مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد هشتم، شماره دوم، ۱۳۹۹
۱۰۷-۱۲۶
www.jcri.ir

بررسی ماندگاری و سمیت چند حشره‌کش روی بوته‌های پنبه به‌منظور حفاظت از زنبور پارازیتویید *Trichogramma brassicae Bezd*

عاطفه نکونام[۱]، علی افشاری[۲]*، احمد ندیمی[۳]

[۱]دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
[۲]دانشیار حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
[۳]استادیار حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴

چکیده

در این پژوهش، ماندگاری چهار حشره‌کش تیودیکارب، ایندوکساکارب، لوفنورون و پروکلیم‌فیت روی بوته‌های پنبه و سمیت آنها بر زنبور پارازیتویید Trichogramma brassicae بررسی شد. پس از کاشت بوته‌های پنبه در شرایط گلخانه و سمپاشی آن‌ها با غلظت توصیه شده حشره‌کش‌ها، برگ‌های پنبه به فواصل زمانی یکروز از بوته‌های سمپاشی شده جدا و همراه با پارازیتوییدو تخم میزبان (بید غلات)، درون ظروف پرورش قرار گرفتند. اثرات کشنده و زیرکشنده (کاهش طول عمر و قدرت پارازیتیسم) حشره‌کشها روی پارازیتوییدبه طور روزانه ثبت و سمیت و ماندگاری آنها بر اساس استاندارد سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) رتبه‌بندی شد. نتایج نشان داد که تیودیکارب در مقایسه با حشره‌کشهای دیگر از سمیت بیش‌تر (حدوداً صد درصد تلفات) و ماندگاری طولانی‌تری (حداقل ۱۷ روز) برخوردار بود و به عنوان یک حشره‌کش "مضر" و "نسبتاً پایدار" معرفی شد. ایندوکساکارب نیز با حداکثر ۵۲/۸ درصد تلفات و ۶۲/۸ درصد کاهش پارازیتیسم، در گروه حشره‌کشهای "مضر" و با ۷ روز ماندگاری در گروه حشره‌کشهای "کم‌دوام" طبقه‌بندی گردید. پروکلیم فیت با حداکثر ۳۷/۳ درصد تلفات، ۴۷/۴ درصد کاهش قدرت پارازیتیسم و ۶ روز ماندگاری، در گروه حشره‌کشهای "نسبتاً مضر" و "کم‌دوام" قرار گرفت. لوفنورون با حداکثر ۲/۶۸ درصد تلفات، ۶۰/۶۹ درصد کاهش پارازیتیسم و ۳ روز ماندگاری در گروه حشره‌کش‌های "کم‌ضرر" تا "نسبتاً مضر" و "ناپایدار" طبقه‌بندی گردید. به منظور حفاظت از زنبور T. brassicae در مزارع پنبه، توصیه می‌شود تیودیکارب از فهرست حشره‌کشهای مصرفی علیه کرم غوزه حذف و بین رهاسازی این پارازیتوییددر

*نویسنده مسئول: afshari@gau.ac.ir

مزارع پنبه و سم‌پاشی با ایندوکساکارب، پروکلیم‌فیت و لوفنورون به‌ترتیب، حداقل فاصله‌های زمانی ۷، ۶ و ۳ روز به‌عنوان دوره انتظار رعایت شود.

واژه‌های کلیدی: اثرات جانبی، آفت‌کش، سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) یکی از راهبردی‌ترین محصولات زراعی در سطح دنیا می‌باشد که علاوه بر تامین ماده‌ی اولیه‌ی صنایع نساجی، فراورده‌های متعدد غذایی، دارویی و بهداشتی دیگری نیز از آن به دست می‌آیند. توان اشتغال‌زایی این محصول حدود شش برابر گندم گزارش شده است (محبوبی و آورند، ۲۰۱۸).

کرم غوزه پنبه، (*Helicoverpa armigera* Hübner) آفتی است همه‌جازی و پلی‌فاژ که حدود ۲۰۰ گونه گیاهی از جمله پنبه به عنوان میزبان آن گزارش شده‌اند (سازمان حفاظت از گیاهان اروپا و مدیترانه، ۲۰۰۳؛ دِگوئین و همکاران، ۲۰۰۸؛ لو و همکاران، ۲۰۱۸). فعالیت این آفت در مزارع پنبه‌ی ایران از جمله استان گلستان گزارش شده و خسارت تقریبی آن در سال‌های طغیانی، تا ۷۵ درصد محصول برآورد گردیده است (مجنی و همکاران، ۲۰۰۵). در اغلب نقاط دنیا (از جمله ایران) برای کنترل کرم غوره پنبه از سیستمهای مدیریت تلفیقی شامل کاربرد حشره‌کش‌های کم‌خطر در کنار رهاسازی عوامل بیولوژیک (بویژه پارازیتوییدهای تخم و لارو) استفاده می‌شود (خانجانی، ۲۰۰۶؛ ویلسون و همکاران، ۲۰۱۸؛ ویاویر و همکاران، ۲۰۱۸). استفاده از حشره‌کش‌های ایندوکساکارب، تیودیکارب، لوفنورون و پروکلیم‌فیت در بسیاری از کشورها از جمله ایران برای کنترل شیمیایی کرم غوزه‌ی پنبه توصیه شده است (جوانمقدم و همکاران، ۲۰۰۲؛ آهیر و همکاران، ۲۰۰۹؛ محقق‌نیشابوری و همکاران، ۲۰۰۹؛ هروی و همکاران، ۲۰۱۳؛ گادیا و همکاران، ۲۰۱۴؛ حسین و همکاران، ۲۰۱۴؛ ستار و همکاران، ۲۰۱۷). زنبورهای خانواده *Trichogrammatidae* به دلیل آن که آفت را در مرحله تخم و پیش از وقوع خسارت از بین می‌برند، در کنترل بیولوژیک کرم غوزه‌ی پنبه نقش مهمی دارند (چِری و همکاران، ۲۰۰۳؛ دیویس و همکاران، ۲۰۱۱؛ لو و همکاران، ۲۰۱۴). در ایران گونه *T. brassicae Bezdenko* در استان‌های شمالی غالب می‌باشد (ابراهیمی و همکاران، ۱۹۹۸). این زنبور همه ساله در انسکتاریوم‌های دولتی و خصوصی به طور انبوه پرورش داده شده و در مزارع مختلف از جمله پنبه رهاسازی می‌شود (افشاری و همکارن، ۲۰۱۴؛ ۲۰۱۸).

آگاهی از اثرات جانبی آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی برای حفاظت مؤثرتر از آنها در اکوسیستم‌های کشاورزی ضروری می‌باشد (وَن‌دریش و بِلوز، ۱۹۹۶). سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC)

برای نشان دادن شدت سمیت و ماندگاری آفت‌کشها بر دشمنان طبیعی در شرایط مختلف (آزمایشگاه، گلخانه و مزرعه)، استانداردهایی را تدوین کرده است. مطابق این استانداردها، در صورت مضر بودن یک حشره‌کش برای یک دشمن طبیعی در شرایط آزمایشگاه، سمیت آن در شرایط گلخانه و مزرعه نیز باید ارزیابی شود (حسن و همکاران، ۱۹۹۱؛ اِسترک و همکاران، ۱۹۹۹). اغلب مطالعات در زمینه‌ی سمیت حشره‌کش‌های تیودیکارب، ایندوکساکارب، پروکلیم‌فیت و لوفنورون بر زنبور پارازیتویید *T. brassicae* در شرایط آزمایشگاهی انجام شده‌اند (لیو و ژانگ، ۲۰۱۲؛ افشاری و همکاران ۲۰۱۴؛ قزاق و همکاران، ۲۰۱۵؛ افشاری و همکاران، ۲۰۱۸) و گزارش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در این زمینه بسیار کم می باشند (هِواکاپوگ و همکاران، ۲۰۰۳).

