Archive of SID

تحقیقات آفات گیاهی
۱۳۹۹ -۱۰(۴): ۱-۱۴

علمی پژوهشی

اثرهای کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های کرومافنوزاید، پیریدالیل و تیودیکارب روی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor*

اردوان مردانی[۱]، قدرت‌اله صباحی[۱*] و عزیز شیخی گرجان[۲]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲- مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱)

چکیده

زنبور *Habrobracon hebetor* Say، یکی از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای لارو بسیاری از آفات بال‌پولک‌دار به ویژه خانواده نوکتوئیده است. در این پژوهش، اثرهای کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های کرومافنوزاید، پیریدالیل و تیودیکارب روی این زنبور پارازیتوئید در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های زیست‌سنجی به روش تماسی روی حشرات کامل و اثرهای زیرکشندگی به روش سم‌شناسی دموگرافیک انجام شد. بنا بر نتایج آزمایش‌های زیست‌سنجی، مقادیر LC_{30} برآوردشده برای کرومافنوزاید و تیودیکارب به ترتیب ۱۲۶/۴۳ و ۵۴/۲۴ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر بود. از آن‌جا که تا سه برابر غلظت مزرعه‌ای پیریدالیل (۲۲۵۰ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر) باعث حداکثر ۱۹ درصد مرگ و میر روی حشره شد، مقدار LC_{30} برای این حشره‌کش برآورد نشد. در آزمایش اثرهای زیرکشندگی حشره‌کش‌ها، زنبورهای ماده در معرض غلظت‌های LC_{30} کرومافنوزاید و تیودیکارب و غلظت مزرعه‌ای پیریدالیل (۷۵۰ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر) قرار گرفتند. بنا بر نتایج این آزمایش، تیمارهای حشره‌کش در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری مدت زمان رشد و نمو مراحل مختلف زیستی، باروری و فراسنجه‌های جدول زیستی را تحت تأثیر قرار دادند. نرخ‌های ذاتی (r) و متناهی (λ) افزایش جمعیت در تیمارهای حشره‌کش در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافتند. در نهایت، نتایج نشان داد که تیودیکارب بیش‌ترین میزان سمیت را روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* ایجاد کرد؛ درحالی‌که کرومافنوزاید و پیریدالیل اثرهای سوء کم‌تری روی زنبور داشتند. در صورت تأیید شدن نتایج این پژوهش پس از انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای، امکان استفاده از پیریدالیل و کرومافنوزاید در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت وجود خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: *Habrobracon hebetor*، فراسنجه‌های زیستی، جدول زیستی، مدیریت تلفیقی آفات

*نویسنده مسئول: sabahi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شب‌پره *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lep.: Nuctoidae)، یکی از آفات مهم اقتصادی در بسیاری از نقاط مختلف جهان است (Singh *et al.*, 2002). لاروهای این آفت تمایل زیادی به تغذیه از اندام‌های رویشی و زایشی گیاه دارند که این امر تأثیر بسزایی در کاهش میزان محصول تولید شده دارد؛ به طوری که تغذیه این آفت روی بسیاری از گیاهان زراعی به ویژه پنبه، گوجه-فرنگی، نخود، سویا، ذرت و بادمجان سبب خسارت‌های اقتصادی قابل توجهی می‌شود (Nguyen *et al.*, 2007; Fathipour and Naseri, 2011).

زنبورهای پارازیتوئید به دلیل توانایی بالا در تنظیم جمعیت گونه‌های آفت در سطح قابل قبول اقتصادی، در بوم-سامانه‌های کشاورزی[1] دارای اهمیت زیادی هستند (Desneux *et al.*, 2005; Han *et al.*, 2014). زنبور *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae) اجتماعی[2]، ایدیوبایونت[3] و پارازیتوئید خارجی[4] لاروهای بسیاری از آفات بال‌پولک‌دار به ویژه شب‌پره‌های خانواده پیرالیده[5] و نکتوئیده[6] است (Backer and Fabrick, 2000). این زنبور پارازیتوئید به دلیل دارا بودن برخی ویژگی‌های مناسب نظیر سهولت نسبی پرورش آزمایشگاهی، دوره رشد و نمو کوتاه و سازگاری با شرایط اقلیمی مختلف، به عنوان یک عامل مهار زیستی مهم در بسیاری از برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) به کار می‌رود (Sedaratian *et al.*, 2014).

با توجه به تحقیقات انجام شده، موفقیت بسیاری از برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات، مستلزم به کارگیری هم-زمان عوامل مهار زیستی و آفت‌کش‌های شیمیایی است (Mardani *et al.*, 2016). بنابراین، برای رسیدن به این هدف، پی بردن به اثرهای آفت‌کش‌های شیمیایی بر دشمنان طبیعی امری ضروری است (Stark *et al.*, 2004). مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌های شیمیایی رایج (ترکیبات کلره، فسفره وکاربامات) در بوم‌سامانه‌های کشاورزی سبب پیدایش ناهنجاری‌های متعدد از جمله آلودگی‌های زیست‌محیطی، تهدید سلامت انسان، بروز مقاومت نسبت به سموم و طغیان دوباره آفات (به دلیل از بین رفتن دشمنان طبیعی) شده است (Sedaratian *et al.*, 2014). بنابراین، یکی از راه‌حل‌های مناسب برای رفع این مشکل، استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی انتخابی است که به دلیل اثر انتخاب فیزیولوژیک یا اکولوژیک به دشمنان طبیعی صدمه نمی‌زنند (Mardani *et al.*, 2017). آفت‌کش‌های شیمیایی ممکن است به دو روش مستقیم یا غیرمستقیم، به دشمنان طبیعی آسیب برسانند. اثر مستقیم از طریق مرگ و میر در مدت زمان کوتاه ناشی از برخورد دشمنان طبیعی با قطره‌ها یا باقی‌مانده آفت‌کش‌ها است؛ در حالی‌که اثرهای غیرمستقیم، از طریق تغییر در ویژگی‌های فیزیولوژیک (رشد و نمو، زنده‌مانی، طول عمر، باروری، زادآوری و نسبت جنسی) و یا رفتاری (مسیریابی، جستجوی میزبان، رفتارهای تغذیه‌ای، تخم‌گذاری و یادگیری) دشمنان طبیعی ایجاد می‌شوند (Stark *et al.*, 2004; Biondi *et al.*, 2012). بنابراین ضروری است علاوه بر اثر مستقیم، اثرهای غیرمستقیم آفت‌کش‌های شیمیایی نیز روی دشمنان طبیعی بررسی شوند. سم‌شناسی دموگرافیک[7] روشی مناسب برای تعیین اثرهای کلی حشره-کش‌ها است، چراکه همه اثرهای جانبی که آفت‌کش‌ها روی جانوران غیرهدف ایجاد می‌کنند را در بر می‌گیرد (Biondi *et al.*, 2012).

