

## اثرات جانبی حشره کش های ایندوکساکارب و لوفنورون بر زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* Bezde. (Hym.: Trichogrammatidae) در شرایط آزمایشگاهی

علی افشاری<sup>۱\*</sup>، ملیحه گرزالدین<sup>۲</sup> و اسماعیل متکی<sup>۳</sup>

\*- نویسنده مسوول: استایار حشره شناسی، گروه گیاه پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ([Afshari@gau.ac.ir](mailto:Afshari@gau.ac.ir))

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد حشره شناسی کشاورزی، گروه گیاه پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- کارشناس ارشد سازمان حفظ نباتات استان گلستان

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۷

### چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثرات کشنده و زیرکشندهی فرمولاسیون های تجاری حشره کش های ایندوکساکارب و لوفنورون بر زندهمانی، نشو و نما و پارازیتسم زنبور *Trichogramma brassicae* Bezde. در شرایط آزمایشگاه (دمای  $25 \pm 2$  درجهی سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 5$  درصد و دورهی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) انجام شد. هر کدام از حشره کش ها در چهار غلظت مختلف شامل ۱۰۰۰، ۷۵۰، ۵۰۰ و ۲۵۰ پی.پی.ام (به ترتیب، غلظت توصیه شده در مزارع و سه غلظت پایین تر از آن) تهیه شدند و تاثیر آن ها به سه روش آغشته کردن غذای حشرات کامل (آب عسل ده درصد) به حشره کش، قرار دادن حشرات کامل در معرض باقیماندهی حشره کش ها و فرو بردن تخم های پارازیت شدهی میزبان (در مرحلهی پیش شفیرگی زنبور) درون محلول حشره کش روی زنبور بررسی گردید. نتایج نشان دادند که هر دو حشره کش نسبت به شاهد موجب افزایش معنی دار مرگ و میر و کاهش معنی دار طول عمر، قدرت پارازیتسم و درصد ظهور حشرات کامل شدند و با افزایش غلظت آفت کش ها، اثرات منفی آن ها نیز شدیدتر شد. بیشترین میزان مرگ و میر ( $52/5 \pm 6$  درصد)، کوتاهترین طول عمر مادهها ( $1/72 \pm 0/1$  روز) و کمترین قدرت پارازیتسم ( $14/7 \pm 0/97$  درصد)، در تغذیهی حشرات کامل از آب عسل آغشته به غلظت توصیه شدهی ایندوکساکارب مشاهده گردید. فرو بردن تخم های پارازیت شدهی میزبان درون غلظت های توصیه شدهی ایندوکساکارب و لوفنورون، بر زندهمانی پیش شفیره ها تاثیر منفی گذاشت و خروج حشرات کامل را به ترتیب  $19/7$  و  $19/3$  درصد کاهش داد. بر اساس استانداردهای سازمان بین المللی کنترل بیولوژیک، در روش تغذیه از غذای آغشته به سم، این دو حشره کش در گروه "کم ضرر" و در روش های تماس با باقیمانده های سمی و سم پاشی تخم های پارازیت شده، در گروه "بی ضرر" طبقه بندی شدند. بنابراین، ایندوکساکارب و لوفنورون به عنوان دو حشره کش نسبتاً سازگار با برنامه های کنترل بیولوژیک آفات بالپولکدار توسط زنبور *T. brassicae*، توصیه می شوند.

کلید واژه ها: ایندوکساکارب، لوفنورون، زنبور *Trichogramma brassicae*، اثرات کشنده، اثرات زیرکشنده

### مقدمه

از پارازیتوئیدهای تخم به شمار می روند و به دلیل آن که آفت را پیش از شروع تغذیه و در مراحل ابتدایی زندگی از بین می برند، از اهمیت خاصی برخوردار هستند

زنبورهای خانوادهی Trichogrammatidae با داشتن بیش از ۸۰۰ گونهی توصیف شده، مهم ترین گروه

تأثیر آفت‌کش‌ها بر ویژگی‌های مختلف زیستی زنبورهای تریکوگراما مانند زنده‌مانی (برونر و همکاران<sup>۸</sup>، ۲۰۰۱)، طول عمر حشرات کامل (کونسولی و همکاران، ۱۹۹۸؛ سوه و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۰۰)، درصد پارازیتسم (یوسف و همکاران<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۴؛ نواز و همکاران<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۹) و درصد خروج حشرات کامل (بستوس و همکاران<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۶؛ تاکادا و همکاران<sup>۱۳</sup>، ۲۰۰۱) گزارش شده است. تأثیر منفی برخی از حشره‌کش‌ها بر زنبورهای تریکوگراما توسط محققان داخلی مورد مطالعه قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به تأثیر دیازینون بر گونه‌ی *T. brassicae* (بهرامی و همکاران، ۱۳۸۹)، آزادیراکتین بر گونه‌ی *Trichogramma cacoeciae* Marchal (صابر و همکاران، ۲۰۰۴) و ایمیداکلوپرید و فن‌پایروکسیمیت بر گونه‌ی *T. cacoeciae* (صابر، ۲۰۱۱) اشاره نمود.

کرم غوزه‌ی پنبه *Helicoverpa armigera* (Hübner) یک آفت چندخوار می‌باشد که در بیش‌تر مناطق ایران از جمله استان‌های شمالی کشور شیوع دارد و از آفات مهم محصولاتی مانند پنبه، گوجه‌فرنگی، سویا و حبوبات به شمار می‌رود (بهداد، ۱۳۷۱). کنترل این آفت در بسیاری از مناطق ایران بر راهکار شیمیایی استوار می‌باشد و ایندوکساکارب از نظر میزان مصرف در میان حشره‌کش‌های مورد استفاده علیه این آفت، در رتبه‌ی اول قرار دارد (محقق نیشابوری و همکاران، ۱۳۸۶).

ایندوکساکارب حشره‌کشی تماسی-گوارشی و از گروه آگزادپازین‌ها می‌باشد که با بستن کانال سدیم باعث قطع تغذیه، فلجی و مرگ در حشرات می‌گردد. این حشره‌کش طیف اثر وسیعی دارد و روی آفات بالپولکدار در مزارع پنبه و سبزیجات و نیز باغ‌های درختان میوه به کار می‌رود. سوسپانسیون غلیظ ۱۵

(ناتسون<sup>۱</sup>، ۱۹۹۸). در حال حاضر، در حدود ۱۹ گونه‌ی مختلف از زنبورهای جنس *Trichogramma* به منظور کنترل بیش از ۲۰ گونه آفت مختلف در سطح بیش از ۳۰ میلیون هکتار از مزارع، باغ‌ها و جنگل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (کونسولی و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰).

تاکنون نه گونه از زنبورهای جنس *Trichogramma* از مناطق مختلف ایران گزارش شده‌اند که از میان آن‌ها، *Trichogramma brassicae* Bezdenko فراوان‌ترین گونه‌ی جمع‌آوری شده به ویژه در استان‌های شمالی کشور می‌باشد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۷۶). در طول چند دهه‌ی اخیر، از گونه‌های مختلف تریکوگراما به منظور کنترل بیولوژیک بالپولکداران آفت مانند کرم گلوگاه انار، کرم ساقه‌خوار برنج، کرم سیب، ساقه‌خوار اروپایی ذرت و کرم غوزه‌ی پنبه در مناطق مختلف ایران استفاده شده است (شجاعی، ۱۳۷۶) و در سال‌های اخیر، این روند شتاب بیش‌تری به خود گرفته است.

حفاظت از دشمنان طبیعی یکی از راهبردهای اصلی در کنترل بیولوژیک آفات به شمار می‌رود و آگاهی از اثرات احتمالی آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی برای حفاظت موثرتر از آن‌ها ضروری می‌باشد (جانسون و تاباشنیک<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹). زنبورهای پارازیتوئید ممکن است از راه‌های مختلفی مانند تغذیه‌ی حشرات کامل از غذای آغشته به آفت‌کش (رویو و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸)، تماس مستقیم تخم‌های پارازیت شده‌ی میزبان (صابر و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵) یا حشرات کامل با آفت‌کش (روئیز و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۸) و یا قرار گرفتن حشرات کامل در معرض باقیمانده‌های سمی (شی و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۰۴)، تحت تأثیر آفت‌کش‌ها قرار گیرند.

8- Brunner *et al.*9- Suh *et al.*10- Youssef *et al.*11- Nevarez *et al.*12- Bastos *et al.*13- Takada *et al.*

1- Knutson

2- Consoli *et al.*

3- Johnson &amp; Tabashnik

4- Ruiu *et al.*5- Saber *et al.*6- Ruiz *et al.*7- Shi *et al.*

با توجه به ضرورت تلفیق راهکارهای شیمیایی و بیولوژیک در کنترل بالپولکداران آفات، در سال‌های اخیر، در کنار معرفی حشره‌کش‌های جدید، برنامه‌های پرورش انبوه و رهاسازی زنبور *T. brassicae* در مزارع و باغ‌های کشور توسعه‌ی زیادی یافته است (مقدسی، ۱۳۸۹). به دلیل نبود اطلاعات کافی در زمینه‌ی میزان و نحوه‌ی تاثیر ایندوکساکارب و لوفنورون بر زنبور *T. brassicae*، این پژوهش با هدف بررسی اثرات منفی احتمالی غلظت‌های مختلف این دو حشره‌کش بر زنده‌مانی، نشوونما و قدرت پارازیتسم این زنبور انجام گردید.

### مواد و روش‌ها

#### زمان و مکان تحقیق

این تحقیق طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت. تمام مراحل پرورش و انجام آزمایش‌ها در یک اتاقک به ابعاد ۲×۲ متر، با دمای ۲۵±۲ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰±۵ درصد و دوره‌ی روشنایی به تاریکی ۱۶ به ۸ ساعت انجام گرفتند. برای تامین دما و رطوبت مورد نیاز به ترتیب از یک عدد بخاری برقی فن‌دار مجهز به ترموستات (مارک پارس خزر) و یک دستگاه رطوبت‌ساز (DOLF®) به همراه قرار دادن گونی‌های خیس در کف اتاق استفاده شد. همچنین دوره‌ی نوری این اتاقک، با استفاده از یک تایمر پریزی (Sassin®) تنظیم گردید.

