

## بررسی اثرات کشندگی حشره‌کش‌های تترانیلی‌پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات روی زنبور

### انگل‌واره *Habrobracon hebetor*

مهدی فولادی<sup>۱</sup>، غلامرضا گل‌محمدی<sup>۲\*</sup>، علی احدیت<sup>۳</sup> و کاظم محمدپور

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران
- ۲- استاد بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی، موسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- ۳- استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران
- ۴- استادیار بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی، موسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

#### چکیده:

زنبور *Habrobracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae) یکی از پارازیتوئیدهای مهم می‌باشد که برای کنترل زیستی لارو شب‌پره‌های خانواده‌ی Pyralidae و Noctuidae شامل آفات زراعی، باغی و انباری، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه، اثرات کشندگی حشره‌کش‌های تترانیلی‌پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات به روش تماسی روی حشرات کامل و غوطه‌وری روی شفیره زنبور پارازیتوئید مورد مطالعه قرار گرفتند. پرورش زنبور پارازیتوئید روی لاروهای شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد در اتاقک رشدی با شرایط دمایی  $27 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره‌ی نوری (۱۶:۸) ساعت روشنایی و تاریکی انجام شد. زیست‌سنجی حشره‌کش‌ها روی مراحل حشره کامل و شفیره‌های زنبور در ۵ تکرار در روزهای مختلف انجام شد. بنابر نتایج میزان  $LC_{50}$  روی حشرات بالغ برای ترکیبات تترانیلی‌پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات به ترتیب ۲۳۳، ۹۶۶، ۵۴۴۴ و ۶۷۹ میلی‌گرم بر لیتر (پی‌پی‌ام) برآورد گردید. میزان تلفات شفیره در روش غوطه‌ورسازی برای حشره‌کش‌های تترانیلی‌پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات به ترتیب ۳۲/۶، ۱۳/۳، ۱۶/۰ و ۱۹/۷ درصد برآورد گردید. در ارزیابی مرگ و میر حاد، مطالعه‌ی اثر ترکیبات مورد آزمایش نشان داد که حشره‌کش تترانیلی‌پرول بیشترین سمیت و ترکیب فلوبن‌دیامید کمترین سمیت را روی مرحله حشره کامل نشان دادند. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان تلفات مرحله زیستی شفیره‌گی بترتیب مربوط به ترکیبات تترانیلی‌پرول فلوپیرادیفون بود. در صورت انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای و تایید این نتایج، به نظر می‌رسد حشره‌کش‌های فلوپیرادیفوران و فلوبن‌دیامید می‌توانند گزینه مناسبی برای برنامه‌های مدیریت تلفیقی باشند. واژه‌های کلیدی: زیست‌سنجی، اثرات کشنده، زنبور پارازیتوئید.

#### Lethal effects of insecticides tetranlyprole, flupyradifuran, flubendiamide and spirotetramat on parasitoid wasp *Habrobracon hebetor*

Mahdi Fooladi<sup>1</sup>, Gholamreza Golmohammadi<sup>2</sup>, Ali Ahadiyat<sup>3</sup> and Kazem Mohammadpur<sup>4</sup>

1. Ph. D student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Abureyhan Parids- University of Tehran, Iran
2. Professor Department of Agricultural Entomology, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

#### Abstract

The wasp *Habrobracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae) is one of the important parasitoids which is used for the biological control of moth larvae of the Pyralidae and Noctuidae families, including agricultural, garden and storage pests. In this study, the lethal effects of tetranlyprole, flupyradifuran, flubendiamide and spirotetramat insecticides were studied by contact method on adult insects and dipping method on the parasitoid wasp pupa of *H. hebetor*. Parasitoid wasp rearing was carried out on the larvae of the mediterranean flour moth in a growth chamber with temperature conditions of 27.2, relative humidity 65.5 percent and photoperiod (16:8) hours of light and dark. Bioassay tests were performed on adult insect stages and wasp pupa in 5 repetitions on different days. According to the results, the  $LC_{50}$  on adult insects was estimated to be 233, 966, 5444 and 679 ppm for tetranlyprole, flupyradifuran, flubendiamide and spirotetramat, respectively. The survival rate in the dipping method for the insecticides tetranlyprole, flupyradifuran, flubendiamide and spirotetramat was 32.6, 13.3, 16.0 and 19.7 percent, respectively. The study of the effect of the tested pesticides showed that tetranlyprole insecticide showed the highest toxicity, while flubendiamide pesticides showed the lowest toxicity on the adult stage. Also, the highest and lowest tolerance against insecticides in the pupa life stage was related to the insecticide flubendiamide, which was more tolerant than the adult stage. If field tests are conducted and these results are confirmed, it seems that flupyradifuran and flubendiamide insecticides can be a suitable option for integrated pest management.

