیش سفیره ها گردید. فرو بردن تخم های سالم میزبان درون بالاترین غلظت تیودیکارب و هگزافلومورون پارازیتسم آن ها را به ترتیب ۵۵/۸ و ۴۳/۶ درصد کاهش داد. بر اساس شاخص "اثر کل" و طبقه بندی سازمان بین المللی کنترل بیولوژیک، تیودیکارب در هر دو روش گوارشی و تماسی در گروه حشره کش های مضر قرار گرفت و بنابراین، استفاده از آن در مزارع توصیه نمی شود. اثر کشندگی هگزافلومورون از تیودیکارب بسیار کم تر بود و در بررسی سمیت گوارشی و تماسی به ترتیب در گروه حشره کش های "اندکی مضر" و "نسبتاً مضر" طبقه بندی گردید. با این حال، به دلیل بالا بودن نسبی "اثر کل" هگزافلومورون، جایگزینی آن با سایر حشره کش های کم خطرتر در برنامه های کنترل تلفیقی آفات بال پولکدار به ویژه کرم غوزه ی پنبه توصیه می شود.

کلیدواژه ها: اثرات جانبی، حشره کش، کنترل بیولوژیک

مقدمه

مؤثرتر از آن ها بسیار ضروری می باشد (van Drische and Bellows, 1996). آفت کش ها می توانند دشمنان طبیعی را به دو شکل مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار دهند. در تأثیر مستقیم، دشمن طبیعی به طور

حفاظت از دشمنان طبیعی یکی از راهبردهای اصلی کنترل بیولوژیک آفات به شمار می رود و آگاهی از اثرات جانبی آفت کش ها بر دشمنان طبیعی برای حفاظت

می شود (Talebi Jahromi, 2006). هگزافلومورون یک تنظیم کننده رشد (بازدارنده سنتز کیتین) از گروه بنزوبیل اوره است که خاصیت سیستمیک دارد و در بازار ایران اغلب با فرمولاسیون مایع غلیظ امولسیون شونده موجود است و به میزان ۷۵۰ میلی لیتر در هکتار توصیه می شود (Talebi Jahromi, 2006). این دو حشره کش از جمله آفت کش های پر مصرف علیه کرم غوزه ی پنبه در استان گلستان به شمار می روند (Afshari et al., 2016).

به دلیل نقش مهم زنبورهای جنس *Trichogramma* در کنترل بیولوژیک آفات، در زمینه ی تأثیر آفت کش ها بر ویژگی های زیستی و تولیدمثلی آن ها مطالعات زیادی انجام شده است. بررسی اثرات جانبی آفت کش ها بر زنبور *Trichogramma cacoeciae* Marchal نشان داد که بر اساس معیارهای سازمان بین المللی کنترل بیولوژیک، لوفنورون (از گروه تنظیم کننده های رشد) یک حشره کش کم ضرر می باشد (Hassan et al., 1998). در مقابل، لوفنورون باعث بروز صد درصد تلفات در جمعیت تخم و لارو زنبور *Trichogramma galloi* Zucchi گردید (Consoli et al., 2001). نتایج یک بررسی دیگر نشان داد که تأثیر حشره کش تریفلومورون (بازدارنده سنتز کیتین) بر زنبور *T. galloi* به مرحله ی نشو و نمایی زنبور در درون تخم میزبان بستگی دارد. این حشره کش در مرحله ی پیش شفیرگی روی نسبت جنسی و درصد پارازیتسم زنبور اثر منفی نداشت، اما در مرحله ی شفیرگی این دو ویژگی را به طور معنی داری کاهش داد (Costa et al., 2014).

مطالعه سمیت تماسی حشره کش های مختلف روی زنبور *Trichogramma platneri* Nagarkatti نشان داد که حشره کش های کارباماته، فسفره و پاریترویدها برای این زنبور بسیار سمی می باشند (Brunner et al., 2001). هم چنین، نتایج یک بررسی نشان داد که تیودیکارب روی نشو و نما مراحل نابالغ و نیز درصد خروج و طول عمر حشرات کامل زنبور

مستقیم با آفت کش یا باقیمانده های آن تماس پیدا می کند و در نتیجه، مجموعه ای از اثرات کشندگی (مرگ و میر) و زیرکشندگی (مثل کاهش طول عمر و میزان زادآوری) بر دشمن طبیعی وارد می شود. در تأثیر غیرمستقیم، آفت کش ها از طریق زنجیره ها و شبکه های غذایی (تغذیه از طعمه ها یا میزبان های آلوده) وارد بدن دشمنان طبیعی می شوند و نشو و نما یا تولیدمثل آن ها را تحت تأثیر قرار می دهند (Johnson and Tabashnik, 1999).

زنبورهای خانواده ی *Trichogrammatidae* مهم ترین گروه از پارازیتوئیدهای تخم به شمار می روند و به دلیل آن که آفت را پیش از آغاز تغذیه و در مراحل ابتدایی زندگی از بین می برند، از اهمیت خاصی در برنامه های مدیریتی آفات برخوردار هستند (Knutson, 1998). در حال حاضر، ۱۹ گونه از زنبورهای جنس *Trichogramma* در نقاط مختلف دنیا به منظور کنترل آفات بال پولکدار در مزارع ذرت، پنبه، نیشکر، سبزیجات و نیز باغات میوه مورد استفاده قرار می گیرند (Consoli et al., 2010). در ایران نیز تاکنون ۱۱ گونه از زنبورهای این جنس از مناطق مختلف گزارش شده اند که از میان آن ها گونه ی *Trichogramma brassicae* Bezd. فراوان ترین گونه می باشد (Ebrahimi et al., 1998). این گونه همه ساله در ایشکنکار یوم های دولتی و خصوصی استان گلستان و سایر استان های شمالی ایران به طور انبوه پرورش می یابد و به منظور کنترل آفات بال پولکدار به ویژه کرم غوزه ی پنبه، *Helicoverpa armigera* (Hübner) در مزارع مختلف از جمله پنبه، گوجه فرنگی و سویا رهاسازی می شود (Afshari et al., 2014).

تیودیکارب یک حشره کش کارباماته با اثرات گوارشی و تماسی می باشد که با کاهش سطح آنزیم استیل کولین استراز در حشرات باعث مرگ آن ها می شود. این حشره کش در بازار ایران با فرمولاسیون روان ریز خشک ۸۰ درصد موجود است و علیه کرم غوزه ی پنبه به میزان ۱-۰/۷۵ کیلوگرم در هکتار توصیه

دو حشره کش پرمصرف علیه کرم غوزه‌ی پنبه) بر این زنبور، اطلاعات زیادی در دسترس نمی‌باشد. به همین دلیل، در پژوهش حاضر، حداقل اثرات کشندگی و زیرکشندگی فرمولاسیون تجاری این دو حشره کش بر ویژگی‌های زیستی و تولیدمثلی این زنبور مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاه پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت. جمعیت اولیه‌ی زنبور *T. brassicae* به شکل تخم‌های پارازیت‌شده‌ی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، *Anagasta kuehniella* (Zeller) از اینسکتاریوم اداره‌ی حفظ نباتات شهرستان گرگان تهیه شد و در یک اتاقک پرورش با دمای 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی روشنایی ۱۶ ساعت روی تخم‌های این میزبان پرورش یافت. به منظور در اختیار داشتن جمعیت کافی از زنبور و سازگار شدن آن با شرایط محیطی جدید، پرورش زنبور به مدت شش نسل ادامه یافت و زنبورهای نسل ششم در آزمایش‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایش‌های اصلی درون یک دستگاه ژرمیناتور (Binder آلمان) و در شرایط محیطی مشابه انجام شدند.

حشره کش‌ها

تیودی‌کارب (Df 80%) و هگزافلومورون (EC 10%) مورد استفاده در این مطالعه به ترتیب با نام‌های تجاری "لاروین" و "کنسالت" ساخت شرکت‌های سینوکم نینگبو چین^۱ (به سفارش شرکت آرمان سبز آدینه‌ی ایران) و گل سم گرگان (ایران) بودند. به دلیل اهمیت مدیریت تلفیقی آفات و امکان کاربرد توأم حشره کش و عامل کنترل بیولوژیکی، در این پژوهش تأثیر سه غلظت زیرکشنده از این دو حشره کش بر زنبور پارازیتوئید

Trichogramma exigum Pinto & Platner تأثیر منفی داشت (Suh et al., 2000).

