پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۲ (۱): ۱-۱۱ (۱۴۰۲)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 12 (1): 1-11 (2023)-*Research Article*

DOI: https://dx.doi.org/ 10.22034/ARPP. 2021.13540

بررسی سمیت و اثرات رفتاری ایندوکساکارب، ولیام‌تارگو و پروفنوفوس روی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* در شرایط آزمایشگاهی

اکرم احمدی، موسی صابر✉، صمد وجودی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. تبریز. ایران. ✉moosaber@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۱ بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۱۷ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳

چکیده

زنبورهای جنس *Habrobracon* از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای تعدادی از آفات بالپولکی می‌باشند. کارایی پارازیتوئیدها می‌تواند به وسیله کاربرد حشره‌کش‌ها تحت تاثیر قرار گیرد. جهت استفاده توام عوامل کنترل زیستی و شیمیایی در مدیریت آفات، شناخت اثر و انتخابی بودن آفت‌کش‌ها بر روی عوامل کنترل زیستی ضرورت دارد. در این بررسی، اثر کشندگی و غیرکشندگی حشره‌کش‌های ایندوکساکارب، ولیام‌تارگو و پروفنوفوس روی مراحل مختلف زیستی و برخی پارامترهای رفتاری این پارازیتوئید مورد بررسی قرار گرفت. غلظت توصیه شده مزرعه‌ای حشره‌کش‌های ولیام‌تارگو و پروفنوفوس باعث ایجاد مرگ‌ومیر ۱۰۰ درصد روی حشرات کامل شدند. مقادیر LC_{50} حشره‌کش‌های ایندوکساکارب، ولیام‌تارگو و پروفنوفوس بر روی حشره کامل به ترتیب ۱۷۲/۵، ۴/۴ و ۲/۹ میلی‌گرم ماده موثره بر لیتر بود. نتایج نشان داد در بین ترکیبات مورد آزمایش، پروفنوفوس بالاترین سمیت را روی حشرات کامل داشت. غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای ایندوکساکارب و ولیام‌تارگو روی مراحل نابالغ زنبور پارازیتوئید سمیت پایینی داشتند. اثر LC_{30} حشره‌کش‌های مذکور بر روی واکنش تابعی به عنوان یک شاخص مهم رفتاری پارازیتوئیدها هم مورد مطالعه قرار گرفت. واکنش تابعی در شاهد و تیمارها از نوع II تعیین شد و بیشترین و کمترین نرخ حمله به ترتیب در تیمارهای شاهد و پروفنوفوس مشاهده گردید. همچنین بیشترین و کمترین زمان دستیابی هم به ترتیب در تیمارهای پروفنوفوس و شاهد با مقادیر ۰/۹۹۲ و ۰/۵۰۷ ساعت مشاهده شد. بررسی اثر غلظت LC_{30} این سه حشره‌کش بر رفتار جهت‌یابی زنبور پارازیتوئید با استفاده از دستگاه الفکتومتر نشان داد که زنبور پارازیتوئید، لاروهای تیمار نشده را به لاروهای تیمار شده ترجیح می‌دهد. نتایج نشان داد که پروفنوفوس اثرات منفی بر روی زنبورهای پارازیتوئید دارد. با توجه به سمیت بالای ولیام تارگو روی حشرات کامل زنبور به نظر می‌رسد ایندوکساکارب می‌تواند حشره‌کش مناسب‌تری برای استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات باشد.

کلمات کلیدی: اثرکشندگی، پارازیتوئید، پارامترهای رفتاری، حشره‌کش‌های زیست‌سازگار، واکنش تابعی

Toxicity and behavioral effect of indoxacarb, Voliam Targo and profenofos on *Habrobracon hebetor*

Akram Ahmadi, Moosa Saber✉, Samad Vojoudi

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. ✉moosaber@gmail.com

Received: 10 April 2021 Revised: 25 July 2021 Accepted: 25 July 2021

Abstract

Habrobracon hebetor is an important ectoparasitoid of several lepidopteran pests. The efficiency of parasitoids would be affected by insecticides applications. Integrating the application of biological control agents and insecticides for pest management requires knowledge about impact and selectivity of the insecticides on biological control agents. In this study, the lethal and sublethal effects of indoxacarb, Voliam Targo and profenofos were evaluated on different life stages and some behavioral responses of the parasitoid. Field recommended rate of Voliam Targo and profenofos caused 100 % mortality on adult female wasps. Based on bioassay tests, the LC_{50} values of indoxacarb, Voliam Targo and profenofos on adult stage were 172.5, 4.4 and 2.9 mg a.i./L, respectively. The result of bioassay experiments on adult stage showed that profenofos had higher toxicity against adult stage compared to indoxacarb and Voliam Targo. Field recommended rate of indoxacarb and Voliam Targo had low toxicity on immature stages of the parasitoid. The effect of LC_{30} of the tested insecticides on functional response as an important behavioral factor of parasitoids was also studied. The functional response of the parasitoid revealed a type II functional response in control and all of insecticides treatments. This study showed that the control and profenofos treatment had the shortest and longest handling time, respectively. The highest and lowest maximum attack rate was observed in profenofos and control treatments with 0.992 and 0.507 h, respectively. Evaluation of sublethal effects of indoxacarb, Voliam Targo and profenofos on orientation behavior of the wasp by olfactometer showed that the parasitoid preferred untreated host larvae compared with treated host larvae by tested insecticides. Results showed that profenofos had more negative effects on the parasitoid. Due to the high toxicity effect of Voliam Targo on adults, it seems that Indoxacarb would be a more suitable insecticide for using in integrated pest management programs.

Keywords: Biorational Insecticides, Behavioral Parameters, Functional Response, Lethal Effects, Parasitoid

How to cite:
Ahmadi A, Saber M, Vojoudi S, 2023. Toxicity and behavioral effect of indoxacarb, Voliam Targo and profenofos on *Habrobracon hebetor*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (1): 1–11.

مقدمه

زنبورهای پارازیتوئید به دلیل توانایی بالا در تنظیم جمعیت گونه‌های آفت در سطح قابل قبول اقتصادی، در اکوسیستم‌های زراعی دارای اهمیت بالایی هستند (Hentz *et al.* 1998)، و قادرند با پایین نگه داشتن جمعیت آفات از طغیان آن‌ها جلوگیری نمایند. زنبور *Habrobracon hebetor* Say. (Hymenoptera: Braconidae) از پارازیتوئیدهای مهم می‌باشد که برای کنترل زیستی لارو شب‌پره‌های خانواده Pyralidae و Noctuidae مورد استفاده قرار می‌گیرد (Backer & Fabric 2000; Magro & Parra 2001). از این زنبور برای کنترل لارو آفات مهم گیاهان زراعی مثل پنبه، ذرت، گوجه فرنگی، سویا و نخود استفاده می‌گردد. در سال‌های اخیر این پارازیتوئید به صورت انبوه پرورش یافته و برای کنترل کرم قوزه پنبه *Helicoverpa armigera* Hübner در مزارع رهاسازی می‌شود (Radhika & Chitra, 1996) یکی از رویکردهای مهمی که در دهه‌های اخیر در سطح جهان برای کنترل آفات اجرا می‌گردد، استفاده از دشمنان‌طبیعی است که در چهارچوب مدیریت تلفیقی آفات (IPM) انجام می‌گیرد. اگرچه مهار آفات با استفاده از دشمنان طبیعی و بدون کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی مطلوب است، اما کنترل برخی از آفات با استفاده از یک روش کنترل، دشوار بوده و در مواردی استفاده از حشره‌کش‌های انتخابی همراه با عوامل کنترل زیستی لازم به‌نظر می‌رسد (Stark & Banks, 2001).