**Keywords:** Bioassay, Lethal effects, Parasitoid wasp

\* مسئول مکاتبات: [g.golmohammadi@areeo.ac.ir](mailto:g.golmohammadi@areeo.ac.ir)

✉ E-mail: Gholamreza Golmohammadi, [g.golmohammadi@areeo.ac.ir](mailto:g.golmohammadi@areeo.ac.ir)

## مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت، کمبود منابع غذایی و نگرانی‌های موجود از محدودیت‌های منابع سبب شده است تا افزایش بهره‌وری در واحد سطح به نیاز ضروری تبدیل شود لذا کاهش خسارت آفات یکی از راه‌های پیشبرد این هدف است. استفاده از آفت‌کش‌ها یکی از راه‌های دستیابی به عملکرد بالا و کیفیت مطلوب می‌باشد. کاربرد بی‌رویه آفت‌کش‌ها موجب از بین رفتن حشرات مفید، ایجاد گونه‌های مقاوم، بروز آفات ثانویه، آلودگی محیط‌زیست شده است. با توجه به سازگاری روش زیستی با سایر روش‌های کنترل آفات می‌تواند اهمیت قابل توجهی در مدیریت تلفیقی آفات داشته باشد (Galvan ; Schöller *et al.*, 1997; ( *et al.*, 2005).

زنبور (*Habrobracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae) یکی از پارازیتوئیدهای مهم می‌باشد که برای کنترل بیولوژیک لارو شب‌پره‌های خانواده‌ی Pyralidae و Noctuidae شامل آفات زراعی، باغی و انباری، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Magro & Parra, 2001).

این زنبور به دلیل داشتن ویژگی‌های زیستی و رفتاری مناسب و مطلوب به ویژه با داشتن قدرت تولید مثل بالا، کوتاه بودن طول دوره نسلی و تنوع بالای میزبان، برای پارازیتسم لاروهای میزبان مورد توجه قرار گرفته است. به همین دلیل کاربرد این زنبور در کنترل تلفیقی برخی از آفات مخصوصاً کرم قوزه در زراعت پنبه، گوجه‌فرنگی و نخود به‌عنوان یکی از اهرم‌های کنترل جمعیت آفت همواره مورد توجه نظر است. این ویژگی‌ها مطلوب سبب شده است که از سال ۱۳۷۴ تاکنون در نقاط مختلف ایران پرورش داده شده و رهاسازی گردد (Fooladi & *et al.*, 2015). در سال‌های اخیر مطالعاتی روی اثرات کشندگی و زیرکشندگی برخی آفت‌کش‌ها روی این زنبور پارازیتوئید انجام گرفته است، از جمله اثرات حشره‌کش‌های اسپینوسید، پروفوفوس، تیودیکارب، هگزافلوموران، دلتامترین، اندکساکارب، ایمیداکلوپراید، فلونیکامید، تیاکلوپراید، تیوسیکلام، بیسکایا، نیمآزال، تنداکسیر، آبامکتین، پروتوس، سیرینول، آزادیراختین، Bt، تری کلروفن، امامکتین بنزوات+لوفنورون، تیوسیکلام، اسپینوساد، کرومافنوزاید، پیریدالیل، متوکسی فنوزید، کاربایل، مالاتیون، *Metarhizium anisopliae*، کلریپروفوس، فن پروپاترین، پروپارزیت، بوپروفزین، دایابون، پالیزین، لوفنورون و لوفنورون + فنوکسی کرب، دیازینون، فوزالون، فیپرونیل، پیری پروکسیفن و تعداد زیادی اسانس و روغن بررسی شده است.

( Sarmadi *et al.*, 2008 a,b; Mahdavi & Saber *et al.*, 2013; Abedi & *et al.*, 2013; Fooladi & *et al.*, 2015; Hooshmandi *et al.*, 2015 )  
; Jarrahi & Safavi, 2016; Faal-Mohammad-Ali *et al.*, 2016; Asadi & *et al.*, 2018; Famil & *et al.*, 2018; Rashidi *et al.*, 2018; Rezaei & *et al.*, 2018; Rostami *et al.*, 2018; Abasi & *et al.*, 2019; Asadi & *et al.*, 2019; Rezaei & *et al.*, 2019; Mardani & *et al.*, 2021

هدف از این پژوهش مطالعه اثر کشندگی چهار حشره‌کش ثبت شده در سال‌های اخیر برای کنترل آفات شامل ترانیلی پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروترامات روی حشرات کامل و شفیره زنبور پازیتوئید براکون در شرایط آزمایشگاهی است تا میزان سمیت آفت‌کش‌های مذکور از نظر سازگاری آن‌ها با زنبور پازیتوئید مشخص گردد. در نهایت از طریق مدیریت صحیح استفاده از آفت‌کش‌های سازگار و ناسازگار در شرایط مزرعه‌ایی، در کنترل هرچه بهتر آفات موثر باشد.

**مواد و روشها:**

ایجاد کلونی اولیه با استفاده از تخم‌های این حشره در بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور انجام شد. برای پرورش از تشت‌های پلاستیکی به قطر ۷۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر استفاده شد. در هر ظرف مقدار ۲/۵ کیلو گرم آرد گندم و ۵/۰ کیلو گرم سبوس گندم به همراه ۴۰ گرم مخمر آرد اضافه گردید، سپس به میزان ۱ گرم از تخم کرم آرد به صورت یکنواخت در روی آن پخش گردید. این ظروف در اتاق دمای ثابت با دمای  $27 \pm 2$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی گذاشته شدند. پس از حدود ۳-۴ روز تخم‌ها تفریخ شده

و لاروهای کرم آرد خارج شدند، لاروها از آرد موجود تغذیه نموده و سنین لاروی را طی نمودند. پس از مدت ۳۰ روز لاروهای سن ۵ پروانه بید آرد، به کمک لامپ حرارتی از آرد جدا گردید.