ماندگاری یک حشره‌کش روی یک گیاه بر حسب نوع گیاه، گونه‌ی دشمن طبیعی و شرایط محیطی پس از سم-پاشی (تغییرات دما و وقوع یا عدم وقوع بارندگی)، متغیر گزارش شده است (نارِندرا و همکاران، ۲۰۱۵). بررسی منابع نشان داد که در خصوص ماندگاری ایندوکساکارب و پروکلیم‌فیت در مزارع پنبه تاکنون گزارشی منتشر نشده و ماندگاری تیودیکارب و لوفنورون نیز اغلب از نظر تأثیر بر گونههای آفت یا صرفاً از جنبه‌ی بیوشیمیایی (بدون در نظر گرفتن گونه‌ی هدف) بررسی شده است (داوان و همکاران، ۲۰۰۹؛ پِروالت و همکاران، ۲۰۰۹؛ اَلشیخ و امیر، ۲۰۱۱؛ چوپرا و همکاران، ۲۰۱۳؛ بیشت و همکاران، ۲۰۱۵). گزارش‌های منتشر شده در خصوص طول مدت تأثیر باقیمانده-های این حشره‌کش‌ها بر زنبورهای *Trichogramma* بسیار معدود می‌باشند. نتایج یک بررسی نشان داد که باقیمانده‌های تیودیکارب تا چهار روز پس از سم‌پاشی بوته‌های پنبه باعث وقوع بیش از ۹۰ درصد تلفات در جمعیت زنبورهای ماده *T. exiguum* شدند (سوه و همکاران، ۲۰۰۰). بر اساس نتایج یک بررسی دیگر، ۵ روز پس از سم‌پاشی بوته‌های گوجه‌فرنگی با لوفنورون و ایندوکساکارب، باقیماندههای آنها به ترتیب ۲۵ و ۶۰ درصد تلفات در جمعیت زنبورهای ماده‌ی *T. chilonis* ایجاد کردند و ۱۵ روز پس از سم‌پاشی، تلفات ناشی از آنها به‌ترتیب ۱۵ و ۱۴ درصد اندازه‌گیری شد (ستار و همکاران، ۲۰۱۱).

تا پیش از انجام این پژوهش، در خصوص سمیت حشره‌کش‌های تیودیکارب، ایندوکساکارب، پروکلیم‌فیت و لوفنورون بر زنبور *T. brassicae* تنها چند گزارش در شرایط آزمایشگاه (بدون حضور گیاه میزبان) منتشر شده بودند (افشاری و همکاران، ۲۰۱۴؛ قزاق و همکاران، ۲۰۱۵؛ افشاری و همکاران، ۲۰۱۸) و در زمینه ماندگاری آنها روی بوته‌های پنبه هیچ اطلاعاتی در دسترس نبود. با آگاهی از میزان سمیت و ماندگاری حشره‌کش‌ها بر این زنبور پارازیتویید می‌توان حشره‌کش‌های پرخطر را از فهرست حشره‌کش‌های مصرفی علیه کرم غوزه‌ی پنبه کنار گذاشت و رهاسازی زنبور پارازیتویید و کنترل شیمیایی کرم غوزه در مزارع پنبه را با رعایت یک فاصله‌ی زمانی مناسب (دوره

انتظار) انجام داد تا اثرات سوء حشره‌کش‌ها بر این زنبور پارازیتویید به کم‌ترین مقدار خود برسد. به همین منظور، این پژوهش با هدف بررسی سمیت حشره‌کش‌های تیودیکارب، ایندوکساکارب، پروکلیم فیت و لوفنورون بر زنبور پارازیتویید *T. brassicae* و تعیین میزان ماندگاری باقیماندههای آنها روی بوته‌های پنبه در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

زمان و مکان تحقیق: این تحقیق طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در گلخانه دانشکده‌ی تولید گیاهی و آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد.

پرورش زنبور *T. brassicae*: جمعیت اولیه‌ی زنبور به شکل تخم‌های پارازیته شده‌ی میزبان از انسکتاریوم اداره‌ی حفظ نباتات شهرستان گرگان تهیه و روی تخم بید غلات (*Sitotroga cerealella Oliv.*). به عنوان میزبان جایگزین پرورش داده شد. ابتدا، تخم‌های بید غلات بر سطح یک ورق کاغذ A4 آغشته به چسب کاغذ دیواری (مارک گلبرگ) پاشیده شدند و پس از برش دادن آنها به قطعات کوچک‌تر، برشهای حاوی تخم میزبان به منظور پارازیته شدن در داخل ظرف پلاستیکی شفاف به ابعاد ۹×۹×۱۶ سانتی‌متر در اختیار زنبور قرار گرفتند. پرورش زنبور در داخل اتاقک رشد (دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی) و به مدت سه نسل متوالی ادامه یافت و زنبورهای خارج شده در نسل سوم در آزمایش‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفتند.

کاشت گیاه پنبه: بذرهای پنبه (رقم گلستان) از موسسه تحقیقات پنبه کشور تهیه و در شرایط گلخانه درون گلدانهایی به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و قطر ۱۸ سانتی‌متر کاشته شدند. پس از رسیدن ارتفاع بوتهها به ۲۰-۳۰ سانتی‌متر، بوتهها با استفاده از یک سم‌پاش دستی و با غلظت توصیه شده حشره‌کش مورد نظر سمپاشی شدند. برگهای سم‌پاشی شده به فواصل زمانی منظم از بوتهها جدا شدند و در آزمایش-های مربوطه مورد استفاده قرار گرفتند.

تهیه‌ی محلول حشره‌کشها و سمپاشی بوته‌های پنبه: در این پژوهش، ماندگاری و سمیت چهار حشره‌کش تیودیکارب (80% DF، با نام تجاری لارویـن و ساخت شرکت سینوکوم‌نینگبو، چین)، ایندوکساکارب (15% SC، با نام تجاری آوانت و ساخت شرکت گاردا، هندوستان)، پروکلیم‌فیت (50% WG، مخلوط اِمامکتین بنزوات + لوفنورون، ساخت شرکت سینجنتا، اتریش) و لوفنورون (EC 50%، با نام تجاری مچ و ساخت شرکت سینجنتا، آلمان) روی زنبور *T. brassicae* و بوته‌های پنبه اندازه‌گیری شد. با توجه به مقادیر توصیه شده‌ی این حشره‌کشها (تیودیکارب، یک کیلوگرم در هکتار؛

ایندوکساکارب، ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار؛ پروکلیم‌فیت، صد گرم در هکتار و لوفنورون، ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) (طالبی جهرمی، ۲۰۰۷؛ سینجنتا، ۲۰۱۸) و مطابق دستورالعمل سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (حسن و همکاران، ۱۹۹۱؛ اِستِرک و همکاران، ۱۹۹۹)، محلول‌های این چهار حشره‌کش به ترتیب در غلظت‌های ۲۰۰۰، ۵۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰۰ پی.پی.ام تهیه (بر مبنای پاشش ۵۰۰ لیتر محلول در هکتار) و با استفاده از یک عدد سمپاش دستی هر دو سطح رویی و زیرین برگها سمپاشی شدند.

اندازه‌گیری سمیت و ماندگاری حشره‌کش‌ها روی بوته‌های پنبه: به فواصل زمانی منظم یک‌روز پس از سم‌پاشی بوته‌های پنبه، یک عدد برگ تازه (یا برشی از آن) از بوته‌های سم‌پاشی شده جدا گردید و درون یک لوله‌ی شیشه‌ای به قطر دهانه‌ی ۱ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر قرار داده شد. در تیمار شاهد از برگهای سم‌پاشی نشده استفاده گردید. سپس، داخل هر لوله ۱۰ عدد زنبور ماده (با طول عمر حداکثر یک ساعت) رهاسازی شدند و پس از مسدود شدن دهانه-ی لوله‌ها با درپوش پلاستیکی، داخل اتاقک رشد (دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی) قرار گرفتند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، تعداد زنبورهای مرده در هر لوله شمارش و درصد مرگ‌ومیر آن‌ها محاسبه گردید. ثبت درصد مرگ‌ومیر از یک روز پس از سم‌پاشی بوته‌های پنبه آغاز و تا زمان بی‌ضرر شدن باقیمانده‌های حشره-کش (رسیدن تلفات زنبور به زیر ۲۵ درصد) ادامه یافت. هر روز از برگهای تازه و زنبورهای خارج شده همان روز استفاده شد. درصدهای مرگ و میر ابتدا بر اساس فرمول آبوت (آبوت، ۱۹۲۵)، اصلاح شدند و سپس، روند تغییرات روزانه‌ی آنها با استفاده از نرم‌افزارExcel 2013 ترسیم شد. این آزمایش در ۵ تکرار انجام گردید و هر تکرار شامل سه عدد لوله و روی هم رفته، ۳۰ عدد زنبور پارازیتوید بود.