بر این اساس از کنترل شیمیایی و زیستی به‌عنوان دو روش مهم در برنامه مدیریت تلفیقی آفات یاد می‌شود (Croft 1990). علاوه بر این، آفات غیر از بندپایان از قبیل پاتوژن‌ها و علف‌های هرز نیز در سیستم‌های کشاورزی بصورت طبیعی حضور دارند که نیاز به مدیریت دارند و در اغلب موارد از آفت‌کش‌های شیمیایی برای کنترل آنها استفاده می‌گردد. استفاده مداوم و گسترده از آفت‌کش‌ها و به‌ویژه حشره‌کش‌هایی با طیف اثر وسیع، اثرات نامطلوب روی دشمنان طبیعی کارآمد در اکوسیستم‌های کشاورزی دارد. آفت‌کش‌ها، از راه های متفاوتی روی دشمنان طبیعی اثر می‌گذارند و علاوه بر کشندگی می‌توانند روی رشد و نمو و یا رفتار آنها موثر باشند (Croft 1990). بنابراین بررسی اثرات آفت‌کش‌ها بر روی دشمنان طبیعی ضروری به نظر می‌رسد. همچنین باید توجه داشت که به دلیل اثرات منفی کاربرد آفت کش‌ها روی دشمنان‌طبیعی، به طور معمول سموم آفت‌کش با عوامل کنترل زیستی ناسازگار تلقی می‌شوند (Saber *et al.* 2001).

یکی از راه حل‌های موجود برای رفع این مشکل، استفاده از حشره‌کش‌هایی است که به علت انتخابیت فیزیولوژیکی و یا اکولوژیکی به دشمنان‌طبیعی کمتر صدمه می‌زنند (Saber *et al.* 2005) در این راستا استفاده از حشره‌کش‌های انتخابی و زیست سازگار می‌تواند راه‌حل مناسبی برای استفاده توأم از زنبورهای پارازیتوئید و سموم شیمیایی باشد (Croft 1990). بنابراین استفاده از موادی که روی آفات کارآمد هستند ولی دارای اثرات منفی خیلی کم و یا فاقد اثرات منفی روی دشمنان طبیعی هستند، می‌تواند ایده‌آل باشد. استفاده از این نوع ترکیبات با حفاظت از بندپایان مفید می‌تواند منجر به کاهش استفاده از حشره‌کش‌ها گردد، و بطور بالقوه‌ای گسترش مقاومت به حشره-کش‌ها را در آفات بندپا به تاخیر بیندازد. بنابراین تعیین اثر آفت-کش‌ها روی عوامل زیستی برای تلفیق مؤثر هر دو روش، مهم و ضروری می‌باشد. بنا به دلایل ذکر شده، در این تحقیق آزمایشگاهی اثرات کشندگی و رفتاری حشره‌کش‌های زیست سازگار ولیام‌تارگو و ایندوکساکارب وحشره‌کش رایج پروفنوفوس روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش شب‌پره مدیترانه‌ای آرد Ephestia kuehniella Zeller

کلنی اولیه شب‌پره آرد از گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه مراغه تهیه گردید. پرورش شب‌پره آرد در داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد ۹/۵×۲۲×۳۲ سانتی‌متر صورت‌گرفت. جهت تامین تهویه، در قسمت درب ظروف پلاستیکی دارای دریچه‌ای به ابعاد ۲۵×۱۵ سانتی‌متر بودند که با استفاده از پارچه توری پوشانده شدند. داخل هر ظرف مقدار ۲ کیلوگرم آرد گندم و ۰/۵ کیلوگرم سبوس گندم ریخته و با پخش ۰/۲ گرم تخم شب‌پره آرد روی آرد به صورت یکنواخت، مرحله آلوده‌سازی انجام گرفت. ظروف پرورشی در دمای ۱ ± ۲۶ °C، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰% و دوره نوری ۱۵ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. به منظور پرورش و نگهداری جمعیت بیدآرد، روزانه با استفاده از یک آسپیراتور برقی حشرات کامل از ظروف پرورش جمع‌آوری و به ظروف تخم‌گیری منتقل گردید. جهت تخم‌گیری از قیف‌هایی به قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر استفاده گردید، هر دو دهانه قیف با یک توری ۵۰ مش پوشانیده شد و سپس قیف‌ها به طور وارونه بر روی یک ورق کاغذ A_4 قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت، تخم-های شپ‌پره‌ها از روی صفحات کاغذی جمع‌آوری و برای تشکیل جمعیت جدید مورد استفاده قرار گرفت.

پرورش زنبورپارازیتوئید H. hebetor

کلنی اولیه زنبور از انسکتاریوم شهرستان میاندوآب تهیه گردید. برای پرورش زنبور از ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شفاف به قطر ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد و برای تامین تهویه، دریچه مدوری در سطح فوقانی ظروف تعبیه و با توری مسدود گردید. در هر ظرف ۲۰ عدد لارو سن آخر شب پره آرد قرار داده و پنج عدد زنبور نر و پنج عدد زنبور ماده رهاسازی گردید. جهت انتقال زنبورها به ظرف‌ها از آسپیراتور دستی استفاده گردید. در داخل هر ظرف یک نوار کاغذی آغشته به لایه نازک عسل جهت تغذیه زنبورها قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت زنبورها را خارج کرده و ظروف حاوی لاروهای پارازیته شده، تا ظهور حشرات کامل نسل جدید زنبور در شرایط مذکور در بالا نگهداری شدند.

حشره‌کش‌های مورد آزمایش

در این بررسی از حشره‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول + آبامکتین با فرمولاسیون 6.3 SC با نام تجاری ولیام‌تارگو (Voliam Targo) ، ساخت شرکت Syngenta سوئیس، ایندوکساکارب با فرمولاسیون 15SC با نام تجاری آوانت، ساخت شرکت Meghmani هند و پروفنوفوس (Profenofos) با فرمولاسیون ۵۰ EC با نام تجاری کوراکرون، ساخت شرکت آریا شیمی استفاده گردید.