در پژوهشی دیگر، تخم‌های شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، *Anagasta kuehniella* (Zeller) درون محلول حشره کش‌های رایج در مزارع گوجه‌فرنگی فرو برده شدند و جهت پارازیت‌شدن در اختیار زنبورهای ماده‌ی *Trichogramma pretiosum* Riley قرار گرفتند. نتایج نشان داد که حشره کش‌های لوفنورون و تری‌فلومورون (از گروه تنظیم‌کننده‌های رشد) به دلیل داشتن اثرات سوء کم روی این زنبور می‌توانند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی بید گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Meyrick) مورد استفاده قرار گیرند (Vianna et al., 2009).

در ایران نیز در زمینه‌ی تأثیر آفت کش‌ها بر زنبورهای تریکوگراما مطالعاتی انجام شده است (Najafi-Navai et al., 1995; Bahrami et al., 2010). بررسی اثرات جانبی دو حشره کش ایندوکساکارب و لوفنورون بر زنبور *T. brassicae* نشان داد که بر اساس استانداردهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک، در روش گوارشی این دو حشره کش در گروه حشره کش‌های "کم‌ضرر" و در روش تماسی در گروه حشره کش‌های "بی‌ضرر" طبقه‌بندی شدند. بنابراین، ایندوکساکارب و لوفنورون به‌عنوان دو حشره کش نسبتاً سازگار با برنامه‌های کنترل بیولوژیک آفات بال‌پولکدار توسط زنبور *T. brassicae* معرفی شدند (Afshari et al., 2014).

با توجه به ضرورت تلفیق راهکارهای شیمیایی و بیولوژیک در کنترل کرم غوزه‌ی پنبه در محصولات مختلف، مطالعه‌ی اثرات جانبی حشره کش‌های پرمصرف علیه این آفت و انتخاب حشره کش‌های سازگار با دشمنان طبیعی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. با وجود انجام مطالعات فراوان در زمینه‌ی زیست‌شناسی و تأثیر عوامل مختلف بر ویژگی‌های زیستی و تولیدمثلی زنبور *T. brassicae* (Hosseini Bai et al., 2006)؛ (Karimi Malati and Hatami, 2010)، از میزان و نحوه‌ی تأثیر حشره کش‌های تیودی‌کارب و هگزافلومورون

ارزیابی شد. بر این اساس، تأثیر تیودیکارب در سه غلظت ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام و تأثیر هگزافلومورون در سه غلظت ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ پی پی ام مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تهیه این غلظت‌ها، ابتدا ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میکرولیتر از تیودیکارب و ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میکرولیتر از هگزافلومورون به وسیله یک عدد سمپلر (BOECO®) برداشته شدند و به طور جداگانه در داخل ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل گردیدند تا غلظت‌های مورد نظر تهیه شوند. در تیمار شاهد، از آب مقطر استفاده شد. تأثیر غلظت‌های مختلف حشره کش‌های مورد آزمایش بر زنبور *T. brassicae* به سه روش زیر بررسی گردید:

تغذیه‌ی حشرات کامل از آب‌عسل آغشته به حشره کش (سمیت گوارشی)

در این آزمایش، بر اساس روش Haseeb and Amano (2002)، ابتدا ۱۰۰ میلی لیتر محلول حشره کش با غلظت مورد نظر آماده شد. سپس، به اندازه ۱۰ درصد وزن این محلول، عسل به آن اضافه گردید و به وسیله همزن مغناطیسی به هم زده شد تا محلول یکنواختی از آب عسل ۱۰ درصد آغشته به حشره کش به دست آید. جمعیتی ۶۰ تایی از زنبور (با عمر کم‌تر از دو ساعت و به نسبت مساوی از افراد نر و ماده) به همراه یک برش کاغذی حاوی تقریباً ۱۰۰ عدد تخم میزبان درون یک عدد لوله‌ی آزمایش به ارتفاع ۷۵ و قطر ۱۳ میلی متر قرار گرفتند و دهانه لوله با استفاده از یک قطعه پنبه مسدود گردید. با استفاده از یک عدد سوزن ظریف در حدود ۳۰ میکرولیتر آب عسل سمی از پیش تهیه شده به شکل یک خط بسیار باریک بر دیواره داخلی لوله کشیده شد تا زنبورها از آن تغذیه کنند. در تیمار شاهد از آب عسل ۱۰ درصد عاری از حشره کش به عنوان غذا استفاده شد. در این آزمایش، برای هر غلظت از حشره کش، هفت لوله‌ی آزمایش که هر کدام حاوی ۶۰ عدد زنبور (با عمر کم‌تر از دو ساعت) به نسبت مساوی از افراد نر و ماده بودند، به عنوان تکرار در نظر گرفته شدند. پس از ۲۴ ساعت، تعداد زنبورهای مرده در هر لوله به تفکیک جنسیت شمارش و درصد مرگ و میر محاسبه و یادداشت

گردید. به منظور بررسی اثرات زیرکشندگی احتمالی، از میان زنبورهای زنده مانده، تعداد ۳۰ جفت به طور تصادفی انتخاب و به طور جداگانه در داخل ۳۰ عدد لوله‌ی آزمایش قرار گرفتند (هر لوله‌ی آزمایش حاوی یک جفت زنبور به عنوان یک تکرار) و دهانه لوله با استفاده از یک قطعه پنبه مسدود گردید. هر روز تعداد ۱۰۰ عدد تخم شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد به عنوان میزبان و مقداری آب عسل به عنوان غذا در اختیار زنبورها قرار می‌گرفت. برای جلوگیری از فرار زنبورها در حین این کار، برش‌های تازه‌ی تخم درون یک لوله‌ی آزمایش جدید قرار می‌گرفتند و پس از کشیدن یک خط بسیار نازک از آب‌عسل بر دیواره‌ی داخلی لوله، دهانه‌ی لوله‌های قدیمی و جدید روی هم قرار می‌گرفتند تا زنبور به درون لوله جدید منتقل شود. پس از انتقال زنبور به لوله‌ی جدید، برش‌های قدیمی تخم میزبان به مدت حداقل هفت روز درون لوله‌های آزمایش نگهداری می‌شدند تا میزان پارازیت‌شدن آن اندازه‌گیری شود. با ثبت زمان دقیق مرگ زنبورهای نر و ماده، طول عمر زنبورهای کامل نر و ماده و قدرت پارازیتسم افراد ماده محاسبه و یادداشت گردید.

قرار دادن حشرات کامل در معرض باقیمانده‌ی حشره کش‌ها (سمیت تماسی)

در این آزمایش، مطابق روش Hassan et al. (1998) لوله‌های آزمایش به وسیله یک عدد پنس و به مدت پنج ثانیه داخل غلظت‌های از پیش تهیه شده فرو برده شدند تا به طور کامل به حشره کش آغشته شوند. در تیمار شاهد، لوله‌های آزمایش در آب مقطر فرو برده شدند. سپس، لوله‌های آزمایش به مدت دو تا سه ساعت در شرایط اتاق و در معرض جریان هوا قرار گرفتند تا خشک گردند. جمعیتی ۶۰ تایی از زنبور (با عمر کم‌تر از دو ساعت و به نسبت مساوی از افراد نر و ماده) به درون لوله‌ی آزمایش آغشته شده به حشره کش منتقل شد. پس از ۲۴ ساعت، تعداد افراد مرده به تفکیک جنسیت شمارش و درصد تلفات محاسبه گردید. در این آزمایش نیز برای هر غلظت حشره کش، از هفت لوله آزمایش که

تخم‌های تازه‌ی میزبان پس از فرو برده شدن درون محلول حشره‌کش، به مدت ۲۴ ساعت در اختیار زنبورهای ماده‌ی یک روزه قرار گرفتند و سپس میانگین پارازیتسم آن‌ها شمارش و ثبت گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمایش‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار (دو حشره‌کش هر کدام در سه غلظت به علاوه تیمار شاهد) انجام شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 (SAS Institute, 2003) تجزیه‌ی واریانس گردیدند. اختلاف‌های بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2007 استفاده گردید.

به منظور طبقه‌بندی سمیت حشره‌کش‌ها ابتدا "اثر کل" آن‌ها از رابطه $E=100-(100-M) \times R$ محاسبه شد (Overmeer and van Zon, 1982). در این رابطه: M: درصد مرگ و میر زنبورهای ماده پس از اصلاح با فرمول Abbot (1925) می‌باشد. R: نسبت تخم‌های پارازیت شده در تیمار سم‌پاشی شده به تیمار شاهد می‌باشد که برای محاسبه آن، میانگین روزانه‌ی تخم‌های پارازیت شده به ازای هر زنبور ماده‌ی سم‌پاشی شده بر میانگین روزانه‌ی پارازیتسم در تیمار شاهد تقسیم گردید. سپس، بر اساس استاندارد سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) در شرایط آزمایشگاهی، حشره‌کش‌ها بر اساس مقدار "اثر کل" به چهار گروه طبقه‌بندی شدند: زیر ۳۰ درصد، بی‌ضرر؛ بین ۳۰ تا ۷۹ درصد، اندکی مضر؛ ۸۰ تا ۹۹ درصد نسبتاً مضر و بیش از ۹۹ درصد، مضر (Sterk et al., 1999).