#### پرورش زنبور *T. brassicae*

به منظور پرورش این زنبور از تخم‌های بید غلات (*Sitotroga cerealella* Oliv.) به عنوان میزبان جایگزین استفاده شد. تخم‌های بید غلات مورد نیاز در طول پرورش، از اینسکتاریوم حفظ نباتات شهرستان گرگان تهیه و بر سطح کاغذهای A<sub>4</sub> آغشته به چسب کاغذ دیواری پاشیده شدند. سپس، ورقه‌های کاغذی حاوی تخم به قطعات کوچک‌تر برش داده شدند و در

درصد آن به نسبت ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار علیه کرم غوزه‌ی پنبه مصرف می‌شود (طالبی جهرمی، ۱۳۸۵؛ خانجانی و پورمیرزا، ۱۳۸۴).

لوفنورون حشره‌کشی از گروه تنظیم‌کننده‌های رشد می‌باشد که با جلوگیری از سنتز کیتین موجب مرگ حشرات می‌گردد و علیه بالپولکداران و سخت‌بالپوشان توصیه شده است (طالبی جهرمی، ۱۳۸۵).

تاثیر حشره‌کش‌های ایندوکساکارب و لوفنورون بر زنبورهای تریکوگراما توسط محققان مختلف مطالعه شده است. حسن و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) با بررسی اثرات پاشش مستقیم لوفنورون روی تخم‌های پارازیت شده توسط زنبور *T. cacoeciae*، این حشره‌کش را جزو سموم کم‌ضرر طبقه‌بندی نمودند. ویانا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۹) نیز لوفنورون را یک حشره‌کش سازگار با زنبور *Trichogramma pretiosum* Riley معرفی نمودند، در حالی که کنسولی و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که کاربرد لوفنورون در مراحل تخم و لاروی زنبور *Trichogramma galloi* Zucchi، باعث بروز صد درصد مرگ‌ومیر در این زنبور می‌گردد.

برخی از محققان ایندوکساکارب را به دلیل عدم تاثیر بر زنده‌مانی حشرات کامل، نشوونمای مراحل نارس و درصد پارازیتسم زنبور *T. brassicae* به طور بالقوه برای مدیریت تلفیقی کرم غوزه‌ی پنبه مناسب گزارش کرده‌اند (هوا-کاپوگ و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳؛ لیو و ژانگ<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲). در مقابل، نتایج حسین و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) نشان داد که درصد خروج حشرات کامل زنبور *Trichogramma chilonis* (Ishii) پس از فرو بردن تخم‌های پارازیت شده‌ی بید غلات درون محلول ایندوکساکارب به طور معنی‌داری کاهش یافت.

- 1- Hassan et al.
- 2- Vianna et al.
- 3- Hewa-Kapuge et al.
- 4- Liu & Zhang
- 5- Hussain et al.

سپس، مقداری آب عسل سمي از پیش آماده شده به وسیله یک عدد سوزن باریک به سطح داخلی لوله های آزمایش کشیده شد و دهانه ی لوله به وسیله یک قطعه پنبه ی تمیز مسدود گردید. هر روز (تا زمان مرگ آخرین زنبور) تعداد صد عدد تخم بید غلات به عنوان میزبان و مقداری آب عسل آغشته به حشره کش به عنوان غذا در اختیار زنبورها قرار گرفت. بدین ترتیب، طول عمر زنبورهای کامل نر و ماده و درصد پارازیتسم افراد ماده پس از تغذیه از غذای آغشته به حشره کش محاسبه و یادداشت گردید. در تیمار شاهد از آب عسل ده درصد عاری از حشره کش به عنوان غذا استفاده شد. تخم های پارازیت شده به طور روزانه از لوله های آزمایش خارج گشته، در اتاق پرورش نگهداری شدند و درصد خروج حشرات کامل و نسبت زنبورهای ماده در نسل بعد اندازه گیری و ثبت گردید.

به منظور تعیین درصد مرگ و میر ناشی از تغذیه ی زنبور از غذای آغشته به حشره کش، در یک آزمایش جداگانه، تعداد ده جمعیت صدتایی از زنبور (به نسبت مساوی از افراد نر و ماده) به همراه برش های کاغذی حاوی تخم میزبان درون ده عدد لوله ی آزمایش مختلف محبوس شدند (هر لوله ی آزمایش با جمعیت صدتایی داخل آن به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد؛ در مجموع، ۱۰ تکرار) و به مدت سه روز، آب عسل آغشته به حشره کش در اختیار آن ها قرار گرفت. در پایان هر روز، تعداد زنبورهای مرده در هر لوله شمارش و درصد مرگ و میر آن ها پس از ۲۴، ۴۸، و ۷۲ ساعت محاسبه و یادداشت گردید.

#### قرار دادن حشرات کامل در معرض باقیمانده ی

##### حشره کش ها

در این آزمایش، لوله های آزمایش به وسیله ی پنس داخل محلول غلظت های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی.پی.ام حشره کش های ایندوکسا کارب و لوفنورون فرو برده شدند تا به طور کامل به سم آغشته شوند. سپس، لوله های آزمایش به مدت پنج ساعت در شرایط اتاق

داخل ظروف پلاستیکی شفاف به ابعاد ۹×۹×۱۶ سانتی متر در اختیار زنبور قرار گرفتند. پرورش زنبور به مدت سه نسل ادامه یافت و زنبورهای نسل سوم خارج شده از تخم ها در آزمایش ها مورد استفاده قرار گرفتند.

##### حشره کش ها

ایندوکسا کارب (SC ۱۵٪) و لوفنورون (EC ۵٪) مورد استفاده در این مطالعه به ترتیب ساخت شرکت های آریا شیمی ایران و سینجنتای<sup>۱</sup> سوئیس بودند. تاثیر هر کدام از این حشره کش ها در چهار غلظت مختلف از فرمولاسیون تجاری شامل ۱۰۰۰، ۷۵۰، ۵۰۰ و ۲۵۰ پی.پی.ام (به ترتیب، غلظت توصیه شده در مزارع و سه غلظت پایین تر از آن) مورد ارزیابی قرار گرفت. در تیمار شاهد، از آب مقطر استفاده شد.

#### بررسی تاثیر حشره کش ها بر زنبور *T. brassicae*

تاثیر غلظت های مختلف حشره کش های مورد آزمایش بر حشرات کامل و مراحل نارس زنبور *T. brassicae* به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:

#### الف) تاثیر بر حشرات کامل

#### تغذیه ی حشرات کامل از غذای آغشته به حشره کش

در این آزمایش، بر اساس روش تغییر یافته ی حسیب و آمانو (۲۰۰۲)، ابتدا صد سی سی از محلول حشره کش های ایندوکسا کارب و لوفنورون در غلظت مورد نظر (۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی.پی.ام) تهیه شد. سپس، به اندازه ی ده درصد از وزن این محلول، عسل به آن اضافه گردید و به وسیله ی همزن مغناطیسی به هم زده شد تا محلول یکواختی از آب عسل آغشته به حشره کش به دست آید. برای هر غلظت از یک حشره کش، تعداد ۲۵ جفت زنبور نر و ماده بلافاصله پس از خروج به طور جداگانه در داخل ۲۵ عدد لوله ی آزمایش به ابعاد ۱۳×۷۵ میلی متر محبوس شدند (هر لوله ی آزمایش با یک جفت زنبور داخل آن به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد؛ در مجموع، ۲۵ تکرار).

تخم‌های پارازیت‌شده برش داده شدند و تعداد ده عدد از برش‌ها که هر کدام به طور تقریبی حاوی صد عدد تخم پارازیت‌شده بودند، به وسیله‌ی پنس به مدت پنج ثانیه در داخل محلول‌های سمی از پیش فراهم شده و یا آب مقطر (در تیمار شاهد) فرو برده شدند (هر برش صدتایی از تخم‌های پارازیت‌شده به عنوان یک تیمار در نظر گرفته شدند). سپس، برش‌های فرو برده شده در محلول حشره‌کش به مدت سه ساعت در معرض جریان هوا قرار گرفتند تا خشک گردند. برش‌ها پس از خشک شدن به طور جداگانه در داخل لوله‌های آزمایش قرار گرفتند و در شرایط اتاق پرورش نگه داشته شدند. تعداد زنبورهای نر و ماده‌ی خارج شده از هر کدام از لوله‌ها و نیز جنسیت آن‌ها به طور روزانه شمارش و یادداشت گردید.

به منظور تعیین طول عمر و درصد پارازیتسم زنبورهای خارج شده از تخم‌های تیمار شده با حشره‌کش، تعداد ۲۵ جفت از آن‌ها به همراه صد عدد تخم بید غلات و مقداری آب عسل ده درصد به طور جداگانه درون لوله‌های آزمایش قرار گرفتند و درب آن‌ها به وسیله‌ی یک قطعه پنبه‌ی تمیز مسدود گردید. هر لوله‌ی آزمایش حاوی یک جفت زنبور به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. تخم‌های میزبان درون لوله‌های آزمایش تا زمان مرگ زنبورها به طور روزانه تعویض می‌شدند و بدین ترتیب، طول عمر افراد نر و ماده و درصد پارازیتسم زنبورهای ماده محاسبه و یادداشت گردید.

### تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار (دو حشره‌کش هر کدام در چهار غلظت به علاوه‌ی تیمار شاهد) و در ۲۵ تکرار انجام شدند (به استثنای درصدهای مرگ و میر و درصد خروج زنبورهای کامل که در ۱۰ تکرار انجام گردید). ابتدا، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 13 ارزیابی گردید و داده‌های غیرنرمال با استفاده از تبدیل‌های آماری  $\sqrt{x}$  (داده‌های مربوط به طول عمر

قرار گرفتند تا خشک گردند. پس از آن، تعداد ۲۵ جفت زنبور نر و ماده بلافاصله پس از خروج از تخم میزبان به صورت جداگانه و به مدت ۲۴ ساعت در داخل ۲۵ عدد لوله‌های آزمایش سمی محبوس شدند. هر لوله‌ی آزمایش حاوی یک جفت زنبور به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد (حسن و همکاران، ۱۹۹۸). پس از سپری شدن این مدت زمان، زنبورها از لوله‌های آزمایش سمی خارج گشته و به داخل لوله‌های آزمایش تیمار نشده منتقل شدند و روزانه تعداد صد عدد تخم بید غلات به همراه مقداری آب عسل ده درصد در اختیار آن‌ها قرار گرفت تا طول عمر و قدرت پارازیتسم آن‌ها اندازه‌گیری شود. تخم‌های پارازیت‌شده به طور روزانه از لوله‌های آزمایش خارج گشته و در اتاق پرورش نگه‌داری شدند و بدین ترتیب درصد خروج حشرات کامل و نسبت زنبورهای ماده در نسل بعد شمارش و ثبت گردید.

