14(3) 393-398, Autumn 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Effects of Phosalone, Pyridalil and Fenpyroximate on *Bracon hebetor* life history parameters

Manizheh Jamshidi *

Department of Plant Protection, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Key Words

Bracon hebetor
Integrated pest management
Intrinsic rate of increase
Parasitoid

Abstract

Introduction: *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae), is one of the important ectoparasitoid on larval stage of many lepidopterous pests especially Noctuidae and Pyralidae. These wasps are used widely in biological control programs. Every year a variety of pesticides are used in cotton fields, which affects natural enemies such as *B. hebetor*. In this research, lethal and sub-lethal effects of commonly used pesticides in cotton fields such as Phosalone, Pyridalil and Fenpyroximate, on *B. hebetor* were evaluated under laboratory conditions (25±1ºC, 60±5 r.h. and a photoperiod of 16L: 8D h).

Materials & Methods: In this research, lethal and sub-lethal effects of commonly used pesticides in cotton fields such as Phosalone, Pyridalil, and Fenpyroximate, on *B. hebetor* were evaluated under laboratory conditions (25±1ºC, 60±5 RH. and a photoperiod of 16L: 8D h.). In the next stage of study, bioassay experiments by application of dipping were carried out on immature *B. hebetor*.

Result: The effects of field recommended concentrations of the pesticides were assessed on the larval and pupal stages of *B. hebetor* according to IOBC standard methods, thus the results showed that every of three pesticides were classified as slightly harmful. Assessment of pesticides sub lethal effects on adult warps which were exposed to LC_{25} revealed, stable population parameters, biological and reproductive parameters were influenced by this pesticide. The mean value of Net reproductive rate (R0) and intrinsic rate of increase (r_m) for phosalone, pyridalil and fenpyroximate, were calculated 33.78±0.71, 26.35±0.45 and 40.76±2.43 female/female/generation and 0.21, 0.18 and 0.23 female/female/day, respectively. Comparison of means using Tukey's test ($p<0.05$) shows that, different between the means is significant.

Conclusion: Negative effects of pesticides on parasitoids unknow well but our results showed that the order of toxicities of the insecticides on *B. hebetor* was as follows: phosalone > pyridalil > fenpyroximate and fenpyroximate is suitable pesticide for interment pest managements.

* Corresponding Author's email: ma.jamshidi@yahoo.com
Received: 22 October 2021; Reviewed: 16 November 2021; Revised: 18 January 2022; Accepted: 16 February 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.321869.2718

مقاله پژوهشی

تاثیر آفت‌کش‌های فوزالون، پیریدالیل، فن‌پیروکسی‌میت روی فراسنجه‌های زیستی زنبور *Bracon hebetor*

منیژه جمشیدی*

گروه گیاه‌پزشکی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

کلمات کلیدی

پارازیتوئید
مدیریت تلفیقی آفات
نرخ ذاتی افزایش جمعیت
Bracon hebetor

چکیده

مقدمه: زنبور *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) یکی از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای خارجی مرحله لاروی بسیاری از آفات بال‌پولک‌دار به‌ویژه شب‌پره‌های خانواده Pyralidae و Noctuidae است. این زنبور در سطح وسیع در برنامه‌های کنترل بیولوژیک به‌کار می‌رود. همه ساله در مزارع پنبه آفت‌کش‌هایی مصرف می‌شود که می‌تواند بر روی دشمنان طبیعی ازجمله زنبور *B. hebetor* اثر کشنده داشته باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق اثرات کشندگی و زیرکشندگی آفت‌کش‌های متداول مصرف در زراعت پنبه از جمله فوزالون، پیریدالیل و فن‌پیروکسی‌میت روی زنبور *B. hebetor* در شرایط آزمایشگاهی با دمای۱±۲٦ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ٥±٦۰ درصد و دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی و ٨ ساعت تاریکی مورد ارزیابی قرارگرفت. آزمایش‌های زیست‌سنجی روی مراحل نابالغ همراه با میزبان به‌روش غوطه‌وری و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت.

نتایج: تاثیر غلظت توصیه شده مزرعه‌ای آفت‌کش‌ها بر روی مراحل لاروی و شفیرگی زنبور *B. hebetor* بررسی گردیده و طبق گروه‌بندی سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC) هر چهار آفت‌کش در گروه آفت‌کش‌های کم ضرر قرار گرفتند. در بررسی اثرات زیرکشندگی آفت‌کش‌ها (LC_{25}) بر روی حشرات کامل ماده زنبور معلوم گردید که همه فراسنجه‌های زیستی، تولیدمثلی و جمعیت پایدار تحت تاثیر آفت‌کش‌ها قرار دارند. مقادیر r_m و R0 برای شاهد و آفت‌کش‌های فوزالون، پیریدالیل و فن‌پیروکسی‌میت به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۲۱، ۰/۱۸ و ۰/۲۳ ماده بر ماده بر روز و ۱/۱۷±٦۹/۳٦، ۰/۷۱±۳۳/۷۸، ۰/٤٦±۲٦/۳٥ و ۲/٤۳±٤۰/۷٦ ماده بر ماده بر نسل به‌دست آمد ترتیب سمیت حشره‌کش‌های‌مورد استفاده برروی زنبورپارازیتوئید به‌صورت فوزالون>پیریدالیل>فن‌پیروکسی‌میت بود. مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون توکی ($p<۰/۰٥$) نشان داد که اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار است.