کرومافنوزاید[8] حشره‌کشی جدید از گروه بازدارنده‌های رشد حشرات است. این حشره‌کش شبه‌هورمون پوست-اندازی است و فعالیت زیستی هورمون ۲۰-هیدروکسی

1. Agro-ecosystems
2. Gergarious
3. Idiobiont
4. Ectoparasitoid
5. Pyralidae
6. Noctuidae
7. Demographic toxicology
8. Chromafenozide

www.SID.ir

Archive of SID

اکدایسون[1] را تقلید می‌کند (Rani *et al.*, 2018). کرومافنوزاید با دخالت در عمل پوست‌اندازی و قطع تغذیه باعث مرگ و میر لارو بال‌پولک‌داران می‌شود و برای دشمنان طبیعی بی‌ضرر است (Yanagi *et al.*, 2006). پیریدالیل[2] حشره‌کشی جدید از مشتقات دی‌هالوپروپن‌ها[3] است و آفات بال‌پولک‌دار و تریپس‌ها را کنترل می‌کند (Isayama *et al.*, 2005). پیریدالیل مشابه حشره‌کش‌های عصبی روی سیستم عصبی حشرات تأثیری ندارد، هم‌چنین مشابه بازدارنده‌های رشد و یا تنفسی نیز عمل نمی‌کند (Sakamoto *et al.*, 2004). این حشره‌کش به صورت غیرمستقیم در بازدارندگی سنتز پروتئین سلولی نقش دارد، بنابراین ممکن است بازدارندگی انتخابی سنتز پروتئین سلولی با فعالیت انتخابی این حشره‌کش در ارتباط باشد (Moriya *et al.*, 2008). حشره‌کش تیودیکارب[4] متعلق به گروه اگزایم‌کاربامات‌ها[5] است که موجب کاهش سطح آنزیم استیل‌کولین استراز در حشرات و در نهایت مرگ آن‌ها می‌شود. این حشره‌کش علیه لارو بال‌پولک‌داران، دوبالان و سخت‌بالپوشان مصرف می‌شود (Talebi-Jahromi, 2007). بر اساس رده‌بندی کارگروه اقدام علیه مقاومت به حشره‌کش‌ها[6] (IRAC)، حشره‌کش‌های کرومافنوزاید، پیریدالیل و تیودیکارب به ترتیب در گروه‌های[7] 18، UN[8] و 1A[9] قرار دارند (IRAC, 2020). در ایران، از این سه حشره‌کش برای مهار شیمیایی شب‌پره‌های *H. armigera* و *Spodoptera exigua* (Hübner) در مزارع گوجه‌فرنگی، پنبه، نخود، ذرت و چغندرقند استفاده می‌شود. در این پژوهش، اثرهای کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های کرومافنوزاید، پیریدالیل و تیودیکارب روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* بررسی شد تا حساسیت این زنبور نسبت به حشره‌کش‌های نام‌برده تعیین شود.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات و شرایط آزمایشگاهی

پرورش حشرات و آزمایش‌ها درون اتاقک رشد با دمای ۱± ۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. به منظور تشکیل جمعیت آزمایشگاهی شب‌پره *H. armigera* لاروهای سنین مختلف این شب‌پره از مزارع گوجه‌فرنگی منطقه کوشک شهرستان مرودشت در استان فارس جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. لاروهای مشکوک به آلودگی حذف و لاروهای سالم به صورت انفرادی پرورش یافتند. پس از سپری شدن دوران نابالغ، حشرات کامل از پوسته‌های شفیرگی خارج شدند که از آن‌ها برای جفت‌گیری استفاده شد. برای این منظور، ۱۰ جفت حشره کامل نر و ماده درون ظروف استوانه‌ای پلاستیکی (به ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر) قرار داده و برای تغذیه آن‌ها از یک تکه پنبه کوچک آغشته به محلول آب و عسل ۱۰ درصد استفاده شد. دهانه ظروف پرورش با توری‌های حریر پوشانده شد تا بستر را برای تخم‌ریزی حشرات ماده فراهم کند. توری‌ها روزانه جمع‌آوری شدند و درون کیسه‌های پلاستیکی حاوی یک تکه پنبه مرطوب قرار گرفتند. پس از تفریخ تخم‌ها، لاروهای سنین اولیه درون ظروف پلاستیکی درب‌دار (به طول ۲۰ سانتی‌متر، عرض ۱۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) و لاروهای سنین سوم به بعد به صورت جداگانه (برای جلوگیری از هم‌نوع‌خواری)[10] درون ظروف پلاستیکی درب‌دار (به ارتفاع ۷ سانتی‌متر و قطر دهانه ۴ سانتی‌متر)

1. 20-hydroxyecdysone
2. Pyridalyl
3. Dihalopropene
4. Thiodicarb
5. Oxime Carbamats
6. Insecticide Resistance Action Committee
7. Ecdysone receptor agonists, Growth regulation
8. Compounds of unknown or uncertain mode of action
9. Acetylcholinesterase (AChE) inhibitors, Nerve action
10. Cannibalism

www.SID.ir

Archive of SID

نگهداری شدند. لاروها با غذای مصنوعی تهیه‌شده مطابق روش صدارتیان و همکاران (Sedaratian *et al.*, 2014) تغذیه شدند. از لاروهای سن سوم شب‌پره برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. جمعیت آزمایشگاهی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* بر پایه زنبورهای (لاروها و شفیره‌ها) جمع‌آوری‌شده از نمونه‌های پارازیت شده شب‌پره *H. armigera* که از مزارع گوجه‌فرنگی منطقه کوشک شهرستان مرودشت در استان فارس به‌دست‌آمده بودند، تشکیل شد. در این پژوهش برای پرورش زنبورهای پارازیتوئید از لاروهای شب‌پره آرد *Ephestia kuehniella* (Zeller) به عنوان میزبان حدواسط استفاده شد. برای این منظور، ۵۰ عدد لارو سن پنجم شب‌پره آرد (از جمعیت پرورش‌یافته در آزمایشگاه) انتخاب و در میان دو لایه توری محصور و سپس، این توری‌ها روی دهانه ظروف پلاستیکی (به ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۳ سانتی‌متر) قرار داده شدند. در مرحله بعد، پنج جفت زنبور پارازیتوئید نر و ماده (با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت) درون هر ظرف رهاسازی و برای تغذیه آن‌ها، از یک نوار کوچک کاغذ روغنی آغشته به محلول آب و عسل ۱۰ درصد استفاده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، زنبورهای پارازیتوئید به ظروف جدید انتقال یافتند. ظروف حاوی لاروهای پارازیت شده تا زمان ظهور حشرات کامل نگهداری و از زنبورهای تازه ظاهرشده برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. قابل ذکر است که شناسایی شب‌پره‌ها و زنبورهای جمع‌آوری‌شده از مزارع توسط کارشناس اداره حفظ نباتات استان فارس انجام شد.

حشره‌کش‌ها

حشره‌کش‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل کرومافنوزاید (ماتریک®[1]، SC ۵٪؛ شرکت نیپون‌کایوکا، ژاپن)، پیریدالیل (سومی‌پلئو®[2]، EC ۵۰٪؛ شرکت سومی‌تومو کمیکالز، ژاپن) و تیودیکارب (لارویـن®[3]، DF ۸۰٪؛ شرکت مشک‌فام، ایران) بودند.