پرورش شب پره بید آرد (*Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae))

### پرورش زنبور

حشرات کامل زنبور از انسکتاریومی در شهر گرگان تهیه شد. برای پرورش از ظروفی به قطر ۸ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ سانتی متر استفاده شد. در هر ظرف ۵۰ عدد لارو سن ۵ بید آرد قرار داده شد و سپس ۱۰ جفت زنبور نر و ماده به آن اضافه گردید. در هر ظرف یک نوار کاغذی به ابعاد ۳۰×۴ میلی متر آغشته به یک لایه نازک عسل در اختیار زنبورها قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت زنبورها را خارج کرده و ظرف حاوی لاروهای بید آرد و تخم های زنبور جهت پرورش در شرایط با دمایی ۲۷±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی تا ظهور حشرات کامل نسل جدید زنبور گذاشته شدند.

### حشره کش های مورد استفاده

در این تحقیق از حشره کش های ترانیلی پرول (SC 20%) با نام تجاری وایگو<sup>۱</sup> تولید شده توسط شرکت بایر کراپ ساینس آلمان از گروه دی امیدها، فلوپیرادیفوران (SL 20%) با نام تجاری سیوانتو<sup>۲</sup> تولید شده شرکت بایر کراپ ساینس آلمان از گروه بوتنولیدها، فلوبن دیامید (WG 20%) با نام تجاری تاکومی<sup>۳</sup> تولیدی شرکت ایشیهارا سانگیو کایشا<sup>۲</sup> ژاپن از گروه دیامیدها و اسپیروتترامات (SC 10%) با نام تجاری موننتو<sup>۴</sup> از تولید بایر کراپ ساینس آلمان از گروه کتونول ها استفاده گردید.

### زیست سنجی حشرات کامل

برای زیست سنجی حشرات کامل از روش تماس باقی مانده استفاده گردید (Golmohammadi & Hejazi, 2014). پس از آزمایش های مقدماتی دامنه غلظت ها برای هر تیمار تعیین گردید. دامنه غلظت های تعیین شده با فواصل لگاریتمی برای تیمارهای ترانیلی پرول (۴۰۰-۱۵۰۰)، فلوپیرادیفوران (۱۵۰۰-۴۰۰۰)، فلوبن دیامید (۳۵۰۰-۸۰۰۰) و اسپیروتترامات (۱۰۰۰-۲۵۰۰) میلی گرم بر لیتر (پی پی ام) بودند. پس از آماده سازی محلول های سمی به حجم ۵۰ میلی لیتر، دو سطح پتری های شیشه ای به قطر ۹ سانتی متر با ۴ میلی لیتر از محلول سمی تهیه شده آغشته شدند. نیم ساعت پس از خشک شدن، سطوح درونی شیشه ها در هوای اتاق، تعداد ۱۲ عدد حشرات کامل حداکثر ۴۸ ساعته به درون آن ها انتقال یافتند و ۲۴ ساعت بعد میزان مرگ و میر آن ها مورد بررسی قرار گرفته و تلفات ثبت گردید. برای هر غلظت ۴-۶ تکرار در روزهای مختلف در نظر گرفته شد.

### زیست سنجی مرحله شفیره

پس از آزمایش های مقدماتی با توجه به عدم تلفات شفیره تا غلظت های نیمه مزرعه ای، از غلظت توصیه شده ی مزرعه ای استفاده شد. غلظت های حشره کش ها برای ترانیلی پرول (۳۷۵)، فلوپیرادیفوران (۷۰۰)، فلوبن دیامید (۲۰۰) و اسپیروتترامات (۷۰۰) پی پی ام بودند و چهار غلظت از آفتکش ها با حجم معادل ۱۰۰ میلی لیتر تهیه و برای شاهد از آب مقطر استفاده گردید. هشت روز بعد از پارازیت شدن به عنوان مرحله ی شفیرگی در نظر گرفته شدند (Rafiee Dastjerdi et al. 2008). در روش غوطه وری پس از آماده سازی محلول سمی شفیره ها درون محلول سمی غوطه ور و پس از ۱۰ ثانیه از محلول سمی خارج می شدند. نیم

<sup>1</sup> Vayego

<sup>2</sup> Ishihara Sangyo Kaisha

ساعت پس از غوطه‌وری، به پتری‌های شیشه‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر منتقل شدند. پتری‌ها به انکوباتور برای ظهور حشرات کامل منتقل شده است. مرگ و میر شفیره پس از ظهور همه حشرات کامل در تیمار شاهد (بعد از ۴ روز) ثبت گردید. برای هر غلظت حداقل ۴ تکرار در روزهای مختلف در نظر گرفته شد.