نتایج

سمیت گوارشی حشره‌کش‌ها

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌های هگزافلوورون و تیودیکارب در بررسی سمیت گوارشی، زنده‌مانی زنبورهای نر و

هر کدام حاوی یک جمعیت ۶۰-تایی از زنبور بودند به‌عنوان تکرار استفاده گردید. به منظور بررسی اثرات زیرکشدگی احتمالی، از میان زنبورهای زنده مانده، تعداد ۳۰ جفت زنبور نر و ماده به‌صورت جداگانه در داخل ۳۰ عدد لوله‌ی آزمایش محبوس شدند (هر لوله‌ی آزمایش حاوی یک جفت زنبور به‌عنوان یک تکرار) و طول عمر زنبورهای نر و ماده و قدرت پارازیتسم ماده‌ها با روش شرح داده شده در آزمایش قبل اندازه‌گیری شدند.

فرو بردن تخم‌های پارازیت شده و سالم میزبان در داخل محلول حشره‌کش

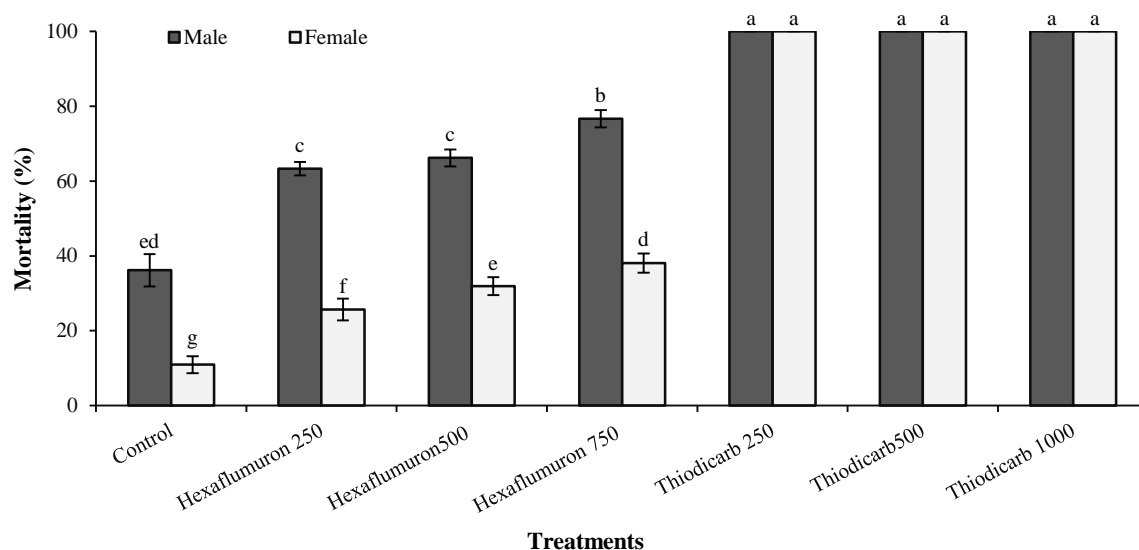
در آزمایش اول، تخم‌های میزبان هفت روز پس از پارازیت شدن یعنی زمانی که زنبورهای درون آن‌ها در مرحله‌ی پیش‌سفیرگی بودند (Knutson, 1998)؛ (Saber et al., 2004) و پس از مشاهده‌ی جوانه‌های قرمزرنگ چشم‌های مرکب، درون محلول از پیش آماده شده‌ی حشره‌کش در غلظت مورد نظر فرو برده شدند. بدین منظور، ورقه‌های حاوی تخم‌های پارازیت شده‌ی میزبان به قطعات کوچک برش داده شدند و تعداد ۱۰ برش که هر کدام به‌طور تقریبی حاوی ۱۰۰ عدد تخم پارازیت شده‌ی میزبان بودند، به وسیله‌ی یک عدد پنس و به مدت پنج ثانیه در داخل محلول حشره‌کش یا آب مقطر (شاهد) فرو برده شدند (در هر غلظت حشره‌کش، ده برش ۱۰۰ تایی از تخم‌های پارازیت شده به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شدند). برش‌ها پس از خارج شدن از محلول حشره‌کش، به مدت یک تا دو ساعت در معرض جریان هوا قرار گرفتند تا به‌طور کامل خشک گردند. سپس، هر برش جداگانه در داخل یک لوله آزمایش قرار گرفت و تعداد زنبورهای نر و ماده‌ی خارج شده و نیز جنسیت آن‌ها روزانه شمارش و یادداشت گردید.

در آزمایش دوم، به جای تخم‌های پارازیت شده‌ی میزبان، تخم‌های تازه و سالم (پارازیت نشده) میزبان درون محلول حشره‌کش فرو برده شدند. جزئیات نحوه انجام این آزمایش به‌طور کامل مشابه آزمایش قبل بود و هدف از انجام آن بررسی تأثیر احتمالی سم‌پاشی تخم‌های سالم میزبان بر میزان پارازیت شدن آن‌ها بود. برش‌های حاوی

پارازیتسم حشرات کامل زنده مانده (اثرات زیرکشندگی) فقط برای هگزافلومورون اندازه گیری شد. تغذیه از آب عسل آغشته به هگزافلومورون طول عمر حشرات کامل نر و ماده و نیز قدرت پارازیتسم زنبورهای مادهی زنده مانده را نسبت به شاهد به طور معنی داری کاهش داد (به ترتیب $F_{3,116} = 119.5$, $F_{3,116} = 23.3$, $P < 0.01$) (به ترتیب $F_{3,116} = 11.54$, $P < 0.01$ و $P < 0.01$). بر اساس نتایج مقایسهی میانگین ها (جدول ۱)، طول عمر حشرات کامل نر و ماده و نیز قدرت پارازیتسم زنبورهای تغذیه شده با هگزافلومورون در مقایسه با شاهد به طور معنی داری کم تر بود، اما بین غلظت های سه گانهی حشره کش از این نظر اختلاف معنی داری وجود نداشت. طول عمر زنبورهای نر از ۴/۱۳ روز در شاهد به ۱/۰۷ روز در هگزافلومورون ۷۵۰ پی پی ام و طول عمر زنبورهای ماده از ۱۰ روز در شاهد به ۱/۳ روز در هگزافلومورون ۷۵۰ پی پی ام کاهش یافت. روند کاهش میانگین پارازیتسم زنبورهای ماده نیز مشابه بود و از ۲۰/۷۳ عدد تخم در روز در شاهد به ۷/۶۳ عدد تخم در روز در هگزافلومورون ۷۵۰ پی پی ام رسید (جدول ۱).

ماده را به طور معنی داری کاهش دادند (به ترتیب $F_{6,42} = 431.9$, $P < 0.01$ و $F_{6,42} = 128.8$, $P < 0.01$). نتایج مقایسهی میانگین ها (شکل ۱) نشان داد که میانگین درصد مرگ و میر حشرات کامل نر و ماده در تمامی غلظت ها به طور معنی داری از شاهد بیش تر بود. غلظت های سه گانهی تیودیکارب با ۱۰۰ درصد مرگ و میر، بیش ترین تلفات را در جمعیت حشرات کامل نر و ماده ایجاد کردند. تلفات ناشی از تغذیهی حشرات کامل از آب عسل آغشته به هگزافلومورون در مقایسه با تیودیکارب کم تر بود و با افزایش غلظت هگزافلومورون، بر درصد مرگ و میر حشرات کامل افزوده شد، به طوری که مرگ و میر حشرات کامل نر از ۶۳/۳ درصد در غلظت ۲۵۰ پی پی ام هگزافلومورون به ۷۶/۷ درصد در غلظت ۷۵۰ پی پی ام رسید. مرگ و میر زنبورهای ماده در همین دامنهی غلظت در مقایسه با نرها کم تر بود و از ۲۵/۷ درصد در غلظت ۲۵۰ پی پی ام تا ۳۸/۱ درصد در غلظت ۷۵۰ پی پی ام نوسان داشت (شکل ۱).