بحث و نتیجه‌گیری: اثرات منفی آفت‌کش‌ها روی افراد بالاتر سطوح غذایی از جمله پارازیتوئیدها به‌خوبی شناخته نشده است، اما بر اساس یافته‌های این تحقیق، فن‌پیروکسی‌میت یک آفت‌کش مناسب برای تلفیق در سیستم‌های مدیریت آفات‌زراعی و کشاورزی می‌باشد که فاقد اثرات سوء قابل اندازه‌گیری روی دشمنان طبیعی کلیدی و مهم مانند زنبور براکون می‌باشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ma.jamshidi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۳۰ مهر ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۲٥ آبان ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۲۸ دی ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۲۷ بهمن ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.321869.2718

مقدمه

کنترل موفق و پایدار بسیاری از آفات، تنها از راه استفاده توام از عوامل کنترل زیستی و ترکیبات شیمیایی در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات میسراست، زیرا هر کدام از این روش‌ها به‌طور جداگانه دارای نواقصی هستند که تامین‌کننده اهداف مدیریت تلفیقی نیستند (۱۵). بنابراین، دانستن اثر آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی برای کاربرد این دو ابزار توانمند مدیریت آفات، امری ضروری است (۲۹). بسیاری از آفت‌کش‌های شیمیایی دارای طیف اثر وسیع بوده و علاوه بر آفات هدف، دشمنان طبیعی را هم تحت تاثیر قرار داده و از طریق سمیت مستقیم منجر به مرگ پارازیتوئیدها و شکارگرها می‌شود (۲۲). اثرات آفت‌کش‌ها ممکن است از راه سمیت دز زیرکشنده و یا خاصیت دور کنندگی آفت‌کش انجام شود که در این صورت علاوه بر تاثیر روی فراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی حشره باعث دور شدن پارازیتوئید و شکارگرها از محل زندگی آفات نیز می‌شود (۲۳). کاهش جمعیت دشمنان طبیعی از طریق از بین رفتن میزبان، یعنی منابع غذایی آن‌ها، که توسط آفت‌کش‌ها صورت می‌گیرد نیز از اثرات دیگر آفت‌کش‌های شیمیایی است (۱۱). توجه به اثرات زیرکشندگی همراه با مطرح شدن مدیریت تلفیقی آفات بیش‌تر شده و محققان دریافته‌اند که دشمنان طبیعی واکنش‌های متفاوتی در برابر دزهای زیرکشنده آفت‌کش‌ها از خود نشان می‌دهند (۲۹). امروزه مشخص شده است که دزهای زیرکشنده آفت‌کش‌ها می‌توانند فیزیولوژی و رفتار گونه‌های بندپای هدف و غیرهدف را تحت تاثیر قرار دهند (۷). بقایای دز زیرکشنده ممکن است آن دسته از دشمنان طبیعی را که بعد از کاربرد آفت‌کش‌ها زنده می‌مانند تحت تاثیر قرار دهد (۱۰). دزهای زیرکشنده ممکن است اثرات مثبت یا منفی روی دشمنان طبیعی داشته باشند، اما اثرات منفی آفت‌کش، بیش‌تر گزارش شده است. اثرات مثبت شامل افزایش باروری، افزایش کارایی پارازیتوئید، افزایش تحرک و کاهش دوره نشو و نما می‌باشند (۱۳، ۲۳). از اثرات منفی آفت‌کش‌ها می‌توان به کاهش باروری روزانه، کاهش تولیدمثل، از دست‌دادن توانایی تشخیص میزبان و عدم تغذیه اشاره کرد. ارزیابی اثرات حشره‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی باید همه جانبه و با درنظر گرفتن اثرات کشندگی و زیرکشندگی آن‌ها باشد برای این منظور از سم‌شناسی دموگرافیک استفاده می‌شود که در آن فراسنجه‌های جدول زیستی جمعیت‌های قرار گرفته در معرض غلظت‌های مختلف یک حشره‌کش با جمعیت شاهد مقایسه می‌شوند (۱۲). در میان عوامل کنترل‌کننده طبیعی، زنبور *Bracon hebetor* Say نقش ارزنده‌ای درکاهش جمعیت تعدادی از آفات اصلی و اقتصادی محصولات زراعی از جمله کرم غوزه پنبه *Helicoverpa armigera* Hübner ایفا می‌کند. این زنبور از عملکرد قابل قبولی در کنترل آفات برخوردار بوده به‌طوری‌که قادر است در شرایط طبیعی حتی در مواردی بیش از ۸۰ درصد پارازیتیسم ایجاد نماید (۳). در سال‌های اخیر پرورش انبوه و استفاده از آن برای کنترل آفات بال پول‌کدار مورد توجه قرار گرفته است (۱). با توجه به اهمیت حضور و فعالیت زنبور پارازیتوئید *B. hebetor* در مزارع پنبه و کاربرد گروه‌های مختلف آفت‌کش‌ها در این مزارع، در این تحقیق اثرات کشندگی و زیرکشندگی آفت‌کش‌های متداول در کنترل آفات پنبه شامل حشره‌کش‌های فوزالون و پیریدالیل و کنه‌کش فن‌پیروکسی‌میت روی زنبور *B. hebetor* در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش حشره میزبان زنبور *B. hebetor*: کلنی اولیه شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* به‌صورت لارو سن پنج از پرورش‌های موجود در اینسکتاریوم بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی تبریز تهیه گردید و در داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد ۴۰×۳۰×۱۰ سانتی‌متر پرورش داده شد. در داخل هر ظرف مقداری آرد گندم به ارتفاع سه سانتی‌متر ریخته شد و در ادامه ۰/۴ گرم تخم بید آرد به صورت یکنواخت روی آرد پخش شد. به‌منظور تامین تهویه، در قسمت درب ظروف پرورش دریچه‌ای ایجاد و با توری ظریف ۵۰ مش پوشانده شد. ظروف پرورش در اتاق پرورش با شرایط دمایی ۱± ۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵± ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگه‌داری شدند. حشرات کامل پس از خروج، روزانه با استفاده از یک دستگاه آسپیراتور برقی جمع‌آوری و به ظروف تخم‌گیری پلاستیکی شفاف منتقل شد. دهانه بالا و پایین ظروف با استفاده از پارچه توری ۱۵ مش پوشانده شد و به‌صورت وارونه روی صفحه کاغذی سفید قرار داده شد. تخم‌های ریخته شده بر سطح آن با استفاده از قلمو هر ۲۴ ساعت یک‌بار جمع‌آوری شد و برای تشکیل کلنی جدید مورد استفاده قرار گرفت (۱۷).