### بررسی اثرهای جانبی به روش IOBC

برای بررسی اثرهای جانبی به روش IOBC حشره‌ی کامل، پس از ظهور حشرات کامل اثر هر حشره‌کش محاسبه گردید. نسبت تعداد تخم به ازای هر ماده از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

$$F = \frac{Ft}{Fc}$$

=F = نسبت تعداد تخم گذاشته شده به ازای هر ماده

=F<sub>t</sub> = میانگین تعداد تخم به ازای هر ماده در تیمار

=F<sub>c</sub> = میانگین تعداد تخم به ازای هر ماده در شاهد

در صورت وجود مرگ و میر در تیمار، درصد مرگ و میر اصلاح شده با استفاده از فرمول ابوت محاسبه گردید (نقل از گلمحمدی، ۱۳۸۷):

$$M_a = \frac{M_t - M_c}{100 - M_c} * 100$$

Ma = درصد مرگ و میر اصلاح شده

Mt = درصد مرگ و میر در تیمار

Mc = درصد مرگ و میر در شاهد

شاخص اثر کل (Total Effect Index) هر حشره‌کش روی زنبور انگل‌واره از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$TEI = 100 - (100 - Ma) \times F$$

Ma = درصد مرگ و میر اصلاح شده‌ی مراحل لاروی و شفیرگی

سپس با استفاده از طبقه‌بندی که توسط IOBC ارائه گردیده است حشره‌کش‌ها دسته‌بندی شدند (Stark & Hassan, 1994; Baker, 2003; Rezaei et al., 2007).

### جدول ۱- طبقه‌بندی IOBC

Table1: Grouping IOBC

میزان زیان	میزان شاخص اثر کل (TEI)	دسته‌بندی
	Total effect index	Grouping
بی زیان	TEI < %30	دسته‌ی ۱ Group1
با زیان کم	%30 < TEI < %79	دسته‌ی ۲ Group2
با زیان متوسط	%80 < TEI < %98	دسته‌ی ۳ Group3
زیان بخش	TEI > %99	دسته‌ی ۴ Group4

### تجزیه داده‌ها

داده‌های حاصل از زیست‌سنجی مرحله حشره بالغ و شفیره با استفاده از رگرسیون پروبیت و نرم‌افزار SPSS 20 انجام گرفت. برای مقایسه مقادیر LC<sub>50</sub> از روش 1 Robertson & Preisler 992 و نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد.

## نتایج

نتایج زیست‌سنجی حشرات کامل زنبور *H.hebetor* به حشره‌کش‌های تترانیلی‌پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه مقادیر LC<sub>50</sub> حشره‌کش‌های مورد آزمایش به روش نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد، دلیل این امر عدم هم‌پوشانی محدوده‌های مقادیر LC<sub>50</sub> می‌باشد. مقادیر LC<sub>50</sub> نشان داد که حشره‌کش تترانیلی‌پرول سمی‌ترین ترکیب برای حشرات کامل زنبور ماده می‌باشد و ترکیبات اسپیروتترامات فلوپیرادیفوران و فلوبن‌دیامید به ترتیب سمیت کمتری داشتند. در جدول ۲، شیب خط غلظت-اثر حشره‌کش‌ها نشان می‌دهد که شیب خط فلوبن‌دیامید از همه بیشتر می‌باشد، یعنی با کوچک‌ترین افزایش غلظت در مقادیر تترانیلی‌پرول مرگ‌ومیر بیشتری حاصل می‌شود که این مهم برای کاربرد ترکیبات حشره‌کش در مزرعه مناسب نمی‌باشد بنابراین تجزیه پروبیت‌ها اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهند بنابراین تجزیه پروبیت برای برآورد LC<sub>50</sub> ها مناسب بوده است این مهم برای ترکیبات فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات یکنواخت تر بوده است. لذا عدم اختلاف معنی‌دار کی اسکوآرها نشان می‌دهد که برازش خط غلظت - اثر به درستی انجام شده است.

مقادیر LC<sub>25</sub> نشان داد که حشره‌کش تترانیلی‌پرول با میزان ۱۵۴ پی‌پی‌ام سمی‌ترین ترکیب برای حشرات کامل زنبور می‌باشد و ترکیبات اسپیروتترامات فلوپیرادیفوران و فلوبن‌دیامید به ترتیب با غلظت‌های ۳۴۲، ۶۵۴ و ۴۰۳۵ پی‌پی‌ام سمیت کمتری داشتند. همچنین مقادیر LC<sub>90</sub> نشان داد که بیشترین غلظت با ۱۱۳۰۱ مربوط به حشره‌کش فلوبن‌دیامید است. و بیشترین افزایش غلظت نسبت به LC<sub>50</sub> مربوط به حشره‌کش اسپیروتترامات است و کمترین آن مربوط به فلوبن‌دیامید می‌باشد.

جدول ۲- نتایج زیست‌سنجی تماسی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرات کامل *Habrobracon hebetor* در آزمایشگاه

Table 2. Bioassay results of insecticides tested on adults *Habrobracon hebetor* in the laboratory.

Insecticide	df	n	slope ± SE	LC25 (mg ai/L) (95%CL)	LC50 (mg ai/L) (95%CL)	LC95 (mg ai/L) (95%CL)	χ <sup>2</sup>
flupyradifurone	4	295	3.98±0.61	654(538-745)	966(859-1099)	2499(1938-3936)	3.07
traniliprole	4	291	3.74±0.58	154(122-177)	233( 208 -259)	641(500-1008)	3.25
flubendiamide	4	293	5.186±0.79	4035(3435-4464)	5444(4999-5927)	11301(9408-15696)	0.923
spirotetramat	4	296	2.26±0.41	342(246-415)	679(570-874)	3613(2113-11206)	0.665