به منظور بررسی تاثیر باقیمانده‌ی حشره‌کش‌ها بر میزان مرگ‌ومیر زنبورها، در یک آزمایش جداگانه، ده جمعیت صدتایی از زنبور (به نسبت مساوی از افراد نر و ماده) به طور جداگانه درون لوله‌های آزمایش فرو برده شده در درون محلول حشره‌کش‌ها قرار گرفتند. هر لوله‌ی آزمایش حاوی یک جمعیت صدتایی از زنبور به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. پس از گذشت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، تعداد افراد مرده در هر جمعیت شمارش و درصد مرگ‌ومیر آن‌ها محاسبه گردید.

### ب) تاثیر بر مراحل نارس

#### فرو بردن تخم‌های پارازیت‌شده‌ی میزبان در داخل محلول حشره‌کش

در این روش، تخم‌های تازه‌ی بید غلات روی ورقه‌های کاغذی آغشته به چسب کاغذ دیواری پاشیده شدند و در اختیار زنبورهای ماده قرار گرفتند تا پارازیت‌شده شوند. شش روز پس از پارازیت‌شده شدن تخم‌های میزبان که با مرحله‌ی پیش‌شغیرگی زنبور در درون تخم مصادف بود (صابر و همکاران، ۲۰۰۴)، ورقه‌های حاوی

افشاری و همکاران: اثرات جانبی حشره کش‌های ایندوکساکارب...

۲۱۶،  $df=8$ ) و زنده‌مانی زنبورهای کامل پس از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت (به ترتیب  $P \leq 0.01$ ،  $F=12/42$ ،  $df=8$ ، ۸۱،  $P \leq 0.01$ ،  $F=11/84$ ،  $df=8$ ، ۸۱،  $P \leq 0.01$ ،  $F=13/47$ ،  $df=8$ ، ۸۱) را به طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار داد. نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (شکل ۱) نشان داد که تغذیه‌ی زنبورهای کامل از آب عسل آغشته به غلظت‌های توصیه شده (۱۰۰۰ پی.پی.ام)، ۷۵۰ پی.پی.ام و ۵۰۰ پی.پی.ام ایندوکساکارب، و غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام لوفنورون موجب افزایش معنی‌دار مرگ و میر در جمعیت آن‌ها نسبت به شاهد گردید و با افزایش مدت زمان تغذیه (از ۲۴ ساعت به ۷۲ ساعت)، بر درصد مرگ و میر آن‌ها افزوده شد. در مقابل، میزان مرگ و میر در غلظت ۲۵۰ پی.پی.ام این دو حشره کش پایین بود. میزان مرگ و میر زنبورهای کامل ۲۴ ساعت پس از تغذیه از غذای آغشته به غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب  $13/6 \pm 1/6$  درصد بود که پس از ۷۲ ساعت این میزان به  $52/5 \pm 6$  درصد افزایش یافت. در همین حال، میزان مرگ و میر زنبورهای کامل تغذیه شده با غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون از  $13/2 \pm 1/4$  درصد پس از ۲۴ ساعت به  $42/6 \pm 3/3$  درصد پس از ۷۲ ساعت رسید.

بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۱)، همه‌ی غلظت‌های مورد آزمایش ایندوکساکارب موجب کاهش معنی‌دار طول عمر زنبورهای نر و ماده شدند. همه‌ی غلظت‌های مورد آزمایش لوفنورون نیز همانند ایندوکساکارب طول عمر زنبورهای نر را به طور معنی‌دار کاهش دادند اما تاثیر آن بر طول عمر زنبورهای ماده فقط در غلظت ۱۰۰۰ پی.پی.ام (غلظت توصیه شده توسط شرکت سازنده) معنی‌دار بود (جدول ۱). در مجموع، بیش‌ترین میانگین طول عمر حشرات کامل نر ( $4/84 \pm 0/3$  روز) و ماده ( $4/64 \pm 0/4$  روز) در تیمار شاهد

زنبورهای نر در تغذیه‌ی حشرات کامل از غذای آغشته به حشره کش) و  $\sqrt{x+0.5}$  (داده‌های مربوط به تعداد تخم‌های پارازیت شده در روش قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌های حشره کش‌ها) نرمال شدند و سپس با استفاده از نرم‌افزار نسخه آماری SAS (SAS، ۲۰۰۳) تجزیه‌ی واریانس گردیدند. میانگین پارامترها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

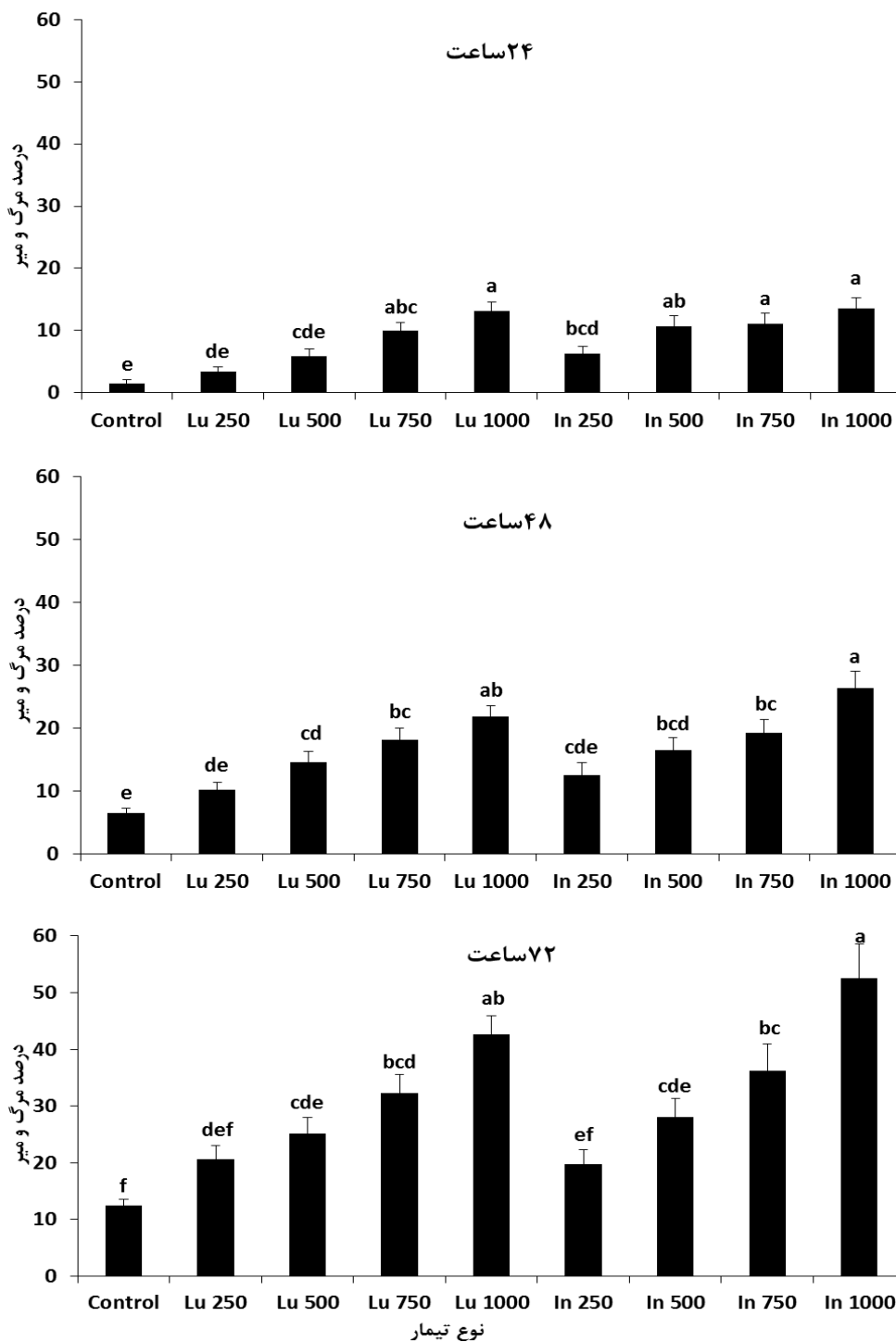
به منظور طبقه‌بندی میزان سمیت حشره کش‌ها از استاندارد سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) در شرایط آزمایشگاهی (حسن و همکاران، ۱۹۸۵) استفاده شد. بر اساس این استاندارد، حشره کش‌ها بر اساس میزان کاهش در زنده‌مانی یا قدرت پارازیتسم زنبورهای ماده به چهار گروه طبقه‌بندی می‌شوند: زیر ۳۰ درصد، بی‌ضرر؛ بین ۳۰ تا ۷۹ درصد، اندکی مضر؛ ۸۰ تا ۹۹ درصد با ضرر متوسط و بیش از ۹۹ درصد، مضر. با توجه به وقوع مرگ و میر در تیمارهای شاهد، از فرمول آبوت (طالبی جهرمی، ۱۳۸۵) به منظور اصلاح درصدهای مرگ و میر استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### الف) تاثیر بر حشرات کامل

#### تغذیه از آب عسل آغشته به حشره کش

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که تغذیه‌ی حشرات کامل از غذای آغشته به غلظت‌های مختلف حشره کش‌های مورد آزمایش، طول عمر حشرات کامل نر ( $P \leq 0.01$ ،  $F=27/78$ ،  $df=8$ ، ۲۱۶)، طول عمر حشرات کامل ماده ( $P \leq 0.01$ ،  $F=12/25$ ،  $df=8$ ، ۲۱۶)، درصد پارازیتسم ( $P \leq 0.01$ ،  $F=13/57$ ،  $df=8$ ، ۲۱۶)، ظهور حشرات کامل ( $P \leq 0.01$ ،  $F=92/45$ ،  $df=8$ ، ۲۱۶)، نسبت زنبورهای ماده در نسل بعد ( $P \leq 0.01$ ،  $F=34/66$ ،



شکل ۱- میانگین مهرگ و میبر حشرات کامل زنبور *T. brassicae* پس از تغذیه‌ی آن‌ها از آب عسل آغشته به حشره‌کش در مدت زمان‌های مختلف (میانگین‌های دارای حروف مشابه در آزمون LSD و سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند؛ Lu: لوفنورون، In: ایندوکساکارب و اعداد، نشان دهنده‌ی غلظت حشره‌کش به پی.پی.ام می‌باشند).