آزمایش زیست سنجی حشرات کامل زنبور H. hebetor

زیست‌سنجی حشرات کامل زنبورهای براکون به روش تماس با باقیمانده‌ی حشره‌کش‌ها انجام گرفت. برای این منظور از ظروف شیشه‌ای استوانه‌ای (مک‌کارتی) با حجم ۳۵ میلی‌لیتر استفاده گردید(Rafiee Dastjerdi *et al.* 2009) برای انجام آزمایشات زیست‌سنجی ابتدا آزمایش‌های مقدماتی (تعیین محدوده‌ی غلظت‌ها) انجام گرفت و غلظت‌هایی که موجب مرگ و میر حدود ۲۰ و ۸۰ درصد جمعیت مورد آزمایش می‌شدند، انتخاب گردیدند. در آزمایش‌های اصلی از شش غلظت مختلف محلول سمی با فواصل لگاریتمی استفاده شد. با استفاده از سمپلر، سه میلی‌لیتر از هر غلظت را داخل شیشه‌های مک‌کارتی ریخته، و بعد از آغشته کردن شیشه‌ها مازاد محلول دور ریخته شد. پس از خشک شدن کامل شیشه‌ها در مدت دو ساعت، حشرات کامل زنبور براکون داخل شیشه ها رهاسازی گردیدند. مرگ ومیر زنبورها بعد از ۲۴ ساعت در معرض قرارگیری یادداشت گردید. هر غلظت دارای سه تکرار و هر تکرار شامل ۳۰ عدد حشرات کامل ماده بود. هر آزمایش زیست سنجی هم سه بار تکرار گردید. میزان نسبت خطر هر حشره‌کش از رابطه زیر بدست آمد. اگر نسبت خطر کمتر از ۵۰ باشد حشره‌کش در گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر قرار گرفته و اگر بین ۵۰-۲۵۰۰ قرار گیرد جز حشره-کش‌های کم‌ضرر – باضرر متوسط و اگر بیش از ۲۵۰۰ باشد جز حشره‌کش‌های مضرر قرار می‌گیرد (Biondi *et al.* 2012). تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SAS صورت گرفت. برای تعیین مقادیر LC_{50} از روش پروبیت در نرم افزار SAS، و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد. آزمایش‌ها در طرح آماری کاملا تصادفی صورت گرفت.

$$\text{نسبت خطر} = \frac{\text{غلظت مزرعه‌ای (گرم ماده موثره/هکتار)}}{\text{LC}_{50}\text{(میلی گرم ماده موثره/لیتر)}}$$

تأثیر غلظت مزرعه‌ای حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرات ماده و مراحل نابالغ زنبور H. hebetor

تاثیر غلظت مزرعه‌ای حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرات ماده زنبور به روش تماس باقیمانده سمی و مطابق روش زیست‌سنجی حشرات کامل انجام گردید. غلظت‌های مزرعه‌ای مورد استفاده از حشره‌کش‌های ایندوکساکارب، ولیام‌تارگو و پروفنوفوس به ترتیب ۵۰۰، ۴۰۰ و ۴۰۰۰ پی پی ام بر مبنای ماده فرموله شده بود. این آزمایش در چهار تکرار برای هر تیمار انجام گردید. در زیست‌سنجی مراحل نابالغ، چهار روز بعد از پارازیته شدن لاروهای میزبان به عنوان مرحله‌ی لاروی زنبور و هشت روز بعد از پارازیته شدن به عنوان مرحله‌ی شفیرگی در نظر گرفته شد (Rafiee Dastjerdi *et al.* 2009). برای زیست سنجی حشره‌کش‌ها روی لاروها از روش پاشش محلول سمی استفاده شد. برای این منظور، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سمی هر یک از حشره‌کش‌ها تهیه گردید و مقداری از محلول‌های سمی توسط سمپاش دستی روی لاروهای زنبور، داخل ظروف پتری (قطر ۹ سانتی‌متر) طوری پاشیده شد که پوشش مناسب سمی ایجاد شود. در تیمارها و شاهد از توئین ۸۰ هم بعنوان کاهش دهنده کشش سطحی استفاده شد. این آزمایش در ۱۰ تکرار برای هر تیمار انجام شد، و در هر تکرار ۱۰ عدد لارو زنبور استفاده گردید. ظرف‌های پتری‌دیش تا ظهور حشرات کامل در داخل اتاقک‌های رشد با شرایط مذکور در بالا نگهداری شدند. پس از خروج حشرات کامل زنبور، تعداد زنبورهای خارج شده ثبت گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از روش تجزیه‌ی واریانس یک طرفه (ANOVA) در نرم افزار آماری SAS صورت گرفت، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون F-LSD استفاده گردید. سپس

ترکیبات آزمایش شده براساس طبقه بندی استاندارد سمیت سازمان بین المللی کنترل زیستی (IOBC) طبقه بندی شدند (Hassan 1994).

بررسی اثر غلظت‌های غیرکشنده حشره‌کش‌ها روی واکنش تابعی H. hebetor

یکی از رفتارهای زنبورهای پارازیتوئید، واکنش آنها نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان می‌باشد. در این مطالعه اثر زیرکشندگی غلظت LC_{30} حشره‌کش‌های ایندوکساکارب، ولیام تارگو و پروفنوفوس روی واکنش تابعی *H. hebetor* نسبت به تراکم‌های مختلف لارو *E. kuehniella* ارزیابی شد. برای این منظور ابتدا به مدت ۲۴ ساعت تعداد ۱۰ ± ۱۰۰ عدد زنبور (با عمر کمتر از ۲۴ ساعت) در معرض LC_{30} هر کدام از حشره‌کش‌ها قرار داده شد. در تیمار شاهد از آب مقطر به اضافه‌ی توئین ۸۰ استفاده شد. سپس ۱۰ عدد زنبور ماده از بین زنبورهای زنده مانده به طور تصادفی برای هر تیمار و همچنین شاهد انتخاب گردید و هر یک از زنبورهای براکون به ظروف پتری با قطر ۹ سانتی‌متری حاوی تراکم های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ عدد لارو سن آخر افستیا منتقل شدند. سپس پتری‌ها در اتاقک رشد نگهداری گردید. بعد از ۲۴ ساعت، تعداد لاروهای پارازیته شده (فلج شده) داخل هر پتری یادداشت گردید. آزمایش‌ها در هر یک از تراکم‌ها ۱۰ تکرار برای هر تیمار حشره‌کش و شاهد انجام گرفت. تجزیه داده‌ها در دو مرحله صورت گرفت (Messina & Hanks 1998)، برای تعیین نوع واکنش تابعی و تخمین پارامترهایی همچون قدرت جستجو یا ضریب حمله (a) (Attack rate) و زمان دست‌یابی (T_h) (Handling time)، به ترتیب از رگرسیون لجستیک و رگرسیون غیرخطی نرم‌افزار (SAS Institute 2002) SAS استفاده شد.

بررسی دورکنندگی غلظت‌های غیرکشنده حشره‌کش‌ها بر H. hebetor

برای بررسی اثر دورکنندگی ترکیبات شیمیایی بر پارازیتوئید مورد مطالعه از الفکتومتر دوازده شاخه استفاده شد. هر یک از این شاخه‌ها به طور مجزا دارای تهویه و فشار بوده، همچنین دستگاه برای تهویه هوا دارای زغال فعال بوده و دارای یک مرکز رهاسازی برای ورود حشرات، درون دستگاه می‌باشد. جهت انجام آزمایش‌های دورکنندگی و یا جلب‌کنندگی، ۱۲ عدد زنبور ماده-ی دو روزه (جفت‌گیری کرده) انتخاب شد، فشار تنظیم شده برای انجام آزمایشات برابر ۵ پاسکال بود. لاروهای سن آخر بید آرد تیمار شده با غلظت LC_{30} حشره‌کش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. بنا به دوازده شاخه بودن الفکتومتر در هر آزمایش هر یک از تیمارها و شاهد دارای سه تکرار بود. هر یک از لاروهای تیمار شده با LC_{30} در هر یک از شاخه‌ها قرار داده شده و از مرکز رهاسازی دوازده عدد زنبور رهاسازی گردید. سپس دستگاه را به مدت پانزده دقیقه روشن کرده و محل فعالیت زنبور یادداشت گردید. بعد از ۲۴ ساعت لاروها را از شاخه‌ها خارج کرده و درصد پارازیتیسم ارزیابی شد. آنالیز داده‌های حاصل نیز با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت.