به منظور اندازه‌گیری تأثیر حشره‌کش‌ها بر طول عمر و قدرت پارازیتیسم زنبور، به فواصل زمانی منظم یک‌روز یک عدد برگ پنبه از بوته‌های سم‌پاشی شده با حشره‌کش موردنظر، جدا و به همراه یک جفت زنبور نر و ماده (با طول عمر حداکثر یک ساعت) و یک قطعه کاغذ حاوی حدود صد عدد تخم میزبان (بید غلات) درون لوله‌ی آزمایش قرار گرفتند. دهانه‌ی لوله‌ها با درپوش پلاستیکی مسدود و پس از چیده شدن درون قفسه‌های مخصوص، در داخل اتاقک رشد با شرایط محیطی ذکر شده در بالا قرار گرفتند. به منظور تغذیه زنبور، با استفاده از یک سوزن، خطوط باریکی از آب‌عسل ۲۰ درصد بر دیواره‌ی داخلی لوله‌ها کشیده می‌شد. در پایان هر روز و تا زمان مرگ زنبور ماده، برش‌حاوی تخم میزبان توسط یک عدد پنس از لوله‌های آزمایش خارج و برش جدید جایگزین آنها می‌شدند. برش‌های قدیمی تخم میزبان در داخل اتاقک رشد نگه‌داری می‌شدند و درصد پارازیتیسم آنها شمارش و ثبت می‌گردید. با ثبت زمان شروع آزمایش و زمان مرگ زنبورهای ماده درون لوله‌های آزمایش، طول عمر

زنبورهای ماده اندازه‌گیری و یادداشت شد. این آزمایش برای هر روز در ۱۰ تکرار انجام شد و هر تکرار شامل یک جفت زنبور نر و ماده بود.

تجزیه و تحلیل آماری

الف) مقایسه سمیت حشره‌کش‌ها: دادههای مرگ و میر و پارازیتیسم (تعداد تخمهای پارازیته شده در طول عمر) زنبورهای ماده ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از سمپاشی بوته-های پنبه در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (نوع حشره‌کش) در نرم‌افزار SAS (موسسه SAS، 2003) تجزیه‌ی واریانس (ANOVA) و مقایسه‌ی میانگین (آزمون LSD) شدند. قبل از انجام تجزیه‌ی واریانس، نرمال بودن توزیع دادهها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و در سطح احتمال ۵ درصد ارزیابی گردید. برای رتبه‌بندی میزان سمیت حشره‌کشها ابتدا شاخص "اثر کل" با استفاده از رابطه E=100-(100-M).R محاسبه و روند تغییرات آن در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی ترسیم شد (اُورمیر و ون-زون، ۱۹۸۲؛ موسکاردینی و همکاران، ۲۰۱۳). در این رابطه: E: "اثر کل" حشره‌کش، M: درصد مرگ و میر زنبورهای ماده پس از اصلاح با فرمول آبوت (آبوت، ۱۹۲۵) و R: نسبت پارازیتیسم زنبورهای ماده در تیمار سم‌پاشی به تیمار شاهد می‌باشد. سپس، بر اساس مقدار "اثر کل" و استاندارد سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) در شرایط گلخانه (حسن و همکاران، ۱۹۹۱؛ اِستِرک و همکاران، ۱۹۹۹) حشره‌کشها به چهار گروه بی‌ضرر (زیر ۲۵ درصد)، اندکی مضر (۲۵ تا ۵۰ درصد)، نسبتاً مضر (۵۱ تا ۷۵ درصد) و مضر (بیش‌تر از ۷۵ درصد) طبقه‌بندی شدند.

ب) مقایسه‌ی ماندگاری حشره‌کشها روی بوته‌های پنبه: بدین منظور، درصد تلفات و کاهش قدرت پارازیتیسم زنبورهای ماده در مدت‌زمانهای مختلف پس از سمپاشی (به عنوان تیمار آزمایشی) اندازه‌گیری و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شدند. مطابق استاندارد سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (حسن و همکاران، ۱۹۹۱؛ اِستِرک و همکاران، ۱۹۹۹)، جهت اندازه‌گیری میزان ماندگاری حشره‌کشهای مورد نظر روی بوته‌های پنبه، فاصله‌ی زمانی بین سم‌پاشی بوته‌های پنبه و بی‌ضرر شدن باقیماندههای حشره‌کش برای زنبور پارازیتوید (رسیدن مقدار اثر کل به زیر ۲۵ درصد) اندازه‌گیری شد و حشره‌کشها از نظر ماندگاری روی بوته‌های پنبه به چهار گروه کم‌دوام (کم‌تر از ۵ روز)، اندکی پایدار (۵ تا ۱۵ روز)، پایداری متوسط (۱۶ تا ۲۹ روز) و با دوام (۳۰ روز و بیش‌تر) رتبه‌بندی شدند.

نتایج و بحث

سمیت حشره‌کش‌های مورد آزمایش بر زنبور *T. brassicae*: درصد تلفات ناشی از چهار حشره‌کش مورد آزمایش روی زنبورهای ماده، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از سمپاشی بوته‌های پنبه در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (به‌ترتیب، $F_{3,16}$= 151.8, P<0.0001 و $F_{3,16}$= 122.8, P<0.0001). همچنین، بین حشره‌کش‌های مورد آزمایش از نظر کاهش قدرت پارازیتیسم (مجموع تخم‌های پارازیته شده در طول عمر یک زنبور ماده) نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($F_{4,45}$= 91.1, P<0.0001 و $F_{4,45}$= 85.6, P<0.001 به ترتیب، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از سمپاشی). اثرات منفی تیودیکارب نسبت به سه حشره‌کش دیگر به طور معنی‌داری بیش‌تر بود به طوری که در روزهای اول و دوم پس از سم‌پاشی تلفات ناشی از آن به ترتیب ۱۰۰ و ۹۹/۳ درصد و کاهش قدرت پارازیتیسم ناشی از آن به ترتیب ۹۷/۳۶ و ۹۷/۱۱ درصد اندازه‌گیری شد (جدول ۱). اثر کل (مرگ و میر + کاهش قدرت پارازیتیسم) تیودیکارب در دو روز اول پس از سم‌پاشی به ترتیب ۱۰۰ و ۹۹/۹۸ درصد محاسبه شد و بر اساس استاندارد سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) در گروه حشره‌کش‌های مضر (رتبه‌ی ۴) طبقه‌بندی گردید (جدول ۱).

جدول ۱ - میانگین مرگ و میر و قدرت پارازیتیسم زنبورهای ماده‌ی *T. brassicae* پس از تماس با باقیمانده‌های حشره‌کش‌های مورد آزمایش ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از سمپاشی بوته‌های پنبه و رتبه‌بندی سمیت آن‌ها بر اساس استاندارد IOBC

	حشره‌کش	درصد تلفات	قدرت پارازیتیسم (تخم / زنبور ماده)	اثر کل	رتبه سمیت
۲۴ ساعت پس از سم‌پاشی	تیودیکارب	۱۰۰±۰ a	۱/۱±۰/۲۷ d	۱۰۰	۴ مضر
	ایندوکساکارب	۴۷/۲±۶/۸ b	۲۱/۶±۱/۰۴ c	۸۰/۳۳	۴ مضر
	پروکلیم‌فیت	۱۰/۳±۴/۵ c	۳۰/۵±۰/۹۹ b	۵۲/۲۲	۳ نسبتاً مضر
	لوفنورون	۰c	۲۲/۸±۰/۹۶ c	۶۱/۲۱	۳ نسبتاً مضر
	شاهد	-	۵۸/۱±۴/۴ a	-	-
۴۸ ساعت پس از سمپاشی	تیودیکارب	۹۹/۳±۰/۷ a	۱/۲±۰/۳۹ c	۹۹/۹۸	۴ مضر
	ایندوکساکارب	۵۲/۸±۵/۷ b	۲۸/۶±۱/ ۳b	۷۶/۷۳	۴ مضر
	پروکلیم‌فیت	۳۷/۳±۲/۱ c	۳۱/۱±۰/۹۲ b	۶۶/۴۱	۳ نسبتاً مضر
	لوفنورون	۲/۶۸±۱/۷ d	۳۲/۵±۰/۹۸ b	۴۷/۳۲	۲ کم‌ضرر
	شاهد	-	۵۸/۱±۴/۴ a	-	-

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و هر مدت‌زمان، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

اثرات منفی ایندوکساکارب به‌طور معنی‌داری از تیودیکارب کم‌تر بود به طوری که در روزهای اول و دوم پس از سمپاشی، تلفات آن به‌ترتیب ۴۷/۲ و ۵۲/۸ درصد و کاهش قدرت پارازیتیسم آن به ترتیب ۶۲/۸ و ۵۰/۷ درصد ثبت شد. در مجموع و بر اساس معیار "اثر کل"، ایندوکساکارب نیز همانند تیودیکارب در گروه حشره‌کش‌های مضر طبقه‌بندی شد. سمیت پروکلیم‌فیت از دو حشره‌کش تیودیکارب و ایندوکساکارب کم‌تر بود و به‌ترتیب با ۱۰/۳ و ۳۷/۳ درصد تلفات و ۴۷/۴ و ۴۶/۴ درصد کاهش پارازیتیسم در روزهای اول و دوم پس از سمپاشی، در گروه حشره‌کش‌های نسبتاً مضر (گروه ۳) قرار گرفت. تلفات ناشی از لوفنورون روی زنبورهای ماده حداکثر ۲/۶۸ درصد و تأثیر منفی آن روی قدرت پارازیتیسم زنبور در روزهای اول و دوم پس از سمپاشی به ترتیب، ۶۰/۷ و ۴۳/۹ درصد بود و بر اساس معیار "اثر کل"، در گروه حشره‌کش‌های "نسبتاً مضر" تا "کم‌ضرر" (گروه ۲) طبقه‌بندی شد (جدول ۱).