پرورش زنبور *B. hebetor*: کلنی اولیه زنبور *B. hebetor* به صورت حشرات کامل از پرورش‌های موجود در اینسکتاریوم مشگین شهر تهیه و داخل ظروف پلاستیکی استوانه ای به قطر ۱۵ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر پرورش داده شد. برای ایجاد تهویه در قسمت درب هر کدام از ظروف دریچه‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر تعبیه و با توری ۵۰ مش پوشانده شد. برای تغذیه حشرات کامل از لایه نازکی از آب عسل مالیده شده روی نوارهای کاغذی که در دیواره ظروف پرورش قرار داده شده بود استفاده شد. در داخل هر ظرف پرورش، ۴۰ عدد لارو سن آخر شب‌پره مدیترانه‌ای و ۱۰ عدد زنبور ماده به همراه ۱۰ عدد زنبور نر رهاسازی شد. سپس ظروف پرورش در اتاقک رشد با شرایط ذکر شده نگه‌داری شد. پس از ۲۴ ساعت، زنبورها با استفاده از

آسپیراتور دستی خارج و برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی استفاده شد (۱۳).

تاثیر آفت‌کش‌ها روی مراحل نابالغ زنبور پارازیتوئید: غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای آفت‌کش‌ها نیز بر روی مراحل لاروی و شفیرگی مورد آزمایش قرار گرفت. مقادیر غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای آفت‌کش‌های فوزالون، پیریدالیل و فن‌پیروکسی‌میت به‌ترتیب ۳۵۰۰، ۵۰۰ و ۲۵ پی‌پی‌ام برحسب ماده موثر محاسبه شد. برای هر غلظت آفت‌کش در ۴ تکرار و هر تکرار با ۱۲ عدد لارو و شفیره زنبور پارازیتوئید به‌ترتیب به‌روش تماس با باقی‌مانده آفت‌کش و غوطه‌ور سازی مورد آزمایش قرار گرفت. پتری‌های محتوی مراحل نابالغ در اتاقک نگه‌داری و نتایج مرگ و میر بعد از ۲۴ ساعت ثبت گردید. کاهش ظهور حشرات کامل با در نظر گرفتن مرگ و میر شاهد، با استفاده از فرمول ابوت محاسبه شد (۱۴).

$$\frac{Ca - Ta}{Ca} \times 100$$

Ta: تعداد افراد زنده ظاهر شده در تیمار و Ca: تعداد افراد زنده ظاهر شده در شاهد می‌باشد.

در ادامه، کاهش در ظهور حشرات کامل در تیمارها براساس استانداردهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک IOBC (International Organisation for Biological Control) موردارزیابی قرار گرفت. براساس استاندارد مذکور، آفت‌کش‌های با درصد تلفات کم‌تر از ۳۰٪ بی‌ضرر، ۳۰-۷۹٪ کم ضرر، ۸۰-۹۸٪ با ضرر متوسط و ۹۹٪ یا بیش‌تر مضر طبقه‌بندی می‌شوند (۲۹).