نتایج

نتایج زیست‌سنجی روی حشرات کامل زنبور H. hebetor

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی حشره‌کش‌ها نشان داد بین حشره‌کش‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری در میزان سمیت وجود دارد که دلیل این امر هم عدم هم‌پوشانی محدوده اطمینان مقادیر LC_{50} این حشره‌کش‌ها می‌باشد. مقایسه اثر حشره‌کش‌های ایندوکساکارب، ولیام‌تارگو و پروفنوفوس نشان داد که پایین‌ترین LC_{50} مربوط به حشره‌کش پروفنوفوس بود که نشان می‌دهد این ترکیب سمیت بیشتری روی حشرات کامل زنبور *H. hebetor* در مقایسه با حشره‌کش‌های ایندوکساکارب و ولیام‌تارگو دارد (جدول ۱). بر اساس میزان نسبت خطر، حشره‌کش‌های ایندوکساکارب و ولیام تارگو در گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر و پروفنوفوس در گروه حشره‌کش‌های با ضرر متوسط قرار گرفت (جدول ۱). نمودار پروبیت مرگ و میر زنبور پارازیتوئید تحت تاثیر حشره‌کش‌ها نشان می‌دهند که شیب خط غلظت-اثر پروفنوفوس از همه بیشتر می باشد، یعنی با کوچکترین افزایش غلظت در پروفنوفوس مرگ و میر بیشتری حاصل می شود بنابرین واکنش جمعیت زنبور نسبت به ولیام‌تارگو یکنواخت‌تر است (شکل ۱).

جدول ۱. سمیت حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرات کامل زنبور ماده *Habrobracon hebetor*.

Table 1. Toxicity of tested insecticides on adult female of *Habrobracon hebetor*.

Insecticide	Slope ± SE	χ^2	Lethal concentrations ppm (µg a.i / ml)			RQ*
			LC_{90} (95%FL)	LC_{50} (95%FL)	LC_{10} (95%FL)	
Indoxacarb	3.6 ± 0.36	103.0	2557 (2210-3141) [383.5]	1150 (1059-1247) [172.5]	517.17 (416.7-602.2) [77.6]	0.22
Voliam Targo	2.15 ± 0.21	101.64	274.96 (215.28-388.59) [17.3]	69.83 (60.48-80.10) [4.4]	17.73 (12.10-23.18) [1.1]	2.86
Profenofos	3.87 ± 0.35	117.82	12.46 (10.93-14.91) [6.2]	5.81 (5.36-6.29) [2.9]	2.71 (2.22-3.13) [1.3]	344.82

Riskquotient (RQ) = Field Application Rate (g a.i. ha^{-1}) / Laboratory estimated LC50 (mg a.i. L^{-1})

تاثیر غلظت‌های توصیه شده مزرعه‌ای حشره‌کش‌های مورد مطالعه روی حشرات کامل زنبور H. hebetor

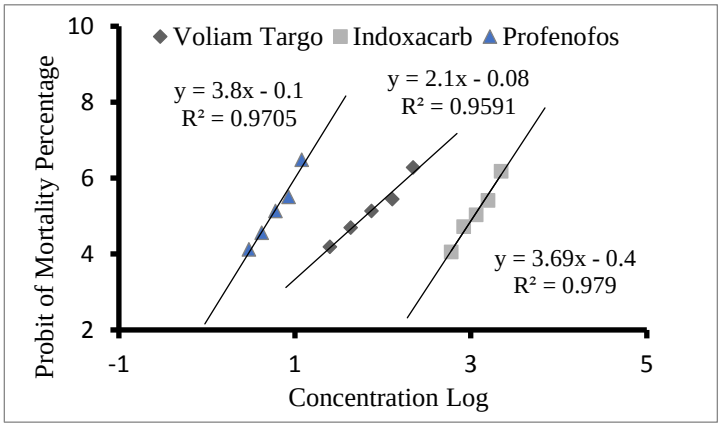
نتایج بررسی تاثیر غلظت توصیه شده مزرعه‌ای حشره‌کش‌ها به روش تماس با باقیمانده سمی روی حشرات کامل زنبور *H. hebetor* نشان داد حشره‌کش ایندوکساکارب در غلظت توصیه شده مزرعه‌ای باعث ایجاد ۲۸/۷ درصد مرگ و میر روی حشرات کامل زنبور براکون گردید (جدول ۲). همچنین حشره‌کش‌های ولیام‌تارگو و پروفنوفوس در غلظت توصیه شده مزرعه ای باعث ایجاد ۱۰۰ درصد مرگ ومیر بر روی این زنبور گردید (جدول ۲). در مطالعه حاضر، حشره‌کش ایندوکساکارب دارای سمیت پایین‌تری نسبت به حشره‌کش‌های ولیام‌تارگو و پروفنوفوس بود.

جدول ۲. تاثیر غلظت‌های مزرعه‌ای حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرات کامل زنبور ماده *Habrobracon hebetor*

Table 2. Effect of field concentrations of tested insecticides on adult female insect *Habrobracon hebetor*.

Insecticides	Recommended field concentration (PPM)	Mortality rate	IOBC classification
Indoxacarb	500	28.7 ± 2.3 [b]	Harmless
Voliam Targo	400	100 ± 0.0 [a]	Harmful
Profenofos	4000	100 ± 0.0 [a]	Harmful
Control	Distilled water	2.5 ± 1.4 [c]	-

IOBC classification 1) harmless (mortality<30%), 2) slightly harmful (>30 and <79%), 3) moderately harmful (>80 and <99%), and 4) harmful (>99%) (Hassan, 1994; Biondi *et al.* 2012).
*Means within a column followed by different letters are significantly different (Fisher protected least significant difference (LSD), P < 0.05).



شکل ۱. نمودار پروبیت درصد مرگ‌ومیر زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* تحت تاثیر حشره‌کش‌های مختلف.

Figure 1. Probit diagram of *Habrobracon hebetor* mortality percentage under the treatment of different insecticides.

تاثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی مرحله نابالغ زنبور پارازیتوئید H. hebetor

نتایج بررسی تاثیر غلظت توصیه شده مزرعه‌ای حشره‌کش-های مورد آزمایش روی مراحل لاروی و شفیرگی زنبور براکون نشان داد درصد خروج زنبور بطور معنی‌داری توسط حشره‌کش‌ها تحت تاثیر قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین درصد ظهور مربوط به شاهد و کمترین میزان مربوط به تیمار پروفنوفوس در تمامی مراحل مورد آزمایش بود. باتوجه به میانگین‌های کاهش در ظهور حشرات کامل زنبورهای پارازیتوئید در تیمارها و براساس استانداردهای سازمان بین المللی کنترل زیستی IOBC/WPRS پروفنوفوس در گروه حشره‌کش‌های با ضرر متوسط و ایندوکساکارب در گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر و ولیام‌تارگو در گروه حشره‌کش‌های کم‌ضرر قرار گرفتند.

جدول ۳. میانگین درصد خروج *Habrobracon hebetor* از لاروها و شفیره‌های تیمارشده با غلظت مزرعه‌ای حشره‌کش‌ها (± SE).