ماندگاری حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی بوته‌های پنبه

الف) تیودیکارب: تجزیه واریانس مرگ و میر، قدرت پارازیتیسم و طول عمر زنبورهای ماده *T. brassicae* در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی با تیودیکارب، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (به‌ترتیب، $F_{16,68}$= 115.9, P<0.0001 ؛ $F_{16,153}$= 96.7, P<0.0001 و $F_{16,153}$= 29.96, P<0.0001). تلفات ناشی از تیودیکارب در ۹ روز اول پس از سم‌پاشی بیش از ۹۰ درصد بود، در روز ۱۵ به زیر ۲۵ درصد (سطح بی‌ضرر) و در روز ۱۷ به صفر رسید (شکل ۱). با افزایش مدت زمان پس از سمپاشی، قدرت پارازیتیسم زنبورهای ماده افزایش یافت و از ۱/۱±۰/۲۷ تخم/ زنبور ماده در روز اول پس از سم‌پاشی به ۲۰/۵±۰/۶۱ تخم / زنبور ماده در روز ۱۷ پس از سم‌پاشی رسید (جدول ۲). روند تغییرات اثر کل (تلفات+ کاهش قدرت پارازیتیسم) نیز مشابه مرگ و میر بود به طوری که مقدار آن از ۱۰۰ درصد در روز اول پس از سم‌پاشی به ۵۰/۷ درصد در روز ۱۷ پس از سمپاشی رسید (شکل ۱). روند تغییرات طول عمر زنبورهای ماده با گذشت زمان، افزایشی بود و از ۱±۰/۱۵ روز در روز اول پس از سمپاشی به ۳/۳±۰/۱۵ روز در روز ۱۷ پس از سمپاشی رسید (جدول ۳). به طور خلاصه، طول مدت ماندگاری باقیمانده‌های تیودیکارب روی بوته‌های پنبه بر اساس درصد مرگ و میر، کاهش قدرت پارازیتیسم و "اثر کل"، به‌ترتیب ۱۴، بیش‌تر از ۱۷ و بیش‌تر از ۱۷ روز اندازه‌گیری شد. بر اساس رتبه‌بندی IOBC و شاخص "اثر کل"، این حشره‌کش از نظر ماندگاری حداقل در رتبه ۳ (نیمه‌پایدار) قرار گرفت.

ب) ایندوکساکارب: تجزیه واریانس مرگ و میر، قدرت پارازیتیسم و طول عمر زنبورهای ماده *T. brassicae* در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی با ایندوکساکارب، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (به ترتیب، $F_{9,40}$= 23.4, P<0.0001 ؛ $F_{9,90}$= 99.45, P<0.0001 و $F_{9,90}$= 67.8, P=0.002). تلفات ناشی از ایندوکساکارب از ۴۷/۲±۶/۸ درصد در روز اول پس از سمپاشی

به زیر ۲۵ درصد (سطح بی‌ضرر از نظر استاندارد IOBC) در روز ۸ پس از سم‌پاشی و حدود یک درصد در روز ۱۰ پس از سمپاسی رسید (شکل ۱). با افزایش مدت زمان پس از سم‌پاشی، قدرت پارازیتیسم زنبورهای ماده افزایش یافت و از ۱/۰۷±۲۱/۶ تخم/زنبور ماده در روز اول پس از سمپاشی به ۰/۸۲±۶۱/۶ تخم/زنبور ماده در روز ۱۰ پس از سم‌پاشی رسید (جدول ۲). روند تغییرات اثر کل مشابه مرگ و میر بود و مقدار آن از ۸۰/۳۳ درصد در روز اول به ۱۵/۱۲ درصد در روز ۸ و صفر درصد در روز ۱۰ پس از سمپاشی رسید (شکل ۱). روند تغییرات طول عمر نیز افزایشی بود و از ۰/۱۵±۱/۷ روز در روز اول پس از سمپاشی به ۰/۱±۴/۹ روز در روز ۱۰ رسید (جدول ۳). به طور خلاصه، ماندگاری باقیمانده‌های ایندوکساکارب روی بوته‌های پنبه بر اساس میزان تلفات، کاهش قدرت پارازیتیسم و اثر کل به ترتیب ۷، ۴ و ۷ روز اندازه‌گیری شد. بر اساس رتبه‌بندی IOBC و شاخص "اثر کل"، این حشره‌کش از نظر ماندگاری در رتبه‌ی ۲ (کم‌دوام) قرار گرفت.

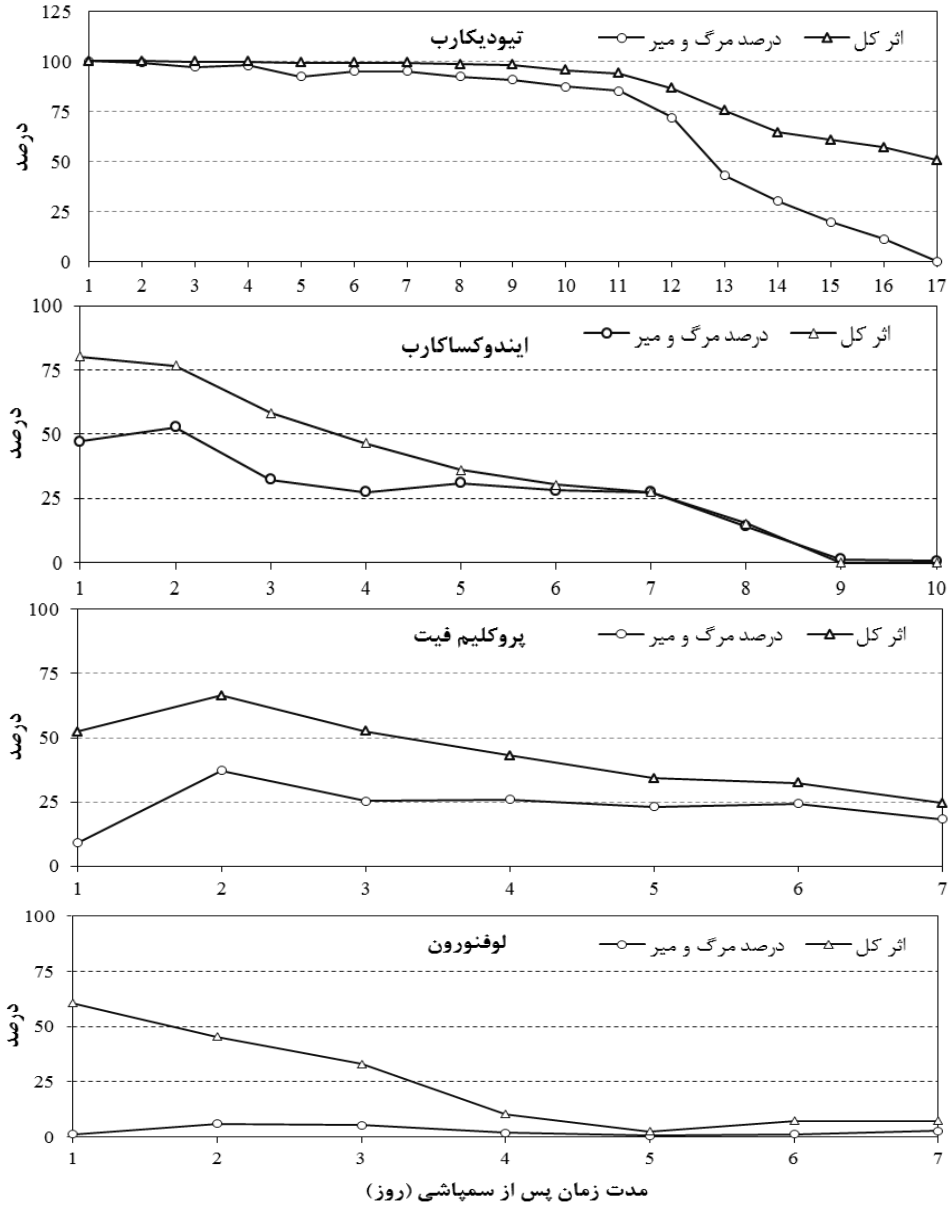
ج) پروکلیم‌فیت: تجزیه واریانس مرگ و میر، قدرت پارازیتیسم و طول عمر زنبورهای ماده *T. brassicae* در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی با پروکلیم‌فیت، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (به ترتیب، $F_{6,28}= 4.4, P=0.003$ ؛ $F_{6,63}= 35.4, P<0.0001$ و $F_{6,63}= 18.7,$ $P<0.0001$). تلفات زنبورهای ماده در روز اول پس از سم‌پاشی با پروکلیم‌فیت، ۴/۵±۹/۱۵ درصد بود، در روز دوم با یک افزایش چشمگیر به ۲/۰۵±۳۷/۳ درصد رسید، اما از روز سوم به بعد، تغییرات آن کاهشی شد و در روز ۵ به زیر ۲۵ درصد (سطح بی‌ضرر از نظر استاندارد IOBC) رسید (شکل ۱). روند تغییرات قدرت پارازیتیسم زنبور در طول زمان، افزایشی بود و از ۰/۹۹±۳۰/۵ تخم/ زنبور ماده در روز اول پس از سم‌پاشی به ۱/۴۶±۵۲/۶ تخم/ زنبور ماده در روز ۷ پس از سم‌پاشی رسید (جدول ۲). روند تغییرات "اثر کل" پروکلیم‌فیت مشابه مرگ و میر بود به طوری که مقدار آن از ۵۲/۲ درصد در روز اول به ۲۴/۵ درصد در روز ۷ رسید (شکل ۱). روند تغییرات طول عمر زنبورهای ماده نیز با گذشت زمان افزایشی بود و از ۰/۱۵±۲/۷ روز در روز اول پس از سمپاشی به ۰/۱۱±۴/۱ روز در روز ۷ رسید (جدول ۳). به طور خلاصه، طول مدت ماندگاری باقیمانده‌های پروکلیم‌فیت روی بوته‌های پنبه بر اساس میزان تلفات، کاهش قدرت پارازیتیسم و اثر کل آن روی زنبور پارازیتویید، به ترتیب ۴، ۳ و ۶ روز اندازه‌گیری شد. بر اساس رتبه‌بندی IOBC و شاخص "اثر کل"، این حشره‌کش از نظر ماندگاری در رتبه‌ی ۲ (کم‌دوام) قرار گرفت.