فراسنجه‌های زیستی: برای بررسی اثرات زیرکشندگی، محلول‌های سمی با غلظت‌های معادل LC_{25} آفت‌کش‌ها با در نظر گرفتن مقدار آب لازم در واحد سطح در سم‌پاشی زمینی (۲۰۰ لیتر) تهیه شد سپس ۶۰ عدد زنبور ماده یک‌روزه به‌روش تماس با باقی‌مانده سم در معرض LC_{25} هر یک از آفت‌کش‌ها قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت به‌طور تصادفی ۱۵ عدد زنبور ماده زنده تیمار شده انتخاب و هر کدام همراه با یک حشره نر به ظروف پتری که حاوی هشت عدد لارو میزبان بودند، انتقال داده شدند. از نوار کاغذی آغشته به عسل آب ده درصد نیز به‌عنوان منبع غذایی در داخل ظروف پتری استفاده گردید. این کار برای تیمارهای آفت‌کش و شاهد صورت گرفت و ظروف پتری به اتاقک رشد انتقال داده شد. پس از ۲۴ ساعت زنبورها به ظروف پتری جدید که حاوی لاروهای سالم میزبان بودند انتقال داده شد. ظروف پتری حاوی لاروهای پارازیته شده نیز، پس از شمارش روزانه تعداد تخم گذاشته شده، تا ظهور حشرات کامل در اتاقک رشد نگه‌داری شدند. در این فاصله تعداد تخم تفریخ شده، تعداد لارو و شفیره تشکیل شده و تعداد حشرات کامل نر و ماده ظاهر شده در هر ظرف ثبت شدند. این کار تا زمان مرگ و میر تمامی زنبورها ادامه یافت و با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، طول عمر، تعداد تخم گذاشته و نسبت جنسی افراد ظاهر شده ثبت شد (۲، ۱۹).

فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار و محاسبه‌های آن‌ها: فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار، شامل نسبت تولیدمثل ناخالص (GRR)، نسبت تولیدمثل خالص (R0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی رشد جمعیت (λ)، نرخ ذاتی تولد (b)، نرخ ذاتی مرگ (d)، متوسط طول مدت یک نسل (T) و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) با استفاده از روش Carey در نرم‌افزار Excel محاسبه شدند (۵)، به این ترتیب که داده‌های حاصل از انجام آزمایش شامل سن (x)، نسبت بقای حشرات ماده در سن x (xl) و میانگین تعداد تخم ماده حاصل در سن x (mx) در یک جدول وارد و فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (جدول ۱). واریانس، حدود اطمینان و انحراف معیار برای r در کلیه تیمارها و شاهد جداگانه با روش جک نایف محاسبه شدند (۲۰). برای محاسبه مقادیر جکنایف ابتدا مقدار دقیق هر فراسنجه از مجموعه کل داده‌ها (n) با روش‌های معمول محاسبه گردید. سپس یکی از n تکرار از مجموعه داده‌های اصلی حذف شد و با استفاده از n-1 داده باقی‌مانده، مقدار آن مجدداً محاسبه شد. آنگاه مقادیر کاذب جکنایف برای این زیر مجموعه از داده‌های اصلی محاسبه گردید.

جدول ۱: فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار و نحوه محاسبه آن‌ها

Parameter	Formula
Gross reproductive rate	$GRR=\sum_{x=\alpha}^{\beta} m_x$
Net reproductive rate	$R_0=\sum_{x=\alpha}^{\beta} L_x m_x$
Intrinsic rate of increase	$1=\sum_{x=\alpha}^{\beta} e^{-rx} L_x m_x$
Finite rate of increase	$\lambda = e^r$
Intrinsic birth rate	$b=\frac{1}{\sum_{x=o}^{\omega} e^{-rx} L_x}$
Intrinsic death rate	$d=b-r$
Dobling time	$DT=\frac{\ln 2}{r}$
Mean generation time	$T=\frac{\ln R_0}{r}$

آفت‌کش‌های مورد آزمایش: آفت‌کش‌های مورد آزمایش فوزالون (Zolone®)، پیریدالیل (Sumi pelo®) و فن‌پیروکسی‌میت (Ortus®) بود. فوزالون یک آفت‌کش تماسی و گوارشی است که خاصیت کنه‌کشی هم دارد. در این مطالعه از فرمولاسیون Ec ۳۵ درصد فوزالون (میزان مصرف توصیه شده مزرعه‌ای ۲ لیتر در هکتار) ساخت شرکت کاوش کیمیای کرمان، جهت انجام آزمایشات استفاده گردید. پیریدالیل

آفت‌کشی از ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات و از گروه شیمیایی بنزوئیل اوره می‌باشد که از طریق جلوگیری از سنتز کیتین باعث اختلال در پوست اندازی لاروها می‌شود (۲۲). این ترکیب گوارشی و تا حدی تماسی بوده و در این تحقیق فرمولاسیون EC ۵۰ درصد (میزان مصرف توصیه شده مزرعه‌ای ۲۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) ساخت شرکت سومیتومو ژاپن استفاده شد. فن پیروکسی میت نیز یک کنه‌کش تماسی- گوارشی بوده که بر روی لارو و کنه بالغ موثر است برای انجام آزمایشات فرمولاسیون Sc ۵ درصد (میزان مصرف توصیه شده مزرعه‌ای ۰/۵ در هزار به‌همراه یک درصد روغن) ساخت شرکت ملی شیمی کشاورز به‌کار گرفته شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری: آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد آزمون نرمال بودن انجام شد و در صورت نرمال نبودن تبدیل داده‌ها انجام شد و در صورت معنی‌دار شدن اختلافات بین تیمارها برای مقایسه میانگین تیمارها از روش Tukey استفاده گردید.