Table 3: Emergence rate of *Habrobracon hebetor* that were exposed as larvae and pupae to a field recommended concentration of the insecticides (± SE).

	Pupae			Larva		
Insecticide	**Mean percentage of parasitoid emergence**	**Mean decrease in emergence**	**Grouping**	**Mean percentage of parasitoid emergence**	**Mean decrease in emergence**	**Grouping**
Indoxacarb	70.0 ± 2.7 B	28.5	Harmless	78.0 ± 2.3 B	20.4	Harmless
Voliam Targo	48.1 ± 2.33 C	50.9	slightly harmful	54.8 ± 2.1 C	44.1	slightly harmful
Profenofos	9.6 ± 1.5 D	90.2	moderate harmful	35.4 ± 2.1 D	63.8	moderate harmful
Control	98.0 ± 0.33 A	–	–	98.0 ± 0.3 A	–	–

Means within a column followed by different letters are significantly different (Fisher protected least significant difference (LSD), $P < 0.05$).

اثر غیرکشنده حشره‌کش‌ها روی واکنش‌های تابعی زنبور پارازیتوئید H. hebetor

تجزیه رگرسیون لجستیک داده‌های مربوط به واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید براکون به تراکم‌های مختلف لارو شب‌پره بید آرد در شاهد و تیمارهای LC_{30} حشره‌کش‌های مورد آزمایش در جدول ۴ و اشکال ۲ و ۳ آورده شده است. منفی بودن علامت قسمت خطی منحنی در تمامی تیمارهای مورد آزمایش نشان می‌دهدکه واکنش تابعی در همه تیمارها از نوع II می‌باشد. نتایج مشخص کرد که غلظت LC_{30} حشره‌کش‌های مورد آزمایش نوع واکنش تابعی را نسبت به تیمار شاهد تغییر نداد. همچنین پارامتر خطی در تجزیه لجستیک برای تمامی تیمارها معنی‌دار بود. تعداد میزبان‌های پارازیت شده به وسیله زنبور براکون با افزایش تراکم میزبان افزایش یافت اما نسبت میزبان‌های پارازیت شده به وسیله زنبورهای براکون با افزایش تراکم میزبان کاهش یافت. این امر نشان می‌دهد که در همه تیمارها واکنش تابعی از نوع II بود.

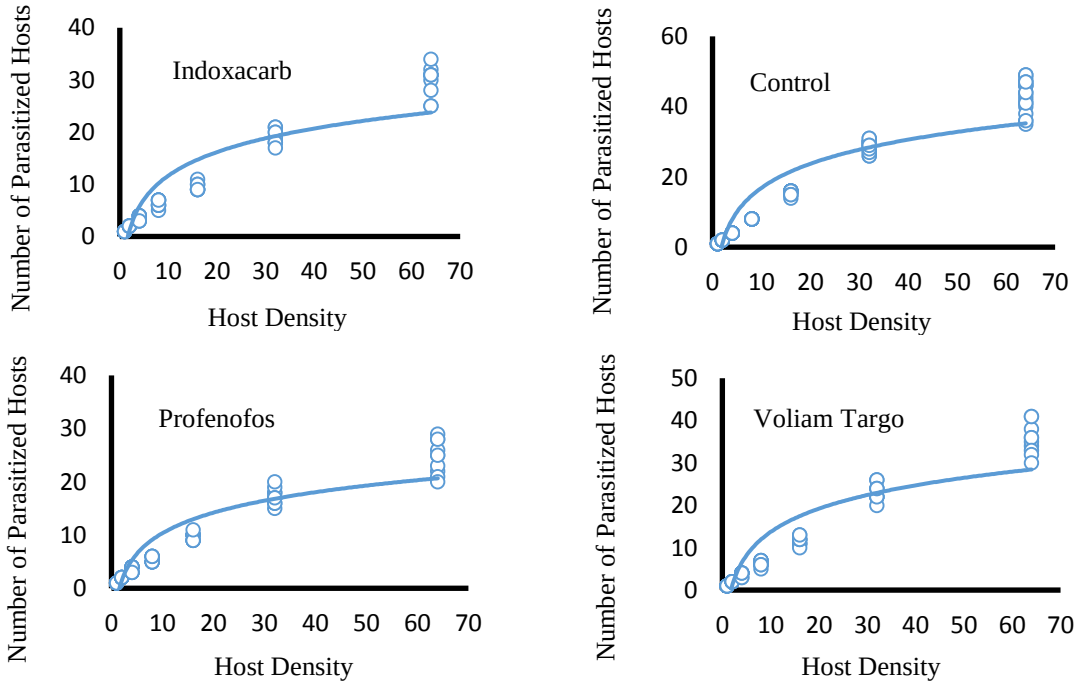
زمان دستیابی و ضریب نرخ حمله زنبور براکون در تیمارهای مورد آزمایش به ترتیب در جدول 5 نشان داده شده است و نشان می‌دهد که تیمار شاهد در زنبور مورد آزمایش کمترین زمان دستیابی و بیشترین ضریب نرخ حمله را دارا می‌باشد. کمترین زمان دستیابی و بیشترین نرخ حمله نیز پس از شاهد به ترتیب مربوط به تیمار ولیام‌تارگو، ایندوکساکارب و پروفنوفوس بود. براساس محدوده‌های اطمینان و همپوشانی آنها با همدیگر، تفاوت معنی‌داری بین زمان دستیابی و نرخ‌های حمله در تیمار حشره‌کش‌های مورد آزمایش با شاهد وجود داشت و حشره‌کش-های مورد آزمایش پارامترهای واکنش تابعی زنبور براکون را تحت تاثیر قرار دادند. فاصله‌ی زمانی بین لحظه‌ی مشاهده

میزبان، پارازیته کردن آن و لحظه‌ی آغاز جستجو برای میزبان جدید تحت تاثیر حشره‌کش‌ها زیاد می‌شود. با افزایش زمان دستیابی تعداد حمله در زمان کل آزمایش (۲۴ ساعت) کمتر می‌شود و میزان پارازیتیسم کاهش می‌یابد، در نتیجه حداکثر نرخ حمله نیز تحت تاثیر حشره‌کش‌ها کاهش می‌یابد.

جدول ۴. تجزیه رگرسیون لجستیک واکنش تابعی *Habrobracon hebetor* نسبت به تراکم‌های مختلف لاروهای *Ephestia kuehniella* در شاهد و تیمارهای LC_{30} حشره‌کش‌ها.