میزان تلفات شفیره در روش غوطه‌ورسازی برای حشره‌کش‌های تترانیلی‌پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات به ترتیب ۳۲/۶، ۱۳/۳، ۱۶/۰ و ۱۹/۷ درصد است. دلیل پایین بودن تلفات شفیره‌ها این است که احتمالاً پوسته شفیره‌گی از تماس مستقیم غلظت‌های مورد استفاده بر روی شفیره جلوگیری می‌نماید. تلفات مشاهده شده به این دلیل است که زنبور هنگام خروج از حالت شفیره‌گی مجبور به جویدن قسمتی از پوسته شفیره‌گی می‌شود و تأثیر سم از طریق گوارشی بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد سمی‌ترین ترکیب برای شفیره حشرات که بیشترین اثر آن مربوط به اثرات گوارشی است مربوط به ترکیب تترانیلی‌پرول است و کمترین مرگ و میر مربوط به حشره‌کش فلوپیرادیفوران است.

جدول ۳- میزان تلفات شفیره‌ها *Habrobracon hebetor* در روش غوطه‌ورسازی در غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای حشره‌کش‌های تترانیلی‌پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات در آزمایشگاه

Table 3. The mortality percentage of pupa *Habrobracon hebetor* in the dipping method on the mentioned insecticides in the laboratory

Insecticide	غلظت concentration (mg ai/L)	درصد مرگ و میر Mortality percentage
flupyradifurone	700 ppm	16.07
traniliprole	375 ppm	32.61
flubendiamide	200 ppm	13.36
spirotetramat	700 ppm	19.72

نتایج IOBC نشان داد که حشره‌کش تترانیلی‌پرول با TEI ۴۱/۲۱٪ ظهور حشرات کامل در گروه کم ضرر و حشره‌کش‌های فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات به ترتیب با ۲۲/۳۵٪، ۱۶/۸۱٪ و ۲۸/۵۴٪ ظهور حشرات کامل و بر اساس طبقه‌بندی IOBC جزو گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر قرار گرفتند.

#### بحث

مطالعات در مورد اثرات کشندگی حشره‌کش‌ها تترانیلی‌پرول، فلوپیرادیفوران، فلوبن‌دیامید و اسپیروتترامات بر پاسخ عملکردی زنبور *H.hebetor* تاکنون در ایران و سایر نقاط دنیا انجام نشده بود بنابراین با توجه به مصرف ترکیبات فوق جهت کنترل آفات که پارازیتوئید آنها *H.hebetor* است. در این تحقیق اثرات کشنده چهار حشره‌کش بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد هر دو حشره‌کش فلوپیرادیفوران و فلوبن‌دیامید، مرگ و میر کمتر را در تیمارهای مرحله بالغ داشته‌اند. تحقیقات مختلفی روی اثرات ترکیبات حشره‌کش روی این زنبور انجام شده است.

Rostami *et al.*, 2018 میزان جستجو و زمان جابجایی جهت پیدا کردن میزبان را اندازه‌گیری کردند که نتایج بدست آمده در تیمار شاهد و تاکومی تفاوت معنی‌داری نداشتند. این نشان می‌دهد که تاکومی اثرات خطرناک کمتری بر کارایی جستجوی *H. hebetor* نسبت به نیم آزال داشته است. نرخ پایین‌تر میزان جستجو در نیم آزال در مقایسه با تیمار تاکومی ممکن است به دلیل تغییرات ایجاد شده در رفتار پارازیتوئیدی توسط حشره‌کش باشد (Abedi & *et al.*, 2013). به گفته Abedi & *et al.*, 2013، *H. hebetor* بالاترین کارایی جستجو را زمانی که در معرض پیریدالیل قرار گرفت، در مقایسه با مقادیر محاسبه شده برای تیمار نیم آزال، سایپرمترین، متوکسی فنوزید و کنترل. نتایج آنها مشابه نتایج ما در مورد فلوبن‌دیامید است. بنابر Mahdavi & *et al.*, 2013 *H. hebetor* تیمار شده با کلرپیریفوس و کارباریل به ترتیب بیشترین و کمترین راندمان جستجو را نشان دادند. این نتایج با نتایج بدست آمده از این آزمایش مطابقت دارد که فلوبن‌دیامید در دوز مزرعه‌ای اثر کمی بر زنبور پارازیتوئید داشته‌اند.

Sonalkar & Sarode (۱۹۹۰) گزارش نمودند که ارگانوفسفات‌ها و پایرتروئیدها نسبت به آزادیراکتین برای پارازیتوئیدها سمیت بیشتری دارند. Rafiee Dastjerdi *et al.* 2008، حشره‌کش‌های دایفلوبنزوران، هگزاfluوموران، پروفنوفوس، اسپینوساد و تیودیکارب را روی حشرات کامل زنبور *H. hebetor* با استفاده از روش سطح آغشته به حشره‌کش آزمایش کردند و مقادیر LC<sub>50</sub> را به ترتیب ۲۰۰۰، ۲۰۰۰، ۱۲/۴۴، ۱۵/۶۴ و ۸۱/۰۴ میلی‌گرم ماده مؤثر در لیتر برای حشرات ماده گزارش کردند. Abedi & *et al.*, 2012 تأثیر حشره‌کش‌های آزادیراکتین (بیونیم®)، آزادیراکتین (نیم‌گارد®)، پایردالیل، سایپرمترین و متوکسی فنوزاید را روی حشرات بالغ زنبور *H. hebetor* ۲۴ ساعته آزمایش کردند و مقدار LC<sub>50</sub> حشره‌کش‌ها به ترتیب ۱۱۲۹۳، ۴۳۵۴، ۲۴۵۱، ۱۳/۵۶ و ۶۸۹ اعلام نمودند. که در این بین سایپرمترین بیشترین سمیت و آزادیراکتین (بیونیم®) کمترین سمیت را داشته است. اسدی و همکاران ۲۰۱۸ بیان نمودند بین درصد انگلی زنبورهای بالغ در معرض غلظت‌های کشنده مالانیون تفاوت معنی‌داری وجود دارد. میزان انگلی *H. hebetor* با کاهش غلظت کشنده افزایش یافته است. که نشان می‌دهد هر حشره‌کش تأثیر متفاوتی روی حشرات ماده دارد. در این آزمایش نیز حشره‌کش‌های مختلف اثرات کشندگی متفاوتی روی زنبور نسبت به هم داشتند.