افشاری و همکاران: اثرات جانبی حشره کش های ایندوکساکارب ...

جدول ۱- مقایسه‌ی میانگین‌های پارامترهای مختلف زنبور *T. brassicae* پس از تغذیه‌ی حشرات کامل از غذای آغشته شده به حشره کش

تیمار	طول عمر نرها (روز)	طول عمر ماده‌ها (روز)	درصد پارازیتسم	درصد ظهور حشرات کامل	درصد ماده‌ها
<b>ایندوکساکارب</b>					
۲۵۰ پی.پی.ام	۲/۴±۰/۱۴c*	۳±۰/۲۴bc	۲۸/۶±۲/۶bc	۹۲/۶±۰/۷bc	۶۰/۳±۰/۸ab
۵۰۰ پی.پی.ام	۲/۰۴±۰/۱cd	۲/۴±۰/۳cd	۲۳/۱±۲/۶cd	۸۶/۷±۱/۲d	۵۷/۹±۱/۱b
۷۵۰ پی.پی.ام	۱/۶±۰/۱de	۱/۹۲±۰/۱d	۱۷/۴±۱/۱d	۷۴/۶±۱/۳e	۵۳/۲±۱/۱c
۱۰۰۰ پی.پی.ام	۱/۴±۰/۱e	۱/۷۲±۰/۱d	۱۴/۷±۰/۹۷d	۶۹/۱±۱/۵f	۴۴/۲±۱/۵d
<b>لوفنورون</b>					
۲۵۰ پی.پی.ام	۳/۶±۰/۲۴b	۴/۶±۰/۳۲a	۴۵/۲±۲/۹۵a	۹۶/۱±۰/۵ab	۵۸/۱±۰/۹۷b
۵۰۰ پی.پی.ام	۲/۳±۰/۲c	۴±۰/۴ab	۴۰/۷±۳/۹ab	۹۲/۴±۰/۹bc	۵۸/۱±۰/۹۸b
۷۵۰ پی.پی.ام	۲/۱±۰/۲cd	۳/۸±۰/۴ab	۳۵/۵±۳/۶ab	۹۱/۵±۰/۷۵c	۴۶/۴±۱/۳d
۱۰۰۰ پی.پی.ام	۲/۰۴±۰/۱۳cd	۳/۳±۰/۳۸bc	۳۱/۶±۴/۰۲bc	۹۰/۳±۱/۱cd	۴۶/۵±۱/۶d
<b>شاهد</b>					
	۴/۸±۰/۳a	۴/۶±۰/۴a	۴۵/۹±۳/۴a	۹۷/۱±۰/۴a	۶۵/۱±۱/۵a

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون LSD و سطح احتمال پنج درصد).

پی.پی.ام تعلق داشت که با تمامی تیمارهای دیگر دارای اختلاف معنی‌دار بود. همچنین، بیش‌ترین (۶۵/۱±۱/۵) درصد) و کم‌ترین (۴۴/۲±۱/۵) درصد) میانگین درصد ماده‌ها در نسل بعد نیز به ترتیب به تیمارهای شاهد و ایندوکساکارب ۱۰۰۰ پی.پی.ام تعلق داشت. تاثیر منفی غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب بر درصد ظهور زنبورهای کامل به طور معنی‌دار از غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون بیش‌تر بود اما از نظر تاثیر بر نسبت ماده‌ها در نسل بعد، بین غلظت‌های توصیه شده‌ی این دو حشره کش تفاوت معنی‌دار وجود نداشت.

#### قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌ی حشره کش‌ها

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها قرار گرفتن زنبورهای کامل در معرض باقیمانده‌ی حشره کش‌های مورد آزمایش، طول عمر حشرات کامل نر ( $P \leq 0.01$ )،  $F=13.3/3$ ،  $df=8$ ،  $216$ )، طول عمر حشرات کامل ماده ( $P \leq 0.01$ )،  $F=21.2/2$ ،  $df=8$ ،  $216$ )، درصد پارازیتسم ( $P \leq 0.01$ )،  $F=24.2/2$ ،  $df=8$ ،  $216$ )، درصد ظهور حشرات کامل ( $P \leq 0.01$ )،  $F=11.6/6$ ،  $df=8$ ،  $216$ )، نسبت زنبورهای ماده در نسل بعد ( $P \leq 0.01$ )،  $F=16.9/9$ ،  $df=8$ ،  $216$ ) و زنده‌مانی زنبورهای کامل پس از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

و کم‌ترین طول عمر حشرات کامل نر ( $1/4 \pm 0.1$  روز) و ماده ( $1/72 \pm 0.1$  روز) در تیمار ایندوکساکارب ۱۰۰۰ پی.پی.ام مشاهده شد. قدرت پارازیتسم زنبورهای ماده (میانگین درصد تخم‌های پارازیت شده به ازای هر فرد ماده در طول عمر) در تمام غلظت‌های مورد آزمایش ایندوکساکارب به طور معنی‌دار کاهش یافت و از  $45/9 \pm 3/4$  درصد در شاهد به  $14/7 \pm 0.97$  درصد در غلظت توصیه شده رسید. بر خلاف ایندوکساکارب، لوفنورون فقط در غلظت توصیه شده میانگین پارازیتسم زنبورهای ماده را کاهش داد و از  $45/9 \pm 3/4$  درصد در تیمار شاهد به  $31/6 \pm 4/0.2$  درصد در غلظت هزار پی.پی.ام رساند.

درصد ظهور حشرات کامل و نسبت ماده‌ها نیز تحت تاثیر غلظت‌های مختلف ایندوکساکارب و لوفنورون قرار گرفتند. بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۱)، بیش‌ترین میانگین درصد ظهور حشرات کامل در تیمار شاهد ( $97/1 \pm 0.4$  درصد) مشاهده شد که اختلاف آن با تمامی تیمارها به جز لوفنورون ۲۵۰ پی.پی.ام معنی‌دار بود. در مقابل، کم‌ترین میانگین درصد ظهور حشرات کامل ( $69/1 \pm 1.5$  درصد) به تیمار ایندوکساکارب ۱۰۰۰



میانگین تیمارهای دیگر، به شکل معنی داری از آن کم تر بود.

درصد پارازیتیسیم زنبورهای ماده‌ی قرار گرفته در معرض باقیمانده‌ی سموم در تمام غلظت‌های مورد آزمایش ایندوکساکارب و لوفنورون نسبت به تیمار شاهد به طور معنی دار کاهش یافت و از  $52/4 \pm 3$  درصد در شاهد به  $19/9 \pm 1/3$  درصد در غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون و  $19 \pm 1/5$  درصد در غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب رسید. درصد پارازیتیسیم در غلظت‌های ۵۰۰ و ۷۵۰ پی.پی.ام این دو حشره کش با غلظت توصیه شده‌ی آن‌ها تفاوت معنی دار نداشت اما درصد پارازیتیسیم در غلظت ۲۵۰ پی.پی.ام از دزهای توصیه شده به طور معنی دار کم تر بود (جدول ۲).