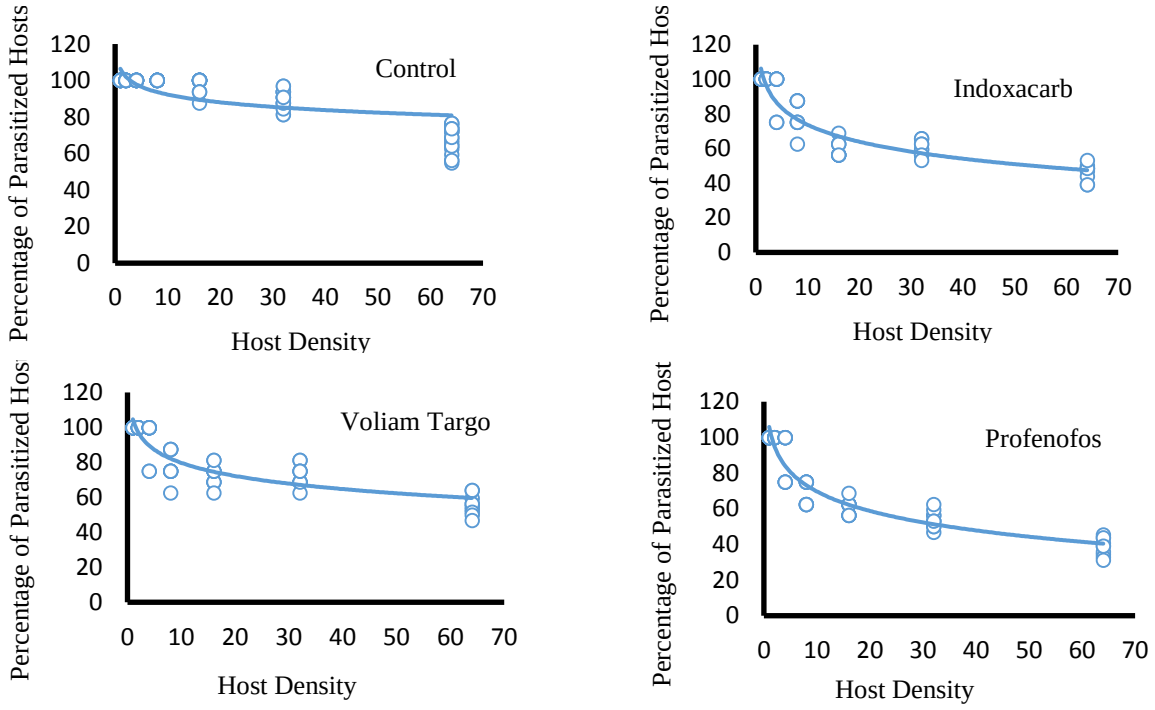
Table 4. Logistic regression analysis of *Habrobracon hebetor* functional response to different densities of *Ephestia kuehniella* larvae in control and LC_{30} treatments of insecticides.

Treatment	Parameters	Estimation	Standard error	χ^2	P-value
Control	P0 (constsnt)	7.6533	0.9693	62.35	<0.0001
	P1 (linear)	−0.2404	0.0365	43.29	<0.0001
	P2 (quadratic)	0.0022	−0.000005	−0.29	−0.5922
	P3 (cubic)	0.000002			
Indoxacarb	P0 (constsnt)	3.5759	0.6249	32.81	<0.0001
	P1 (linear)	-0.3030	0.0834	13.19	0.0003
	P2 (quadratic)	0.0099	0.0029	11.18	0.0008
	P3 (cubic)	−0.00009	0.00002	10.82	0.0010
Voliam Targo	P0 (constsnt)	4.0666	0.6409	40.27	<0.0001
	P1 (linear)	−0.4138	0.0839	24.33	<0.0001
	P2 (quadratic)	0.0133	0.0029	20.222	<0.0001
	P3 (cubic)	−0.00012	0.00002	18.89	<0.0001
Profenofos	P0 (constsnt)	3.0457	0.5163	34.80	<0.0001
	P1 (linear)	−0.2960	0.0709	17.41	<0.0001
	P2 (quadratic)	0.0091	0.0025	12.72	0.0004
	P3 (cubic)	−0.00008	0.00002	11.48	0.0007



شکل ۲. منحنی‌های تعداد میزبان‌های پارازیته شده با زنبور *Habrobracon hebetor* در معرض LC_{30} حشره‌کش‌ها.

Figure 2. Curve of the number of hosts parasitized by *Habrobracon hebetor* exposed to LC_{30} of insecticides.



شکل ۳. منحنی‌های درصد میزبان‌های پارازیته شده *Habrobracon hebetor* در معرض LC_{30} حشره‌کش‌ها.

Figure 3. Percentage curves of *Habrobracon hebetor* parasitized hosts exposed to LC_{30} of insecticides.

جدول ۵. تاثیر LC_{30} حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی پارامترهای واکنش تابعی زنبور *Habrobracon hebetor*

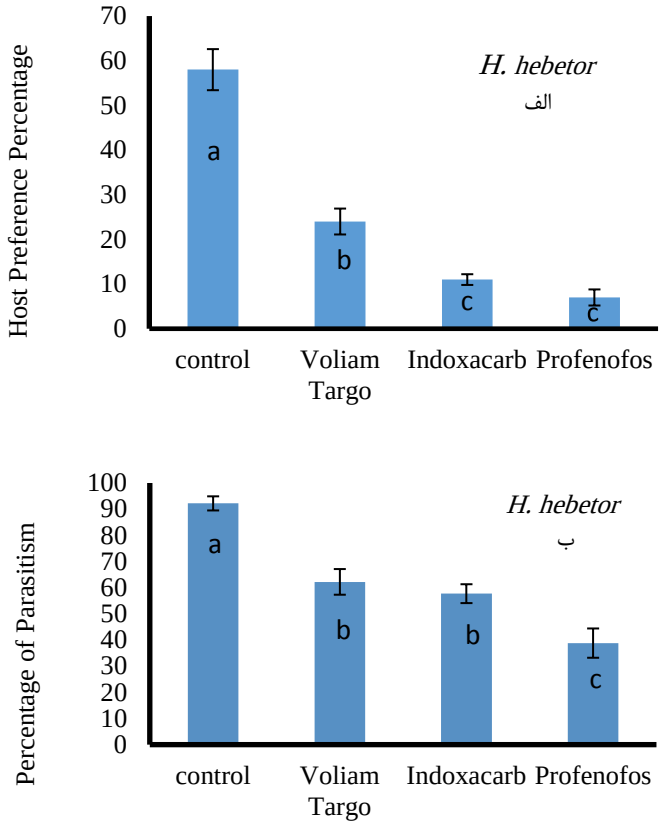
Table 5. Effect of LC_{30} insecticide tested on the functional response parameters of *Habrobracon hebetor*.

Treatment	Functional response	Attack rate(h^{-1}) a ± SE (Lower-Upper)	Handling time T_h ± SE (Lower-Upper)	Maximum Attack rate (T / Th)
Control	II	0.00374 ± 0.000177 (0.00339-0.00409)	0.5068 ± 0.00914 (0.4887-0.5249)	47.35
Voliam Targo	II	0.00268 ± 0.000196 (0.00229-0.00307)	0.5993 ± 0.0177 (0.5639-0.6347)	40.04
Indoxacarb	II	0.00226 ± 0.000195 (0.00187-0.00265)	0.72180 ± 0.0251 0.6718-0.7718	33.25
Profenofos	II	0.00274 ± 0.000252 (0.00223-0.00324)	0.9220 ± 0.0296 (0.6829-0.9811)	26.03

