دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا ٤٦٦٨-٢٠٠٨
http://jer.iau-arak.ac.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)
جلد ١١ ، شماره٢، سال ١٣٩٨، (١٤١-١٢٧)

# اثر غلظت‌های زیرکشنده آفت‌کش‌های دلتامترین و تری کلروفن روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say (*Hymenoptera*: *Braconidae*) با تغذیه از تراکم‌های مختلف شب‌پره هندی *Plodia interpunctella*

*طاهر عباسی[1]، علیرضا نظری[2]، زهرا رفیعی کرهرودی[3]، عسگر جوزیان[4]*

١- دانشجوی دکتری گروه حشره‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
٢- استادیار،گروه حشره شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
٣- استادیار،گروه حشره شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
٤- دانشیار مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، ایلام

## چکیده

زنبور پارازیتوئید *Habrobraco nhebetor* یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل زیستی در کنترل آفات انباری بال پولک دار به‌ویژه شب‌پره هندی است. برای استفاده موفقیت‌آمیز از دشمن طبیعی در برنامه‌های مهار زیستی آفات مطالعات واکنش تابعی اهمیت دارد. در این پژوهش اثرات دزهای زیرکشنده آفت کش‌های دلتامترین و تری کلروفن بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* در شرایط کنترل شده (دمای ١ ± ٢٦ درجه سلسیوس، رطوبت دمای ١٠ ± ٦٥ درصد و ١٦: ٨ نور:تاریکی) بررسی شد. تراکم‌های ٢، ٤، ٨، ١٦، ٣٢، ٦٤ و ١٢٨ از لارو، شفیره و حشره بالغ شب‌پره هندی به‌طور جداگانه استفاده شد. مراحل لاروی و شفیرگی از روش غوطه‌وری و برای مرحله حشره بالغ از روش تماسی با استفاده از قفس‌های در معرض قراردهی استفاده شد. نوع واکنش تابعی و پارامترهای آن به‌ترتیب به وسیله رگرسیون لجستیک و رگرسیون غیرخطی با استفاده از نرم‌افزار SAS تعیین شد. نتایج نشان داد که واکنش تابعی زنبورهایی که در مراحل لاروی و شفیرگی تحت تاثیر هر دو آفتکش قرار گرفته بودند از نوع سوم اما مرحله حشره بالغ از نوع دوم به‌دست آمد. قدرت جستجو تحت تاثیر آفتکش دلتامترین برای تیمار شاهد و مراحل لاروی، شفیرگی و حشره بالغ به‌ترتیب ٠/٠٠٨، ٠/٠٠٧، ٠/٠٠٩، ٠/٠٣٧ بر ساعت و زمان دستیابی به‌ترتیب ٠/٩٩، ١/٨، ١/٢٦ و ١/٦٦ ساعت برآورد شد. قدرت جستجو تحت تاثیر آفتکش تری کلروفن برای تیمار شاهد و مراحل لاروی، شفیرگی و حشره بالغ به‌ترتیب ٠/٠٠٨، ٠/٠٠٧، ٠/٠٠٦ و ٠/٠٥٢ بر ساعت و زمان دستیابی به‌ترتیب ٠/٩٩، ١/٢٥، ١/١٢ و ٢/١١ ساعت تعیین شد. نتایج به‌دست آمده در این آزمایش نشان داد غلظت‌های زیرکشنده هر دو آفت‌کش تنها در مرحله حشره بالغ روی نوع پارامترهای واکنش تابعی زنبور اثر گذاشته و اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** حشره‌کش‌ها، واکنش تابعی، غلظت زیرکشنده، *Habrobracon hebetor, plodia interpunctella*

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *R_zrk@yahoo.com*

تاریخ دریافت مقاله: ٩٨/٣/١ – تاریخ پذیرش مقاله: ٩٨/٥/٣

## مقدمه

شب‌پره هندی *Plodia. Interpunctella* (Hübner, 1813) یکی از آفات مهم انباری در کشورهای مختلف جهان است (BagheriZnuz, 1986). لاروهای این آفات با تغذیه از فرآورده‌های انباری مختلف مانند حبوبات، غلات، میوه‌های خشک، بادام، فندق و پسته و تنیدن تار توسط لاروها خسارت می‌زنند.

استفاده از روش‌های کنترل شیمیایی در کنترل این آفات، همچنان مؤثرترین روش محسوب می‌شود و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن همچنان ادامه دارد. اما می‌توان میزان مصرف آفتکش‌ها را در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات کاهش داد (Starck, *et al*., 1995). یکی از چالش‌های فراروی محققین تخمین دقیق اثر حشره‌کش روی جمعیت حشرات می‌باشد. سریع‌ترین اثر آفتکش‌ها مرگ و میر کوتاه مدت تا ٢٤ ساعت پس از تماس می‌باشد، که با قرار دادن افراد یک جمعیت در معرض یک یا چند غلظت از آفتکش مورد مطالعه قرار می‌گیرد. اگر یکسری از دزها یا غلظت‌ها استفاده می‌شود پاسخ جمعیت می‌تواند به عنوان دز یا غلظت کشنده که برای ۵۰ تا ۹۰ درصد از افراد جمعیت کشنده در نظر گرفته شود (TalebiJahromi, 2007). ترکیبات شیمیایی علاوه بر اثری که روی موجود هدف می‌گذارند ممکن است اثرات سویی را روی موجودات غیر هدف موجب شوند (Casid and Ouistad, 1998). همچنین کاربرد ترکیبات شمیایی ممکن است رفتار جستجوگری میزبان و واکنش‌های رفتاری از جمله واکنش تابعی دشمنان طبیعی و در پی آن کارایی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Abedi, *et al*., 2013). بنابراین تخمین اثرات ترکیبات شیمیایی بر روی عوامل کنترل بیولوژیک امری ضروری می‌باشد (Rafiee-Dastjerdi, *et al*., 2008).