د) لوفنورون: تلفات زنبورهای ماده در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی با لوفنورون، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($F_{6,28}= 1.5, P=0.196$). اما، قدرت پارازیتیسم و طول عمر آن‌ها اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (به ترتیب، $F_{6,63}= 53.4, P<0.0001$ و $F_{6,63}= 4.92, P=0.0003$). درصد تلفات زنبورهای ماده در روزهای اول تا ۷ پس از سم‌پاشی با این حشره‌کش بین صفر تا ۲/۶۸ درصد نوسان داشت (شکل ۱). با افزایش مدت زمان پس از سم‌پاشی،

قدرت پارازیتیسم زنبورهای ماده نیز افزایش یافت و از ۰/۹۶±۲۲/۸ تخم/ زنبور ماده در روز اول پس از سم‌پاشی به ۲/۱۶±۵۴/۳ تخم/ زنبور ماده در روز ۷ پس از سم‌پاشی رسید (جدول ۲). روند تغییرات "اثر کل" لوفنورون مشابه اثر آن روی قدرت پارازیتیسم بود به طوری که مقدار آن در سه روز اول پس از سمپاشی، بالای ۲۵ درصد بود و از روز ۴ به زیر ۲۵ درصد سقوط کرد (شکل ۱). طول عمر زنبورهای ماده پس از سم‌پاشی با لوفنورون نوسان کمی داشت و از ۰/۲۶±۴روز در روز اول پس از سمپاشی به ۰/۱۱±۴/۹ روز در روز ۷ رسید (جدول ۳). به طور خلاصه، طول مدت ماندگاری باقیمانده‌های لوفنورون روی بوته‌های پنبه بر اساس میزان تلفات، کاهش زادآوری و "اثر کل"، به ترتیب صفر، ۳ و ۳ روز اندازه‌گیری شد. بر اساس رتبه‌بندی IOBC و شاخص "اثر کل"، این حشره‌کش از نظر ماندگاری در رتبه‌ی ۱ (ناپایدار) قرار گرفت.

بحث

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، سمیت تیودیکارب بر زنبور *T. brassicae* از حشره‌کش‌های ایندوکساکارب، لوفنورون و پروکلیم‌فیت شدیدتر بود، به طوری که اثر کل آن (تلفات + کاهش قدرت پارازیتیسم) در ۴۸ ساعت اول پس از سمپاشی حدود صد درصد بود و بر اساس طبقه‌بندی سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک، جزو حشره‌کش‌های مضر رتبه‌بندی شد. سمیت شدید حشره‌کش‌های کارباماته (مثل تیودیکارب) بر زنبور *T. brassicae* (افشاری و همکاران، ۲۰۱۸) و چند گونه‌ی دیگر از زنبورهای تریکوگراما در شرایط آزمایشگاهی گزارش شده است (کونسولی و همکاران، ۱۹۹۸؛ باستوس و همکاران، ۲۰۰۶؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین، بر اساس نتایج پژوهش حاضر، تیودیکارب علاوه بر سمیت شدید، ماندگاری طولانی‌مدتی روی بوته‌های پنبه دارد، به طوری که تا ۱۷ روز پس از سمپاشی، اثر کل آن بالای ۲۵ درصد می‌باشد. گزارش‌های معدودی در خصوص ماندگاری تیودیکارب روی گیاهان زراعی از نظر تأثیر بر زنبورهای تریکوگراما منتشر شده است. نتایج یک مطالعه نشان داد که تلفات زنبورهای ماده‌ی *T. exiguum* در روز ۵ پس از سمپاشی بوته‌های پنبه با تیودیکارب به سطح بی‌ضرر (زیر ۲۵ درصد) رسید (سوه و همکاران، ۲۰۰۰) که از مدت زمان گزارش شده در پژوهش حاضر کوتاه‌تر می‌باشد. متفاوت بودن گونه‌ی پارازیتویید و ریزش باران و آبشویی باقیمانده‌های حشره‌کش از روی برگ‌های پنبه در پژوهش سوه و همکاران (۲۰۰۰)، از دلایل احتمالی این اختلاف می‌باشند. در یک پژوهش دیگر، تلفات زنبور پارازیتویید *T. chilonis* در روز ۱۵ پس از سمپاشی بوته‌های گوجه‌فرنگی با تیودیکارب به زیر ۲۵ درصد رسید (نارندرا و همکاران، ۲۰۱۵) که با مدت زمان گزارش شده در پژوهش حاضر، مشابه می‌باشد. به عنوان جمع‌بندی، بر اساس نتایج پژوهش حاضر، تیودیکارب علاوه بر سمیت شدید بر زنبور *T. brassicae*، از ماندگاری طولانی‌مدت روی بوته‌های پنبه (حداقل ۱۷ روز) برخوردار بود و به همین دلیل، استفاده از آن در مدیریت تلفیقی کرم غوزه‌ی پنبه توصیه نمی‌شود.