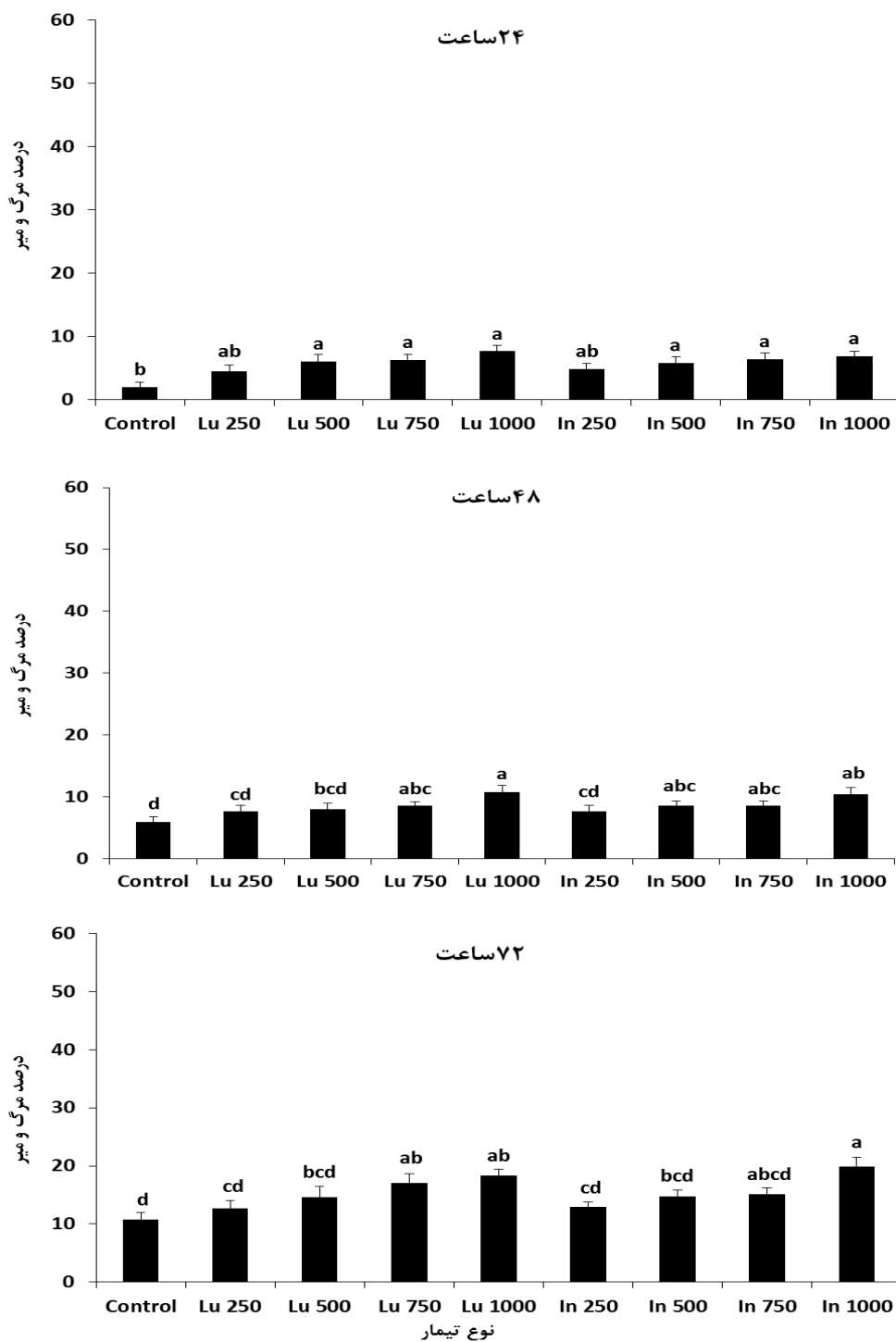
بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها قرار گرفتن زنبورهای کامل در معرض باقیمانده‌ی غلظت‌های مختلف ایندوکساکارب و لوفنورون میانگین درصد ظهور حشرات کامل و نسبت ماده‌ها را در نسل بعد به طور معنی دار کاهش داد (جدول ۲). بیشترین ( $93/3 \pm 0/4$  درصد) و کمترین ( $79/3 \pm 1/6$  درصد) میانگین درصد ظهور حشرات کامل به ترتیب در تیمارهای شاهد و ایندوکساکارب ۱۰۰۰ پی.پی.ام مشاهده شدند. اگر چه میانگین درصد ظهور حشرات کامل در غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون ( $81/01 \pm 1/2$  درصد) با غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب تفاوت معنی دار نداشت. بیشترین ( $67/44 \pm 1$  درصد) و کمترین ( $56/3 \pm 0/5$  درصد) میانگین درصد ماده‌ها در نسل بعد نیز به ترتیب به تیمارهای شاهد و ایندوکساکارب ۱۰۰۰ پی.پی.ام تعلق داشت. با این حال، میانگین نسبت ماده‌ها در غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون ( $58/2 \pm 0/6$  درصد) با غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب تفاوت معنی دار نداشت.

(به ترتیب  $P \leq 0/01$ ،  $F=3/7$ ،  $df=8$ ،  $81$ ،  $P \leq 0/05$ ،  $df=8$ ،  $81$ ،  $F=2/4$  و  $P \leq 0/01$ ،  $F=4/57$ ،  $df=8$ ،  $81$ ) را به طور معنی دار تحت تاثیر قرار داد.

نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (شکل ۲) نشان داد که قرار گرفتن زنبورهای کامل به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در معرض باقیمانده‌ی غلظت‌های ۱۰۰۰ (غلظت توصیه شده)، ۷۵۰ و ۵۰۰ پی.پی.ام ایندوکساکارب و لوفنورون مرگ و میر آن‌ها را نسبت به شاهد به طور معنی دار افزایش داد. در مقابل، میزان مرگ و میر در غلظت ۲۵۰ پی.پی.ام هر دو حشره کش پایین بود و با تیمار شاهد اختلاف معنی دار نداشت (به استثنای غلظت ۲۵۰ پی.پی.ام ایندوکساکارب در تغذیه‌ی ۲۴ ساعته از آب عسل آغشته به حشره کش). میزان مرگ و میر زنبورهای کامل ۲۴ ساعت پس از قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌ی غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب،  $6/8 \pm 0/8$  درصد بود که پس از ۷۲ ساعت، این میزان به  $19/88 \pm 1/5$  درصد افزایش یافت. در همین حال، میزان مرگ و میر زنبورهای کامل قرار گرفته در معرض غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون از  $7/6 \pm 0/9$  درصد پس از ۲۴ ساعت به  $18/3 \pm 1/2$  درصد پس از ۷۲ ساعت رسید.

بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۲)، بیشترین میانگین طول عمر زنبورهای نر ( $4/2 \pm 0/2$  روز) در تیمار شاهد مشاهده شد. همه‌ی غلظت‌های مورد آزمایش ایندوکساکارب و لوفنورون نسبت به تیمار شاهد موجب کاهش معنی دار طول عمر زنبورهای نر شدند اما بین خود آن‌ها تفاوت معنی داری از این نظر وجود نداشت. بیشترین میانگین طول عمر زنبورهای ماده ( $5/1 \pm 0/2$  روز) نیز به تیمار شاهد تعلق داشت و

افشاری و همکاران: اثرات جانبی حشره کش های ایندوکساکارب ...



شکل ۲- میانگین مرگ و میر حشرات کامل زنبور *T. brassicae* پس از تماس آن‌ها با باقیمانده‌ی حشره‌کش‌ها طی مدت زمان‌های مختلف (میانگین‌های دارای حروف مشابه در آزمون LSD و سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند؛ Lu: لوفنورون، In: ایندوکساکارب و اعداد، نشان دهنده‌ی غلظت حشره‌کش به پی.پی.ام می‌باشند).

جدول ۲- مقایسه‌ی میانگین‌های پارامترهای مختلف زنبور *T. brassicae* پس از قرار گرفتن زنبورهای ماده در معرض باقیمانده‌های حشره‌کش درون لوله‌های آزمایش

تیمار	طول عمر نرها (روز)	طول عمر ماده‌ها (روز)	درصد پارازیتیسیم	درصد ظهور حشرات کامل	درصد ماده‌ها
<b>ایندوکساکارب</b>					
۲۵۰ پی.پی.ام	۲/۳±۰/۱b <sup>**</sup>	۲/۵±۰/۱bc	۲۵/۹±۱/۶bc	۸۶/۹±۰/۸bc	۶۱/۱±۰/۶bc
۵۰۰ پی.پی.ام	۲/۲±۰/۱b	۲/۱±۰/۱c	۲۳/۲±۱/۲cd	۸۶/۴±۰/۹bc	۶۰/۱±۰/۷cd
۷۵۰ پی.پی.ام	۲/۲±۰/۱b	۲/۳±۰/۱c	۲۱/۲±۱/۴cd	۸۲/۷±۰/۹cde	۵۷/۶±۰/۶de
۱۰۰۰ پی.پی.ام	۲/۱±۰/۱b	۲/۲±۰/۱c	۱۹±۱/۵d	۷۹/۳±۱/۶e	۵۶/۳±۰/۵e
<b>لوفنورون</b>					
۲۵۰ پی.پی.ام	۲/۴±۰/۱b	۳/۲±۰/۲b	۳۲/۱±۱/۹b	۸۷/۴±۱b	۶۴/۰۱±۰/۶b
۵۰۰ پی.پی.ام	۲/۲±۰/۱b	۲/۶±۰/۲bc	۲۶/۳±۲/۲bc	۸۴/۵±۱/۷bcd	۶۰/۱±۱/۳cd
۷۵۰ پی.پی.ام	۲/۲±۰/۱b	۲/۴±۰/۱c	۲۲/۳±۱/۴cd	۸۴/۱±۰/۸bcd	۵۹/۶±۰/۸cd
۱۰۰۰ پی.پی.ام	۲/۱±۰/۱b	۲/۲±۰/۱c	۱۹/۹±۱/۳cd	۸۱±۱/۲de	۵۸/۲±۰/۶cde
<b>شاهد</b>	۴/۲±۰/۲a	۵/۱±۰/۲a	۵۲/۴±۳a	۹۳/۳±۰/۴a	۶۷/۴±۱a

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون LSD و سطح احتمال پنج درصد).

### ب) تاثیر بر مراحل نارس

#### فرو بردن تخم‌های پارازیت‌ه شده‌ی میزبان درون محلول حشره‌کش‌ها

نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که فرو بردن تخم‌های پارازیت‌ه شده‌ی میزبان (در مرحله‌ی پیش‌سفیرگی زنبور) درون محلول حشره‌کش‌های مورد آزمایش، طول عمر حشرات کامل نر ( $P \leq 0/01$ )،  $F=9/11$ ،  $df=8$ ،  $216$ )، طول عمر حشرات کامل ماده ( $P \leq 0/01$ )،  $F=4/82$ ،  $df=8$ ،  $216$ )، درصد پارازیتیسیم ( $P \leq 0/01$ )،  $F=11/9$ ،  $df=8$ ،  $216$ )، درصد ظهور حشرات کامل ( $P \leq 0/01$ )،  $F=20/9$ ،  $df=8$ ،  $81$ ) و نسبت زنبورهای ماده در نسل بعد ( $P \leq 0/01$ )،  $F=18/24$ ،  $df=8$ ،  $216$ ) را به طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار داد.

بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۳)، بیش‌ترین میانگین طول عمر زنبورهای نر ( $7/3 \pm 0/3$  روز) در تیمار شاهد مشاهده شد. به استثنای لوفنورون ۲۵۰ پی.پی.ام که با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، فرو بردن تخم‌های پارازیت‌ه شده‌ی میزبان درون سایر تیمارها طول عمر زنبورهای نر خارج شده را نسبت به شاهد به طور معنی‌دار کاهش داد. بیش‌ترین طول عمر زنبورهای

ماده ( $6/6 \pm 0/4$  روز) نیز به تیمار شاهد تعلق داشت. به استثنای تیمارهای ایندوکساکارب ۲۵۰ پی.پی.ام و لوفنورون ۲۵۰ و ۵۰۰ پی.پی.ام که با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند، تیمارهای دیگر موجب کاهش طول عمر زنبورهای ماده شدند.