با توجه به تلفات ۱۰۰ درصدی حشرات کامل پس از تغذیه از آب عسل آغشته به تیودیکارب، طول عمر و قدرت



شکل ۱- تأثیر سمیت گوارشی هگزافلومورون و تیودیکارب بر میانگین درصد مرگ و میر (± خطای معیار) زنبورهای نر و ماده *T. brassica*

Figure 1. Effect of oral toxicity of hexaflumuron and thiodicarb on mortality percentage (± SE) of adult males and females of *T. brassica*

*Means followed by the same letters are not significantly different, $P < 0.05$ and LSD test). Digits are insecticide concentration in ppm

جدول ۱- اثرات زیر کشندگی هگزافلومورون بر زنبور *T. brassicae* پس از تغذیه‌ی حشرات کامل از غلظت‌های مختلف حشره کش

Table 1. Sublethal effects of hexaflumuron on *T. brassicae* after adults feeding on different concentrations of insecticide

Treatments	Male longevity (days)	Female longevity (days)	Mean of daily oviposition (eggs/female/day)
Control	4.13 ± 0.60 ^a	10.0 ± 0.80 ^a	20.73 ± 3.1 ^a
Hexaflumuron 250 ppm	1.33 ± 0.09 ^b	1.47 ± 0.09 ^b	8.57 ± 1.2 ^b
Hexaflumuron 500 ppm	1.30 ± 0.08 ^b	1.46 ± 0.09 ^b	8.28 ± 1.2 ^b
Hexaflumuron 750 ppm	1.07 ± 0.05 ^b	1.30 ± 0.08 ^b	7.63 ± 1.05 ^b

*Means within a column followed by same letters are not significantly different, $P < 0.05$ and LSD test).

نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها ($F_{3, 116} = 23.97, P < 0.01$) (جدول ۲) نشان داد که طول عمر حشرات کامل نر و ماده و نیز میانگین پارازیتسم روزانه زنبورهای تماس یافته با هگزافلومورون در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کم‌تر بود اما بین غلظت‌های سه‌گانه‌ی هگزافلومورون از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. طول عمر زنبورهای نر از ۳/۹۳ روز در تیمار شاهد به ۱/۰۷ روز در هگزافلومورون ۷۵۰ پی‌پی‌ام و طول عمر زنبورهای ماده از ۱۰/۸ روز در تیمار شاهد به ۱/۳۷ روز در هگزافلومورون ۷۵۰ پی‌پی‌ام کاهش یافت. میانگین پارازیتسم زنبورهای ماده نیز روند کاهشی مشابهی داشت و از ۱۶/۸۳ عدد تخم در روز در شاهد به ۳/۴۴ عدد تخم در روز در هگزافلومورون ۷۵۰ پی‌پی‌ام رسید (جدول ۲).

فرو بردن تخم‌های پارازیت شده‌ی میزبان درون محلول حشره کش

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس، فرو بردن تخم‌های پارازیت شده‌ی میزبان درون محلول غلظت‌های مختلف حشره کش‌های هگزافلومورون و تیودیکارب، درصد خروج حشرات کامل زنبور را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($F_{6, 63} = 189.5; P < 0.01$). نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که تمامی غلظت‌های هگزافلومورون و تیودیکارب در مقایسه با شاهد درصد خروج حشرات کامل را به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. درصد خروج حشرات کامل از ۹۴/۴ درصد در تیمار شاهد تا ۱۱/۹ درصد در تیمار تیودیکارب ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام متغیر بود. به‌طور کلی،

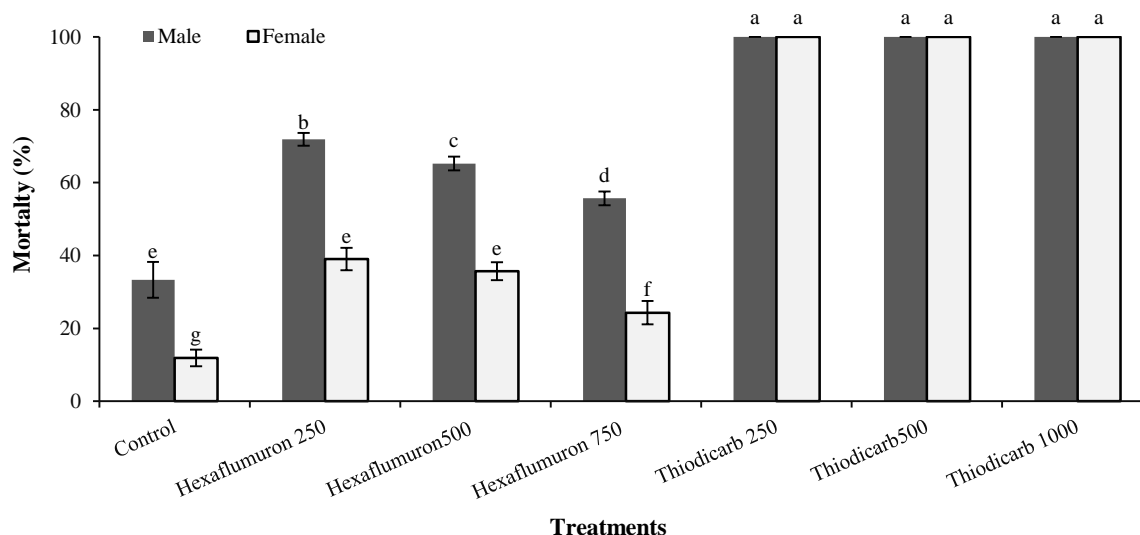
سمیت تماسی حشره کش‌ها

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که تماس با باقیمانده‌های غلظت‌های مختلف حشره کش‌های هگزافلومورون و تیودیکارب، زنده‌مانی حشرات کامل نر و ماده را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (به ترتیب $F_{6, 42} = 351.5$ و $F_{6, 42} = 137.7, P < 0.01$). نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که درصد مرگ و میر حشرات کامل نر و ماده در تمامی غلظت‌های به کار برده شده‌ی حشره کش‌ها به‌طور معنی‌داری از شاهد بیش‌تر بود. همانند روش گوارشی، غلظت‌های سه‌گانه‌ی تیودیکارب با ۱۰۰ درصد مرگ و میر، بیش‌ترین تلفات را در جمعیت حشرات کامل ایجاد کردند. هم‌چنین، تلفات ناشی از تماس با هگزافلومورون در مقایسه با تیودیکارب کم‌تر بود، اما بین غلظت هگزافلومورون و درصد مرگ و میر زنبور رابطه‌ی مستقیمی مشاهده نشد. در غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام هگزافلومورون، مرگ و میر زنبورهای نر (۵۵/۷۱ درصد) به مراتب از زنبورهای ماده (۲۴/۳ درصد) بیش‌تر بود (شکل ۲). با توجه به تلفات ۱۰۰ درصدی حشرات کامل نر و ماده پس از تماس با باقیمانده‌های تیودیکارب، طول عمر و قدرت پارازیتسم زنبورهای زنده مانده (اثرات زیر کشندگی) فقط برای هگزافلومورون اندازه‌گیری شد. تماس با باقیمانده‌های هگزافلومورون طول عمر حشرات کامل نر و ماده و نیز قدرت پارازیتسم زنبورهای ماده‌ی زنده مانده را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (به ترتیب $F_{3, 116} = 109.4, P < 0.01$; $F_{3, 116} = 23.4, P < 0.01$

میزبان درون محلول هگزافلومورون و تیودیکارب، تحت تأثیر قرار گرفت ($F_{6, 63} = 3.42; P < 0.01$). نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که نسبت زنبورهای ماده در بیش تر تیمارها از شاهد بیش تر بود، به طوری که مقدار این پارامتر از ۵۷/۲ درصد در تیمار شاهد تا ۷۳/۹ درصد در تیودیکارب هزار پی پی ام متغیر بود. با افزایش غلظت هگزافلومورون از ۲۵۰ پی پی ام به ۷۵۰ پی پی ام نسبت زنبورهای ماده تغییر معنی داری نداشت، اما با افزایش غلظت تیودیکارب از ۲۵۰ پی پی ام به ۱۰۰۰ پی پی ام، افزایش معنی داری در نسبت زنبورهای ماده مشاهده شد (جدول ۳).

غلظت‌های مختلف تیودیکارب در مقایسه با هگزافلومورون تأثیر منفی بیش تری بر درصد خروج حشرات کامل زنبور داشتند. هم چنین، بین غلظت حشره کش‌ها و درصد خروج حشرات کامل زنبور رابطه‌ی معکوسی وجود داشت، به طوری که با افزایش غلظت هر دو حشره کش، درصد خروج حشرات کامل زنبور کاهش یافت (جدول ۳).