شکل ۱- روند تغییرات مرگ و میر و اثر کل (مرگ و میر+کاهش قدرت پارازیتیسم) حشره‌کش‌های مختلف روی زنبورهای ماده‌ی *T. brassicae* در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی بوته‌های پنبه

جدول ۲- میانگین (±SE) قدرت پارازیتیسم زنبور *T. brassicae* (تعداد تخم‌های پارازیته شده در طول عمر) در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی بوته‌های پنبه با حشره‌کش‌های مختلف

مدت زمان پس از سمپاشی (روز)	تیودیکارب	ایندوکساکارب	پروکلیم‌فیت	لوفنورون
۱	۱/۱±۰/۲۷ i	۲۱/۶±۱/۰۴ h	۳۰/۵±۰/۹۹ d	۲۲/۸±۰/۹۶ d
۲	۱/۲±۰/۳۹ i	۲۸/۶±۱/۲۷ g	۳۱/۱±۰/۹۲ d	۳۲/۵±۰/۹۸ c
۳	۱/۲±۰/۳۹ i	۳۵/۸±۱/۲۱ f	۳۶/۹±۱/۴۴ c	۳۹/۹±۱/۳۴ b
۴	۲/۶±۰/۵۴ hi	۴۲/۷±۲/۴۴ e	۴۴/۷±۲/۷۷ b	۵۲±۲/۴۵ a
۵	۳/۶±۰/۸۶ gh	۵۳/۷±۱/۵۶ d	۴۹/۷±۱/۵۶ a	۵۶/۵±۱/۱۹ a
۶	۶/۳±۱/۰۷ ef	۵۶/۳±۱/۳۱ cd	۵۱/۸±۱/۴۱ a	۵۳/۷±۲/۵۳ a
۷	۵/۶±۱/۰۸ fg	۵۸/۱±۱/۴۱ abc	۵۲/۶±۱/۴۶ a	۵۴/۳±۲/۱۶ a
۸	۸/۰۱±۰/۸۴ e	۵۷/۳±۱/۸۷ bcd	-	-
۹	۸/۳±۰/۹۸ e	۶۱/۲±۰/۸۹ ab	-	-
۱۰	۱۴/۹±۱/۲۳ d	۶۱/۶±۰/۸۲ a	-	-
۱۱	۱۶/۷±۱/۳۳ cd	-	-	-
۱۲	۱۹/۸±۰/۶۳ ab	-	-	-
۱۳	۱۸±۰/۶۳ bc	-	-	-
۱۴	۲۱/۱±۰/۷۴ a	-	-	-
۱۵	۲۰/۳±۰/۶۷ a	-	-	-
۱۶	۲۰/۲±۰/۵۹ ab	-	-	-
۱۷	۲۰/۵±۰/۶۱ a	-	-	-

- در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD می‌باشند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سمیت ایندوکساکارب روی زنبور *T. brassicae* (با حداکثر ۵۲/۸ درصد تلفات) از تیودیکارب کم‌تر اما نسبت به پروکلیم‌فیت و لوفنورون (به ترتیب با حداکثر ۳۷/۳ و ۲/۶۸ درصد تلفات) بیش‌تر بود. همچنین، تأثیر منفی این حشره‌کش روی قدرت پارازیتیسم زنبور (با حداکثر ۶۲/۸ درصد کاهش) از تیودیکارب (با حداکثر ۹۷/۳ درصد کاهش) کم‌تر بود اما با پروکلیم‌فیت و لوفنورون (به ترتیب با حداکثر ۴۷/۴ و ۶۰/۷ درصد کاهش) اختلاف زیادی نداشت. به طور کلی، بر اساس معیار "اثر کل" (تلفات+ کاهش قدرت پارازیتیسم)، ایندوکساکارب نیز همانند تیودیکارب در گروه حشره‌کش‌های مضر طبقه‌بندی شد. شدت اثرات کشنده و زیرکشنده‌ی ایندوکساکارب روی زنبور *T. brassicae* در پژوهش حاضر، در مقایسه با مقادیر گزارش شده برای این زنبور روی بوته‌های گوجه‌فرنگی (هِواکاپوگ و همکاران، ۲۰۰۳) و شرایط آزمایشگاهی (لیو و ژانگ، ۲۰۱۲) بیش‌تر بود که بخشی از این اختلاف ممکن است ناشی از متفاوت بودن میزبان گیاهی و شرایط محیطی انجام آزمایش باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ماندگاری ایندوکساکارب روی بوته‌های پنبه (۷ روز) از

تیودیکارب (بیش از ۱۷ روز) کم‌تر بود و بـر اسـاس معیـار "اثـر کـل" و طبقـه‌بنـدی IOBC، در گـروه حشره‌کش‌های کم‌دوام (گروه ۲) طبقه‌بندی شد.

جدول ۳- میانگین (±SE) طول عمر زنبورهای ماده‌ی *T. brassicae* در روزهای مختلـف پـس از سـم‌پاشـی بوته‌های پنبه با حشره‌کش‌های مختلف

مدت زمان پس از سمپاشی (روز)	تیودیکارب	ایندوکساکارب	پروکلیم‌فیت	لوفنورون
۱	۱±۰/۱۵ d	۱/۷±۰/۱۵ e	۲/۷±۰/۱۵ d	۴±۰/۲۶b
۲	۱±۰/۱۵ d	۲/۲±۰/۲ d	۲/۶±۰/۱۶ d	۴±۰/۲۱b
۳	۱/۱±۰/۴۷ d	۳/۲±۰/۱۳ c	۳/۴±۰/۱۶ c	۴/۸±۰/۱۳ a
۴	۱±۰ d	۳/۶±۰/۲۲ c	۳/۷±۰/۲۱ bc	۴/۸±۰/۲ a
۵	۱±۰/۱۵ d	۴/۲±۰/۱۳ b	۳/۹±۰/۱ ab	۴/۹±۰/۱ a
۶	۱±۰ d	۴/۸±۰/۱۳ a	۴/۳±۰/۱۵ a	۴/۷±۰/۲۱ a
۷	۱/۲±۰/۱۳ d	۴/۹±۰/۱ a	۴/۱±۰/۱۱ ab	۴/۹±۰/۱۱ a
۸	۱/۴±۰/۱۶ d	۴/۸±۰/۱۳ a	-	-
۹	۱/۹±۰/۲۳ c	۴/۹±۰/۱ a	-	-
۱۰	۲/۲±۰/۲۵ c	۴/۹±۰/۱ a	-	-
۱۱	۲/۹±۰/۲۳ b	-	-	-
۱۲	۳/۷±۰/۱۵ a	-	-	-
۱۳	۲/۹±۰/۲۳ b	-	-	-
۱۴	۳/۴±۰/۲۲ a	-	-	-
۱۵	۳/۴±۰/۱۶ a	-	-	-
۱۶	۳/۵±۰/۱۷ a	-	-	-
۱۷	۳/۳±۰/۱۵ ab	-	-	-

- در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD می‌باشند.

تا پیش از انجام این پژوهش، در خصوص ماندگاری باقیمانده‌های ایندوکسارب روی بوته‌هـای پنبـه از نظر تـأثیر بـر زنبـور *T. brassicae* گزارشـی منتشـر نشـده بـود، امـا مانـدگاری آن روی بوتـه‌هـای گوجه‌فرنگی از نظر تأثیر بر این زنبور پارازیتویید، حدود یک روز (کوتاه‌تـر از پـژوهش حاضـر) گـزارش شده است (هِواکاپوگ و همکاران، ۲۰۰۳). به طورکلی، بـا توجـه بـه نتـایج ایـن پـژوهش و بـه منظـور جلوگیری از اثرات منفی باقیمانده‌های ایندوکساکارب، رعایت یک فاصله‌ی زمـانی حـداقل ۷ روزه بـین سم‌پاشی مزارع پنبه با این حشره‌کش و رهاسازی زنبور پارازیتویید *T. brassicae* توصیه می‌شود.

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، "اثر کـل" پـروکلیم‌فیـت روی زنبـور *T. brassicae* از تیودیکـارب و ایندوکساکارب کم‌تر بود و در گروه حشره‌کش‌های "نسبتاً مضـر" (گـروه ۳) طبقـه‌بنـدی شـد. سـمیت پروکلیم‌فیت در پژوهش حاضر (با حداکثر ۳۷/۳ درصد تلفات و ۴۷/۴ درصد کاهش قدرت پارازیتیسـم)