زیست‌سنجی

برای زیست‌سنجی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* از روش تماس با سطح شیشه آلوده به حشره‌کش‌ها استفاده شد (Wang *et al.*, 2012). در ابتدا، آزمایش‌های مقدماتی به منظور تعیین دو غلظت کشنده پائین (۲۰ درصد) و بالای (۸۰ درصد) هر حشره‌کش انجام شد. برای این منظور، ابتدا محلول غلظت‌های مورد نظر هر حشره‌کش به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر تهیه شد. سپس، یک میلی‌لیتر از محلول هر غلظت به وسیله سمپلر درون استوانه‌های شیشه‌ای (به قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) ریخته و آن‌گاه این استوانه‌ها با دست به صورت دورانی روی میز آزمایشگاه چرخانده شدند تا تمام سطح داخلی آن‌ها به صورت یکنواخت به محلول سمی آغشته شود. در تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. به منظور افزایش میزان چسبندگی حشره‌کش‌ها به سطح داخلی استوانه‌های شیشه‌ای، به محلول غلظت‌های حشره‌کش‌ها و تیمار شاهد، ماده خیس‌کننده توئین®-۲۰ [4] (شرکت اپلی‌کم[5] آلمان) با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اضافه شد. یک ساعت پس از خشک شدن استوانه‌ها در معرض هوای اتاق، ۲۵ عدد زنبور ماده (با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت) درون هر استوانه رهاسازی و دهانه آن‌ها با توری پوشانده شد. درون هر استوانه، یک نوار کوچک کاغذ روغنی آغشته به محلول آب و عسل ۱۰ درصد قرار داده شد تا زنبورها از آن تغذیه کنند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، میزان مرگ و میر زنبورهای پارازیتوئید برآورد شد. حشراتی که با تحریک قلم‌مو قادر به حرکت و حفظ تعادل خود نبودند، مرده محسوب شدند. دو غلظت کشنده پائین (۲۰ درصد) و بالا (۸۰ درصد) به ترتیب برای کرومافنوزاید ۱۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر و برای تیودیکارب ۴۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر به دست آمدند. در تیمار پیریدالیل به دلیل این که سه برابر غلظت مزرعه‌ای (۲۲۵۰ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر) سبب ۱۹ درصد مرگ و میر شد، از ادامه

1. Matric
2. Sumi-pleo
3. Larvin
4. Tween® 20
5. Applichem

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش‌های زیست‌سنجی برای تعیین غلظت‌های کشنده (LC_{30} و LC_{50}) این حشره‌کش صرف‌نظر شد. پس از آزمایش‌های مقدماتی، با استفاده از فرمول فاصله لگاریتمی برای حشره‌کش‌های کرومافنوزاید و تیودیکارب چهار غلظت بین غلظت‌های کشنده پائین و بالا برآورد و در نهایت از این شش غلظت در آزمایش‌های اصلی استفاده شد. نحوه انجام آزمایش‌های اصلی همانند آزمایش مقدماتی بود. در آزمایش‌های مقدماتی و اصلی، هر غلظت سه بار تکرار شد.

اثرهای زیرکشندگی حشره‌کش‌ها

برای این منظور، ۲۰۰ عدد زنبور پارازیتوئید ماده (با طول عمر کم‌تر از ۲۴ ساعت) به صورت گروه‌های ۲۵ تایی، مطابق روش زیست‌سنجی در معرض غلظت‌های LC_{30} حشره‌کش‌های کرومافنوزاید، تیودیکارب و غلظت مزرعه‌ای پیریدالیل به ترتیب ۱۲۶/۴۳، ۵۴/۲۴ و ۷۵۰ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر قرار داده شدند. در تیمار شاهد، از آب مقطر استفاده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، از زنبورهای ماده زنده‌مانده در هر تیمار، ۵۵ فرد به صورت تصادفی انتخاب و هر زنبور ماده با یک زنبور نر تیمار نشده، جفت و به آن‌ها اجازه داده شد تا به مدت ۴۸ ساعت لاروهای سن سوم شب‌پره *H. armigera* را پارازیت کنند. برای این منظور، هر ۲۴ ساعت هر جفت زنبور به ظروف پتری (با قطر ۹ سانتی‌متر) حاوی یک عدد لارو سن سوم شب‌پره *H. armigera*، منتقل شدند. به منظور انجام آزمایش‌های جدول زیستی، لاروهای میزبان که در ۲۴ ساعت دوم پارازیت شده بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. روی هر لارو یک تخم زنبور پارازیتوئید حفظ و بقیه تخم‌ها حذف شدند. تخم‌ها تا زمان ظهور حشرات کامل، روزانه مورد بازدید قرار گرفتند. طول دوره مراحل مختلف زیستی (تخم، لارو و شفیره) و مرگ و میر آن‌ها ثبت شد. پس از ظهور حشرات کامل، نسبت جنسی آنها مشخص شد. زنبورهای پارازیتوئید نر و ماده با هم جفت و هر جفت به صورت جداگانه به ظروف پتری (با قطر۹ سانتی‌متر) منتقل شدند. برای تغذیه زنبورها، از یک نوار کوچک کاغذ روغنی آغشته به محلول آب و عسل ۱۰ درصد استفاده شد. به منظور تخم‌گذاری، روزانه درون هر ظرف سه عدد لارو سن سوم شب‌پره *H. armigera* قرار داده و تعداد تخم‌های گذاشته‌شده روی بدن آن‌ها شمارش و ثبت شد. باروری و مرگ و میر روزانه حشرات کامل تا زمان مرگ آخرین فرد ماده ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تعیین غلظت‌های کشنده (LC_{30} و LC_{50})، حدود اطمینان ۹۵ درصد و شیب خط غلظت-پاسخ از روش پروبیت[1] و نرم‌افزار پولو-پلاس[2] (نسخه ۲) استفاده شد (Robertson *et al.*, 2007). به منظور ارزیابی تأثیر حشره‌کش‌ها روی فراسنجه‌های زیستی از آزمون آماری تجزیه واریانس یک‌طرفه[3]و نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۰۱۶) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. مقایسه نسبت جنسی مشاهده‌شده در هر تیمار با فراوانی مورد انتظار (۱:۱) با آزمون مربع-کای[4]با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. مرگ و میر و باروری روزانه بر اساس تئوری جدول زیستی دوجنسی ویژه سن-مرحله (Chi and Liu, 1985) و روش چی (Chi, 1988) با استفاده از نرم‌افزار آماری TWOSEX-MSChart (Chi, 2020) تجزیه و تحلیل شدند. برای محاسبه میانگین و خطای معیار فراسنجه-های جدول زیستی با تکرار کردن فراسنجه‌ها (به تعداد= ۱۰۰۰۰۰) طبق آزمون بوت‌استرپ[5]و مقایسه آماری آنها با آزمون بوت‌استرپ جفت‌شده[6]در فاصله اطمینان[7](CI) ۹۵ درصد انجام شد. فراسنجه‌های جدول زیستی شامل نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x)، نرخ باروری ویژه سن (m_x)، باروری مادری ویژه سن(l_xm_x)، باروری ویژه سن-مرحله (f_{xj})، امید

1. Probit
2. Polo-plus
3. One-Way ANOVA
4. Chi-square
5. Bootstrap test
6. Paired bootstrap test 1by1
7. Confidence Interval

www.SID.ir

Archive of SID

به زندگی ویژه سن (e_x) و ارزش تولیدمثلی ویژه سن–مرحله (V_{xj}) (x= سن و j= مرحله) و فراسنجه‌های جمعیت پایدار شامل نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، متوسط مدت زمان نسل (T) و مدت زمان دو برابر شدن (DT) برآورد شدند. نمودارها با نرم‌افزار اکسل[1] (نسخه ۲۰۱۳) رسم شدند.