Saber *et al.*, 2013 به این نتیجه رسیدند که متوکسی فنوزید و پیریدالیل اثرات سمی حاد متوسط و کم بر *H. hebetor* ایجاد می‌کنند. مقادیر LC<sub>50</sub> متوکسی فنوزید و پیریدالیل ۱۵۵ و ۱۲۲۶ پی‌پی‌ام بود. بنابراین، غلظت توصیه شده در مزرعه متوکسی فنوزید باید برای *H. hebetor* مضر در نظر گرفته شود. Fooladi & *et al.*, 2015 آزمایشات زیست‌سنجی روی حشرات کامل زنبور *H. hebetor* به روش تماسی روی چهار حشره‌کش آزادپراکتین، فلونیکامید، تیاکلوپراید و تیوسیکلام انجام دادند. نتایج حاصل نشان داد که حشره‌کش با منشاء گیاهی آزادپراکتین تا چند برابر غلظت مزرعه‌ای تلفات چندانی نداشت اما غلظت LC<sub>50</sub> در سه ترکیب دیگر به ترتیب برابر با ۵۵۱، ۴۶۷، ۳/۱۵ (میلی‌گرم بر لیتر) بوده است. Rezaei & *et al.*, 2018 نیز اثرات کشنده‌ی حشره‌کش‌های تیاکلوپراید، آزادپراکتین و تنداکسیر (عصاره سیر و فلفل قرمز) را روی زنبور *H. hebetor* به صورت تماسی و میزبان مسموم مورد بررسی قرار دادند و غلظت‌های تعیین شده در روش تماسی به ترتیب ۰/۱۸۵، ۱/۱۶ و ۱۲۲/۰۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. همچنین غلظت‌های کشنده به روش میزبان مسموم به ترتیب ۵/۳۳۸، ۹۷/۶۸، ۱/۹۹۷ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شده بود. همچنین Rezaei & *et al.*, 2019 اثرات کشنده‌ی حشره‌کش‌های آبامکتین، پروتئوس و سینرول را روی زنبور *H. hebetor* به صورت تماسی و میزبان مسموم مورد بررسی قرار دادند و غلظت‌های تعیین شده در روش تماسی به ترتیب ۱/۳۸، ۰/۳۷ و ۶/۶۲۱ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. همچنین غلظت‌های کشنده به روش میزبان مسموم به ترتیب ۰/۴۹۰، ۲/۱۵۵ و ۰/۱۳۸ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شده بود. نتایج نشان داد که دوزهای توصیه شده مزرعه‌ای دیازینون و فیپرونیل برای تمام مراحل رشد *H. hebetor* بسیار سمی هستند، در حالی که دوزهای توصیه شده مزرعه‌ای فوزالون (۱۰۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و پیری پروکسی فن (۵-۷ میلی‌گرم در لیتر) برای مراحل لاروی نسبتاً سمی هستند اما برای مراحل شفیرگی و بالغ پارازیتوئید سمیت خیلی کمی دارند. همین طور که نتایج سایر مطالعات نشان می‌دهد میزان سمیت برای حشره‌کش‌های مختلف متفاوت است اما حشره‌کش‌های مورد مطالعه به مراتب مناسب‌تر و کم‌خطرتر هستند. با توجه به نتایج به دست آمده از آفت‌کش‌های دیگر که در بالا اشاره شده است نشان می‌دهد میزان سمیت آفت‌کش‌های مختلف بر روی زنبور پارازیتوئید متفاوت است و حشره‌کش‌های مورد آزمایش ما در برخی موارد (از جمله به سموم متوکسی فنوزید، بیسکایا، آبامکتین، پروتئوس، فوزالون، پیری پروکسی فن، دیازینون و فیپرونیل) کم‌خطرتر هستند و می‌تواند از سموم مورد مطالعه به جای حشره‌کش‌های ذکر شده در کنترل تلفیقی آفات استفاده نمود.