هم چنین، نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که علاوه بر درصد خروج حشرات کامل زنبور، نسبت جنسی زنبورهای خارج شده (نسبت زنبورهای ماده به کل زنبورهای خارج شده) نیز در اثر فرو بردن تخم‌های پارازیت شده‌ی



شکل ۲- تأثیر سمیت تماسی هگزافلومورون و تیودیکارب بر میانگین درصد مرگ و میر (\pm خطای معیار) زنبورهای نر و ماده *T. brassicae*

Figure 2. Effect of contact toxicity of hexaflumuron and thiodicarb on mortality percentage (\pm SE) of adult males and females of *T. brassicae*

*Means followed by the same letters are not significantly different, $P < 0.05$ and LSD test). Digits are insecticide concentration in ppm

جدول ۲- اثرات زیر کشندگی هگزافلومورون بر زنبور *T. brassicae* پس از تماس حشرات کامل با باقیمانده غلظت‌های مختلف حشره کش

Table 2. Sublethal effects of hexaflumuron on *T. brassicae* after adults contact with residuals of different concentrations of insecticide

Treatments	Male longevity (days)	Female longevity (days)	Mean of daily oviposition (eggs/female/day)
Control	3.93 ± 0.32^a	10.8 ± 0.67^a	16.83 ± 3.1^a
Hexaflumuron 250 ppm	1.40 ± 0.75^b	1.77 ± 0.90^b	5.21 ± 2.1^b
Hexaflumuron 500 ppm	1.20 ± 0.64^b	1.70 ± 0.90^b	4.60 ± 1.9^b
Hexaflumuron 750 ppm	1.07 ± 0.50^b	1.37 ± 0.75^b	3.44 ± 1.8^b

*Means within a column followed by same letters are not significantly different, $P < 0.05$ and LSD test).

جدول ۳- تأثیر تیمار تخم‌های پارازیت‌شده میزبان با حشره کش بر میانگین (\pm خطای معیار) درصد خروج و درصد زنبورهای ماده *T. brassicae*

Table 3. Effect of treatment of parasitized host eggs on means (\pm SE) of adult emergence and female (%) of *T. brassicae*

Treatments	Adult emergence (%)	Female (%)
Control	94.40 \pm 1.06 ^a	57.20 \pm 1.70 ^c
Hexaflumuron 250 ppm	83.60 \pm 2.24 ^b	64.30 \pm 2.10 ^{bc}
Hexaflumuron 500 ppm	57.00 \pm 2.13 ^c	68.5 \pm 2.83 ^{ab}
Hexaflumuron 750 ppm	37.10 \pm 2.75 ^d	69.8 \pm 2.22 ^{ab}
Thiodicarb 250 ppm	30.60 \pm 2.86 ^d	64.80 \pm 2.0 ^{bc}
Thiodicarb 500 ppm	18.50 \pm 2.08 ^e	65.60 \pm 3.37 ^b
Thiodicarb 1000 ppm	11.90 \pm 2.60 ^f	73.90 \pm 4.51 ^a

*Means within a column followed by same letters are not significantly different, $P < 0.05$ and LSD test).

(گروه ۴) قرار گرفت. هم‌چنین غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیودی‌کارب موجب بروز ۸۷/۳ درصد تلفات در جمعیت پیش‌شیره‌های زنبور شد که با احتساب کاهش قدرت پارازیت‌یسم زنبورهای خارج شده، اثر کل آن ۹۳/۸ درصد محاسبه گردید و در گروه ۳ یا حشره‌کش‌های نسبتاً مضر طبقه‌بندی شد. به‌طور کلی، سمیت هگزافلومورون برای زنبور *T. brassicae* کم‌تر از تیودی‌کارب بود به‌طوری‌که مقدار "اثر کل" آن در روش‌های گوارشی و تماسی به‌ترتیب ۷۳/۵ و ۸۰/۵ درصد محاسبه شد و در طبقه‌بندی IOBC به‌ترتیب در گروه‌های ۲ (اندکی مضر) و ۳ (نسبتاً مضر) قرار گرفت (جدول ۴). تأثیر هگزافلومورون بر مرگ و میر پیش‌شیره‌های زنبور نیز از تیودی‌کارب کم‌تر بود به‌طوری‌که اثر کل آن ۷۸/۱ درصد محاسبه شد (۶۰/۵۵ درصد تلفات در جمعیت پیش‌شیره‌ها و ۴۵/۴ درصد کاهش قدرت پارازیت‌یسم زنبورهای ماده‌ی خارج شده) و از نظر سمیت، در گروه ۲ (اندکی مضر) قرار گرفت (جدول ۴).

بحث

تیودی‌کارب یک حشره‌کش کارباماته است که اثرات جانبی آن بر برخی از زنبورهای پارازیت‌یوید مطالعه شده است (Jones et al., 1998; Mahdavi 2013; Suh et al., 2000; Rafiee Dastjerdi et al., 2009; Symington, 2003). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که حشره‌کش تیودی‌کارب حتی در غلظت‌های پایین و به هر دو شکل گوارشی و تماسی بر زنده‌مانی و پارازیت‌یسم

فرو بردن تخم‌های سالم میزبان درون محلول حشره‌کش

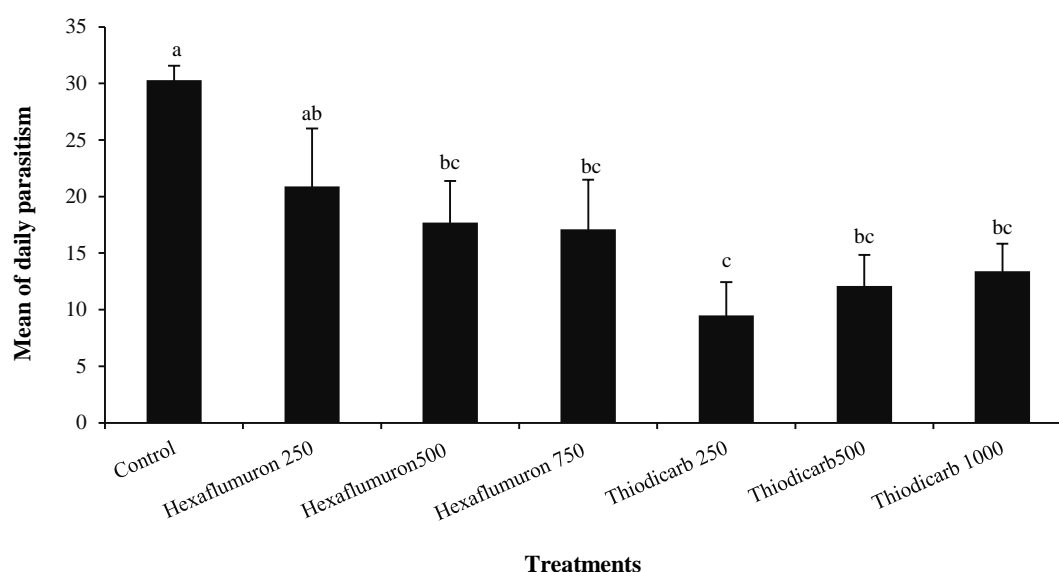
نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که در اثر فرو بردن تخم‌های شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد درون غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌های هگزافلومورون و تیودی‌کارب، میانگین روزانه‌ی پارازیت‌یسم آن‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($F_{6, 63} = 4.03$; $P < 0.01$). بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها، بیش‌ترین میانگین پارازیت‌یسم تخم‌ها (۳۰/۳ عدد تخم در روز) در تیمار شاهد مشاهده شد که با هگزافلومورون ۲۵۰ پی‌پی‌ام اختلاف معنی‌داری نداشت، اما تفاوت آن با تیمارهای دیگر معنی‌دار بود. البته، میانگین پارازیت‌شدن تخم‌ها با غلظت حشره‌کش ارتباطی نداشت، به‌طوری‌که میانگین‌های روزانه پارازیت‌یسم در غلظت‌های سه‌گانه‌ی هگزافلومورون و تیودی‌کارب تفاوت معنی‌داری با همدیگر نداشتند. به‌طور کلی، میانگین پارازیت‌یسم تخم‌های میزبان از ۳۰/۳ تخم در روز در تیمار شاهد به ۱۷/۱ تخم در روز در غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام هگزافلومورون و ۱۳/۴ تخم در روز در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیودی‌کارب رسید که حاکی از کاهش‌های به‌ترتیب ۴۳/۶ و ۵۵/۸ درصدی میانگین پارازیت‌یسم در این دو تیمار بود (شکل ۳).

طبقه‌بندی سمیت حشره‌کش‌ها

نتایج طبقه‌بندی سمیت حشره‌کش‌ها بر اساس استانداردهای IOBC نشان داد که تیودی‌کارب در هر دو روش گوارشی و تماسی با ایجاد ۱۰۰ درصد تلفات در جمعیت زنبورهای ماده در گروه حشره‌کش‌ها مضر

بیشتر مراحل نارس زنبورهای نر نسبت به حشره کش و در نتیجه، کاهش بیش تر جمعیت آنها نسبت به زنبورهای ماده باشد. به طور کلی، بر اساس طبقه بندی IOBC، تیودیکارب در هر دو شکل گوارشی و تماسی برای حشرات کامل زنبور مضر بود و استفاده از آن در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات بال پولکدار به ویژه در محصولاتی که زنبور پارازیتوید *T. brassicae* رهاسازی می شود، توصیه نمی گردد.