نتایج

زیست‌سنجی

نتایج حساسیت زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* به حشره‌کش‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر LC_{50} کرومافنوزاید و تیودیکارب به ترتیب ۲۱۷/۱۸ و ۸۰/۵۱ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر برآورد شد. با توجه به این که پیریدالیل تا سه برابر غلظت مزرعه‌ای (۲۲۵۰ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر) سبب حداکثر ۱۹ درصد مرگ و میر شد، غلظت‌های کشنده (LC_{30} و LC_{50}) برای آن برآورد نشد.

جدول ۱- نتایج زیست‌سنجی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say

Table 1. Bioassay results of insecticides tested on adult parasitoid wasps *Habrobracon hebetor* Say

Treatments	No. tested	Slope±SE	*df*	χ^2	LC_{30}* (95%FL**) (mg a.i./L)	LC_{50} (95% FL) (mg a.i./L)
Chromafenozide	525	2.23±0.27	16	4.84	126.43 (96.02-153.16)	217.18 (183.67-251.71)
Thiodicarb	525	3.05±0.36	16	5.87	54.24 (43.87-62.15)	80.51 (71.39-90.04)

* LC_{30} and LC_{50} values of insecticide estimated by Robertson *et al*. (2007) method. **Fiducial limits.

فراسنجه‌های مدت زمان رشد و نمو مراحل مختلف زیستی، باروری و نسبت جنسی

نتایج تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌ها روی مدت زمان رشد و نمو مراحل مختلف زیستی و باروری زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. مدت زمان رشد و نمو مرحله تخم (F= 22.09; df= 3,175; p< 0.0001)، طول عمر زنبورهای نر (F= 6.44; df= 3,60; p< 0.0001) و ماده (F= 6.63; df= 3,63; p< 0.0001)، دوره‌های پیش از تخم‌ریزی (F= 6.08; df= 3,63; p< 0.0001)، تخم‌ریزی (F= 15.52; df= 3,63; p< 0.0001) و پس از تخم‌ریزی (F= 2.67; df= 3,63; p< 0.0001) به صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیودیکارب قرار گرفتند. مدت زمان رشد و نمو مرحله شفیرگی (F= 62.28; df= 3,127; p< 0.0001) به صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیودکارب و پیریدالیل قرار گرفت. مدت زمان رشد و نمو مرحله لاروی (F= 24.08; df= 3,146; p< 0.0001)، کل دوره نابالغ (F= 72.11; df= 3,127; p< 0.0001)، باروری روزانه (F= 23.15; df= 3,63; p< 0.0001) و کل (F= 15.78; df= 3,63; p< 0.0001) به صورت معنی‌داری تحت تأثیر هر سه حشره‌کش قرار گرفتند. علاوه بر این، هیچ‌یک از تیمارها تأثیر معنی‌داری روی نسبت جنسی زنبورهای پارازیتوئید *H. hebetor* نداشته و نسبت جنسی مشاهده‌شده در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری با نسبت ۱:۱ نداشتند (جدول ۴).

[1] Excel

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی مدت زمان رشد و نمو مراحل مختلف نابالغ و طول عمر حشرات کامل (میانگین±خطای معیار) زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say

Table 2. Sub-lethal effect of insecticides tested on duration of different development immature stages and adult longevity (mean±standard error) of parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* Say

Treatments	Incubation (day)	Larva (day)	Pupa (day)	Total immature (day)	Longevity	
					Male (day)	Female (day)
Control	1.72±0.07 b	3.56±0.09 a	6.92±0.08 a	12.15±0.14 c	14.18±0.70 a	17.45±0.54 a
Chromafenozide	2.02±0.09 b	3.95±0.11 ab	7.21±0.09 a	13.29±0.17 b	15.06±0.67 a	16.37±0.65 a
Pyridalyl	1.84±0.11 b	4.18±0.13 b	7.53±0.12 b	13.69±0.24 b	13.44±0.78 a	15.94±0.67 a
Thiodicarb	2.75±0.14 a	5.06±0.17 c	9.05±0.16 c	17.01±0.36 a	10.51±0.58 b	12.90±0.87 b

Means within a column followed by same letters are not significantly different ($P < 0.05$) using Tukey's test.

جدول ۳- تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی دوره‌های پیش از تخم‌ریزی، تخم‌ریزی و پس از تخم‌ریزی و باروری (میانگین±خطای معیار) زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say

Table 3. Sub-lethal effect of insecticides tested on pre-oviposition, oviposition and post-oviposition periods and fecundity (mean±standard error) of parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* Say

Treatments	Pre-oviposition (day)	Oviposition (day)	Post-oviposition (day)	Fecundity	
				Daily (egg)	Total (egg)
Control	0.00±0.00 b	16.18±0.47 a	1.27±0.15 b	7.39±0.14 a	129.74±3.27 a
Chromafenozide	0.11±0.08 b	14.89±0.56 a	1.37±0.23 b	6.24±0.19 b	104.28±5.35 b
Pyridalyl	0.25±0.11 b	14.25±0.64 a	1.44±0.18 b	6.03±0.21 b	98.31±4.01 b
Thiodicarb	0.60±0.21 a	10.19±0.71 b	2.11±0.35 a	4.61±0.17 c	59.46±3.51 c

Means within a column followed by same letters are not significantly different ($P < 0.05$) using Tukey's test.

جدول ۴- تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی نسبت جنسی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say

Table 4. Sub-lethal effect of insecticides tested on sex ratio of parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* Say

Treatments	Observed frequency*		Expected frequency		χ^2 (df=1)	*P-value*	Female/Male
	Female	Male	Female	Male			
Control	22.00	17.00	19.50	19.50	0.641	0.423	1.294
Chromafenozide	19.00	17.00	18.00	18.00	0.112	0.739	1.118
Pyridalyl	16.00	18.00	17.00	17.00	0.118	0.732	0.888
Thiodicarb	10.00	12.00	11.00	11.00	0.182	0.670	0.833

Sex ratio of different treatments tested by χ^2 goodness-of-fit to a 1:1 (Female:Male) ratio. *The numbers of adults used to calculate the observed sex ratio for *H. hebetor* at Control, Chromafenozide, Pyridalyl and Thiodicarb treatments was 39, 36, 34 and 24, respectively.