درصد پارازیتیسیم زنبورهای ماده‌ای که در مرحله‌ی پیش‌سفیرگی درون محلول حشره‌کش فرو برده شده بودند، در تمام غلظت‌های مورد آزمایش ایندوکساکارب نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافت و از  $51/6 \pm 4/5$  درصد در شاهد به  $16/8 \pm 1/3$  درصد در غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب رسید. غلظت‌های توصیه شده و ۷۵۰ پی.پی.ام لوفنورون (به ترتیب با میانگین‌های پارازیتیسیم  $20/5 \pm 1/6$  و  $27/6 \pm 1/8$  درصد) نیز نسبت به شاهد موجب کاهش معنی‌دار درصد پارازیتیسیم زنبورهای ماده شدند، اما غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ پی.پی.ام این حشره‌کش بر خلاف ایندوکساکارب بر درصد پارازیتیسیم تاثیر معنی‌دار نگذاشتند (جدول ۳).

بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۳)، در نتیجه‌ی فرو بردن تخم‌های پارازیت‌ه شده‌ی میزبان درون محلول ایندوکساکارب، درصد ظهور حشرات کامل و

افشاری و همکاران: اثرات جانبی حشره کش های ایندوکساکارب ...

طبقه بندی شدت سمیت غلظت توصیه شده ی مزرعه ای حشره کش های ایندوکساکارب و لوفنورون بر اساس میزان تاثیرشان بر زنده مانگی و قدرت پارازیتسم زنبور در روش های مختلف زیست سنجی در جدول ۴ ارایه شده است. در روش تغذیه از آب عسل آغشته به حشره کش، هر دو حشره کش از نظر میزان کاهش زنده مانگی و پارازیتسم زنبورهای ماده در گروه سموم "کم ضرر" طبقه بندی شدند. در روش قرار گرفتن در معرض باقیمانده های سمی، هر دو حشره کش از نظر میزان کاهش زنده مانگی در گروه سموم "بی ضرر" و از نظر میزان کاهش قدرت پارازیتسم زنبورهای ماده در گروه سموم "کم ضرر" قرار گرفتند. در روش فرو بردن تخم های پارازیت شده درون محلول حشره کش، ایندوکساکارب از نظر میزان کاهش زنده مانگی پیش شفیره ها و قدرت پارازیتسم زنبورهای ماده ی خارج شده در زمره ی سموم "کم ضرر" قرار گرفت، در حالی که لوفنورون از نظر میزان تاثیر بر زنده مانگی پیش شفیره ها در گروه سموم "بی ضرر" و از نظر کاهش قدرت پارازیتسم زنبورهای ماده جزو سموم "کم ضرر" طبقه بندی گردید.

نسبت ماده ها در نسل بعد در همه ی غلظت های مورد آزمایش نسبت به شاهد به طور معنی دار کاهش یافت (جدول ۳). لوفنورون نیز به استثنای غلظت ۲۵۰ پی.پی.ام، در غلظت های دیگر موجب کاهش معنی دار درصد ظهور حشرات کامل و نسبت ماده ها گردید. در مجموع، بیشترین (۹۶/۱۴±۰/۴ درصد) و کمترین (۸۰/۳±۱/۲ درصد) میانگین درصد ظهور حشرات کامل به ترتیب در تیمارهای شاهد و ایندوکساکارب ۱۰۰۰ پی.پی.ام مشاهده شدند. با این حال، میانگین درصد ظهور حشرات کامل در غلظت توصیه شده ی لوفنورون (۸۰/۷±۲/۱ درصد) با غلظت توصیه شده ی ایندوکساکارب تفاوت معنی دار نداشت. همچنین، بیشترین (۷۳/۵±۱/۱ درصد) و کمترین (۵۱±۲/۷ درصد) میانگین درصد ماده ها در نسل بعد به ترتیب به تیمارهای شاهد و لوفنورون ۱۰۰۰ پی.پی.ام تعلق داشت، هر چند که تاثیر غلظت توصیه شده ی ایندوکساکارب بر نسبت ماده ها (با میانگین ۵۴/۹±۱/۱ درصد) با غلظت توصیه شده ی لوفنورون تفاوت معنی دار نداشت.

### ج) طبقه بندی میزان سمیت حشره کش ها بر اساس استانداردهای IOBC

جدول ۳- مقایسه ی میانگین های پارامترهای مختلف زنبور *T. brassicae* پس از فرو بردن تخم های پارازیت شده در داخل محلول حشره کش ها

تیمار	طول عمر نرها (روز)	طول عمر ماده ها (روز)	درصد پارازیتسم	درصد ظهور حشرات کامل	درصد ماده ها
<b>ایندوکساکارب</b>					
۲۵۰ پی.پی.ام	۵/۱±۰/۳cd	۵/۲±۰/۴abc	۳۶/۷±۳/۹abc	۹۱/۶±۱b <sup>۱</sup>	۶۴/۴±۱/۴bc
۵۰۰ پی.پی.ام	۵/۴±۰/۳bc	۴/۴±۰/۴bcd	۲۸/۶±۲/۸cde	۸۶±۱/۳cd	۶۰/۳±۱/۳cd
۷۵۰ پی.پی.ام	۴/۶±۰/۲cde	۴/۱±۰/۲bcd	۲۳/۱±۱def	۸۳/۶±۱de	۵۵/۷±۱/۲de
۱۰۰۰ پی.پی.ام	۳/۸±۰/۲e	۳/۵±۰/۲d	۱۶/۸±۱/۳f	۸۰/۳±۱/۲e	۵۴/۹±۱/۱de
<b>لوفنورون</b>					
۲۵۰ پی.پی.ام	۶/۵±۰/۴fab	۵/۶±۰/۵ab	۴۲/۲±۴/۲ab	۹۲/۲±۰/۶ab	۶۷/۹±۰/۷ab
۵۰۰ پی.پی.ام	۵/۲±۰/۳cd	۵/۲±۰/۴abc	۳۳/۸±۳/۲abc	۸۸/۹±۰/۹bc	۶۴/۱±۲/۱bc
۷۵۰ پی.پی.ام	۵/۱±۰/۳cd	۴/۸±۰/۳bcd	۲۷/۶±۱/۸cdef	۸۵/۱±۰/۸cd	۵۵/۸±۱/۵de
۱۰۰۰ پی.پی.ام	۴/۱±۰/۳de	۳/۸±۰/۳cd	۲۰/۵±۱/۶ef	۸۰/۷±۲/۱e	۵۱±۲/۷e
<b>شاهد</b>	۷/۳±۰/۳a	۶/۶±۰/۴a	۵۱/۶±۴/۵a	۹۶/۱±۰/۴a	۷۳/۵±۱/۱a

\* میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف معنی دار هستند (آزمون LSD و سطح احتمال پنج درصد).

جدول ۴- طبقه‌بندی میزان سمیت غلظت‌های توصیه شده‌ی مزرعه‌ای حشره‌کش‌های مورد استفاده برای زنبور *T. brassicae* بر اساس استانداردهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) در شرایط آزمایشگاهی

پارازیتسم		مرگ و میر		روش زیست‌سنجی / نوع حشره‌کش
کاهش پارازیتسم (درصد)	طبقه‌بندی IOBC	کاهش پارازیتسم (درصد)	طبقه‌بندی IOBC	
<b>تغذیه از آب عسل آغشته به حشره‌کش</b>				
۲ (کم‌ضرر)	۶۷/۹۷	۲ (کم‌ضرر)	۴۵/۷±۶	ایندوکساکارب
۲ (کم‌ضرر)	۳۱/۱۵	۲ (کم‌ضرر)	۳۴/۴±۳/۳	لوفنورون
-	-	-	۱۲/۵±۱/۱	شاهد
<b>قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌های حشره‌کش</b>				
۲ (کم‌ضرر)	۶۳/۷۱	۱ (بی‌ضرر)	۱۰/۲۸±۱/۱	ایندوکساکارب
۲ (کم‌ضرر)	۶۱/۹۹	۱ (بی‌ضرر)	۸/۴۹±۱/۲	لوفنورون
-	-	-	۱۰/۷±۱/۲	شاهد
<b>فرو بردن تخم‌های پارازیت شده درون محلول حشره‌کش**</b>				
۲ (کم‌ضرر)	۶۷/۴۲	۲ (کم‌ضرر)	۳۱/۷۳±۳/۸	ایندوکساکارب
۲ (کم‌ضرر)	۶۰/۲۴	۱ (بی‌ضرر)	۲۴/۱۱±۲/۳	لوفنورون
-	-	-	۹/۶۱±۱/۱	شاهد

\* میانگین درصد مرگ و میر حشرات کامل پس از ۷۲ ساعت و پس از اصلاح با فرمول ابوت

\*\* در روش فرو بردن تخم‌های پارازیت شده درون محلول حشره‌کش، به جای مرگ و میر حشرات کامل، مرگ و میر پیش‌شیره‌ها اندازه‌گیری

گردید.

تغذیه‌ی زنبورهای کامل از آب عسل آغشته به غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب و یا قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌های آن نسبت به شاهد، مرگ و میر به ترتیب بیش از چهار و دو برابر افزایش یافت.

در ارتباط با اثرات منفی ناشی از ورود ایندوکساکارب به همراه غذا بر حشرات کامل زنبورهای تریکوگراما تاکنون گزارشی ارائه نشده است، اما با توجه به تغذیه‌ی حشرات کامل زنبورهای پارازیتوئید از شهد گل‌ها یا عسلک در مزرعه (جرویس و کید<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶)، احتمال آلوده شدن منابع غذایی به این حشره‌کش و کاهش زنده‌مانی و زادآوری آن‌ها بسیار محتمل می‌باشد.