در مقایسه با یافته‌های قزاق و همکاران (۱۳۹۴) در شرایط آزمایشگاهی (به ترتیب، ۷۱/۶ درصد تلفات و ۶۶/۲ درصد کاهش قدرت پارازیتیسم)، کم‌تر بود، که این اختلاف ممکن است ناشی از متفاوت بودن شرایط انجام این دو پژوهش (گلخانه در مقابل آزمایشگاه) باشد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، ماندگاری باقیمانده‌های پروکلیم‌فیت روی بوته‌های پنبه (۶ روز) در مقایسه با تیودیکارب و ایندوکساکارب (به ترتیب، بالاتر از ۱۷ و ۷ روز) کوتاه‌تر بود و در گروه حشره‌کش‌های "کم‌دوام" (گروه ۲) طبقه‌بندی شد. با توجه به این که پروکلیم‌فیت ظاهراً فقط در بازار ایران مصرف می‌شود، لذا در خصوص سمیت یا ماندگاری آن در سایر کشورها گزارشی منتشر نشده است. با این وجود، بررسی سمیت اِمامکتین بنزوات (یکی از اجزای سازنده‌ی پروکلیم‌فیت) روی چند گونه از زنبورهای تریکوگراما نشان‌دهنده‌ی سمیت کم‌تر این حشره‌کش نسبت به ایندوکساکارب بود (حسین و همکاران، ۲۰۱۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۲). ماندگاری اِمامکتین‌بنزوات نیز بر حسب گونه‌ی گیاه زراعی و حشره‌ی هدف (آفت یا دشمن طبیعی) متفاوت گزارش شده است. ماندگاری این حشره‌کش روی بوته‌های فلفل در شرایط گلخانه از نظر تأثیر بر زنبور پارازیتوییید *Aphidius colemani* (Braconidae) حدود یک روز (بِنگوچها و همکاران، ۲۰۱۲) و ماندگاری آن روی بوته‌های آفتابگردان و پنبه از نظر تأثیر بر جمعیت کرم غوزه، *H. armigera* دو هفته گزارش شده است (دیک و همکاران، ۲۰۱۷؛ کارتیک و همکاران، ۲۰۱۸).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سمیت لوفنورون بر زنبور *T. brassicae* در مقایسه با سه حشره‌کش دیگر، بسیار کم‌تر بود (با حداکثر ۲/۶۸ درصد مرگ و میر)، اما به دلیل تأثیر قابل‌توجه آن بر قدرت پارازیتسیم (بین ۴۳/۹۶ تا ۶۰/۷ درصد کاهش)، در گروه حشره‌کش‌های "نسبتاً مضر" طبقه‌بندی شد. این نتیجه با یافته‌های افشاری و همکاران (۲۰۱۴) در شرایط آزمایشگاهی انطباق زیادی داشت که حداکثر تلفات و کاهش پارازیتیسم ناشی از لوفنورون در جمعیت این زنبور را به‌ترتیب ۸ و ۶۲ درصد گزارش کرده بودند. نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که ماندگاری باقیمانده‌های لوفنورون روی بوته‌های پنبه از سه حشره‌کش دیگر بسیار کوتاه‌تر بود به طوری که تنها ۳ روز پس از سم‌پاشی، "اثر کل" آن به زیر ۲۵ درصد رسید و در گروه حشره‌کش‌های ناپایدار (گروه ۱) قرار گرفت. در خصوص ماندگاری لوفنورون روی بوته‌های پنبه تاکنون گزارشی منتشر نشده است، اما ماندگاری آن روی بوته‌های گوجه‌فرنگی از نظر ایجاد تلفات در زنبور *T. chilonis*، حدود ۵ روز گزارش شده است (ستار و همکاران، ۲۰۱۱) که در مقایسه با پژوهش حاضر، طولانی‌تر می‌باشد. متفاوت بودن گونه‌ی زنبور و گیاه میزبان از دلایل احتمالی این اختلاف می‌باشند. همچنین، ماندگاری لوفنورون روی بوته‌های برنج از نظر تأثیر بر سوسک شکارگر *Paederus fuscipes* (Col: Staphylinidae) کم‌تر از پنج روز (حشره‌کش کم‌دوام) گزارش شده است (بیهکی و همکاران، ۲۰۱۷) که به یافته‌های پژوهش حاضر

نزدیک می‌باشد. البته در این دو گزارش، ماندگاری لوفنورون فقط از نظر میزان کشندگی (درصد تلفات) روی دشمن طبیعی اندازه‌گیری شده است در حالی که در پژوهش حاضر، "اثر کل" (تلفات+ کاهش قدرت پارازیتیسم) معیار اندازه‌گیری ماندگاری بود. به طور خلاصه، به دلیل پایین بودن اثرات کشنده لوفنورون روی زنبور *T. brassicae* و دوام کم باقیمانده‌های آن روی بوته‌های پنبه، این حشره‌کش برای استفاده در مدیریت تلفیقی کرم غوزه‌ی پنبه (تلفیق کنترل شیمیایی با رهاسازی انبوه زنبور پارازیتویید) در مزارع پنبه توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مقایسه سمیت حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی زنبور پارازیتویید *T. brassicae* نشان داد که تیودیکارب با فاصله‌ی زیاد در رتبه‌ی اول قرار داشت و ایندوکساکارب، پروکلیم‌فیت و لوفنورون به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. از نظر استاندارد سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) و بر اساس شاخص "اثر کل"، تیودیکارب و ایندوکساکارب در گروه حشره‌کش‌های مضر (گروه ۴)، پروکلیم‌فیت در گروه حشره‌کش‌های "نسبتاً مضر" (گروه ۳) و لوفنورون در گروه حشره‌کش‌های "کم‌ضرر" تا "نسبتاً مضر" (گروه ۲ تا ۳) طبقه‌بندی شدند. چهار حشره‌کش مورد آزمایش از نظر ماندگاری روی بوته‌های پنبه نیز با یکدیگر اختلاف داشتند. تیودیکارب با بیش از ۱۷ روز ماندگاری، در رتبه‌ی اول و ایندوکساکارب، پروکلیم‌فیت و لوفنورون به ترتیب با ۷، ۶ و ۳ روز دوام در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین، حشره‌کش تیودیکارب به دلیل سمیت شدید برای زنبور پارازیتویید *T. brassicae* و ماندگاری طولانی‌مدت روی بوته‌های پنبه، علیه کرم غوزه‌ی پنبه توصیه نمی‌شود و در صورت استفاده، لازم است یک فاصله‌ی زمانی حداقل ۱۷روزه بین سمپاشی مزارع و رهاسازی زنبور پارازیتویید رعایت شود. همچنین، به دلیل اثرات قابل‌توجه ایندوکساکارب و پروکلیم‌فیت روی قدرت پارازیتیسم این پارازیتویید، توصیه می‌گردد بین سمپاشی مزارع پنبه با این دو حشره‌کش و رهاسازی پارازیتویید، به ترتیب فاصله‌های زمانی ۷ و ۶ روزه (دوره‌ی انتظار) رعایت شود. با توجه به سمیت پایین‌تر لوفنورون روی زنبور *T.brassicae* و ماندگاری کوتاه‌مدت‌تر آن روی بوته‌های پنبه، استفاده از آن در مزارع پنبه البته با رعایت یک دوره‌ی انتظار سه روزه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

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

2.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 Agricultural Sciences), 37(3): 61-79 (in Persian with English abstract).

3.Afshari, A., Hamzepour Chenari, E., Iraji, A. and Asghari Larimi, M. 2018. Lethal and sublethal effects of thiodicarb and hexaflumuron on egg parasitoid, *Trichogramma brassicae* Bezdenko under laboratory conditions Plant Protection (Scientific Journal of Agricultural Sciences), 41(1): 75-89 (in Persian with English abstract).

4.Aheer, G.M., Aziz, M.A., Hameed, A. and Ali, A. 2009. Evaluation of resistance to different insecticides in field strains of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Punjab, Pakistan. Entomological Research, 39:159-167.

5.Baehaki, S.E., Surahmat, E.C., Susetyo, A. and Senn, R. 2017. Toxicity and persistence of insecticides to rove beetle *Paederus fuscipes* and wolf spider *Lycosa pseudoannulata* using semi field method. Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences, 4(9): 331-337.

6. 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.

7.Bengochea, P., Medina, P., Amor, F., Canovas, M., Vega, P., Correia, R., Garcia, F., Gomez, M., Budia, F., Vinuela, E. and Lopez, J.A. 2012. The effect of emamectin benzoate on two parasitoids, *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) and *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae), used in pepper greenhouses. Spanish Journal of Agricultural Research, 10(3): 806-814.

8.Bisht, S., Chauhan, R., Kumari, B. and Singh, R. 2015. Fate of thiodicarb and its metabolite methomyl in sandy loam soil under laboratory conditions. Environmental Monitoring and Assessment. 187: 429 DOI: 10.1007/s10661-015-4640-1.

9.Brevault, T., Oumarou, Y., Achaleke, J., Vaissayre, M. and Nibouche, S. 2009. Initial activity and persistence of insecticides for the control of bollworms (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton crops. Crop Protection, 28. 401-406.

10.Cherry, A., Cock, M., van den Berg, H. and Kfir, R. 2003. Biological control of *Helicoverpa armigera* in Africa, in: Neuenschwander, P., Borgemeister, C., Langewald, J. (Eds.), Biological control in IPM systems in Africa. CABI Publishing, Wallingford, pp. 329-346.