زنبور *T. brassicae* اثرات نامطلوبی دارد. سم پاشی تخم های پارازیته نشده میزبان با این حشره کش موجب کاهش معنی دار درصد پارازیتسم آنها شد. سم پاشی تخم های پارازیته شده میزبان با تیودیکارب (در مرحله ی پیش شفیرگی زنبور) موجب تلفات شدید پیش شفیره ها و کاهش درصد خروج حشرات کامل گردید اما نسبت زنبورهای ماده افزایش معنی داری داشت که این افزایش ممکن است ناشی از حساسیت



شکل ۳- تأثیر تیمار تخم های سالم میزبان با حشره کش بر میانگین درصد پارازیتسم روزانه (\pm خطای معیار) آنها توسط زنبور *T. brassicae*

Figure 3. Effect of host eggs treatment on mean (\pm SE) of daily parasitism by *T. brassicae*
*Means followed by the same letters are not significantly different, $P < 0.05$ and LSD test). Digits are insecticide concentration in ppm

جدول ۴- طبقه بندی میزان سمیت حشره کش های مورد استفاده برای زنبور *T. brassicae* بر اساس استانداردهای سازمان بین المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) در شرایط آزمایشگاهی

Table 4. Classification of tested insecticides toxicity against *T. brassicae* under laboratory conditions according to the IOBC classes of toxicity

Bioassay method		*Mortality (%)	Parasitism reduction (%)	Total effect (E)	IOBC class of toxicity
Oral	Thiodicarb	100	-	100	4
	Hexaflumuron	30.2 \pm 3.5	61.85	73.5	2
Contact	Thiodicarb	100	-	100	4
	Hexaflumuron	30.55 \pm 3.8	83.45	80.5	3
Prepupa dipping	Thiodicarb	87.3 \pm 2.3	51.3	93.8	3
	Hexaflumuron	60.55 \pm 3.2	45.4	78.1	2

*Means of female mortality percentage after 24 h and correcting by Abbott formula (Abbott, 1925).

2: Slightly harmful; 3: Moderately harmful; 4: Harmful

در طبقه‌بندی IOBC (Hassan et al., 1985)؛
 حشرات کامل زنبورهای تریکوگراما تاکنون گزارشی منتشر
 نشده است، اما سمیت گوارشی ایندوکساکارب (یکی
 دیگر از حشره‌کش‌های پرمصرف علیه کرم غوزه‌ی پنبه) بر
 زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* تأیید شده است
 (Afshari et al., 2014). با توجه به تغذیه‌ی حشرات
 کامل زنبورهای پارازیتوئید از شهد گل‌ها یا عسلک
 جوربالان در مزارع (Jervis and Kidd, 1996)،
 احتمال آلوده شدن این منابع غذایی به حشره‌کش و
 کاهش زنده‌مانی و زادآوری زنبورهای پارازیتوئید بسیار
 محتمل می‌باشد.

مراحل نابالغ زنبورهای تریکوگراما درون تخم
 میزبان توسط پوسته‌ی تخم محافظت می‌شوند و
 به همین دلیل، در مقایسه با حشرات کامل در برابر
 حشره‌کش‌ها مقاوم‌تر هستند (Consoli et al., 1998)؛
 (Saber, 2011؛ Hassan et al., 1998). نتایج پژوهش
 حاضر نشان داد که سم‌پاشی تخم‌های پارازیته شده‌ی
 میزبان با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیودیکارب باعث مرگ
 و میر ۸۷ درصد پیش‌شیره‌های زنبور شد که در
 مقایسه با تلفات ۶۱ درصدی ناشی از هگزافلومورون
 در پژوهش حاضر و تلفات ۹ درصدی گزارش شده برای
 ایندوکساکارب (Afshari et al., 2014) بسیار بیش‌تر
 بوده و حاکی از سمیت شدیدتر تیودیکارب می‌باشد.

هگزافلومورون یک تنظیم‌کننده‌های رشد می‌باشد
 که با جلوگیری از سنتز کیتین موجب مرگ حشرات
 می‌گردد (Talebi Jahromi, 2006). تنظیم‌کننده‌های
 رشد به دلیل نحوه‌ی اثر خاصی که دارند برای حشرات
 کامل پارازیتوئیدها بی‌ضرر یا کم‌ضرر و برای مراحل
 نابالغ آن‌ها مضر گزارش شده‌اند (Wang et al., 2012).
 با وجود این، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که
 هگزافلومورون به هر دو شکل گوارشی و تماسی
 زنده‌مانی حشرات کامل زنبور *T. brassicae* را به‌طور
 معنی‌داری کاهش داد. البته اثر کشندگی هگزافلومورون
 در مقایسه با تیودیکارب به مراتب کم‌تر بود، به‌طوری‌که
 در طبقه‌بندی IOBC (Hassan et al., 1985)؛
 (Sterk et al., 1999)، هگزافلومورون در بررسی
 سمیت گوارشی در گروه حشره‌کش‌های "اندکی مضر"
 قرار گرفت و در بررسی سمیت تماسی به‌عنوان یک
 حشره‌کش "نسبتاً مضر" طبقه‌بندی شد (جدول ۴).
 در زمینه تأثیر سمیت گوارشی تنظیم‌کننده‌های رشد
 بر حشرات کامل زنبورهای پارازیتوئید گزارش‌های
 معدودی منتشر شده است (Afshari et al., 2014)؛
 (Haseeb et al., 2005). Afshari et al. (2014)
 نشان دادند که تغذیه از آب عسل آغشته به لوفنورون
 باعث بروز ۳۴/۴ درصد تلفات در جمعیت زنبورهای
 ماده‌ی *T. brassicae* شد که به تلفات ۳۰/۲ درصدی
 به‌دست آمده برای هگزافلومورون در پژوهش حاضر
 بسیار نزدیک می‌باشد. (Haseeb et al., 2005) نیز
 نشان دادند که تغذیه‌ی زنبورهای ماده‌ی (Hellén)
Diadegma semiclausum از آب عسل آغشته به
 فلوئوکسورون (با نحوه‌ی عمل مشابه هگزافلومورون)
 موجب افزایش تلفات آن‌ها نسبت به شاهد گردید.
 تأثیر منفی تنظیم‌کننده‌های رشد بر مراحل نابالغ زنبورهای
 تریکوگراما نیز در تعدادی از مطالعات گزارش شده است
 (Afshari et al., 2014؛ Bastos et al., 2006)؛
 (Consoli et al., 2001). نتایج پژوهش حاضر نشان
 داد که سم‌پاشی تخم‌های پارازیته شده‌ی میزبان
 در مرحله‌ی پیش‌شیرگی زنبور با هگزافلومورون،
 موجب کاهش معنی‌دار درصد خروج زنبورهای کامل
 شد. در مورد چند گونه‌ی دیگر از زنبورهای تریکوگراما
 مانند *T. pretiosum* (Bastos et al., 2006)،
T. galloi (Consoli et al., 2001) و *T. chilonis*
 (Hussain et al., 2010) نیز نتایج مشابهی گزارش
 شده است. البته تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر مراحل
 نارس زنبورهای تریکوگراما ممکن است بر حسب گونه‌ی
 میزبان جایگزین متفاوت باشد، به‌طوری‌که بر خلاف
 تخم‌های بید غلات فرو بردن تخم‌های پارازیته شده‌ی
 شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد درون محلول لوفنورون بر درصد

در ارتباط با تأثیر سمیت گوارشی تیودیکارب بر
 حشرات کامل زنبورهای تریکوگراما تاکنون گزارشی منتشر
 نشده است، اما سمیت گوارشی ایندوکساکارب (یکی
 دیگر از حشره‌کش‌های پرمصرف علیه کرم غوزه‌ی پنبه) بر
 زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* تأیید شده است
 (Afshari et al., 2014). با توجه به تغذیه‌ی حشرات
 کامل زنبورهای پارازیتوئید از شهد گل‌ها یا عسلک
 جوربالان در مزارع (Jervis and Kidd, 1996)،
 احتمال آلوده شدن این منابع غذایی به حشره‌کش و
 کاهش زنده‌مانی و زادآوری زنبورهای پارازیتوئید بسیار
 محتمل می‌باشد.