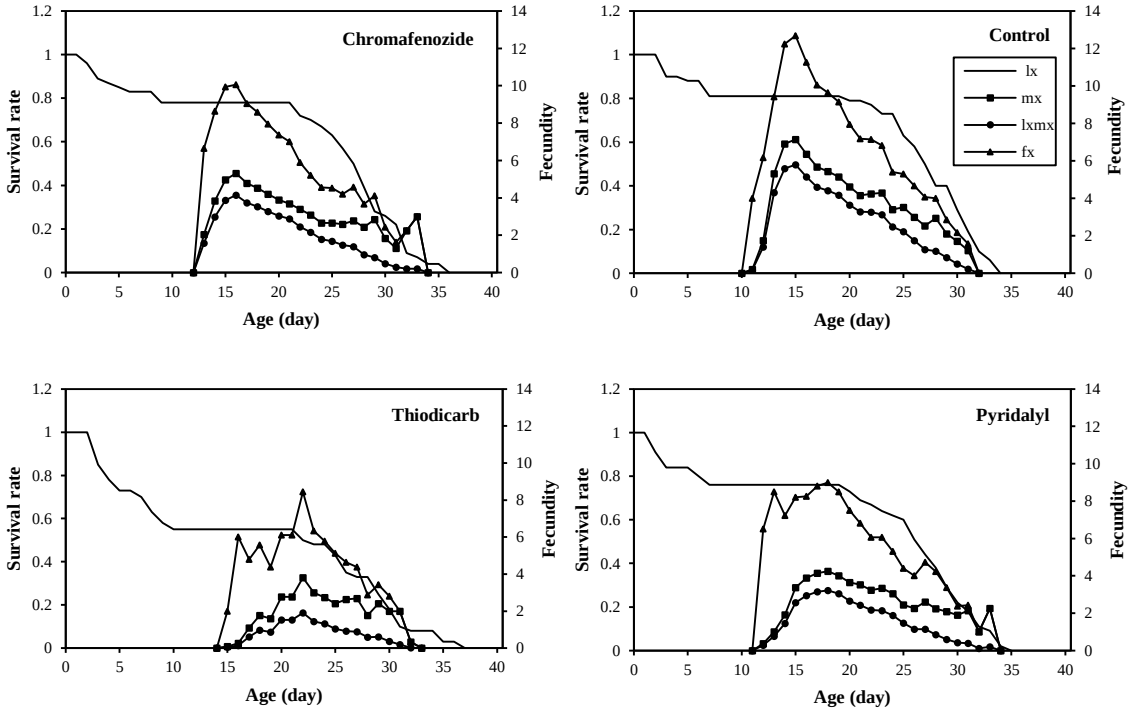
فراسنجه‌های جدول زیستی

تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x)، نرخ باروری ویژه سن (m_x)، باروری مادری ویژه سن(l_xm_x) و باروری ویژه سن-مرحله (f_{x4}) زنبور پارازیتوئید در شکل ۱ نشان داده شده است. منحنی‌های نرخ زنده‌مانی ویژه سن در تیمارهای شاهد، کرومافنوزاید و پیریدالیل بیش‌ترین کاهش را در مرحله حشره کامل به ترتیب در فاصله‌های سنی ۳۴-۲۴، ۳۶-۲۲، ۳۵-۲۰ روز نشان دادند. منحنی نرخ زنده‌مانی ویژه سن در تیمار تیودیکارب علاوه بر مرحله حشره کامل (در فاصله سنی ۳۷-۲۴ روز) در مرحله نابالغ (در فاصله سنی ۱۰-۳ روز) نیز کاهش داشت. بیش‌ترین نقطه اوج سه منحنی نرخ باروری ویژه سن، باروری مادری ویژه سن و باروری ویژه سن-مرحله زنبور به ترتیب در تیمارهای شاهد در سن ۱۵ روز، کرومافنوزاید در سن ۱۶ روز، پیریدالیل در سن ۱۸ روز و تیودیکارب در سن ۲۲ روز مشاهده شد. تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی امید به زندگی ویژه سن (e_x) زنبور پارازیتوئید در شکل ۲ نشان داده شده است. مقادیر امید به زندگی در اولین روز تولد برای تیمارهای شاهد، کرومافنوزاید، پیریدالیل و تیودیکارب به ترتیب ۲۴/۰۶، ۲۳/۳۰، ۲۲/۲۷ و ۱۸/۲۵ روز برآورد شد. منحنی‌های امید به زندگی زنبور در تیمارهای مختلف همگی دارای روند نزولی

www.SID.ir

Archive of SID

بودند، اما نرخ‌های صعودی محدودی نیز در منحنی‌ها مشاهده شد که بیان‌گر عبور افراد از مرحله حساس در دوره زندگی‌شان بود. تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی ارزش تولیدمثلی ویژه سن–مرحله (V_{xj}) زنبور پارازیتوئید در شکل ۳ نشان داده شده است. میزان این فراسنجه در شاهد بیش‌تر از تیمارهای حشره‌کش بود. در تیمارهای حشره‌کش، تیودیکارب بیش‌ترین کاهش و پیریدالیل و کرومافنوزاید کم‌ترین کاهش را در این فراسنجه نشان دادند. حشره‌کش‌ها به صورت معنی‌داری فراسنجه‌های جمعیت پایدار را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۵). بیش‌ترین مقادیر نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ‌های ذاتی (r) و متناهی (λ) افزایش جمعیت در تیمار شاهد (به ترتیب ۵۹/۴۴ نتاج ماده، ۰/۲۲۶ بر روز و ۱/۲۵۴ بر روز) و کم‌ترین مقادیر این فراسنجه‌ها در تیمار تیودیکارب (به ترتیب ۱۴/۹۰ نتاج ماده، ۰/۱۱۵ بر روز و ۱/۱۲۲ بر روز) مشاهده شد. کم‌ترین مقادیر متوسط مدت زمان نسل (T) و مدت زمان دو برابر شدن (DT) در تیمار شاهد (به ترتیب ۱۷/۹۹ و ۳/۰۷ روز) و بیش‌ترین مقادیر این فراسنجه‌ها در تیمار تیودیکارب (به ترتیب ۲۳/۱۲ و ۶/۱۳ روز) مشاهده شد.