11.Chopra, I., Chauhan, R. and Kumari, B. 2013. Dissipation and persistence of thiodicarb in cotton. International Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 1(2): 28-31.
12.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.
13.Dake, R.B., Bhamare, V.K. and Mhaske, S.H. 2017. Bio-Efficacy, persistence and residual toxicity insecticides against head borer, *Helicoverpa armigera* (Hübner) of sunflower. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 6(2): 64-70.
14.Davies, A.P., Carr, C.M., Scholz, B.C.G. and Zalucki, M.P. 2011. Using *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for insect pest biological control in cotton crops: an Australian perspective. Australian Journal of Entomology, 50: 424-440.
15.Deguine J.P., Ferron, P. and Russell, D. 2008. Sustainable pest management for cotton production. A review. Agronomy for Sustainable Development, 28(1): 113-137.
16.Dhawan, A., Saini, S., Singh, K. and Aneja, A. 2009. Persistence and residual toxicity of some insecticides against *Phenacoccus solenopsis* on cotton (*Gossypium* spp). Indian Journal of Agricultural Sciences, 79: 203-206.
17.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.
18.El-Sheikh, S.A. and Aamir, M.M. 2011. Comparative effectiveness and field persistence of insect growth regulators on a field strain of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*, Boisd (Lepidoptera: Noctuidae). Crop Protection, 30: 645-650.
19.EPPO. 2003. Diagnostic protocols for regulated pests: *Helicoverpa armigera*: Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 33: 245-247.
20.Gadhiya, H.A., Borad, P.K. and Bhut, J.B. 2014. Effectiveness of synthetic insecticides against *Helicoverpa armigera* (Hunber) and *Spodoptera litura* (Fabricius) infesting Groundnut. The Bioscan, 9(1): 23-26.
21.Ghazzagh, M., Afshari, A. and Mottaki, I. 2015. Side-effects of ProClaim Fit on parasitoid wasp, *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). First International Congress on the Development of Agricultural Science and Natural Resources, 7 December, 2015, University of Lodz, Poland (in Persian with English abstract).
22.Hassan, S.A., Bigler, F., Bogenschütz, H., Boller, E., Brun, J., Calis, J.N.M., Chiverton, P., Coremans-Pelseneer, J., Duso, C., Lewis, G.B., Mansour, F., Moreth, L., Oomen, P.A., Overmeer, L. Polgar, W.P.J., Rieckmann, W., Samsoe-Petersen, L., Stäubli, A., Sterk, G., Tavares, K.,Tuset, J.J. and Viggiani, G. 1991. Results of

the fifth joint pesticide testing programm carried out by the IOBC/WPRS-working group "pesticides and beneficial organisms". Entomophaga, 36: 55-67.

23. Heravi, P., Azad, Gh., Dabidi, H. and Mazandarani, A. 2013. Evaluation of recommended insecticides efficiency in cotton bollworm control. Cotton Research institute, final report, Project Num. 2-07-07-91114 (in Persian with English abstract).
24. Hewa-Kapuge, S., Dougall, S.M. and Hoffmann, A. 2003. Effects of methoxyfenozide, indoxacarb, and other insecticides on the beneficial egg parasitoid *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and field conditions. Journal of Economic Entomology, 96(4): 1083-1090.
25. 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.
26. H ussain, D., Ali, A., Mushtaq-ul-Hassan, M., Ali, S., Saleem, M. and Nadeem, S. 2012. Evaluation of toxicity of some new insecticides against egg parasitoid *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Pakistan Journal of Zoology, 44(4): 1123-1127.
27. Hussain, D., Saleem, H.M., Saleem, M. and Abbas, M. 2014. Monitoring of Insecticides Resistance in Field Populations of *Helicoverpa armigera* (Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Entomology and Zoology Studies, 2 (6): 1-8.
28. Javanmoghaddam, H., Alavi, J. and Taghizadeh, M. 2002. Evaluation the effectiveness of some insecticides for controlling bollworm, Helicoverpa armigera (Hübner). Proceeding of the 15 Iranian Plant Protection Congress, 7-11 Sept. 2002. Razi University of Kermanshah. p 34.
29. Johnson, M.W. and Tabashnik, B.E. 1999. Enhanced biological control through pesticide selectivity. In: Bellows, T.S., and Fisher, T.W. (Eds.). Handbook of Biological Control: Principles and Applications. Academic Press, San Diego, New York. pp. 297-317.
30. Karthik, P., Ramya, K., Thiruveni, T., Indirakumar, K., VM Srinivasan, V.M. and Kuttalam, S. 2018. Evaluation of persistent toxicity of emamectin benzoate 5 SG to *Helicoverpa armigera* (Hübner) on cotton and *Earias vittella* (Fabricius) on okra. International Journal of Chemical Studies, 6(1): 190-193.
31. Khanjani, M. 2006. Field crop pests in Iran (insects and mites), 3th ed. Bu-Ali Sina University Publication, Hamedan, Iran. 719pp (in Persian).
32. Liu, T.X. and Zhang, Y. 2012. Side effects of two reduced-risk insecticides, indoxacarb and spinosad, on two species of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on cabbage. Ecotoxicology, 21: 2254-2263.
33. Lu, L., Luo, J., Zhang, S., Yu, Q., Ma, L., Liu, X., Wang, C., Ma, X., Ma, Y. and Cui, J. 2018. Efficiency of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner)

control of different *Bt* cotton varieties in North China. Journal of Cotton Research, 1:4 https://doi.org/10.1186/s42397-018-0003-0

34. Luo, S., Naranjo, S.E. and Wu, K. 2014. Biological control of cotton pests in China. Biological Control, 68: 6-14.
35. Mahboubi, M.R. and Avarand, A. 2018. Analysis of reasons for the decrease the area cotton cultivation Case: Central District of Gonbad-e Kavos County. Iranian Journal of Cotton Researches, 6(1): 43-46 (in Persian with English abstract).
36. Mohaghegh Neyshabouri J., Rostamkolaee-Motlagh, S.E. and Goodarzian, N. 2009. Studies on the effect of indoxacarb, thiodicarb and monocrotophos on mortality of tobacco budworm *Helicoverpa armigera* (Lep.; Noctuidae) under field conditions. Entomology and Phytopathology, (87- pesticides special issue): 67-80 (in Persian with English abstract).
37. Mojeni, T.D., Bayat Asadi, H., Noori Ghanbalani, Gh. and Shojaei, M. Study on bioregional aspects of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hüb.)(Lepidoptera: Noctuidae), in the cotton fields of Golestan province. Journal of Agricultural Sciences, 11(2): 97-116 (in Persian with English abstract).
38. Moscardini, V.F., Gontijo, P.C., Carvalho, G.A., de Oliveira, R.L., Maia, J.B. and Silva, F.F. 2013.Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). Chemosphere, 92(5): 490-496.
39. Narendra, G., Khokhar, S. and Ram, P. 2015. Residual toxicity of some insecticides to the adults of *Trichogramma chilonis* under both laboratory and field conditions. Indian Journal of Plant Protection, 43 (3): 320-323.
40. 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.*
41. SAS Institute. 2003. SAS/STAT user s, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
42. Sattar, S., Farmanullah, Saljoqi, A., Arif, M., Sattar, H. and Qazi, J.I. 2011.Toxicity of some new insecticides against *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and extended laboratory conditions. Pakistan Journal of Zoology, 43(6): 1117-1125.
43. Sattar, Sh., Naseer, A., Farid, A., Khan, S.A. and Ahmad, B. 2017. Dose-response relationship of some insecticides with *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera; Noctuidae) under laboratory conditions. Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(2): 513-518.
44. 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'. BioControl, 44: 99-117.

45.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.

46. Syngenta, 2018. Procliam Fit. Available on: https://www.syngenta.ir/product/crop-protection/proclaim-fit.

47.Talebi-Jahromi, Kh. 2007. Pesticides toxicology. 2nd edition. Tehran University Publications, (in Persian).

48. Van Drische, R. G. and Bellows, T.S. 1996. Biological Control. Chapman and Hall,New York, 447pp.

49.Vyavhare, S.S., Kerns, D., Allen, C., Bowling, R., Brewer, M. and Parajulee, M. 2018. Managing Cotton Insects in Texas. Texas A&M AgriLife Extension Service. 48pp.

50.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.

51.Wilson, L.J., Whitehouse, M.E.A. and Herron, G.A.2018.The Management of insect pests in Australian cotton: an evolving story. Annual Review of Entomology, 63:215-37.