نتایج ما تمامی حشره‌کش‌ها را در گروه کم‌ضرر و بی‌ضرر قرار گرفتند. حشره‌کش‌هایی که در طبقه بندی IOBC در گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر و کم‌ضرر قرار می‌گیرند، به خوبی می‌توانند در برنامه‌های IPM استفاده شوند. دست‌چردی و همکاران بر مبنای گروه‌بندی سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک به این نتیجه رسیدند که، پروفنوفوس، اسپاینوسید و تیودیکارب به ترتیب با میانگین ۷۳/۶۲، ۳۹ و ۲۹/۲۵ درصدی ظهور حشرات کامل زنبور انگل‌واره در گروه حشره‌کش‌های کم‌ضرر و هگزافلوموران با ۹/۸۷ درصد کاهش خروج در گروه حشره‌کش‌های بی‌ضرر قرار گرفتند. که با مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت سموم مورد مطالعه در این پژوهش از نظر بی‌ضرر بودن برای زنبور انگل‌واره *H. hebetor*، کارایی بهتری دارند. Saber & Abedi, 2013 مطالعه‌ای روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* و دو حشره‌کش زیستی، متوکسی فنوزید و پیریدالیل انجام دادند و هر دو حشره‌کش را با ضرر کم ارزیابی کرده‌اند. همچنین Mahdavi & Saber, 2011 روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* و سموم کاربایل و آبامکتین تحقیق نموده و سم کاربایل را برای این زنبور مضر و سم آبامکتین در گروه کم‌ضرر قرار داده است. با توجه به نتایج سایر تحقیقات سموم مورد مطالعه دارای کمترین ضرر بوده و می‌توان از آنان در کنترل تلفیقی بهره جست.

به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده حشره‌کش‌های مورد آزمایش در این تحقیق همگی با خطر کم و متوسط ارزیابی می‌شوند که استفاده از دو حشره‌کش فلوپیرادیفوران و فلوبن دیامید کمترین اثر کشندگی را بر زنبور پارازیتوئید *H.hebetor* داشته‌اند. پس از تحقیقات تکمیلی و انجام آزمایشات مزرعه‌ای می‌تون این دو حشره‌کش را در مدیریت تلفیقی آفات همراه با عوامل کنترل بیولوژیک در قالب مدیریت تلفیقی آفات به کاربرد.



- ABASI, T., A. NAZARI, Z. RAFIE KAREHRODI, & A. JUOZIAN, 2019. The effects of Sub lethal doses of Deltamethrin and Trichlorofen on functional response of the parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* (Hym: Braconidae) fed on *Plodia interpunctella* in laboratory condition. IAU Entomological Research Journal, 11(2), 127-141. (in Persian with English summary).
- ABEDI, Z., M. SABER, G. GHAREKHANI and A. MEHRVAR, 2013. The effects of sublethal does of pyridalil on life table parameters of the parasitoid *Habrobracon hebetor* Say (Hym., Braconidae). IAU Entomological Research Journal, 5(3), 271-282. (in Persian with English summary).
- ABEDI, Z., M.SABER, G. GHAREKHANI, A. MEHRVAR, and V. MAHDAVI, 2012. Effects of azadirachtin, cypermethrin, methoxyfenozide and pyridalil on functional response of *Habrobracon hebetor* Say (Hym: Braconidae). J. Plant Protection Research. 52(3): 353-358. <https://doi.org/10.2478/v10045-012-0058-8>
- ASADI, M., H. RAFIEE-DASTJERDI, G. NOURI-GANBALANI, B. NASERI, and M. HASSANPOUR, (2019). Lethal and sublethal effects of five insecticides on the demography of a parasitoid wasp. International Journal of Pest Management, 65(4), 301-312. <https://doi.org/10.1080/09670874.2018.1502899>
- ASADI, A., J. KARIMI, and H. ABBASIPOUR, 2018. The effect of sublethal concentrations of malathion on some biological parameters of the ectoparasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* (Say, 1836). Acta agriculturae Slovenica, 111(3), 639-646. <https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.3.12>
- GALVAN, T.L., R.L. KOCH, and W. D. HUTCHISON, 2005. Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development, and reproduction of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). Biological Control. 34:108–114. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.04.005>
- GOLMOHAMMADI, GH. and M. HEJAZI, 2014. Toxicity and side-effects of three insecticides on adult *Chrysoperla carnea* (Neur. Chrysopidae) under laboratory conditions. Journal of Entomological Society of Iran, 33(4): 23-28.
- FAAL-MOHAMMAD-ALI, H., H. ALLAHYARI, and M. SABER, 2015. Sublethal effect of chlorpyrifos and fenpropathrin on functional response of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae). Archives of Phytopathology and Plant Protection, 48(4), 288-296. <https://doi.org/10.1080/03235408.2014.886411>
- FAMIL, M., S. HESAMI, and M. ASKARI, 2018. Effect of Bacillus thuringiensis Berliner on some biological characteristics of parasitoid *Habrobracon hebetor* (Say)(Hymenoptera: Braconidae). Journal of Applied Research in Plant Protection, 7(3), 67-75. (in Persian with English summary).
- FOOLADI, M., GH. GOLMOHAMMADI, and H. GHAJARIEH, 2015. Lethal and sublethal effects of insecticides azadirachtin, flonicamid, thiacloprid and thiocyclam on parasitoid wasp *Habrobracon hebetor*. Biocontrol in Plant Protection, 3(1), 9-18. (in Persian with English summary).
- FROUZAN, M., A. SAHRAGARD, and M. AMIR-MAAFI, 2009. Demography of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) on *Galleria mellonella* (Lep.: Pyralidae) at different temperatures. Journal of Entomological Society of Iran, 28(2). (in Persian with English summary).
- HASSAN, S. A. 1994. Activities of the IOBC/WPRS working group pesticides and beneficial organisms. IOBC/WPRS Bull. 17: 1-5.
- HOOSHMANDI, M., M. ALICHI, and K. MINAEI, 2015. Sublethal toxicity of two insect growth regulators on *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) under laboratory conditions. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 48(2), 200-204. <https://doi.org/10.1080/03235408.2014.882546>
- JARRAHI, A., and S. A. SAFAVI, 2016. Effects of pupal treatment with Proteus® and *Metarhizium anisopliae* sensu lato on functional response of *Habrobracon hebetor* parasitising *Helicoverpa armigera* in an enclosed experiment system. Biocontrol Science and Technology, 26(2), 206-216. <https://doi.org/10.1080/09583157.2015.1088933>
- MAHDAVI, V., M. SABER, H. RAFIEE-DASTJERDI, and A. MEHRVAR, 2011. Comparative study of the population level effects of carbaryl and abamectin on larval ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). BioControl. 56: 823-830. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9356-8>
- MAGRO SR., JRP. and PARRA, 2001. Biology of ectoparasitoid *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) on seven lepidopteran species. Science Agriculture 58 (4): 693–698.
- MARDANI, A., Q. SABAH, and A. SHEIKHI-GARJAN 2021. Lethal and sub-lethal effects of insecticides chromafenozide, pyridalyl and thiodicarb on parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor*. Plant Pests Research, 10(4), 1-14. (in Persian with English summary).
- RAFIEE DASTJERDI M., J. HEJAZI, G. NOURI GANBALANI and M. SABER, 2008. 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.
- RASHIDI, F., G. NOURI-GANBALANI, and S. IMANI, 2018. Sublethal effects of some insecticides on functional response of *Habrobracon hebetor* (Hymneoptera: Braconidae) when reared on two lepidopteran hosts. Journal of economic entomology, 111(3), 1104-1111.