اثر دورکنندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی H. hebetor

نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های عکس‌العمل جلب یا دور-شوندگی زنبور پارازیتوئید مورد آزمایش نسبت به لاروهای در معرض قرار گرفته به غلظت‌های LC_{30} حشره‌کش‌های مورد آزمایش نشان دادند که زنبورها به‌طور معنی‌داری به سمت لاروهای تیمار نشده (شاهد) در مقایسه با تیمارهای حشره‌کش-های مورد آزمایش جلب شدند (شکل ۴ ب). همچنین نتایج نشان داد که تیمار ولیام‌تارگو میزان دورکنندگی کمتری نسبت به تیمارهای ایندوکساکارب و پروفنوفوس برای زنبور پارازیتوئید براکون داشت ولی بین تیمارهای ایندوکساکارب و پروفنوفوس اختلاف معنی‌داری در میزان دورکنندگی برای زنبور مشاهده نشد. عدم ترجیح به سمت میزبان‌های تیمار شده با حشره‌کش-های مورد آزمایش می‌تواند به دلیل اثر دورکنندگی آن‌ها باشد (شکل ۴ ب). نتایج بررسی حساسیت حشرات کامل زنبور پارازیتوئید براکون به تیمار لارو میزبان با غلظت‌های LC_{30} حشره‌کش‌های مورد آزمایش در شکل ۴ (الف) نشان داده شده

است. مقایسه‌ی میانگین‌های مربوطه نشان می‌دهد که بیشترین میزان درصد پارازیتیسم مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. میزان پارازیته کردن زنبور براکون در تیمار ولیام‌تارگو و ایندوکساکارب به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار پروفنوفوس بیشتر بود. به طورکلی، بررسی اثر حشره‌کش‌ها بر روی رفتار میزبان یابی و میزان پارازیتیسم زنبورهای براکون نشان می‌دهد که زنبورهای پارازیتوئید میزبان‌های قرار گرفته در معرض حشره‌کش‌ها را برای پارازیت کردن ترجیح نمی‌دهند و گرایش به سمت لاروهای میزبان تیمار نشده دارند که این امر می‌تواند منجر به دور شدن زنبورهای پارازیتوئید از محل‌های کاربرد حشره‌کش‌ها گردد و در حالت کلی دانستن این اطلاعات می‌تواند به تدوین یک برنامه مدیریت تلفیقی آفات کمک نماید.



شکل ۴. اثر غیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی رفتار جهت‌یابی و میزان پارازیتیسم زنبور *Habrobracon hebetor*.

Figure 4. Sublethal effect of tested insecticides on orientation behavior and parasitism of *Habrobracon hebetor*.

بحث

زنبور *H. hebetor* از پارازیتوئیدهای مهم بسیاری از آفات به خصوص پروانه‌های خانواده Noctuidae و Pyralidae هستند. تحقیقات نشان داده است که از جمله راه‌های کنترل موفق و پایدار بسیاری از آفات، استفاده توام از عوامل کنترل زیستی و ترکیبات شیمیایی در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات است. بنابراین دانستن اثر آفت‌کش‌های مورد استفاده در مزارع پنبه و آفت‌کش‌های جدید روی زنبورهای پارازیتوئید برای کاربرد این دو ابزار مدیریت آفات امری ضروری است. بررسی میزان کشندگی حشره‌کش‌های مورد آزمایش بر روی حشرات کامل نشان داد که پروفنوفوس سمیت بالایی بر روی حشرات کامل در مقایسه با ایندوکساکارب و ولیام‌تارگو دارد.

Rafiei *et al.* (2009) اثر پروفنوفوس، اسپاینوسد و تیودیکارب را روی حشرات کامل زنبور براکون بررسی کردند و میزان LC_{50} حشره‌کش پروفنوفوس را ۱۲/۴۴ میلی‌گرم ماده موثر بر لیتر تعیین نمودند، و گزارش کردند که این ترکیب برای حشرات کامل زنبور براکون بسیار سمی می‌باشد. Kumar (2013) تاثیر حشره‌کش‌های مختلف از جمله پروفنوفوس، ابامکتین، کلرانترانیلی‌پرول و ایندوکساکارب را روی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma chilonis* Ishii بررسی کرد، و گزارش نمود که پروفنوفوس و ابامکتین باعث ایجاد ۱۰۰ درصد مرگ و میر بر روی زنبور براکون می‌گردد، و این حشره‌کش‌ها را به عنوان حشره‌کش‌های مضر گروه بندی نمود. در مطالعه ایشان حشره‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و ایندوکساکارب کمتر از ۳۰

درصد مرگ و میر روی حشرات کامل زنبور براکون ایجاد کردند و در گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر طبقه بندی گردیدند. همچنین ایندوکساکارب در غلظت توصیه شده مزرعه‌ای برای جنس‌های مختلف زنبور تریکوگراما بی‌ضرر بوده و کمتر از ۳۰ درصد مرگ و میر روی حشرات کامل زنبور تریکوگراما ایجاد کرد (Liu & Zhang 2012). در مطالعه حاضر میزان LC_{50} حشره‌کش ولیام-تارگو بر روی گونه حشره مورد مطالعه پایین بود و در غلظت توصیه شده مزرعه‌ای منجر به ۱۰۰ درصد مرگ و میر گردید. حشره‌کش ولیام‌تارگو مخلوطی از حشره‌کش‌های ابامکتین و کلرانترانیلی‌پرول می‌باشد. با مقایسه نتایج مطالعه حاضر و مطالعه Kumar (2013) به نظر می‌رسد که ابامکتین موجود در ولیام-تارگو که بیشتر از طریق تماسی موثر هست می‌تواند باعث ایجاد مرگ و میر بر روی حشرات مورد مطالعه باشد. درمطالعه Ashtari (2022) نیز کلرانترانیلی‌پرول نسبت به سایر حشره-کش‌ها سمیت کمتری برای زنبورهای پارازیتوئید تریکوگراما داشته و نسبت به حشره‌کش‌های دیگر میزان پارازیتیسم دو گونه زنبور تریکوگراما را کمتر تحت تاثیر قرار داده است، لذا استفاده از آن در برنامه‌های مدیریت تلفیقی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی توصیه شده است. حشره‌کش‌های رایج و معمولی از قبیل پروفنوفوس که در مزارع استفاده می‌شوند، اغلب سمیت بیشتری روی پارازیتوئیدها و شکارگرها نسبت به حشرات آفت دارند (Bellows & Morse 1986). این امر می‌تواند در ارتباط با بالا بودن میزان غلظت توصیه شده مزرعه‌ای این ترکیبات و همچنین نحوه اثر آن‌ها که بیشتر به صورت تماسی موثر هستند، باشد. حشره‌کش‌های جدید ازقبیل ولیام‌تارگو با وجود اثر تماسی بر روی موجودات هدف، به‌علت اینکه در غلظت‌های خیلی پایین‌تر در مقایسه با حشره‌کش‌های رایج از قبیل پروفنوفوس به‌کار می-روند سمیت پایین‌تری نسبت به حشره‌کش‌های رایج روی زنبورهای پارازیتوئید دارند. همچنین ترکیباتی ازقبیل ایندوکساکارب که دارای نحوه اثر گوارشی هستند ایمنی بالایی برای زنبورهای پارازیتوئید دارند. بنابراین ایندوکساکارب می‌تواند به عنوان ترکیب سازگار و نامزدی مناسب در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده گردد. غلظت‌های مزرعه‌ای حشره‌کش‌هایی که طبق طبقه بندی IOBC در گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر و کم‌ضرر قرار می‌گیرند، به خوبی می‌توانند در برنامه‌های IPM استفاده شوند (Stara *et al.* 2011) در نتایج ما نیز در بررسی اثر ایندوکساکارب و ولیام‌تارگو روی مراحل نابالغ زنبور به ترتیب در گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر و کم‌ضرر قرار گرفتند. با توجه به اثر سمیت بالای ولیام‌تارگو روی حشرات کامل زنبور، به نظر می‌رسد حشره‌کش ایندوکساکارب می‌تواند حشره‌کش مناسب‌تری برای استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات باشد. همچنین نتایج نشان داد که قرار گرفتن حشرات کامل زنبور براکون در معرض باقیمانده حشره‌کش‌های پروفنوفوس، ایندوکساکارب و ولیام تارگو اثر منفی روی واکنش‌های تابعی این پارازیتوئیدها بر جای گذاشت. میزان زمان دستیابی و ضریب نرخ حمله زنبورهای براکون تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش قرار گرفت. کمترین زمان دستیابی و بیشترین نرخ حمله پس از شاهد به ترتیب مربوط به تیمار ولیام‌تارگو، ایندوکساکارب و پروفنوفوس بود. در مطالعه صابر و همکاران (۲۰۲۰) نیز نیز دیازینون و فیپرونیل پارامترهای نرخ حمله و زمان دستیابی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* Bezdenko را بطور منفی تحت تاثیر قرار دادند. مشابه با نتایج این تحقیق، (2012) Rafiee *et al.*نیز در بررسی اثر حشره‌کش‌های پروفنوفوس، اسپاینوسد، تیودیکارب و هگزافلومورون روی واکنش‌های تابعی زنبور پارازیتوئید براکون نشان دادند که حشره‌کش‌های مذکور باعث تغییر در نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید نسبت به شاهد نشد. هم چنین، (2013) Mahdavi *et al.* اثر غیرکشنده حشره-کش‌های ابامکتین، کاربارل، کلرپایریفوس و اسپاینوسد را روی واکنش تابعی *H. hebetor* بررسی کرد و از نوع III گزارش نمود. یعنی کاربرد حشره‌کش‌ها، روی نوع واکنش تابعی پارازیتوئید اثر داشته است. در حالی‌که در پژوهش حاضر کاربرد حشره‌کش‌ها تغییری در نوع واکنش تابعی زنبورهای پارازیتوئید براکون نسبت به تیمار شاهد ایجاد نکرد. شرایط مختلف آزمایشگاهی، جمعیت متفاوت زنبور پارازیتوئید، نوع حشره‌کش‌ها و سایر عوامل می-تواند در تفاوت نتایج به‌دست آمده در بررسی‌های مختلف موثر باشند. همچنین پارامتر خطی در تجزیه لجستیک برای تمامی تیمارها معنی‌دار بود. بررسی رفتار جلب و یا دورشوندگی زنبور پارازیتوئید نیز نشان داد که این زنبور، میزبان‌های تیمارنشده را به میزبان‌های تیمار شده به وسیله حشره‌کش‌ها ترجیح می‌دهند. AminiJam *et al.* (2017) اثر کشندگی و غیرکشنده حشره-کش‌های ایمیداکلوپرید و پریمیکارب را روی زنبور پارازیتوئید *Aphidius matricariae* Haliday. (Hym: Braconidae) بررسی نمودند و بیان کردند که این حشره‌کش‌ها رفتار جهت یابی زنبورها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در این مطالعه این ترکیبات خاصیت دورکننده بر روی زنبور پارازیتوئید داشتند. به طورکلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که حشره‌کش زیست‌سازگار ایندوکساکارب، اثر زیان‌آور کمتری بر روی زنبور براکون دارد. آزمایشات مزرعه‌ای برای تائید نتایج مطالعه حاضر می‌تواند