کنترل بیولوژیکی توسط دشمنان طبیعی یک جزء مهم مدیریت تلفیقی آفات (IPM) در تعداد زیادی از سیستم‌های کشاورزی می‌باشد. استفاده از دشمنان طبیعی در برنامه‌های IPM تنها زمانی امکانپذیر است که از آن‌ها در مقابل حشره‌کش‌های مورد مصرف علیه آفات، محافظت گردد. با ورود مواد شیمیایی جدید، ارزیابی اثر بالقوه این مواد شیمیایی روی زندهمانی، پراکنش و کارایی دشمنان طبیعی به منظور تشخیص حشره‌کش‌های انتخابی برای تلفیق در برنامه‌های IPM ضروری می‌باشد (Claver, *et al*., 2003).

عموماً برای بررسی توانایی یک آفتکش روی آفت و دشمن طبیعی در آزمایشگاه از روش محاسبه $LC_{50}$ استفاده می‌شود که یکی از محدودیت‌های این روش لحاظ نکردن اثرات زیرکشندگی می‌باشد (Stark & Banks, 2007).

فاصله زمانی بین لحظه مشاهده میزبان، پارازیته کردن آن و لحظه آغاز جستجو برای میزبان جدید تحت تأثیر حشره‌کش‌ها زیاد می‌شود (Abedi, 2013). با افزایش زمان دستیابی تعداد حمله در زمان کل آزمایش (٢٤ ساعت) کمتر می‌شود و میزان پارازیتیسم کاهش می‌یابد در نتیجه حداکثر نرخ حمله نیز تحت تأثیر حشره‌کش‌ها کاهش می‌یابد.

در مطالعه آفتکش‌ها معمولا آشکارترین و مشخص‌ترین اثرات مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و بسیاری از اثرات نامحسوس دزهای زیرکشنده هنوز مورد توجه قرار نگرفته‌اند. بنابراین با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های دموگرافیک علاوه بر اثرات کشندگی، اثرات زیرکشندگی را نیز محاسبه می‌کنند و بدین ترتیب مقیاس واقع‌تری از اثرات آفتکش‌ها روی گونه‌های مفید و حشره آفت حاصل می‌شود (Jones, *et al*., 1998). در این راستا تلفیق روش‌های مختلف کنترلی به ویژه روش‌های بیولوژیکی و شیمیایی به‌عنوان دو راهکار مدیریتی تلفیقی آفت، مفید خواهد بود.

زنبور پارازیتوئید *Habrobraconhebetor* یکی از عوامل کنترل بیولوژیکی است که در سال‌های اخیر در کنترل بیدآرد و شب‌پره هندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. باید توجه داشت برای داشتن یک برنامه بیولوژیک موفق، خصوصیات این دشمن طبیعی باید از جنبه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گیرد که یکی از جنبه‌های مختلف خصوصیات رفتاری این زنبور

پارازیتوئید واکنش تابعی آن است. از طریق مطالعه واکنش تابعی می‌توان در مورد میزان کارائی آن در کنترل جمعیت میزبان قضاوت کرد (Fathi-Pour, *et al*., 2002). واکنش تابعی به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم در انتخاب یک دشمن طبیعی، مورد توجه قرار دارد. از سوی دیگر با توجه به ارتباط استفاده از آفتکش روی جمعیت آفت و به‌طور همزمان تاثیر آن بر پارامترهای واکنش تابعی، مطالعه واکنش تابعی به همراه بررسی اثرات زیرکشندگی آفت‌کش‌ها اهمیت دارد.مطالعات واکنش تابعی یکی از شاخص‌های مناسب برای استفاده موفقیت‌آمیز از دشمن طبیعی در برنامه‌های مهار زیستی آفات است (Wiedenmann, *et al*., 1997). از این شاخص برای بررسی اثر زیرکشندگی دو حشره‌کش کلرپیریفوس و فن پروپاترین روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* (Faal Mohammad Ali, *et al*., 2010) استفاده شد. همچنین شجاعی و همکاران (۲۰۰۶) واکنش تابعی را روی لاروهای شب‌پره هندی بررسی کردند. گاهی کاربرد سموم حشره‌کش روی جمعیت آفات می‌تواند روی پارامترهای واکنش تابعی و در پی آن بر کارایی دشمن طبیعی تأثیر داشته باشد (Irannejad, *et al*., 2010).

مطالعات محدودی در زمینه بررسی اثرات آفت‌کش‌ها روی واکنش تابعی دشمنان طبیعی صورت گرفته است (Ambrose, *et al*., 2008؛ Jebanesan, 1998؛ Liu, *et al*., 2006؛ Wang and Shen, 2002)ولی تاکنون هیچگونه مطالعه‌ای در زمینه اثر غلظت زیر کشنده حشره‌کش‌های دلتامترین و تری‌کلروفن روی واکنش تابعی*H.hebetor*در مناطقی که میزان استفاده از این دو آفتکش همزمان با رهاسازی زنبور *H.hebetor*زیاد بوده صورت نگرفته است. بنابراین در این تحقیق اثرات دو حشره‌کش مذکور روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید تابعی *H.hebetor*ارزیابی شد. نتایج مربوط به اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی خصوصیاتی از قبیل واکنش تابعی، انتخاب حشره‌کش‌های مناسب به‌منظور حفاظت از دشمنان طبیعی و در نتیجه بهبود بخشیدن به IPM را امکان پذیر می‌سازد.

## مواد و روش‌ها

### شرایط و محل آنجام آزمایش‌ها

آزمایش‌ها در اتاقک رشد مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان ایلام انجام گرفت. پرورش حشرات مورد مطالعه و آزمایش‌های مربوطه به بررسی اثرات جانبی آفت‌کش‌ها در دمای ۱ ± ۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰± ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی درون ژرمیناتور انجام شد.