مراحل نابالغ زنبورهای تریکوگراما درون تخم
 میزبان توسط پوسته‌ی تخم محافظت می‌شوند و
 به همین دلیل، در مقایسه با حشرات کامل در برابر
 حشره‌کش‌ها مقاوم‌تر هستند (Consoli et al., 1998)؛
 (Saber, 2011؛ Hassan et al., 1998). نتایج پژوهش
 حاضر نشان داد که سم‌پاشی تخم‌های پارازیته شده‌ی
 میزبان با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیودیکارب باعث مرگ
 و میر ۸۷ درصد پیش‌شیره‌های زنبور شد که در
 مقایسه با تلفات ۶۱ درصدی ناشی از هگزافلومورون
 در پژوهش حاضر و تلفات ۹ درصدی گزارش شده برای
 ایندوکساکارب (Afshari et al., 2014) بسیار بیش‌تر
 بوده و حاکی از سمیت شدیدتر تیودیکارب می‌باشد.

هگزافلومورون یک تنظیم‌کننده‌های رشد می‌باشد
 که با جلوگیری از سنتز کیتین موجب مرگ حشرات
 می‌گردد (Talebi Jahromi, 2006). تنظیم‌کننده‌های
 رشد به دلیل نحوه‌ی اثر خاصی که دارند برای حشرات
 کامل پارازیتوئیدها بی‌ضرر یا کم‌ضرر و برای مراحل
 نابالغ آن‌ها مضر گزارش شده‌اند (Wang et al., 2012).
 با وجود این، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که
 هگزافلومورون به هر دو شکل گوارشی و تماسی
 زنده‌مانی حشرات کامل زنبور *T. brassicae* را به‌طور
 معنی‌داری کاهش داد. البته اثر کشندگی هگزافلومورون
 در مقایسه با تیودیکارب به مراتب کم‌تر بود، به‌طوری‌که

کاهش داد. در زمینه‌ی تأثیر منفی هگزافلومورون بر طول عمر زنبورهای تریکوگراما تاکنون گزارشی منتشر نشده است، اما تأثیر منفی برخی دیگر از تنظیم کنندگان رشد مانند لوفنورون بر طول عمر زنبور *T. brassicae* (Afshari et al., 2014) و فلوئوکسورون و تفلونزورون بر طول عمر افراد نر و ماده‌ی زنبور *D. semiclausum* گزارش شده است (Haseeb et al., 2005).

به‌طور کلی، نتایج طبقه‌بندی IOBC نشان داد که تیودیکارب به دلیل وارد ساختن تلفات شدید به حشرات کامل و پیش‌سفیره‌های زنبور *T. brassicae*، یک حشره‌کش مضر است و برای استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات بال‌پولکدار به‌ویژه همراه با رهاسازی این زنبور پارازیتوید توصیه نمی‌شود. در مقابل، اثرات کشندگی و زیرکشندگی هگزافلومورون به‌طور نسبی از تیودیکارب کم‌تر بود و می‌توان آن را به‌عنوان یک حشره‌کش نسبتاً سازگارتر با برنامه‌های کنترل بیولوژیک معرفی کرد، به‌ویژه اگر مطابق توصیه‌ی سازمان حفظ نباتات بین‌سم‌پاشی مزارع با هگزافلومورون و رهاسازی زنبور *T. brassicae* حداقل یک هفته فاصله‌ی زمانی وجود داشته باشد. با این حال، اگر چه اثر کشندگی هگزافلومورون از تیودیکارب کم‌تر بود اما به دلیل بالا بودن نسبی اثرات زیرکشندگی و در نتیجه، اثر کل آن، استفاده از سایر حشره‌کش‌های کم‌خطرتر در برنامه‌های کنترل تلفیقی آفات بال‌پولکدار به‌ویژه کرم غوزه‌ی پنبه در شمال ایران توصیه می‌شود. هم‌چنین با توجه به متفاوت بودن استانداردهای IOBC در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی، پیشنهاد می‌شود تأثیر این دو حشره‌کش در شرایط صحرایی نیز بررسی گردد.

سپاس‌گزاری

هزینه انجام این پژوهش از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تأمین گردید که بدینوسیله قدردانی به عمل می‌آید.

خروج حشرات کامل زنبور *T. pretiosum* اثر معنی‌داری نداشته است (Bastos et al., 2006). بنابراین، نحوه و میزان تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد، حتی آن‌هایی که نحوه‌ی اثر مشابهی دارند (به‌عنوان مثال مهارکنندگان سنتز کیتین)، بر زنبورهای تریکوگراما ممکن است بر حسب نوع میزبان جایگزین، گونه‌ی پارازیتوید مورد مطالعه و نوع حشره‌کش متفاوت باشد و اظهار نظر در مورد آن‌ها مستلزم انجام مطالعات جداگانه می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اثرات زیرکشندگی هگزافلومورون از اثر کشندگی آن بیش‌تر بود به‌طوری‌که پس از تیمار با این حشره‌کش طول عمر و قدرت پارازیتیسیم زنبور *T. brassicae* به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تغذیه‌ی زنبورهای ماده از آب‌عسل آغشته به غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام هگزافلومورون و تماس آن‌ها با باقیمانده‌های این حشره‌کش، قدرت پارازیتیسیم زنبور را به‌ترتیب ۶۱/۸۵ و ۸۳/۴۵ درصد کاهش داد. نتایج پژوهش Afshari et al. (2014) نشان داد که قدرت پارازیتیسیم زنبور *T. brassicae* پس از تغذیه از غذای آغشته به لوفنورون (با نحوه‌ی تأثیر مشابه با هگزافلومورون) در حدود ۳۱ درصد کاهش یافت که در مقایسه با هگزافلومورون در پژوهش حاضر (۶۱/۸۵ درصد) بسیار کم‌تر می‌باشد. سازوکار تأثیر منفی تغذیه از غذای آغشته به هگزافلومورون بر قدرت پارازیتیسیم زنبورهای تریکوگراما تاکنون شناخته نشده است، اما این احتمال وجود دارد که تغذیه از تنظیم‌کننده‌های رشد با تأثیر بر فرایند تخمک‌زایی در زنبورهای ماده موجب کاهش تعداد یا نابارور شدن تخم‌های گذاشته شده توسط زنبورهای ماده گردد (Haseeb et al., 2000).

طول عمر زنبورهای ماده یکی از ویژگی‌های مهم در ارزیابی کیفیت زنبورهای تریکوگراما به شمار می‌رود (Knutson, 1998). نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام هگزافلومورون به هر دو شکل گوارشی و تماسی، طول عمر زنبورهای نر و ماده را

REFERENCES

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.

Afshari, A., Gorzoddin, M., and Mottaki, I. 2014. Side-effects of indoxacarb and lufenuron on *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory conditions. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 37(3): 61-79. (In Farsi with English abstract).

Afshari, A., Hamzepour Chenari, E., and Iraj, A. 2016. Side-effects of main insecticides used against cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner), on the parasitic wasp, *Trichogramma brassicae* Bezd., under laboratory conditions. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Research Report 92-306-86, 36 pp. (In Farsi).

Bahrami, A., Rezapanah, M., and Shirazi, J. 2010. A laboratory study on the side-effects of some pesticides applied in rice fields on *Trichogramma brassicae* Bezd. 19th Iranian Plant Protection Congress, 31 July- 3 August 2010. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran. P. 232.

Bastos, C.S., Almeida, R.P., and Suinaga, F.A. 2006. Selectivity of pesticides used on cotton (*Gossypium hirsutum*) to *Trichogramma pretiosum* reared on two laboratory-reared hosts. *Pest Management Science*, 62: 91-98.

Brunner, J.F., Dunley, J.E., Doerr, M.D., and Beers, E.H. 2001. Effect of pesticides on *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoids of leaf rollers in Washington. *Journal of Economic Entomology*, 94(5): 1075-1084.

Consoli, F.L., Botelho, P.S.M., and Parra, J.R.P. 2001. Selectivity of insecticides to the egg parasitoid *Trichogramma galloi* Zucchi (Hym.: Trichogrammatidae). *Journal of Applied Entomology*, 125: 37-43.

Consoli, F.L., Parra, J.R.P., and Hassan, S.A. 1998. Side-effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). *Journal of Applied Entomology*, 122: 43-47.

Consoli, F.L., Parra, J.R.P., and Zucchi, R.A. 2010. Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on *Trichogramma*. Springer Publishing. P. 479.

Costa, M.A., Moscardini, V.F., Gontijo, P.C., Carvalho, G.A., De Oliveira R.L., and Oliveira, H.N. 2014. Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ecotoxicology*, 23(8): 1399-1408.

Ebrahimi, D., Pintureau, B., and Shojai, M. 1998. Morphological and enzymatic study of the genus *Trichogramma* (Hym. Trichogrammatidae) in Iran. *Journal of Applied Entomology and Phytopathology*, 66: 122-141.