- REZAEI, M., K. TALEBI, V. H. NAVEH, A.KAVOUSHI, 2007. Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephns) (Neuroptera: Chrysopidae). IOBC and life table assay. *Biological Control*. 52: 385-398.
- REZAEI, M., M.GHEIBI, SH. HESAMI and H. ZOHDI, 2018. Effects of lethal and sub-lethal concentrations of Biscaya®, Neem azal® and Tondexir® on biological parameters of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) in laboratory condition. *Plant Pest Research*, 8 (3): 75-88. <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00060-3>
- REZAEI, M., S. HESAMI, M. GHEIBI, and H. ZOHDI, 2019. Effect of lethal and sub-lethal concentrations of three insecticides on some growth parameters of parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* by contact and poisonous-host method. *Journal of Plant Protection (Mashhad)*, 33(2). (in Persian with English summary).
- REZAEI, M., M. GHEIBI, S. HESAMI, and H. ZOHDI, 2018. Effects of lethal and sub-lethal concentrations of Biscaya®, Neem azal® and Tondexir® on biological parameters of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) in laboratory condition. *Plant Pests Research*, 8(3), 75-88. (in Persian with English summary).
- ROBERTSON, J.L. and H.K. PREISLER, 1992. *Pesticides Bioassays with Arthropods*. CRC Press. 127pp.
- ROSTAMI, F., ZANDI-SOHANI, N., YARAHMADI, F., RAMEZANI, L., and AVALIN CHAHARSOGHI, K. (2018). Side-effects of azadirachtin (NeemAzal) and flubendiamide (Takumi) on functional response of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Crop Protection*, 7(3), 283-291.
- SABER, M., and Z. ABEDI, 2013. Effects of methoxyfenozide and pyridalyl on the larval ectoparasitoid *Habrobracon hebetor*. *Journal of pest Science*, 86, 685-693. <https://doi.org/10.1007/s10340-013-0528-4>
- SARMADI, S., G. NOURI-GANBALANI, M. HASSANPOUR and H. RAFIEE-DASTJERDI, 2008a. Effect of some insecticides on stable population growth parameters of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) in adult stage treatment. *Proceeding of 18th Iranian plant protection congress*. 24-27 August, University of Bu-Ali Sina, Hamedan. P. 155. (in Persian with English summary).
- SARMADI, S., G. NOURI-GANBALANI, M. HASSANPOUR and H. RAFIEE-DASTJERDI 2008b. Susceptibility of pupal stage of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) to Imidacloprid, Indoxacarb and Deltamethrin under laboratory condition. *Proceeding of 18th Iranian plant protection congress*. 24-27 August, University of Bu-Ali Sina, Hamedan. P. 156. (in Persian with English summary).
- SCHÖLLER, M., S. A. PROZELL, G. AL-KIRSHI, and C. REICHMUTH, 1997. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. *Journal of Stored Products Research*. 33: 81-97. [https://doi.org/10.1016/s0022-474x\(96\)00048-3](https://doi.org/10.1016/s0022-474x(96)00048-3)
- STARK, J. D. AND BANKS, J. E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicant on arthropods. *Annual of Review Entomology*. 48: 505-519.
- WALTHAL, W. K. and J.D. STARK, 1996. A comparison of acute mortality and population growth rates as endpoints of toxicological effect. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 37:45-52. <https://doi.org/10.1006/eesa.1997.1521>