### پرورش شب‌پره هندی

پرورش شب‌پره هندی روی جیره غذای مصنوعی (Sait, *et al*., 1997) شامل: مخمر ۱۶۰ گرم، گلیسرول ۲۰۰ میلی‌لیتر، عسل ۲۰۰ میلی‌لیتر، سبوس گندم ۸۰۰ گرم، در شرایط محیطی ثابت (دوره نوری ۱۳ ساعت روشنایی و ۱۱ ساعت تاریکی، رطوبت نسبی ۶۵درصد و دمای ۲ ± ۲۸ درجه سلسیوس) انجام شد (Ryne, *et al*., 2004). روزانه حشرات کامل با کمک آسپیراتور از ظرف‌های پرورش جداسازی و در قیف‌های مخصوص تخم‌گیری از حشرات کامل قرار داده شدند و سپس لارو سن یک از آن‌ها تهیه گردید

### پرورش زنبور پارازیتوئید *H.hebetor*

برای انجام آزمایش‌ها از زنبورهای ماده موجود در اینسکتاریوم بخش خصوصی مدیریت حفظ نباتات استان ایلام که روی میزبان شب‌پره هندی پرروش یافته بودند استفاده شد. زنبورها در ظروف پتری دیش به قطر شش سانتی‌متر پرورش داده شدند. در هر پتری تعداد ۱۰ عدد لارو سن آخر *P.interpunctella* به همراه سه جفت زنبور ماده و دو جفت زنبور نر قرار داده شدند. درب هر پتری سوراخ و برای تغذیه زنبورها پنبه آغشته به محلول آب- عسل ۲۰ درصد در درب آن قرار

داده شد. پس از ٢٤ ساعت زنبورها حذف شده و ظروف پتری حاوی لاروهای پارازیته شده تا زمان ظهور حشرات کامل در شرایط دمایی ١ ±٢٦ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ١٠ ± ٦٥ درصد و دوره روشنایی: تاریکی ٨:١٦ ساعت نگهداری شدند. حشرات کامل تازه ظاهر شده زنبور در هر روز برای انجام آزمایش‌ها استفاده شدند.

**زیست‌سنجی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor***

در این پژوهش از دو حشره‌کش دلتامترین (٢/٥٪) با $LD_{50}$= 135 mg/kg و تری کلروفن (٨٠٪) با $LD_{50}$= 250 mg/kg استفاده شد.آزمون‌های مقدماتی برای تعیین محدوده غلظت‌های حشره‌کش‌های مورد آزمایش انجام گرفت. سپس غلظت‌های بینابینی با میزان تلفات ٥ تا ٩٠ درصد معین گردید که این غلظت‌ها برای آزمون نهایی مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این آزمایشات غلظت‌های مختلفی از آفتکش‌ها با حجم ١٠٠ میلی‌لیتر تهیه و برای شاهد از آب مقطر استفاده شد. برای آزمایشات از روش غوطه‌ور سازی استفاده شد که در روش غوطه‌ور سازی کاغذهای حاوی شفیره در بشر حاوی محلول سم قرار داده شد و پس از گذشت ٥ ثانیه کاغذ از داخل محلول سم خارج گردید. برای مرحله لاروی نیز از همین روش استفاده شد با این تفاوت که کاغذ حاوی لارو برای جلوگیری از شناور شدن لارو در محلول سم ابتدا در توری گذاشته شد و سپس در بشر حاوی محلول سم قرار داده شد.

برای هر کدام از غلظت‌های آفت‌کش دلتامترین (ppm ٥٠٠، ٢٥٠، ١٢٥، ٦٢/٥ و ٣١/٢٥) و تری کلروفن غلظت‌های (ppm ١٠٠٠، ٥٠٠، ٢٥٠، ١٢٥ و ٦٢/٥) روی لارو و شفیره ٥ تکرار و در هر تکرار از٢٠ عدد لارو زنبور پارازیتوئید و ٢٠ عدد شفیره زنبور پارازیتوئید استفاده شد. سپس ظروف پتری در شرایط دمایی ١±٢٥ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ١٠±٦٥ درصد و دوره روشنایی: تاریکی ٨:١٦ ساعت تا ظهور حشرات بالغ نگهداری شدند. پس از ظهور حشرات بالغ تعداد آن‌ها شمارش شد و غلظت LC30 برای هر آفتکش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9 تعیین شد.

**زیست‌سنجی مرحله بالغ**

برای زیست‌سنجی حشرات بالغ از روش کاربرد غیر مستقیم سم استفاده شد، بدین صورت که زنبورهای مورد آزمایش، آفت‌کش را از طریق تماس با سطح تیمار شده دریافت کردند. آزمون‌های زیست‌سنجی در دو مرحله آزمون‌های مقدماتی و آزمون‌های نهایی انجام شدند. برای این منظور از قفس‌های در معرض قراردهی استفاده شد که زنبورها به‌طور غیرمستقیم و از طریق تماس با سطح تیمار شده، آفتکش را دریافت کردند. این قفس‌ها از یک چارچوب چوبی و دو صفحه شیشه‌ای به ابعاد ١٢×١٢ سانتی‌متر تهیه شدند. سطوح تماس چارچوب با صفحات شیشه‌ای، یک لایه پلاستیک فشرده چسبانده شده بود تا صفحات شیشه‌ای به خوبی روی چارچوب قرار گیرند و بدین صورت از فرار زنبورها جلوگیری شد. در هر طرف چارچوب ٤ عدد سوراخ به قطر ١ سانتی‌متر تعبیه شده بود که به جز دو سوراخ که یکی برای ورود زنبورها و دیگری تغذیه آن‌ها با محلول آب- عسل ٢٠ درصد بود، مابقی سوراخ‌ها توسط توری پوشانیده شد. برای آن که صفحات روی چارچوب محکم شوند، دو طرف قفس به وسیله گیره‌های فلزی محکم گردید.