نتایج پژوهش ما در زمینه‌ی افزایش مرگ و میر زنبورهای کامل پس از قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌های ایندوکساکارب با یافته‌های لیو و ژانگ

ایندوکساکارب حشره‌کشی تماسی- گوارشی از گروه اُگزا‌دیازین‌ها می‌باشد (طالبی جهرمی، ۱۳۸۵) که تاثیر منفی آن بر برخی از گونه‌های خانواده‌های Trichogrammatidae گزارش شده است (هوا- کاپوگ و همکاران، ۲۰۰۳؛ حسین و همکاران، ۲۰۱۰؛ لیو و ژانگ، ۲۰۱۲). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که در هر سه روش زیست‌سنجی مورد آزمایش، ایندوکساکارب بر حشرات کامل و پیش‌شیره‌ی زنبور *T. brassicae* اثرات کشنده و زیرکشنده‌ی قابل توجهی را بر جای گذاشت و با افزایش غلظت مصرفی، بر شدت این اثرات منفی نیز افزوده شد.

بر اساس نتایج این پژوهش، تغذیه از آب عسل آغشته به ایندوکساکارب یا قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌های آن، در جمعیت حشرات کامل مرگ و میر معنی‌داری را ایجاد نمود. به طوری که ۷۲ ساعت پس از

پارازیته شده‌ی بید غلات در مراحل تخم، لارو و شفیره‌ی این زنبور درون محلول ایندوکساکارب بر درصد خروج حشرات کامل زنبور بی‌تاثیر بود. با توجه به این اختلاف، می‌توان ادعا نمود که میزان حساسیت مراحل نشوونمایی مختلف یک گونه زنبور به یک آفت‌کش خاص ممکن است متفاوت باشد.

لوفنورون حشره‌کشی از گروه تنظیم‌کننده‌های رشد می‌باشد که با جلوگیری از سنتز کیتین موجب مرگ حشرات می‌گردد (طالبی جهرمی، ۱۳۸۵). این گروه از آفت‌کش‌ها، بر خلاف گروه‌های دیگر، به دلیل نحوه‌ی اثر خاصی که دارند برای حشرات کامل زنبورهای تریکوگراما بی‌ضرر یا کم‌ضرر و برای مراحل نارس آن‌ها مضر گزارش شده‌اند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۲). با وجود این، نتایج پژوهش ما نشان داد که تغذیه‌ی حشرات کامل از آب عسل آغشته شده به لوفنورون یا قرار گرفتن آن‌ها در معرض باقیمانده‌های این آفت‌کش، زنده‌مانی زنبور *T. brassicae* را به طور معنی‌داری کاهش داد و با افزایش غلظت حشره‌کش مصرفی، بر میزان مرگ و میر زنبور افزوده شد.

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، تغذیه از آب عسل آغشته به لوفنورون و قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌های آن بر حسب طول مدت تغذیه یا در معرض قرارگیری، به ترتیب ۱۳/۲ تا ۴۲/۶ و ۷/۶ تا ۱۸/۳ درصد از حشرات کامل را از بین برد. نتیجه‌ی پژوهش ما در زمینه‌ی مرگ و میر حشرات کامل *T. brassicae* پس از قرار گرفتن در معرض باقیمانده‌های لوفنورون با یافته‌های حسین و همکاران (۲۰۱۰) در مورد تاثیر منفی باقیمانده‌های لوفنورون بر زنده‌مانی زنبور *T. chilonis* مطابقت داشت. در زمینه‌ی تاثیر گوارشی تنظیم‌کننده‌های رشد بر حشرات کامل زنبورهای تریکوگراما تاکنون گزارشی منتشر نشده است، اما مطالعات محدود انجام گرفته روی خانواده‌های دیگر زنبورهای پارازیتوئید حاکی از کاهش زنده‌مانی حشرات کامل پس از تغذیه از غذای آغشته به

(۲۰۱۲) در مورد گونه‌ی *T. brassicae* مطابقت داشت. با وجود این، نتایج این محققان نشان داد که در مدت زمان‌های کم‌تر از ۲۴ ساعت (به عنوان مثال، ۲، ۴ و ۶ ساعت) تماس با باقیمانده‌های ایندوکساکارب بر حشرات کامل بی‌اثر بود. همچنین، نتایج پژوهش هوا-کاپوگ و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که قرار گرفتن زنبورهای ماده‌ی *T. brassicae* در معرض برگ‌های تازه سم‌پاشی شده‌ی گوجه‌فرنگی، کاهش معنی‌داری را در جمعیت آن‌ها ایجاد نمود که این موضوع نیز با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. اما بر خلاف یافته‌های پژوهش حاضر، نتایج هوا-کاپوگ و همکاران (۲۰۰۳) حاکی از بی‌اثر بودن تماس با باقیمانده‌های ایندوکساکارب بر قدرت پارازیتسم زنبورهای ماده بود.

مراحل نارس زنبورهای تریکوگراما درون تخم میزبان توسط پوسته‌ی تخم محافظت می‌شوند و به همین دلیل، مقاومت آن‌ها به حشره‌کش‌ها از حشرات کامل بیش‌تر گزارش شده است (حسن و همکاران، ۱۹۹۸؛ کنسولی و همکاران، ۱۹۹۸؛ صابر، ۲۰۱۱). نتایج پژوهش ما نشان داد که سم‌پاشی تخم‌های پارازیته شده‌ی میزبان (در مرحله‌ی پیش‌شفیرگی زنبور) با غلظت توصیه شده‌ی ایندوکساکارب، درصد خروج حشرات کامل را در حدود ۲۰ درصد کاهش داد که این میزان، در مقایسه با مرگ و میر ناشی از تغذیه از غذای آغشته به ایندوکساکارب کمتر بود؛ اما با مرگ و میر ناشی از تماس با باقیمانده‌های این آفت‌کش اختلاف چندانی نداشت. نتایج پژوهش ما در این زمینه، با یافته‌های حسین و همکاران (۲۰۱۰) در مورد کاهش درصد خروج حشرات کامل زنبور *T. chilonis* پس از فرو بردن تخم‌های پارازیته شده‌ی بید غلات حاوی پیش‌شفیره‌های زنبور درون محلول ایندوکساکارب مطابقت داشت. بر خلاف نتایج پژوهش حاضر که حاکی از تاثیر منفی ایندوکساکارب بر پیش‌شفیره‌های زنبور *T. brassicae* بود، نتایج پژوهش هوا-کاپوگ و همکاران (۲۰۰۳) و لیو و ژانگ (۲۰۱۲) نشان داد که فرو بردن تخم‌های

نوع ترکیب سمی متفاوت باشد و اظهار نظر در مورد آن‌ها مستلزم انجام مطالعات جداگانه می‌باشد.

یکی از نتایج پژوهش ما افزایش معنی‌دار مرگ و میر زنبورهای کامل پس از خروج موفقیت‌آمیز از تخم‌های میزبان سم‌پاشی شده با لوفنورون و ایندوکساکارب بود (جدول ۳) که این مرگ و میر ممکن است در نتیجه‌ی جویدن یا بلعیدن پوسته‌ی سم‌پاشی شده‌ی تخم میزبان توسط زنبورهای کامل به هنگام خروج از آن باشد.

نتایج پژوهش ما نشان داد که در هر سه روش زیست‌سنجی مورد استفاده، لوفنورون علاوه بر زنده‌مانی بر ویژگی‌های دیگر زنبور *T. brassicae* نیز اثرات منفی (اثرات زیرکشنده) بر جای گذاشت. قرار گرفتن زنبورهای ماده در معرض باقیمانده‌های غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون، قدرت پارازیتسم (میانگین تخم‌های پارازیت شده در طول عمر زنبور) آن‌ها را نسبت به تیمار شاهد حدود ۶۰ درصد کاهش داد که بر اساس گروه‌بندی IOBC (حسن و همکاران، ۱۹۸۵) در زمره‌ی سموم "کم‌ضرر" قرار گرفت. حسن و همکاران (۱۹۹۸) نیز لوفنورون را از نظر کاهش درصد پارازیتسم زنبور *T. cacoeciae* (با حدود ۳۵ درصد کاهش)، جزو سموم "کم‌ضرر" طبقه‌بندی کردند.

همچنین، نتایج پژوهش ما نشان داد که قدرت پارازیتسم زنبورهای ماده پس از تغذیه از غذای آغشته شده به غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون در حدود ۳۱ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در زمینه‌ی تاثیر منفی تغذیه از غذای آغشته به لوفنورون بر قدرت پارازیتسم زنبورهای تریکوگراما تاکنون گزارشی منتشر نشده است اما در سایر زنبورهای پارازیتوئید مانند *C. plutellae* (حسیب و آمانو، ۲۰۰۲) و *D. semiclausum* (حسیب و همکاران، ۲۰۰۵) نیز چنین کاهشی گزارش شده است. سازوکار واقعی این کاهش به طور دقیق مشخص نمی‌باشد، اما این احتمال وجود دارد که تغذیه از تنظیم‌کننده‌های رشد با تاثیر بر فرایند اُژتزر در

برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد می‌باشد. حسیب و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که زنبورهای ماده‌ی *Diadegma semiclausum* (Hellén) (Ichneumonidae) که به مدت ۲۴ ساعت از آب عسل آغشته به فلوفنوکسورون (با نحوه‌ی عمل مشابه لوفنورون) تغذیه نموده بودند، در مقایسه با شاهد، ۱۷ درصد بیش‌تر دچار مرگ و میر شدند. میزان مرگ و میر در شرایط مشابه برای زنبور *Cotesia plutellae* (Braconidae) (Kurd.) در حدود ۱۱ درصد گزارش شده است، هر چند که اختلاف این میزان مرگ و میر با شاهد معنی‌دار نبود (حسیب و آمانو، ۲۰۰۲).