نتایج

تاثیر غلظت توصیه شده مزرعه‌ای آفت‌کش‌های فوزالون، پیریدالیل و فن‌پیروکسی‌میت بر روی مرحله لاروی (روز چهارم) و شفیرگی (روز هشتم) نشان داد پیریدالیل با میانگین ۹۷/۲۲ درصد و فن پیروکسی‌میت با میانگین ۶۶/۶۷ درصد به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین درصد ظهور را داشتند (جدول ۲). ویژگی‌های زیستی زنبور *B. hebetor* شامل زادآوری و باروری، طول عمر افراد ماده، نسبت‌جنسی هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین فراسنجه‌ها در جدول ۳ آورده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که هر سه آفت‌کش به‌طور معنی‌داری سبب کاهش زادآوری، باروری و طول عمر زنبور شد. هم‌چنین نسبت‌جنسی محاسبه شده برای شاهد و تیمارهای فوزالون و فن‌پیروکسی‌میت تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. بیش‌ترین نرزایی نیز در تیمار پیریدالیل دیده شد.

فراسنجه‌های جمعیت پایدار: فراسنجه‌های جمعیت پایدار شامل نرخ تولیدمثل ناخالص (GRR)، نرخ تولیدمثل خالص (R)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی رشد(λ)، میانگین طول مدت یک نسل(T)، زمان دو برابر شدن جمعیت (DT)، نرخ ذاتی تولد (b) و نرخ ذاتی مرگ (d) در شاهد و تیمارهای مورد آزمایش برآورد و مقایسه گردید (جدول ۳). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود تفاوت بین شاهد و تیمارهای آفت‌کش در تمامی فراسنجه‌ها معنی‌دار بود.

جدول ۲: میانگین درصد خروج و میزان کاهش خروج حشرات کامل از لاروها و شفیره‌های تیمار شده زنبور *B. hebetor* با غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای آفت‌کش‌ها

تیمار	فرمولاسیون	غلظت	اشتباه استاندارد± میانگین درصد ظهور		میانگین درصد خروج از لارو و شفیره تیمار شده	میانگین کاهش در خروج (٪)	طبقه‌بندی بر اساس روش IOBC/WPRS
		میلی‌گرم ماده موثر در لیتر	لارو	شفیره			
شاهد	—	—	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	—	—
فوزالون	EC	۳۵۰۰	۹/۵±۰۶/۲۵	۸۳/۳۳±۰/۳۳	۴۶/۲۱	۵۳/۷۹	کم ضرر
پیریدالیل	EC	۵۰۰	۹/۵±۰۶/۲۵	۹۷/۲۲±۲/۵	۵۴/۶۷	۴۵/۳۳	کم ضرر
فن پیروکسی میت	SC	۲۵	۲۲/۲۲±۲/۷۸	۶۶/۶۷±۱۵/۲۵	۴۴/۴۵	۵۵/۵۵	کم ضرر

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر آفت‌کش‌ها روی فراسنجه‌های زیستی زنبور *B . hebetor*.

تیمار	فرمولاسیون	زادآوری (تعداد تخم‌گذاشته شده)	طول عمر ماده‌ها (روز)	نسبت جنسی
شاهد	-	۱۹۰/۶۳±۶۳/۴۶ d	۳۸/۸±۴/۳ b	۰/۵۴±۰/۰۲۴ ab
فوزالون	EC	۱۰۵/۶۸±۳۴/۵۷ a	۲۶/۶۳±۴/۷۷ a	۰/۵۴±۰/۰۸۷ ab
پیریدالیل	EC	۱۱۲/۲۱±۳۸/۱۷ b	۲۶/۵۱±۳/۴۲ a	۰/۴۳±۰/۰۳۳ b
فن پروکسی منیت	SC	۱۰۸/۲±۳۷/۶۲ a	۲۶/۵±۳/۱۴ a	۰/۵۶±۰/۰۱۱ a

حروف متفاوت در هر سطر نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۱٪ می‌باشد.

جدول ۴: فراسنجه‌های جمعیت پایدار زنبور پارازیتوئید خارجی *B. hebetor*.

پارامتر	شاهد	تیمار			درجه آزادی (dt)	معنی‌داری (F)
		فوزالون	پیریدالیل	فن‌پروکسی‌میت		
نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)	۱۹۴/۵۶±۳/۹۷b	۱۰۵/۶۴± ۰/۹۵ a	۱۱۱/۹۵±۱/۰۲a	۱۰۵/۷۵± ۵/۹۸ a	۳	۲/۷۶
نرخ ناخالص تولیدمثل (NRR یا R_0)	۶۹/۳۶±۱/۱۷d	۳۳/۷۸±۰/۷۱b	۲۶/۳۵±۰/۴۶a	۴۰/۷۶±۲/۴۳c	۳	۳/۳۶
نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)	۰/۲۳۵±۰/۰۰۰۵c	۰/۲۱۶۵±۰/۰۰۰۹b	۰/۱۸۶۳±۰/۰۰۰۷a	۰/۲۳۹۶±۰/۰۰۳d	۳	۲۸/۲۱
نرخ ذاتی تولد (b)	۰/۲۳۶۱± ۰/۰۰۰۵c	۰/۲۱۹۴±۰/۰۰۰۸b	۰/۱۹۰۵±۰/۰۰۰۷ a	۰/۲۴۱۵±۰/۰۰۳d	۳	۳۰/۲۷
نرخ ذاتی مرگ (d)	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۱a	۰/۰۰۲۸±۰/۰۰۰۱c	۰/۰۰۴۱±۰/۰۰۰۱d	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۱b	۳	۸۴۳/۳۸
نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)	۱/۲۶±۰/۰۰۶c	۱/۲۴±۰/۰۰۱۱b	۱/۲۰±۰/۰۰۰۸a	۱/۲۷±۰/۰۰۴d	۳	۲۶/۸
متوسط مدت زمان یک نسل (T)	۱۸/۳۲±۰/۰۸۷d	۱۶/۲۴±۰/۰۶b	۱۷/۵۴±۰/۰۹۹c	۱۵/۴۶±۰/۱۶a	۳	۱۸/۷۱
مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT)	۲/۹۲±۰/۰۰۶۱b	۳/۲±۰/۰۱۳c	۳/۷۱±۰/۰۱۳d	۲/۸۹±۰/۰۳۸a	۳	۴۰/۱۷

حروف متفاوت در هر سطر نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۱٪ می‌باشد.