برای زیست‌سنجی نیز از غلظت‌های مختلف مذکور آفتکش که در همان روز تهیه شده بودند، استفاده شد. محلول‌های تهیه شده آفتکش توسط آب پاش فشنگی به سطح شیشه‌ای پاشیده شد، پاشش از فاصله ٦٠ سانتی‌متری صورت گرفت. میزان پاشش به نحوی بود که مقدار ٢ میکرولیتر از محلول آفتکش روی هر یک سانتی‌متر مربع ($2ml/cm^2$) از سطح شیشه قرار گرفت. پس از خشک شدن سطوح شیشه‌ای و قراردادن آن در قسمت بالایی و پائینی

قفس، سطوح بالا و پایین قفس توسط دو گیره فلزی به بدنه میانی متصل شد. سپس تعداد ۲۰ عدد زنبور ماده ی بالغ یک روزه که قبلا توسط آب-عسل تغذیه شده بودند در داخل قفس‌های در معرض قراردهی سم قرار گرفتند. برای هر غلظت آفت‌کش از ۵ تکرار و در هر تکرار از ۵۰ عدد حشره ماده بالغ استفاده شد. پس از ۲٤ ساعت میزان تلفات و حشرات زنده مانده شمارش و ثبت شدند. داده‌های ثبت شده توسط نرم‌افزار SAS 9 تجزیه شدند. نمودارهای پروبیت توسط نرم افزار Excel رسم شدند

**واکنش تابعی**

در این مرحله اثر غلظت‌های زیرکشنده $LC_{30}$ آفتکش‌های دلتامترین و تری کلروفن در مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* با میزبان شب‌پره هندی روی واکنش تابعی مطالعه شد. بدین منظور مراحل مختلف رشدی لاروی، شفیرگی و حشرات بالغ، در معرض غلظت‌های زیر کشنده $LC_{30}$ آفت کش مذکور قرار گرفتند.در ابتدا مراحل لاروی و سپس مراحل شفیرگی زنبور پارازیتوئید به‌طورجداگانه در معرض غلظت‌های زیر کشنده $LC_{30}$ آفت کش‌های دلتامترین و تری کلروفن که به‌ترتیب برای مرحله لاروی با میزبان شب‌پره هندی ٤٨/١٧ و ٢٤٤/١٤ میلی‌گرم ماده موثر بر لیتر شد و برای مرحله شفیرگی به‌ترتیب ۷۰/۸۳ و ۳۲۹/۸۵ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر به‌دست آمد. تیمار شاهد نیز آب مقطر در نظر گرفته شد. سپس لاروها و شفیره‌های مذکور تا ظهور حشرات بالغ جهت انجام آزمایشات واکنش تابعی به اتاقک رشدمنتقل شدند. پس از ظهور حشرات بالغ تعداد ۱۰ عدد زنبور ماده بالغ که در دوره لاروی و شفیرگی در معرض دزهای زیرکشنده حشره کش‌های مذکور قرار گرفته بودند، به‌صورت تصادفی در هر تیمار و شاهد انتخاب و به ظروف پتری به قطر ۱۰ سانتی‌متر که درب آن‌ها سوراخ و توسط پنبه آغشته به محلول آب-عسل ۲۰ درصد پوشانیده شده بود با تراکم‌های مختلف (۲، ٤، ۸، ١٦، ۳۲، ٦٤، ۱۲۸) از لاروهای سن آخر شب‌پره هندی هر کدام به‌صورت جداگانه (قبل از ورود به مرحله پیش شفیرگی) منتقل شدند. تیمار شاهد نیز آب مقطر در نظر گرفته شد. پس از ۲٤ ساعت زنبورهای ماده حذف و تعداد لاروهای پارازیته شده (که با تحریک ایجاد شده توسط قلم مو قادر به حرکت نبودند) در هر ظرف پتری شمارش شد. این آزمایش‌ها در ۵ تکرار انجام شد. در ادامه، برای بررسی واکنش تابعی مرحله حشره کامل، حشرات ماده بالغ زنبور پارازیتوئید *H.hebetor* روی میزبان شب‌پره هندی به مدت ۲٤ ساعت در قفس‌های در معرض قراردهی، در معرض غلظت‌های زیرکشنده $LC_{30}$ آفتکش‌های دلتامترین و تری کلروفن قرار گرفتند. با این ترتیب که $LC_{30}$ آفتکش‌های دلتامترین و تری کلروفن با میزبان شب‌پره هندی ١٢/٢٦ و ۵۱/۰۸ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیترشد. تیمار شاهد نیز برای هر دو میزبان آب مقطر در نظرگرفته شد. پس از ۲٤ ساعت تعداد ۱۰ عدد از زنبور ماده در هر تیمار و شاهد انتخاب و به ظروف پتری به قطر ۱۰ سانتی متر حاوی تراکم‌های تعریف شده لارو سن آخر شب‌پره هندی منتقل شد و پس از ۲٤ ساعت زنبورهای ماده از داخل ظروف پتری و لوله‌های آزمایش حذف و تعداد لاروهای پارازیته شده (که با تحریک ایجاد شده توسط قلم مو قادر به حرکت نبودند) داخل هر پتری و لوله آزمایش شمارش شدند.

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

از روش تجزیه پروبیت برای تخمین $LC_{30}$ استفاده شد. برای این منظور نرم‌افزار SAS 9 و Probit Analysis به کار گرفته شد. تجزیه داده‌های واکنش تابعی در دو مرحله شامل، تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای واکنش تابعی با

استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (Juliano,*et al*., 2001). نوع واکنش تابعی بوسیله رگرسیون لجستیک[1] نسبت شکار خورده شده به عنوان تابعی از تراکم اولیه طعمه و از طریق تابع چند جمله‌ای زیر انجام شد.

$$N_e/N_0 = \frac{\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)}{1+\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)} \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این رابطه $N_e$ تعداد پارازیت شده، $N_0$ تعداد اولیه میزبان و $P_0, P_1, P_2$ و $P_3$ پارامترهایی هستند که باید برآورد شوند. این پارامترها از طریق رویه CATMOD در برنامه SAS تخمین زده شد. منفی یا مثبت بودن ضریب خطی در تابع چند جمله‌ای به‌ترتیب نوع دوم و سوم واکنش تابعی را نشان می‌دهد (Juliano,*et al*., 2001).

رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات[2] تعداد طعمه خورده شده در برابر تعداد ارائه شده، برای تخمین پارامترهای واکنش تابعی با استفاده از رویه PROC NLIN در برنامه SAS استفاده گردید (Juliano,*et al*., 2001). داده‌های واکنش تابعی در معادله شکارگر تصادفی[3] قرار داده شد (Ridgway, *et al*., 1970). این معادله برای واکنش تابعی نوع دوم به‌صورت زیر می‌باشد.

$$N_e = N_0\{1-\exp[-a(T_hN_e - T)]\} \qquad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله $a$ نرخ حمله $(h^{-1})$، $T_h$ زمان دستیابی در ساعت و $T$ کل زمان آزمایش (۲٤ ساعت) است. $c, b$ و $d$ مقادیر ثابت هستند. پس از تعیین نوع واکنش تابعی، برای برآورد پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی، و برازش داده‌ها با استفاده از معادله راجرز[4] محاسبه شد.