سودمند باشد.

References

Amini Jam N, Kocheili F, Mossadegh MS, Rasekh, Saber M, 2017. Residual effect of imidacloprid and pymetrozine on orientation behavior of *Lysiphlebus fabarum* Marshall, a parasitoid of the black bean aphid *Aphis fabae* Scopoli. Scientific Journal of Agriculture 40(2): 75–87.

Ashtari S, 2022. Efficacy of spinosad, imidacloprid, indoxacarb and chlorantraniliprole on *Tuta absoluta* and two species of parasitoid wasps. Journal of Applied Research in Plant Protection 11(2): 79-90.

Backer JE, Fabrick JA, 2000. Host hemolymph proteins and protein digestion in larval *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae). Insect Boichemistry and Molecular Biology 30: 937-946.

Biondi A, Desneux N, Siscaro G, Zappalà L, 2012. Using organic- certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pes- ticides on the predator Orius laevigatus. Chemosphere 87:803–812.

Croft BA, 1990. Arthropod Biological Control Agents and Pesticides. New York 723.

Hassan SA, 1994. Activities of the IOBC/WPRS working group pesticides and beneficial organisms. IOBC/WPRS Bull 17:1–5.

Hentz MG, Ellsworrth PC, Naranjo SE, Watson TF, 1998. Development, longevity and fecundity of *Chelonus sp*. nr. *curvimaculatus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg-larval parasitoid of pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology* 27 (2): 443–449.

Kumar A, 2013. Assessment of Biosafety of Commonly used insecticides to *Trichogramma chilonis* Ishii. Ph. D. thesis. University of Varanasi India.128.

Liu TX, Zhang Y, 2012. Side effects of two reduced-risk insecticides, indoxacarb and spinosad, on two species of Trichogramma (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on cabbage. *Ecotoxicology* 21(8): 2254–2263.

Magro SR, Parra JRP, 2001. Biologia do ectoparasitoid *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) em sete especies de Lepidopteros. *Science Agricola* 58(4): 693–698.

Mahdavi N, Saber M, Rafiee-Dastjerdi H, Mehrvar A, 2013. Study of susceptibility of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) to chlorpyrifos, carbaryl, spinosad and abamectin and *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* under laboratory conditions. *Jordan Journal of Biological Sciences* 6(1):17–20.

Messina FJ, Hanks JB, 1998. Host plant alters the shape of functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology* 27, 1196–1202.

Rafiee Dastjerdi H, Hassanour M, Ganbalani GN, Golizade A, Sarmadi S, 2012. Sub lethal Effects of some insecticides on life table parameter of pupae stage of *Habrobracon hebetor* Say (Hym: braconidae. *Journal of Crop Protection* 3: 221–228.

Rafiee Dastjerdi H, Hejazi MJ, Ganbalani, GN, Saber M, 2009. Effects of some insecticides on functional response of ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* Say (Hym: braconidae. *Journal of Entomology* 6 (3): 161–166.

Saber M, Ghorbani M, Vaez N, Armak A, 2020. Effects of diazinon and fipronil on functional response of *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.; Trichogrammatide) in the laboratory conditions. *Journal of Crop Protection* 9(2): 275-283.

Saber M, Hejazi MJ, Kamali K, Moharramipour, S, 2005. Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Journal of Economic Entomology* 98(1): 35–40.

Saber M, Kamali K, Moharamipour S, Hejazi MJ, 2001. Sublethal Effects of Fenitrothion and Deltamethrin on life table parameter of *T. semistriatus* and *Trissolcus grandis. Applied Entomology and Phytopathology* 69(1): 119–134.

Stara J, Ourednicjova J, Kocourek F, 2011. Laboratory evaluation of the side effects of insecticides on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae), *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae), and *Neoseiulus cucumeris* (Acari., Phytoseidae). *Journal of Pesticide Science* 84: 25–31.

Stark JD, Banks JE, 2001. Selective pesticides are they less hazardous to the environment? *Bioscience* 51: 980–982.

© This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)