بحث

عوامل کنترل بیولوژیک به‌دلیل تلفیق پذیری با کنترل شیمیایی در مدیریت تلفیقی آفات اهمیت زیادی دارند. ولی موفقیت این تلفیق، نیازمند داشتن اطلاع از تاثیر آفت‌کش مورد استفاده در کنترل تلفیقی آفات بر دشمنان طبیعی و نیز استفاده از آفت‌کش‌های انتخابی می‌باشد (۹). نتایج مربوط به درصد ظهور زنبور از لارو و شفیره‌های تیمار شده با آفت‌کش‌ها نیز نشان داد که مرحله لاروی حساس‌تر از مرحله شفیرگی زنبور پارازیتوئید *B. hebetor* نسبت به آفت‌کش‌ها بود. به نظر می‌رسد مرحله رشدی حشره به هنگام قرار گرفتن در معرض حشره‌کش‌ها روی میزان ظهور حشرات کامل تاثیر می‌گذارد (۶). بررسی‌های انجام شده توسط Takada و همکاران، نشان داد که آفت‌کش‌های اتوفنپروکس و کارتاب به‌دلیل داشتن پتانسیل بالا در از بین بردن تخم‌های *Mamestra brassicae* (L.) موجب کم شدن خروج حشرات کامل *Trichogramma dendrolimi* از تخم‌های تیمار شده میزبان شدند. براساس نتایج بررسی غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای، هر سه آفت‌کش مورد آزمایش در گروه آفت‌کش‌های کم ضرر قرار گرفتند (۳۰). بسیاری از آفت‌کش‌های شیمیایی جدید تخصصی بوده و اثرات مخرب کم‌تری روی موجودات غیرهدف ازجمله دشمنان طبیعی دارند. امّا نداشتن اثرات مخرب، هرگز نمی‌تواند دلیل بر عدم وجود اثرات منفی باشد (۱۱). بررسی اثرات آفت‌کش‌های مورد مطالعه بر روی ویژگی‌های زیستی نشان‌دهنده اثرات نامطلوب آن‌ها روی زنبور *B. hebetor* بود. گزارش‌های زیادی مبنی بر اثر مثبت و منفی آفت‌کش‌ها بر فراسنجه‌های زیستی دشمنان طبیعی وجود دارد. زادآوری حساس‌ترین شاخص زیستی است که تحت تاثیر آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرد (۱۸، ۸). Tanzubil و همکاران، با کاربرد موضعی آزادیراکتین روی لاروهای *Spodoptera exigua* (Hübner) دریافتند که قدرت زادآوری در حشرات ماده کم شد (۳۰). با توجه به این‌که هر چه طول عمر یک پارازیتویید بیش‌تر باشد به همان نسبت با میزبان‌های بیش‌تری مواجه شده و زنبور فرصت بیش‌تری برای تخم‌گذاری در اختیار دارد (۲۹)، Parker و همکاران، اظهار داشتند که کاهش طول عمر افراد ماده باعث تاثیر سوء در جمعیت می‌شود. همان‌طورکه ملاحظه شد این فراسنجه تحت تاثیر تیمارهای آفت‌کش قرار گرفت و روند کاهشی داشت (۲۱). Desneux و همکاران، در یک زیست‌سنجی چند مرحله‌ای اثرات دلتامترین را روی زنبور پارازیتوئید *Aphidius ervi* Haliday ارزیابی نمودند و گزارش کردند که دلتامترین در غلظت توصیه شده مزرعه‌ای، طول عمر حشرات کامل را کاهش داد (۱۰). Jamshidi و همکاران گزارش نمودند Bt در غلظت‌های زیرکشنده باعث افزایش طول عمر و تعداد تخم گذاشته شده توسط زنبور *B. hebetor* می‌شود (۱۳). دلیل این امر می‌تواند به‌علت تخمیر بقایا و مواد تولید شده توسط باکتری در لوله گوارش زنبور پارازیتوئید باشد که به‌عنوان عناصر غذایی مورد استفاده زنبور قرار می‌گیرد (۴). Steidle و همکاران، باروری و طول عمر را دو صفت مهم پارازیتوئیدها می‌دانند که در انتخاب آن‌ها به‌عنوان عامل کنترل بیولوژیک نقش موثری دارند. نسبت جنسی شاخصی است که بالا بودن هرچه بیش‌تر مقدار آن از نظر کنترل بیولوژیک مطلوب تلقی می‌شود. در بررسی اخیر تیمار پیریدالیل موجب کاهش معنی‌دار نسبت جنسی و تولید بیش‌تر افراد نر در مقایسه با سایر تیمارها شد (۳۰). با توجه به نتایج به‌دست آمده پیریدالیل در غلظت زیرکشنده دارای اثر سوء بیش‌تری در مقایسه با سایر تیمارها بر روی نرخ خالص تولیدمثلی می‌باشد که یکی از دلایل آن می‌تواند بالا بودن نسبت جنسی به نفع نرها در این تیمار باشد. برای تکوین برنامه مدیریت تلفیقی آفات نیاز به آگاهی از فراسنجه‌های رشدی جمعیت دارد که مهم‌ترین آن نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) است. از این فراسنجه به‌عنوان بهترین ویژگی و معیار مقایسه اثر یک تیمار روی یک حشره استفاده می‌شود (۱۶). پائین بودن مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) نشان‌دهنده اثر سوء آفت‌کش‌ها بود. کاهش این فراسنجه باعث طولانی شدن مدت زمان دو برابر شدن جمعیت و هم‌چنین کاهش مقدار نرخ متناهی رشد جمعیت می‌شود. نرخ خالص تولیدمثل رابطه مستقیمی با نرخ ذاتی افزایش جمعیت دارد. با توجه به کم بودن نسبت جنسی و پائین بودن مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت و فراسنجه‌های ذکر شده که تحت تاثیر این فراسنجه هستند مشخص گردید که تیمار پیریدالیل دارای بیش‌ترین اثر سوء روی زنبور پارازیتوئید بوده و بعد از آن تیمارهای فوزالون و فن‌پیروکسی‌میت در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. با توجه به نتایج به‌دست آمده مقدار این فراسنجه در فن‌پیروکسی‌میت دارای بیش‌ترین مقدار آن بود. یک دلیل احتمالی این موضوع افزایش نسبت جنسی به نفع ماده در تیمار مذکور می‌باشد. لازم به ذکر است که هر چند r_m پارامتر دقیقی بوده و می‌تواند برای مقایسه توانایی تولیدمثل جمعیت‌ها به‌کار رود، ولی تحت تاثیر عوامل زیادی از جمله گونه حشره مورد مطالعه، نوع میزبان، منشاء جغرافیایی، شرایط اقلیمی (دما، نور و رطوبت)، طول عمر حشرات کامل و غیره قرار می‌گیرد. میانگین مدت‌زمان یک‌نسل فراسنجه مهم دیگری است که در محاسبه آن از اطلاعات زمان نشو و نما و دوره تولیدمثلی استفاده می‌شود و می‌تواند به‌جای آن‌ها به‌کار رود و از طرفی نیز ارتباط معکوس با نرخ ذاتی رشد جمعیت دارد، به‌طوری‌که هرچه این دوره کوتاه‌تر باشد، نرخ رشد جمعیت سریع‌تر است و مزیت شرایطی را که گونه در آن پرورش می‌یابد را نشان می‌دهد. بر طبق نتایج بیش‌ترین مقدار این فراسنجه در شاهد و کم‌ترین مقدار آن در