## نتایج

تجزیه رگرسیون لجستیک داده‌های مربوط به واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H.hebetor* در تیمارهای شاهد و مراحل مختلف لاروی، شفیرگی و حشره بالغ تحت تاثیر هر کدام از آفتکش‌ها در جدول (۱و۲) آمده است. با توجه به مثبت بودن علامت قسمت خطی منحنی در شاهد و مرحله لاروی و شفیرگی تحت تاثیر آفتکش دلتامترین می‌توان نتیجه گرفت که واکنش تابعی در این تیمارها از نوع III و با توجه به منفی بودن علامت خطی منحنی در مرحله حشره بالغ تحت تاثیر حشره‌کش دلتامترین، واکنش تابعی آن از نوع II می‌باشد.

همین‌طور با توجه به مثبت بودن علامت قسمت خطی منحنی در شاهد و مرحله لاروی و شفیرگی تحت تاثیر آفتکش تری کلروفن نیز از نوع III و با توجه به منفی بودن و علامت قسمت خطی در مرحله حشره کامل تحت تاثیر حشره‌کش تری کلروفن واکنش تابعی آن از نوع II تعیین شد.

نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که تنها در مرحله حشره کامل تحت تأثیر هر دو آفتکش نوع واکنش تابعی نسبت به تیمار شاهد آن تغییر نمود و از نوع II بود و در سایر مراحل نسبت به تیمار شاهد تغییر معنی‌داری صورت نگرفت و از نوع III بود.

---

[1]. logistic regression
[2]. nonlinear least squares regression
[3]. Ragers type II random predator equation
[4]. Rogers

دو فراسنجه مهم در ارزیابی واکنش تابعی نرخ حمله و زمان دستیابی می‌باشد. تأثیر $Lc_{30}$ حشره‌کش‌ها روی پارامترهای واکنش تابعی (نرخ حمله و زمان دستیابی) زنبور پارازیتوئید *H.hebetor* در جدول (۳) ارائه شده است.

در تیمارهای شاهد و دو مرحله لاوری و شفیرگی زنبور پارازتوئید تحت تأثیر حشره‌کش دلتامترین که واکنش تابعی نوع سوم را نشان دادند مقدار نرخ حمله (b) به‌ترتیب ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۷ و ۰/۰۰۹ بر ساعت مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد. اما در مرحله حشره بالغ تحت تأثیر حشره‌کش دلتامترین که واکنش تابعی نوع دوم را نشان داد. مقدار نرخ حمله ($a$) آن ۰/۰۳۷ بر ساعت مشاهده شد که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد می‌باشد وسبب افزایش نرخ جستجوگری در زتبور پارازیتوئید شد.

زمان دستیابی نیز برای تیمارهای شاهد و دو مرحله لاروی و شفیرگی تحت تاثیر حشره‌کش دلتامترین به‌ترتیب ۰/۹۹، ۱/۰۸ و ۱/۲۶ ساعت مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما در مرحله حشره بالغ تحت تأثیر حشره‌کش دلتامترین که نوع واکنش تابعی آن نوع دوم بود میزان زمان دستیابی ۱/۶۶ بود که بیشترین میزان زمان دستیابی نیز می‌باشد و با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد.

نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که تیمارهای شاهد و مرحله لاروی و شفیرگی زنبور پارازیتوئید تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش تری کلروفن که واکنش تابعی نوع سوم را نشان داد مقدار نرخ حمله (b) به‌ترتیب ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۷ و ۰/۰۰۶ بر ساعت مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما در مرحله حشره بالغ تحت تأثیر همین حشره‌کش که واکنش تابعی آن از نوع دوم بود نرخ حمله ($a$) میزان ۰/۰۵۲ بر ساعت شد که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری این مرحله با تیمار شاهد می‌باشد.

در تحقیق حاضر زمان دستیابی برای تیمارهای شاهد و مرحله لاروی و شفیرگی زنبور پارازیتوئید تحت تأثیر حشره‌کش تری کلروفن که واکنش تابعی در آن‌ها از نوع سوم بود به‌ترتیب ۰/۹۹، ۱/۲۵ و ۱/۱۲ ساعت مشاهده شد که در واقع تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مورد آزمایش با تیمار شاهد وجود نداشت.

اما در مرحله حشره بالغ زنبور پارازیتوئید تحت تاثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش تری کلروفن که واکنش تابعی آن از نوع دون بود زمان دستیابی ۲/۱۱ ساعت تعیین شد و در این مرحله بیشترین میزان زمان دستیابی مشاهده شدکه نشان دهنده تاثیر منفی حشره‌کش روی ابن پارامتر می‌باشد.

این پژوهش به‌طور کلی نشان داد که غلظت‌های زیرکشنده هر دو حشره‌کش دلتامترین و تری کلروفن باعث تغییر نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H.hebetor* در مرحله حشره بالغ شدند و به تبع آن دو فاکتور نرخ حمله و زمان دستیابی تحت تأثیر حشره‌کش قرار گرفتند و با تیمار شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری به وجود آوردند.