Haseeb, M., Amano, H., and Liu, T.X. 2005. Effects of selected insecticides on *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera:

- Eulophidae), parasitoids of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Insect Science*, 12: 163-170.
- Haseeb, M., Amano, H., and Nemoto, H. 2000. Pesticidal effects on mortality and parasitism rates of *Diadegma semiclausum*, a parasitoid of the diamondback moth. *Bio Control* 45: 165-178.
- Haseeb, M., and Amano, H. 2002. Effects of contact, oral and persistent toxicity of selected pesticides on *Cotesia plutellae* (Hym: Braconidae), a potential parasitoid of *Plutella xylostella* (Lep: Plutellidae). *Journal of Applied Entomology*, 126: 8-13.
- Hassan, E., Oomen, P.A. Overmeer, W.P.J., Plevoets, P., Reboulet, J.N., Rieckmann, W., Samsoe-Petersen, L., Shires, S.W., Staubli, A., Stevenson, J., Tuset, J.J., Vanwetswinkel, G., and van Zon, A.Q. 1985. Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 15: 214-255.
- Hassan, S.A., Hafes, B., Degrande, P.E., and Herai, K. 1998. The side-effects of pesticides on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym.: Trichogrammatidae), acute dose response and persistence tests. *Journal of Applied Entomology*, 122: 569-573.
- Hosseini Bai, Sh., Yazdani Khorasgani, A., and Mashhadi Jafarloo, M. 2006. An investigation on some biological traits of *Trichogramma brassicae* Bezd. during five generations laboratory rearing on the eggs of *Sitotroga cerealella* Oliv. and *Plodia interpunctella* Hübner. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(5): 857-863. (In Farsi with English abstract).
- Hussain, D., Akram, M., Iqbal, Z., Ali, A., and Saleem, M. 2010. Effect of some insecticides on *Trichogramma chilonis* Ishii. (Trichogrammatidae: Hymenoptera) immature and adult survival. *Journal of Agricultural Research*, 48(4): 531-537.
- Jervis, M., and Kidd, N. 1996. *Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation*. Chapman and Hall, London. P. 491.
- Johnson, M.W., and Tabashnik, B.E. 1999. Enhanced biological control through pesticide selectivity. In T.S. Bellows and T.W. Fisher (Eds.), *Handbook of biological control: Principles and applications*. Academic Press, San Diego, New York. pp. 297-317.
- Jones, W.A., Ciomperlik, M.A., and Wolfenbarger, D.A. 1998. Lethal and sublethal effects of insecticides on two parasitoids attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control*, 11: 70-76.
- Karimi Malati, A. and Hatami, B. 2010. Effect of feeding and male presence on some biological characteristics of female *Trichogramma brassicae* (Hym.; Trichogrammatidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 29(2): 1-11.
- Knutson, A. 1998. *The Trichogramma Manual*. B-6071. Texas Agricultural Extension Service, Texas A & M University. P. 42.
- Mahdavi, V. 2013. Residual toxicity of some pesticides on the larval ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Plant Protection Research*, 53(1): 27-31.

Najafi-Navai, E., Bayat-Assadi, H., and Osku, T. 1995. The side effect study of broad spectrum insecticides in paddy fields on the different stages of *Trichogramma* larvae. 12th Iranian Plant Protection Congress, 2-7 September, 1995, Karaj, Iran. P. 76.

Overmeer, W.P.J., and van Zon, A.Q. 1982. A standardized method for testing the side effects of pesticides on the predacious mite, *Amblyseius potentillae* (Acarina: Phytoseiidae). *Entomophaga*, 27(4): 357-363.

Rafiee Dastjerdi, H., Hejazi, M.J., Nouri Ganbalani, G., and Saber, M. 2009. Sublethal effects of some conventional and biorational insecticides on ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Entomology*, 6(2): 82-89.

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., and Hassan, S.A. 2004. Effects of azadirachtin/neemazal on different stages and adult life table parameters of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Economic Entomology*, 97(3): 905-910.

SAS Institute. 2003. SAS/STAT Users, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Sterk, G., Hassan, S.A., Baillod, M., Bakker, F., Bigler, F., Blumel, S., Bogenschutz, H., Boller, E., Bromand, B., Brun, J., Calis, J.N.M., Coremans-Pelseneer, J., Duso, C., Garrido, A., Grove, A., Heimbach, U., Hokkanen, H., Jacas, J., Lewis, G., Moreth, L., Polgar, L., Roversti, L., Sasoe-Petersen, L., Sauphanor, B., Schaub, L., Staubli, A., Tuset, J.J., Vanio, A., Van De Veire, M., Viggiani, G., Vinuela, E., and Vogt, H. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. *Bio Control*, 44: 99-117.

Suh, C.P., Orr, D.B., and Duyn, J.W.V. 2000. Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) preimaginal development and adult survival. *Journal of Economic Entomology*, 93: 577-583.

Symington, C.A. 2003. Lethal and sublethal effects of pesticides on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) and its parasitoid *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae) *Crop Protection*, 22: 513-519

Talebi Jahromi, Kh. 2006. Pesticides toxicology. University of Tehran Press. P. 492. (In Farsi).

Van Driesche R.G., and Bellows T.S.Jr. 1996. Biological control. Chapman and Hall, New York. P. 539.

Vianna, U.R., Pratisoli, D., Zanuncio, J.C., Lima, E.R., Brunner, J., Pereira, F.F., and Serra, J.E. 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. *Ecotoxicology*, 18: 180-186.

Wang, Y., Yu, R., Zhao, X., Chen, L., Wu, C., Cang, T., and Wang, Q. 2012. Susceptibility of adult *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to selected insecticides with different modes of action. *Crop Protection*, 34: 76-82.

Lethal and sublethal effects of thiodicarb and hexaflumuron on egg parasitoid, *Trichogramma brassicae* Bezdenko under laboratory conditions

A. Afshari^{1*}, E. Hamzepour Chenari², A. Iraj³ and M. Asghari Larimi⁴

1. ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (Afshari@gau.ac.ir)
2. Former M.Sc. student of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Former B.Sc. student of Plant Protection, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. Assistant Professor, Department of Mathematics, Faculty of Science, Golestan University, Gorgan, Iran

Received: 10 July 2017

Accepted: 26 February 2018

Abstract

Background and Objectives

Conservation of the natural enemies is an important approach to develop a biological control program. Knowledge of the side-effects of insecticides on parasitoids and using reduced-risk chemicals is a principal tool for integrating biological and chemical methods to pest management in agricultural ecosystems. Because of the important role of *Trichogramma brassicae* in lepidopteran pests control in agricultural ecosystems of Iran, this study was carried out to investigate lethal and sublethal effects of three concentrations of two insecticides, thiodicarb and hexaflumuron on this parasitoid under laboratory conditions.

Materials and Methods

Thiodicarb was prepared at three concentrations of 250, 500 and 1000 ppm and hexaflumuron was prepared at concentrations of 250, 500 and 750 ppm, and their effects were assessed through three exposure methods, including contaminating adult's food (honey solution 10%) with insecticides, adult's residual contact, and dipping parasitized (in prepupa stage of parasitoid) and unparasitized host eggs into insecticide solutions. Lethal effects on adult and immature stages of parasitoid and some sublethal effects such as male and female longevity and mean of daily oviposition were assessed for each insecticide/concentration.

Results

Thiodicarb at all three concentrations and in both oral and contact exposure method caused 100% mortality in both male and female adults. Dipping parasitized host eggs in 1000 ppm concentration of thiodicarb caused 87.3% mortality in wasp prepupa population. In contrast, 750 ppm hexaflumuron in oral and contact exposure methods caused 30.2 and 30.54% mortality in adult female population, respectively and 60.55% mortality in wasp prepupa. Dipping unparasitized host eggs in highest concentration of thiodicarb and hexaflumuron resulted in 55.8 and 43.6% reductions in parasitism rate, respectively. Dipping unparasitized host eggs into both insecticide solutions reduced their parasitism significantly. Hexaflumuron in both oral and contact bioassay tests reduced significantly male and female longevity and mean of oviposition, but there was no significant difference among three concentrations of this insecticide.

Discussion

According to the "total effect" and IOBC categories of toxicity, thiodicarb was found to be a "harmful" insecticide in both oral and contact exposure methods. Therefore, its application is not recommended in fields. Lethal effect of hexaflumuron was significantly lower than thiodicarb, categorized as a "slightly harmful" and "moderately harmful" insecticide in oral and contact exposure methods, respectively. However, because of high total effect of hexaflumuron on *T. brassicae*, using other less-toxic insecticides is recommended in IMP programs of lepidopteran pests, especially cotton boll worm.

Keywords: Side-effects, Insecticide, Biological control