تیمار فن‌پیروکسی‌میت مشاهده گردید. بیش‌تر بودن مقدار این فراسنجه در تیمار شاهد می‌تواند به‌دلیل بیش‌تر بودن نرخ خالص تولیدمثل (حداقل دوبرابر) باشد Amir-Maafi و Chi، دموگرافی زنبور *B. hebetor* را روی دو میزبان *A. kuehniella* و *G. mellonella* بررسی کردند و مقدار T را روی بید آرد و لارو موم‌خوار به‌ترتیب ۱۸/۲ و ۱۶/۸ روز گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر در شاهد هم‌خوانی دارد. اثرات منفی آفت‌کش‌ها روی افراد بالاتر سطوح غذایی ازجمله پارازیتوئیدها به خوبی شناخته نشده است، اما براساس یافته‌های این تحقیق، فن‌پیروکسی‌میت یک آفت‌کش مناسب برای تلفیق در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات بوده و فاقد اثرات سوء قابل اندازه‌گیری روی دشمنان طبیعی کلیدی و مهم مانند زنبور براکون می‌باشد (۱).

منابع

1. **Amir-Maafi, M. and Chi, H., 2006.** Demography of *Bracon hebetor* (Hym: Braconidae) on Two Pyralid Hosts (Lep: Pyralidae). Annals of the Entomological Society of America. 99(1): 84-99.
2. **Azzouz, H., Giordanengo, P., Wackers, F.L. and Laure, K., 2004.** Effects of feeding frequency and sugar concentration on behavior and longevity of the adult aphid parasitoid: *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). Biological Control. 31: 445-452.
3. **Attaran, M., 1996.** Effect of laboratory host on biological attributes of parasitoid wasp *Bracon hebetor* say. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirement of MSc. Department of entomology. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University. 83 P.
4. **Blumberg, D., Navon, A., Keren, S., Goldenberg, S. and Ferkovich, M., 1997.** Interaction among *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctoidae), its larval endoparasitoid *microplitis croceipes* (Hym.: Braconidae), and *Bacillus thuringenesis*. J. Econ. Entomol. 90: 1181-1186.
5. **Carey, J.R., 1993.** Applied demography for biologisit with special emphasis on insects, Oxford University Press, Inc. 205 p.
6. **Consoli, F.L., Parra, J.R.P. and Hassan, S.A., 1998.** Side effects of insecticides used intomato 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.
7. **Croft, B.A., 1990.** Anthropod biological control agents & pesticides. 1st Ed., John Wiley & Sons, New York. 723 p.
8. **Delpuech, J.M., Bussod, S. and Amar, A., 2015.** The sublethal effects of endosulfan on the circadian rhythms and locomotor activity of two sympatric parasitoid species. Chemosphere. 132: 200-205.
9. **Dent, D., 1995.** Integrated pest management. 1st Ed., Chapman and Hall, London. 235 p.
10. **Desneux, D., Ramirez-Romero, R. and Kaiser, L., 2006.** Multistep bioassay to predict recolonization potential of emerging parasitoid after a pesticide treatment. Enviromental Toxicology and Chemistry. 25: 2657-2682.
11. **Eliopoulos, P.A. and Stathas, G.J., 2008.** Life tables of *Habrobracon hebetor* (Hym.:Braconidae) parasitizing *Anagasta kuehniella* and *Plodia interpunctella*: effect of host density. J. Econ. Entomol. 101: 982-988.
12. **Gallego, J.R., Guerrero-Manzano, J., Fernandez Maldonado, F.J. and Cabello, T., 2019.** Susceptibility of the egg parasitoid *Trichogramma achaeae* to selected insecticides used in tomato greenhouse. Spanish Journal of Agricultural Research. 17(2): 1-15.
13. **Jamshidi, M., Nouri, G.G., Kazemi, M.H., Shojai, M. and Imani, S., 2014.** Investigation of sex ratio and adult longevity of *Habrobracon hebetor* Say in relation to some conventional and biorational insecticides. Archives of phytopathology and plant protection. 7: 17-23.