جدول (۱): تجزیه رگرسیون لجستیک نشان دهنده اثر غلظت زیرکشنده (LC۳۰) دلتامترین روی نوع واکنش تابعی زنبور Habrobraconhebetor نسبت به تراکم‌های مختلف Plodiainterpunctella

**Table 1: Logistic regression analysis shows the effect of deltamethrin subcutaneous concentration (LC 30) on functional type of *Habrobraconhebetor* wasp compared to different densities of *Plodiainterpunctella***

| Treatments | Host stage | Parametera | Estimated | SE | Chi square | P-valve |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | | Constant | 0.2971 | 0.2737 | 1.18 | 0.277 |
| | | Linear | 0.0591 | 0.0215 | 7.57 | 0.0059 |
| | | Cubic | -0.00171 | 0.000413 | 17.21 | <0.0001 |
| | | Quadrate | 8.95E-06 | 2.05E-06 | 18.98 | <0.0001 |
| Deltamethrin | Larval stages | Constant | 0.0334 | 0.2664 | 0.02 | 0.9003 |
| | | Linear | 0.0608 | 0.021 | 8.42 | 0.0037 |
| | | Cubic | -0.0017 | 0.000404 | 17.57 | <0.0001 |
| | | Quadrate | 5.76E-06 | 0.02E-06 | 18.98 | <0.0001 |
| | Pupal stage | Constant | 0.5723 | 0.2728 | 4.1 | 0.0429 |
| | | Linear | 0.0166 | 0.0211 | 0.62 | 0.4311 |
| | | Cubic | -0.001 | 0.000406 | 6.11 | 0.0135 |
| | | Quadrate | 5.76e-06 | 2.02e-06 | 8.1 | 0.0044 |
| | Adult stage | Constant | 0.6147 | 0.2703 | 5.17 | 0.0229 |
| | | Linear | -0.0717 | 0.022 | 10.61 | 0.0011 |
| | | Cubic | 0.000768 | 0.000433 | 3.14 | 0.0762 |
| | | Quadrate | -2.94e-06 | 2.18e-06 | 1.82 | 0.1772 |

**جدول (۲): تجزیه رگرسیون لجستیک نشان‌دهنده اثر غلظت زیرکشنده (LC۳۰) تری کلروفن روی نوع واکنش تابعی زنبور *Habrobraconhebetor* نسبت به تراکم‌های مختلف *Plodiainterpunctella***

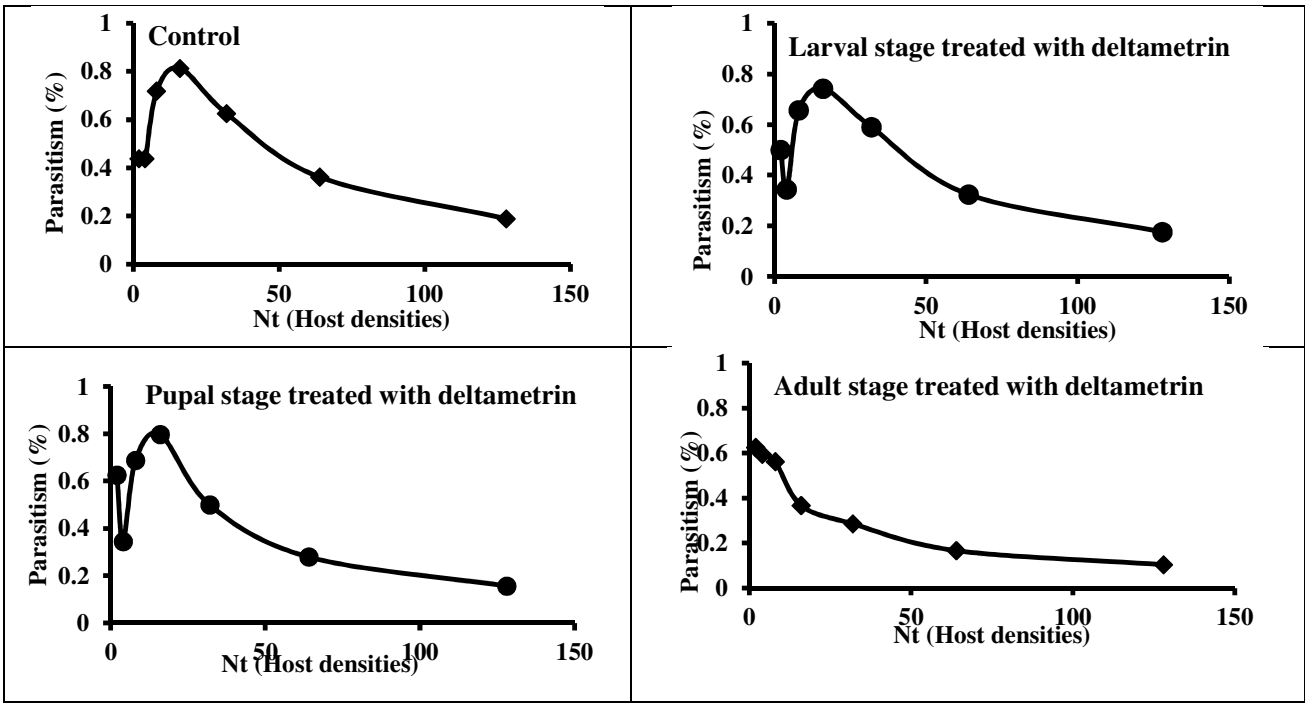
**Table 2: Logistic regression analysis shows the effect of trichlorofenone subcutaneous concentration (LC 30) on functional type of *Habrobraconhebetor* wasp compared to different densities of *Plodiainterpunctella***

| Treatments | Host stage | Parametera | Estimated | SE | Chi square | P-valve |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | | Constant | 0.2971 | 0.2737 | 1.18 | 0.2777 |
| | | Linear | 0.0591 | 0.215 | 7.57 | 0.0059 |
| | | Cubic | -0.00171 | 0.00413 | 17.21 | <0.0001 |
| | | Quadrate | 8.95E-06 | 2.05E-06 | 18.98 | <0.0001 |
| Trichlorofen | Larval stages | Constant | 0.1129 | 0.265 | 0.18 | 0.6702 |
| | | Linear | 0.0414 | 0.0207 | 3.99 | 0.0457 |
| | | Cubic | -0.00143 | 0.000401 | 12.67 | 0.0004 |
| | | Quadrate | 7.78E-06 | 2.00E-06 | 15.09 | 0.0001 |
| | Pupal stage | Constant | -0.4859 | 0.2643 | 3.38 | 0.066 |
| | | Linear | 0.0817 | 0.0208 | 15.44 | <0.0001 |
| | | Cubic | -0.00201 | 0.000401 | 25.16 | <0.0001 |
| | | Quadrate | 1.00E-05 | 2.00E-06 | 25.98 | <0.0001 |
| | Adult stage | Constant | 0.956 | 0.2766 | 11.94 | 0.0005 |
| | | Linear | -0.0939 | 0.0226 | 17.32 | <0.0001 |
| | | Cubic | 0.0011 | 0.000444 | 6.12 | 0.0134 |
| | | Quadrate | -4.44E-06 | 2.24E-06 | 3.94 | 0.0471 |