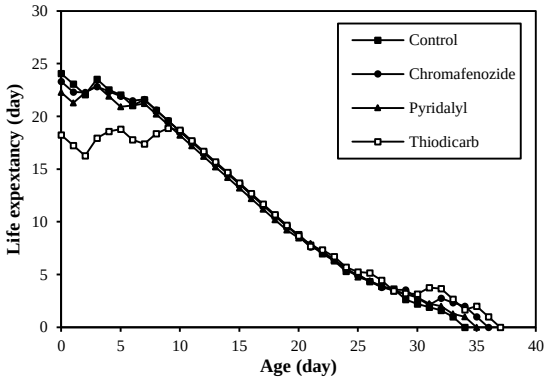


شکل ۱- تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x)، نرخ باروری ویژه سن (m_x)، باروری مادری ویژه سن (l_xm_x) و باروری ویژه سن–مرحله (f_{x4}) زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say

Figure 1. Sub-lethal effect of insecticides tested on age-specific survival rate (l_x), age-stage specific fecundity (f_{x4}) and age-specific fecundity (m_x) of parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* Say

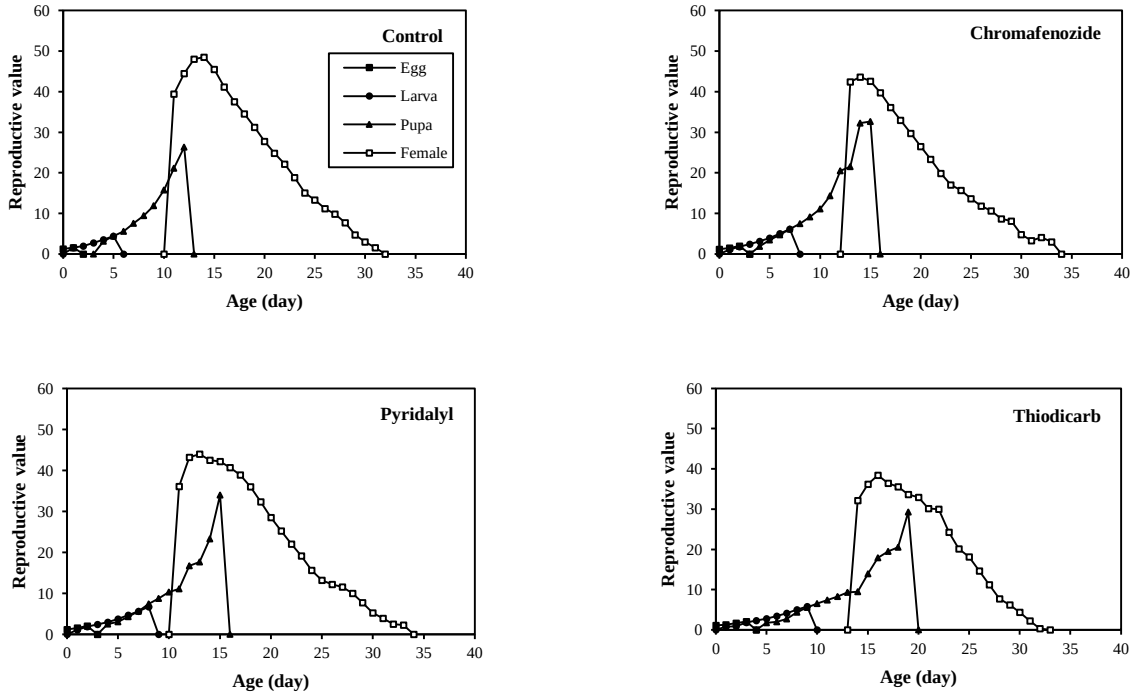
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی امید به زندگی ویژه سن (e_x) زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say

Figure 2. Sub-lethal effect of insecticides tested on age specific life expectancy (e_x) of parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* Say



شکل ۳- تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله (V_{xj}) زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say

Figure 3. Sub-lethal effect of insecticides tested on reproductive value (v_{xj}) of parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* Say

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی فراسنجه‌های جمعیت پایدار (میانگین±خطای معیار) زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say

Table 5. Sub-lethal effect of insecticides tested on population parameters (mean±standard error) of parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* Say

Treatments	Net reproductive rate (R_0) (♀ offspring)	Intrinsic rate of increase (r) (day^{-1})	Finite rate of increase (λ) (day^{-1})	Mean generation time (T) (day)	Doubling time (DT) (day)
Control	59.44±1.64 a	0.226±0.003 a	1.254±0.004 a	17.99±0.17 c	3.07±0.10 a
Chromafenozide	42.92±1.03 ab	0.196±0.004 b	1.216±0.005 b	19.09±0.26 b	3.55±0.08 a
Pyridalyl	34.92±1.47 b	0.179±0.003 b	1.196±0.005 b	19.70±0.19 b	3.89±0.16 a
Thiodicarb	14.90±0.89 c	0.115±0.006 c	1.122±0.006 c	23.12±0.31 a	6.13±0.25 b

Means within a column followed by same letters are not significantly different ($P < 0.05$) using the paired bootstrap test (B= 100,000).

بحث

نتایج زیست‌سنجی نشان داد که تیودیکارب نسبت به کرومافنوزاید و پیریدالیل برای زنبورهای ماده *H. hebetor* بسیار سمی‌تر است. پیریدالیل تا سه برابر غلظت مزرعه‌ای موجب مرگ و میر ۱۹ درصدی زنبورهای ماده شد، به همین خاطر غلظت‌های کشنده (LC_{30} و LC_{50}) برای آن برآورد نشد. در پژوهش کندیل و همکاران (Kandil *et al.*, 2018) با استفاده از روش زیست‌سنجی تغذیه از محلول حشره‌کش، پس از ۴۸ ساعت، مقدار LC_{50} کرومافنوزاید برای حشرات کامل بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (Stephans)، ۶/۷۹ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر برآورد شد. پژوهش صابر و عابدی (Saber and Abedi, 2013) نشان داد که یک و نیم برابر غلظت مزرعه‌ای متوکسی‌فنوزاید و سه برابر غلظت مزرعه‌ای پیریدالیل، پس از ۴۸ ساعت، به ترتیب موجب ۴۰ درصد و هفت درصد مرگ و میر در زنبورهای ماده *H. hebetor* شدند. رفیعی دستجردی و همکاران (Rafiee-Dastjerdi *et al.*, 2009) با استفاده از روش زیست‌سنجی تماسی با باقی‌مانده حشره‌کش، پس از ۲۴ ساعت، مقدار LC_{50} تیودیکارب را برای زنبور ماده *H. hebetor*، ۸۱/۰۴ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر به‌دست آوردند. نتایج ما نشان داد که تیودیکارب روی مدت زمان رشد و نمو همه مراحل زیستی زنبور پارازیتوئید (تخم-بالغ) به صورت معنی‌داری تأثیرگذار است؛ در حالی که پیریدالیل و کرومافنوزاید روی مدت زمان رشد و نمو مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) تأثیر معنی‌داری داشتند. سه حشره‌کش باروری روزانه و کل زنبورهای ماده را به صورت معنی‌داری کاهش دادند. هم‌سو با نتایج ما، پژوهش رفیعی دستجردی و همکاران (Rafiee-Dastjerdi *et al.*, 2009) نشان داد که غلظت LC_{25} تیودیکارب به صورت معنی‌داری طول عمر زنبورهای ماده، تعداد تخم گذاشته‌شده و درصد تفریخ تخم زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* را کاهش داد. صابر و عابدی (Saber and Abedi, 2013) زنبورهای ماده *H. hebetor* را در معرض حشره‌کش‌های متوکسی‌فنوزاید (به مدت ۷۲ ساعت) و پیریدالیل (به مدت ۹۶ ساعت) با غلظت LC_{30} قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که هر دو حشره‌کش روی طول عمر زنبورها اثری نداشتند، هرچند تعداد تخم‌های گذاشته-شده، درصد تفریخ تخم و درصد ماده‌زایی را کاهش دادند. کندیل و همکاران (Kandil *et al.*, 2018) حشرات بالغ بالتوری سبز *C. carnea* را به مدت ۴۸ ساعت، در معرض پنبه آغشته به کرومافنوزاید با غلظت LC_{20} قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که کرومافنوزاید میزان تخم‌گذاری و تفریخ تخم‌ها را کاهش داد، اما روی طول عمر حشرات ماده اثر منفی نداشت. نتایج دو پژوهش اخیر تأییدی بر نتایج این پژوهش بودند. قابل توجه است که نتایج ما نشان داد هیچ‌یک از حشره‌کش‌ها روی نسبت جنسی زنبورهای پارازیتوئید تأثیری نداشتند. بر اساس نتایج صدارتیان (Sedaratian *et al.*, 2014) باکتری *Bacillus thuringiensis* و هم‌چنین نتایج مهدوی و همکاران (Mahdavi *et al.*, 2011) حشره-کش‌های کاربارایل، کلرپایریفوس، اسپنوساد و آبامکتین روی نسبت جنسی زنبور *H. hebetor* تأثیر معنی‌داری نداشتند. در پژوهش صابر و عابدی (Saber and Abedi, 2013) نسبت جنسی زنبورهای پارازیتوئید *H. hebetor* تحت تأثیر حشره‌کش‌های پیریدالیل و متوکسی‌فنوزاید قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