14. **Hatami, B., 1990.** Field experiment guild in plant protection. Arcan of Esphehan Press. 233 p. (In Persian)
15. **Heidari, A., Moharramipour, S., Poormirza, A.A. and Talebi, A.A., 2004.** Effects of buprofezin, pyriproxyfen and fenpropathrin on the reproductive parameters of *Encarsia formosa*. Journal of Entomological Society of Iran. 25(2): 17-34. (In Persian)
16. **Hoddle, M.S., 2006.** Phenology, life tables and reproductive biology of *Tetraleurodes perseae* (Hom: Aleyrodidae) on California avocados. Annals of the Entomological Society of America. 99: 553-559.
17. **Heping, W., Ling, M. and Baoping, L., 2008.** Effects of feeding frequency and sugar concentrations on lifetime reproductive success of *Meteorus pulchricornis*. Biological Control. 45: 353-359.
18. **Khan, H. and Robertson, J.R., 2015.** Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum*. Pest Management Science. 71: 1640-1648.
19. **Lee, J.C. and Hemipel, G.E., 2008.** Effect of floral nectar, water, and feeding frequency on Cotesia glomerata longevity. Biological control. 53: 289-294.
20. **Maia, A.H.N., Luiz, A.J.B. and Campanhola, C., 2000.** Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique computational aspects. Journal of Economic Entomology. 93: 511-518.
21. **Parker, B.L., Ming, N.S., Peng, T.S. and Singh, G., 1976.** The effect of malation on fecundity, longevity and geotropism of *Menochilus sexmaculatus*. Environmental Entomology. 5: 495-501.
22. **Moggasem, M., Jamshidi, M., Khakvar, R. and Nematollahie, S., 2022.** Toxicity study of different isolates of *Metarhizium anisopliae* extracted from the soil of different orchards of East Azerbaijan on flour moth (*Anagasta kuehniella*). Journal of Animal Environment. (Forthcoming). (In Persian)
23. **Rezaie, M., Shirdel, D., Kamalie, H. and Emami, M.S., 2022.** Efficiency of several formulations of Fenpropathrin in control of European red mite in apple orchards of some provinces. Journal of Animal Environment. 1: 415-422. (In Persian)
24. **Salokhel, S., Mukherjee, S.N., Deshpand, S.G., Ghule, V.P. and Mathad, J.R., 2010.** Effect of sub-lethal concentration of insect growth requlator, lufenuron on larval growth and development of *Aedes aegypti*. Res. Commun. 99: 1256-1289.
25. **Stark, J.D. and Banks, J.E., 2003.** Population level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annual Review of Entomology. 48: 505-519.
26. **Steidle, J.L.M., Rees, D. and Wright, E.J., 2001.** Assessment of Australian *Trichogramma* species (Hym: Trichogrammatidae) as control agents stored product moths. Journal stored products research. 37: 263-275.
27. **Suh, C.P.C., Orr, D.B. and Van Duyn, J.W., 2000.** *Trichogramma* releases in North Carolina cotton: why releases fail to suppress heliothine pests. Journal of Economic Entomology. 93: 1137-1145.
28. **Takada, Y., Kawamura, S. and Takada, T., 2001.** Effect of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hym: Trichogrammatide). Journal of Economic Entomology. 94(6): 1340-1343.
29. **Talebi Jahromi, A.A., 2008.** Pesticides Toxicology. University of Tehran Press. (In Persian)
30. **Tanzubil, P.B. and McCaffery, A.R., 1990.** Effects of Azadirachtin on reproduction in the African army worm (*Spodoptera exempta*). Entomologia Experimentalis et Applicata. 57: 115-121.