جدول (۳): اثر غلظت زیرکشنده (LC۳۰) حشره‌کش‌ها روی نوع و مقادیر پارامترهای واکنش تابعی ماده‌های زنده مانده زنبور Habrobraconhebetorاز تیمارهای مختلف نسبت به تراکم‌های مختلف Plodiainterpunctella

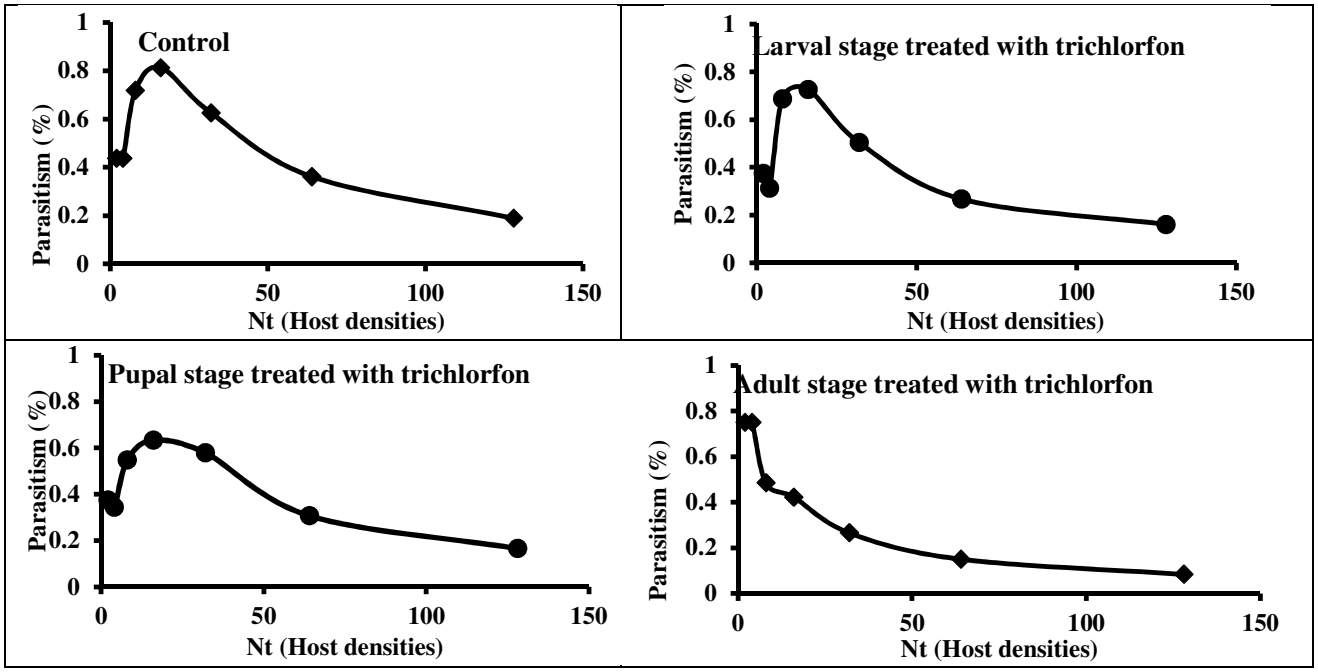
**Table 3: Effect of insecticide concentration (LC 30) on the type and values of functional response parameters of *Habrobraconhebetor* surviving from different treatments of different densities of *Plodiainterpunctella***

| Treatments | | Functional response type | $a(h^{-1})$ (lower upper) | $b(h^{-1})$ (lower upper) | $T_h(h^{-1})$ (lower upper) | $T/T_h$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | | III | - | 0.008<br>0.00483-0.0112 | 0.99<br>0.9324-1.0557 | 24.2 |
| Deltamethrin | Adult stage | III | - | 0.007<br>0.0045-0.0101 | 1.08<br>1.0149-1.1471 | 22.22 |
| | Pupa | III | - | 0.009<br>0.00526-0.0126 | 1.26<br>1.1851-1.3426 | 19 |
| | Larval stage | II | 0.037<br>0.0235-0.0505 | - | 1.66<br>1.4288-1.8931 | 14.45 |
| Trichlorofen | Adult stage | III | - | 0.007<br>0.00435-0.0105 | 1.254<br>1.1696-1.339 | 19.13 |
| | Pupa | III | - | 0.006<br>0.00263-0.00868 | 1.128<br>1.0215-1.2253 | 21.27 |
| | Larval stage | II | 0.052<br>0.0307-0.0745 | - | 2.117<br>1.8619-2.373 | 11.33 |




شکل (۱): منحنی‌های واکنش تابعی زنبورهای ماده H. hebetor در تیمار با حشره‌کش دلتامترین نسبت به تراکم‌های مختلف Plodia interpunctella

**Fig (1): Functional reaction curves of *H. hebetor* female wasp in deltamethrin treatment with *Plodiainterpunctella***




**شکل (۲): منحنی‌های واکنش تابعی زنبورهای ماده H. hebetor در تیمار با حشره‌کش تری کلروفن نسبت به تراکم‌های مختلف Plodia interpunctella**

**Fig (2): Functional reaction curves of *H. hebetor* female wasp in treatment with trichlorofen insecticide compared to different densities of *Plodiainterpunctella***

واکنش تابعی زنبورهای ماده *H. hebetor* در تیمار با حشره‌کش دلتامترین و تغذیه از تراکم‌های مختلف لارو شب‌پره هندی *P. interpunctella* در دو مرحله لاروی و شفیرگی همانند تیمار شاهد از نوع III بود به‌طوری‌که ابتدا با افزایش تراکم میزبان میزان پارازیتیسم افزایش پیدا کرد و در ادامه با کاهش و مجددا افزایش میزان پارازیتیسم به‌صورت سیگموییدی مواجه شد (شکل۱)، اما در مرحله حشره بالغ این اتفاق رقم نخورد و واکنش تابعی از نوع II مشاهده گردید به‌طوری‌که در این واکنش با افزایش تراکم میزبان، تعداد میزبان‌های مورد حمله قرار گرفته توسط زنبور پارازیتوئید افزایش یافت ولی این افزایش به‌صورت خطی نبود و بتدریج از شیب منحنی کاسته می‌شود تا به حالت مجانب خود رسید. در این وضعیت درصد میزبان‌های مورد حمله قرار گرفته به‌تدریج کاهش می‌یابد و یک واکنش وابسته به عکس تراکم است.