تفاوت نتایج پژوهش حاضر با پژوهش یادشده می‌تواند به دلیل متفاوت بودن روش آزمایش، پیشینه پرورش و تفاوت‌های ذاتی جمعیت‌های زنبور پارازیتوئید باشد.

جدول زیستی به عنوان یک روش مناسب برای بررسی اثرهای کلی حشره‌کش‌ها پیشنهاد شده است، چون تمام اثرهای یک ترکیب سمی را روی جمعیت مورد آزمایش مشخص می‌کند (Mardani *et al.*, 2016). نتایج این پژوهش نشان داد که حشره‌کش‌های مورد آزمایش به صورت معنی‌داری فراسنجه‌های جمعیت پایدار زنبور *H. hebetor* را تحت تأثیر قرار دادند. هم‌سو با نتایج ما، پژوهش‌های پیشین نشان دادند که تیودیکارب با غلظت LC_{25} (Rafiee-Dastjerdi *et al.*, 2009) و متوکسی-فنوزاید و پیریدالیل با غلظت LC_{30} (Saber and Abedi, 2013) به صورت معنی‌داری روی فراسنجه‌های جمعیت پایدار (r، λ، T و DT) زنبور *H. hebetor* تأثیر گذاشتند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تیودیکارب اثرهای کشندگی و زیرکشندگی قابل توجهی روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* ایجاد می‌کند. با توجه به نحوه عمل تیودیکارب که روی سیستم عصبی (آنزیم استیل‌کولین استراز) حشرات تأثیرگذار است، احتمال آن زیاد است که این حشره‌کش علاوه بر آفات هدف، برای دشمنان طبیعی نیز سمی باشد. پژوهش‌های بسیاری اثرهای کشندگی و زیرکشندگی تیودیکارب را روی دشمنان طبیعی مورد مطالعه قرار دادند که نتایج آن‌ها بیان‌گر این است که این حشره‌کش برای بسیاری از پارازیتوئیدها و شکارگرها پرخطر است (Suh *et al.*, 2000; Brunner *et al.*, 2001; Symington, 2003; Khan *et al.*, 2009). تأکید برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات بر این است که حشره‌کش‌های مورد استفاده باید برای جانوران غیرهدف ایمن باشند؛ به عبارت دیگر، برای آفت هدف ویژگی انتخابی داشته باشند (Stark *et al.*, 2004). ترکیبات جدیدی مانند کرومافنوزاید از گروه تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات (Rani *et al.*, 2018) و پیریدالیل از مشتقات دی‌هالوپروپن‌ها (Isayama *et al.*, 2005) از جمله حشره‌کش‌هایی هستند که دارای ویژگی-های انتخاب فیزیولوژیک و ایمن برای دشمنان طبیعی هستند.

در پژوهش‌های پیشین ثابت شده است که پیریدالیل برای بندپایان مفید به ویژه پارازیتوئیدها، شکارگرها و گرده‌افشان-ها بی‌ضرر است (Tillman and Mulrooney, 2000; Hamamura and Shinoda, 2004; Isayama *et al.*, 2005). پژوهش‌های کمی در زمینه بررسی اثرهای کرومافنوزاید روی دشمنان طبیعی انجام شده است. کندیل و همکاران (Kandil *et al.*, 2018) و کوهنو (Kohno *et al.*, 2007) اثرهای کرومافنوزاید را به ترتیب روی حشرات بالغ بالتوری سبز *C. carnea* و پوره‌های گوشخیزک *Labidura riparia* (Pallas) مورد بررسی قرار دادند و نتایج آنها ثابت کرد که کرومافنوزاید برای این شکارگرها بی‌خطر است. در نهایت، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کرومافنوزاید و پیریدالیل اثرهای سوء کمتری روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* داشتند، در حالی‌که تیودیکارب برای این زنبور پارازیتوئید خطرناک بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات، حشره‌کش‌های کرومافنوزاید و پیریدالیل مورد استفاده قرار گیرند. به منظور تأیید نتایج این پژوهش، لازم است مطالعات تکمیلی و کاربردی در شرایط گلخانه و مزرعه انجام شود تا بتوان از آن به عنوان رویکردی جدید در برنامه‌های مهار زیستی استفاده کرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تهران انجام شده است که به این جهت، نگارندگان کمال تشکر و قدردانی را دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Backer, J. E. and Fabrick, J. A. 2000. Host hemolymph proteins and protein digestion in larval *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae). **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 30: 937–946.

Biondi, A., Mommaerts, V., Smagghe, G., Vinuela, E., Zappala, L. and Desneux, N. 2012. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest Management Science** 68: 1523–1536.

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: 1075–1084.

Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rate among individuals. **Environmental Entomology** 17: 26–34.

Chi, H. 2020. TWOSEX-MS chart: a computer program for the age-stage, two sex life table analysis. Available from: http://140.120.197.173/Ecology/Download/ TwosexMSChart.zip.

Chi, H. and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica** 24: 225–240.

Desneux, N., Fauvergue, X., Dechaume Moncharmont, F. X., Kerhoas, L., Ballanger, Y. and Kaiser, L. 2005. *Diaeretiella rapae* limits *Myzus persicae* populations after applications of deltamethrin in oilseed rape. **Journal of Economic Entomology** 98: 9–17.

Fathipour, Y. and Naseri, B. 2011. Soybean cultivars affecting performance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). In Ng, T. B. (Ed.). Soybean-biochemistry, chemistry and physiology. Intechopen Press, Rijeka, Croatia. pp. 599–630.

Hamamura, T. and Shinoda, T. 2004. Selection of harmless pesticides to three predaceous mites. **Proceedings of the Kansai Plant Protection Society** 46: 63–65.