بر خلاف حشرات کامل، تاثیر منفی تنظیم‌کننده‌های رشد بر زنده‌مانی مراحل نارس زنبورهای تریکوگراما در تعداد زیادی از مطالعات گزارش شده است. نتایج پژوهش ما نشان داد که در نتیجه‌ی سم‌پاشی تخم‌های پارازیت شده‌ی میزبان در مرحله‌ی پیش‌شفرگی زنبور با لوفنورون، درصد خروج زنبورهای کامل به طور معنی‌دار کاهش یافت که این یافته با نتایج باستوس و همکاران (۲۰۰۶) در مورد کاهش خروج حشرات کامل گونه‌ی *T. pretiosum* گُسنولی و همکاران (۲۰۰۱) در مورد کاهش خروج گونه‌ی *T. galloi* و حسین و همکاران (۲۰۱۰) در مورد کاهش خروج گونه‌ی *T. chilonis* در اثر سم‌پاشی تخم‌های پارازیت شده‌ی میزبان با لوفنورون مطابقت داشت. البته، تاثیر لوفنورون بر مراحل نارس زنبورهای تریکوگراما بر حسب گونه‌ی میزبان جایگزین، متفاوت گزارش شده است، به طوری که باستوس و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که بر خلاف تخم‌های بید غلات، فرو بردن تخم‌های پارازیت شده‌ی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد درون محلول لوفنورون، بر درصد خروج حشرات کامل زنبور *T. pretiosum* تاثیر معنی‌دار نداشت. بنابراین، نحوه و میزان تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد، حتی ترکیبات دارای نحوه‌ی اثر مشابه (به عنوان مثال مهارکنندگان سنتز کیتین) بر زنبورهای تریکوگراما ممکن است بر حسب نوع میزبان، گونه‌ی پارازیتوئید و

است بر حسب مرحله‌ی نشوونمایی زنبور درون تخم میزبان متفاوت باشد که این موضوع به انجام بررسی‌های بیش‌تر نیاز دارد.

نتایج طبقه‌بندی IOBC نشان داد حشره‌کش‌های ایندوکساکارب و لوفنورون از نظر کاهش زنده‌مانی حشرات کامل و پیش‌شیره‌های زنبور و نیز درصد پارازیتسم زنبورهای ماده هیچگاه از گروه "اندکی مضر" فراتر نرفتند و حتی از نظر شدت تاثیر باقیمانده‌های سمی بر مرگ و میر حشرات کامل (حالتی که احتمال رخ دادن آن در مزارع از روش‌های دیگر بیش‌تر می‌باشد)، جزو حشره‌کش‌های "بی‌ضرر" طبقه‌بندی شدند (لوفنورون در روش فرو بردن تخم‌های پارازیت شده درون محلول حشره‌کش نیز جزو حشره‌کش‌های بی‌ضرر طبقه‌بندی گردید). از سوی دیگر، در این پژوهش، تخم‌های پارازیت شده‌ی میزبان به طور کامل درون محلول ایندوکساکارب یا لوفنورون فرو برده شدند در حالی که در شرایط مزرعه، تعداد زیادی از تخم‌های میزبان در زیر برگ‌ها یا سایر نقاط دور از دسترس سم‌پاشی قرار داده می‌شوند و هیچگاه به طور کامل با قطرات حشره‌کش خیس نمی‌گردند. بنابراین، ایندوکساکارب و لوفنورون را می‌توان به عنوان حشره‌کش‌هایی نسبتاً سازگار با برنامه‌های کنترل بیولوژیک معرفی نمود به ویژه اگر مطابق توصیه‌ی سازمان حفظ نباتات بین سم‌پاشی با آن‌ها و رهاسازی زنبور حداقل یک هفته فاصله‌ی زمانی وجود داشته باشد.

زنبورهای ماده موجب کاهش تعداد یا نابارور شدن تخم‌های گذاشته شده توسط زنبورهای ماده گردد.

طول عمر زنبورهای ماده یکی از ویژگی‌های مهم در ارزیابی کیفیت زنبورهای تریکوگراما به شمار می‌رود (ناتسون، ۱۹۹۸). نتایج پژوهش ما نشان داد که غلظت توصیه شده‌ی لوفنورون در هر سه روش زیست‌سنجی مورد استفاده، طول عمر زنبورهای نر و ماده را کاهش دادند. در بررسی منابع، در زمینه‌ی تاثیر لوفنورون بر طول عمر حشرات کامل زنبورهای تریکوگراما گزارشی یافت نشد، اما در مطالعات انجام گرفته روی سایر تنظیم‌کننده‌های رشد و زنبورهای پارازیتوئید، نتایج متفاوتی گزارش شده‌اند. حسیب و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که تغذیه از آب عسل آغشته به فلوئوکسورون، تفلوبنزورون و کلرفلوآزورون که نحوه‌ی اثرشان با لوفنورون مشابه می‌باشد، طول عمر افراد نر و ماده‌ی زنبور *D. semiclausum* را به طور معنی‌داری کاهش داد. همچنین، سوه و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که سم‌پاشی مستقیم تخم‌های پارازیت شده‌ی *Helicoverpa zea* (Boddie) در مراحل لاروی و پیش‌شیرگی زنبور *Trichogramma exiguum* Pinto&Platner با متوکسی‌فنوزید و تبوفنوزید (آنالوگ‌های هورمون پوست‌اندازی)، بر طول عمر زنبورهای ماده تاثیر معنی‌داری نداشت اما سم‌پاشی تخم‌های حاوی شیره‌ی زنبور با تبوفنوزید موجب کاهش معنی‌دار طول عمر زنبورهای ماده گردید. بنابراین، به نظر می‌رسد که تاثیر لوفنورون نیز ممکن

### منابع

۱. ابراهیمی، ا.، پنتورو، ب. و شجاعی، م. ۱۳۷۶. مطالعه‌ی مرفولوژیک و آنزیماتیک گونه‌های جنس *Trichogramma* در ایران. مجله‌ی آفات و بیماری‌های گیاهی. جلد ۱، شماره‌ی ۶۶، ص.ص. ۱۲۲ تا ۱۴۲.
۲. بهداد، ا. ۱۳۷۱. آفات گیاهان زراعی ایران. نشر یادبود، اصفهان، ۶۲۹ ص.



۳. بهرامی، ا.، رضایانه، م. ر. و شیرازی، ج. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر چند آفت کش مورد استفاده در مزارع برنج روی مراحل زیستی زنبور *Trichogramma brassicae* Bezd. خلاصه مقالات نوزدهمین کنگره ی گیاهپزشکی ایران (جلد دوم آفات) ۹-۱۲ مرداد ۱۳۸۹، تهران، ۲۳۲ ص.
۴. خانجانی، م. و پورمیرزا، ع.ا. ۱۳۸۴. سم شناسی. انتشارات دانشگاه بوعلی سینای همدان، چاپ دوم، ۴۴۵ ص.
۵. شجاعی، م. ۱۳۷۶. حشره شناسی جلد سوم (اتولوژی، زندگی اجتماعی و دشمنان طبیعی). انتشارات دانشگاه تهران (چاپ سوم)، ۵۵۰ ص.
۶. طالبی جهرمی، خ. ۱۳۸۵. سم شناسی آفت کش ها (حشره کش ها، کنه کش ها و موش کش ها). انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۴۹۲ ص.
۷. محقق نیشابوری، ج.، رستم کلایی مطلق، ا. و گودرزیان، ن. ۱۳۸۶. بررسی تاثیر حشره کش های ایندوکساکارب، تیودیکارب و مونوکروتوفوس بر کرم غنچه خوار توتون *Helicoverpa armigera* در مزرعه. مجله ی آفات و بیماری های گیاهی. جلد ۱، شماره ی ۸۷، ص.ص ۶۷ تا ۸۰.
۸. مقدسی، م. ۱۳۸۹. پرورش انبوه زنبور تریکوگراما (عامل کنترل بیولوژیک آفات گیاهی). انتشارات فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۳۰ ص.
9. 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.
10. 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 leafrollers in Washington. *Journal of Economic Entomology*, 94(5): 1075-1084.
11. Consoli, F.L., Botelho, P.S.M., and Parra, J.R.P. 2001. Selectivity of insecticides to the egg parasitoid *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988, (Hym., Trichogrammatidae). *Journal of Applied Entomology*, 125: 37-43.
12. Consoli, F.L., Parra, J.R.P., and Zucchi, R.A. 2010. Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on *Trichogramma*. Springer publishing, 479 pp.
13. 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.
14. 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.

15. 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.
16. Hassan, E., Oomen, P.A. Overmeer, W.P.J., Plevoets, P., Reboulet, J.N., Rieckmann, W., Samsoe-Petersen, L., Shires, S.W., Stäubli, 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Jervis, M., and Kidd, N. 1996. *Insect Natural Enemies: Practical Approaches to Their Study and Evaluation*. Chapman and Hall, London. 491pp.
21. 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.
22. Knutson, A. 1998. *The Trichogramma Manual*. B-6071. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, 42 pp.
23. 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.
24. Nevarez, G.G., Pando, Q.F.J., Ontiveros, C.G.B., and Sanchez, N.C. 2009. Dispersal of *Trichogramma* spp. on pecan trees and its susceptibility to selective insecticides. *Southwestern Entomologist*, 34(3): 319-326.
25. Ruiu, L., Satta, A., and Floris, I. 2008. Effects of an azadirachtin-based formulation on the non-target muscoid fly parasitoid *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Biological Control*, 47: 66-70.
26. Ruiz, L., Flores, S., Cancino, J., Arredondo, J. Valle, J. Diaz-Fleischer, F., and Williams, T. 2008. Lethal and sublethal effects of spinosad-based GF-120 bait on the

- tephritid parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, 44: 296-304.
27. 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.
  28. Saber, M., and Hejazi, M., and Kamali, K., and Moharamipour, S. 2005. Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Journal of Economic Entomology*, 98: 35-40.
  29. 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.
  30. SAS Institute. 2003. SAS/STAT user s, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
  31. Shi, Z.H., Guo, S.J., Lin, W.C., and Liu, S.S. 2004. Evaluation of selective toxicity of five pesticides against *Plutella xylostella* (Lep: Plutellidae) and their side-effects against *Cotesia plutellae* (Hym: Braconidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Pest Management Science*, 60: 1213-1219.
  32. 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.
  33. Takada, Y., Kawamura, S., and Tanaka, T. 2001. Effects of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Economic Entomology*, 94(6): 1340-1343.
  34. 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.
  35. 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.
  36. Youssef, A.I., Nasr, F.N., Stefanos, S.S., Elkhair, S.S.A., Shehata, W.A., Agamy, E., Herz, A., and Hassan, S.A. 2004. The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. *Journal of Emergency Nursing*, 128: 593-599.