Han, P., Niu, C. Y. and Desneux, N. 2014. Identification of top-down forces regulating cotton aphid population growth in transgenic Bt. cotton in central China. **PLOS ONE** 9(8): 1–9. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0102980

IRAC. 2020. IRAC Mode of Action Classification Scheme. Version 9.4, IRAC International MoA Working Group, Insecticide Resistance Action Committee, 1–30 pp. Retrieved October 28, 2020. From http://www.irac-online.org.

Isayama, S., Saito, S., Kuroda, K., Umeda, K. and Kasamatsu, K. 2005. Pyridalyl, a Novel Insecticide: Potency and Insecticidal Selectivity. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology** 58: 226–233.

Kandil, M. A., Mostafa, H. Z. and Hassan, K. A. 2018. The latent effect of chromafenozide on the reproductive and some biology aspects of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). **Egyptian Journal of Agricultural Research** 96(4): 1335–1349.

Khan, R. R., Ashfaq, M., Ahmed, S. and Sahi, S. T. 2009. Mortality responses in *Bracon hebetor* Say (Braconidae) against some new chemistry and conventional insecticides under laboratory conditions. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences** 46(1): 30–33.

Kohno, K., Takeda, M. and Hamamura, T. 2007. Insecticide susceptibility of a generalist predator *Labidura riparia* (Dermaptera: Labiduridae). **Applied Entomology and Zoology** 42: 501–505.

Mahdavi, V., Saber, M., Rafiee-Dastjerdi, H. and Mehrvar, A. 2011. Comparative study of the population level effects of carbaryl and abamectin on larval ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). **BioControl** 56(6): 823–830.

Mardani, A., Sabahi, Q., Rasekh, A. and Almasi, A. 2016. Lethal and sublethal effects of three insecticides on the aphid parasitoid, *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hymenoptera: Aphidiidae). **Phytoparasitica** 44(1): 91–98.

Mardani, A., Sabahi, Q., Rasekh, A. and Almasi, A. 2017. Susceptibility of pupal and adult stages of the parasitoid *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hym.: Braconidae) to insecticides thiacloprid+deltamethrin, pirimicarb and pymetrozine. **Plant Pest Research** 6(4): 61-71.

Moriya, K., Hirakura, S., Kobayashi, J., Ozoe, Y., Saito, S. and Utsumi, T. 2008. Pyridalyl inhibits cellular protein synthesis in insect, but not mammalian, cell lines. **Archives of Insect Biochemstry and Physiology** 69 (1): 22–31.

www.SID.ir

Archive of SID

Nguyen, N. T. H., Borgemeister, C., Poehling, H. and Zimmermann, G. 2007. Laboratory investigations on the potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and pupae. **Biocontrol Science and Technology** 17: 853–864.

Rafiee-Dastjerdi, H., Hejazi, M. J., Nouri-Ghanbalani, G. and Saber, M. 2009. Toxicity of some biorational and conventional insecticides to cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and its ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Entomological Society of Iran** 28: 27–37.

Rani, G., Gupta, N., Redhu, N. S. and Kumar, S. 2018. Ecdysone receptor present in insects is a novel target for insecticide. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 7(5): 1548–1553.

Robertson, J. L., Russell, R. M., **Preisler, H. K. and Savin, N. E.** 2007. Bioassays with arthropods (2nded.). CRC press. Boca Raton. PP. 224.

Saber, M. and Abedi, Z. 2013. Effects of methoxyfenozide and pyridalyl on the larval ectoparasitoid *Habrobracon hebetor*. **Journal of pest Science** 86: 685–693.

Sakamoto, N., Saito, S., Hirose, T., Suzuki, M., Matsyo, S., Izumi, K., Nagatomi, T., Ikegami, H., Umeda, K., Tsushima, K. and Matsuo, N. 2004. The discovery of pyridalyl; a novel insecticidal agent for controlling lepidopterous pests. **Pest Management Science** 60: 25–34.

Sedaratian, A., Fathipour, Y. and Talaei-Hassanloui, R. 2014. Deleterious effects of *Bacillus thuringiensis* on biological parameters of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera*. **BioControl** 59(1): 89-98.

Singh, S. P., Ballal, C. R. and Poorani, J. 2002. Old world bollworm *Helicoverpa armigera*, associated Heliothinae and their natural enemies. Project Directorate of Biological Control, India.

SPSS. 2016. SPSS for windows. SPSS INC., Chicago, Illinois.

Stark, J. D., Banks, J. E., and Acheampong, S. 2004. Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of life history strategies and population structure. **Biological Control** 29: 392–398.

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

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

Talebi-Jahromi, Kh. 2007. Pesticide toxicology (4th ed.). University of Tehran Publication, Iran. PP. 507. (In Farsi)

Tillman, P. G. and Mulrooney, J. E. 2000. Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps, and Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. **Journal of Economic Entomology** 93:1638–1643.

Wang, Y., Yu, R., Zhao, X., Chen, L., Wu, Ch., 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.

Yanagi, M., Tsukamoto, Y., Watanabe, T. and Kawaghshi, A. 2006. Development of a novel lepidopteran insect control agent, chromafenozide. **Journal of Pesticide Science** 31: 163–164.

www.SID.ir

Archive of SID

Plant Pest Research
2020- 10(4): 1-14

Research paper

Lethal and sub-lethal effects of insecticides chromafenozide, pyridalyl and thiodicarb on parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor*

A. Mardani[1], Q. Sabahi[1]* and A. Sheikhi-Garjan[2]
1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran, 2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

(Received: September 26, 2020- Accepted: December 21, 2020)

Abstract

Habrobracon hebetor Say, is one of the most important larval parasitoids of many lepidopteran pests, particularly the family Noctuidae. In this study, the lethal and sub-lethal effects of chromafenozide, pyridalyl and thiodicarb, as insecticides, were investigated on this parasitoid under laboratory conditions. Bioassay tests on adults were conducted based on contact method and sub-lethal effects were done based on demographic toxicology. According to bioassay tests, estimated LC_{30} values for chromafenozide and thiodicarb were 126.43 and 54.24 mg a.i./L, respectively. Since even with the application of three times more than that of the field concentration of pyridalyl (2250 mg a.i./L), maximum mortality percentage of insects was 19%; LC_{30} value was not estimated for this insecticide. In order to assess sub-lethal effects of insecticides, female wasps were exposed LC_{30} values of chromafenozide and thiodicard and the field concentration of pyridalyl (750 mg a.i./L). According to sub-lethal tests, insecticide treatments significantly affected duration of life different, fecundity and life table parameters. The intrinsic (r) and finite (λ) rates of increase were significantly lower in insecticide treatments than that of control. Overall, results showed that thiodicarb had the highest toxicity effect on *H. hebetor*, while pyridalyl and chromafenozide had less adverse effects on this parasitoid. Following field experiments and subject to confirmation of the results of this study, it is possible to use pyridalil and chromafenozide in integrated pest management programs.

Key words: *Habrobracon hebetor*, Biological parameters, Life-table, Integrated pest management

*Corresponding author: sabahi@ut.ac.ir

www.SID.ir