واکنش تابعی زنبورهای ماده *H. hebetor* در تیمار با حشره‌کش تری‌کلروفن با تغذیه از تراکم‌های مختلف لارو شب‌پره هندی بیانگر این است که در دو مرحله لاروی و شفیرگی همانند تیمار شاهد از نوع III بود به‌طوری‌که ابتدا با افزایش تراکم میزبان میزان پارازیتیسم افزایش پیدا کرد و در ادامه مقداری کاهش و مجدد با افزایش میزان پارازیتیسم مشاهده شد (شکل ۲)، به‌طوری‌که در این نوع واکنش میزان تلفات ایجاد شده تا حدی از تراکم وابسته به تراکم و پس از آن وابسته به عکس تراکم بود اما در مرحله حشره بالغ این اتفاق رقم نخورد و واکنش تابعی از نوع II مشاهده شد به‌طوری‌که در این واکنش با افزایش تراکم میزبان، تعداد میزبان‌های مورد حمله قرار گرفته توسط زنبور پارازیتوئید افزایش یافت ولی این افزایش به‌صورت خطی نبود و به‌تدریج از شیب منحنی کاسته می‌شود تا به حالت مجانب خود رسید.

## بحث

یکی از روش‌های تعیین کارائی یک دشمن طبیعی از طریق تعیین نوع و فراسنجه‌های واکنش تابعی یعنی قدرت جستجو (نرخ افزایش پاسخ پارازیتوئید به تراکم میزبان) و زمان دست‌یابی (مدت زمان صرف شده توسط دشمن طبیعی برای حمله، پارازیته کردن و استراحت کردن) صورت می‌گیرد. این دو فراسنجه برای ارزیابی مؤثر بودن یک دشمن طبیعی یا شکارگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Hassell, 1982).

هاسل (۱۹۸۲) اشاره می‌کند که قدرت جستجوی بالا و زمان دستیابی کوتاه در ارتباط با زمان در دسترس، ویژگی خوبی برای یک دشمن طبیعی به شمار می‌آید. قدرت جستجوی بالا باعث می‌شود که دشمنان طبیعی، جمعیت میزبان خود را در سطح پایین‌تر از سطح زیان اقتصادی کنترل کنند و قدرت جستجوی پایین، اثر عکس خواهد داشت. مطالعه روابط متقابل دشمن طبیعی – میزبان از جمله واکنش تابعی دشمن طبیعی می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات به کار آید و درک دینامیسم شکارگری/ پارازیتیسم دشمنان طبیعی را آسان‌تر کند (Carneiro, *et al*., 2010). طیف وسیعی از واکنش‌های طبیعی نسبت به دزهای زیرکشنده آفت‌کش‌ها وجود دارد که فهم آن‌ها در تلفیق دشمنان طبیعی با آفت‌کش‌ها بسیار مفید خواهد بود.

نوع واکنش تابعی در پژوهش حاضر در تیمارهای شاهد و مراحل لاروی و شفیرگی زنبور پارازیتوئید *H.hebetor*تحت تأثیر غلظت زیرکشنده هر دو حشره‌کش دلتامترین و تری‌کلروفن از نوع سوم و در مرحله بالغ تحت تأثیر غلظت زیرکشنده هر دو حشره‌کش از نوع دوم گزارش شد.

فعال محمدعلی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در تحقیقی که به منظور بررسی تأثیر غلظت زیرکشنده دو آفتکش فن‌پروپاترین و کلرپیریفوس بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H.hebetor*در مراحل لاروی و شفیرگی انجام دادند در شاهد و تیمارها واکنش تابعی از نوع سوم تعیین کردند.

پژوهش‌های ایران‌نژاد و همکاران روی بالتوری سبز .*Crysoperlacarnea*steph نشان داد که استفاده از آفتکش‌ها برای مبارزه با آفت هدف می‌تواند گاهی نوع واکنش تابعی دشمن طبیعی را تغییر دهد. اگر این تغییر سب ایجاد واکنش تابعی نوع سوم شود دراین صورت، به سبب واکنش وابسته به انبوهی شکارگر، کارایی آن افزایش یافته و در کنترل بیولوژیک جایگاه مناسب‌تری می‌یابد. بیان کننده اثر زیان‌بار تیمار آفت‌کش بر دشمن طبیعی است (Holling, 1959) اثر آفت‌کش روی دشمن طبیعی گاهی تغییری در نوع واکنش تابعی ایجاد نمی‌کند. چنانچه رفیعی دستجردی و همکاران (Rafiee-Dastjerdi, *et al*., 2008) برای تعیین اثر دز زیرکشنده‌ی ($LC_{25}$) حشره‌کش‌های پروفنوفوس، تیودیکارب، هگزافلومرون و اسپینوساد روی واکنش تابع زنبور پارازیتوئید *Habrobraconhebetor Say* نسبت به تراکم‌های مختلف لارو سن آخر بیدآرد نشان دادند، در شاهد و تیمارهای حشره‌کش نوع واکنش تابعی تغییری نمی‌کند و از نوع دوم است. هولینگ (۱۹۵۹) سه نوع واکنش تابعی تشخیص داد و اظهار داشت که تنها نوع سوم به‌صورت وابسته به انبوعی عمل می‌کند و این نوع، بیشتر از نوع دوم می‌تواند جمعیت را تنظیم کند. با این وجود، مهار زیستی موفقیت‌آمیز برای کفشدوزک *Hippodamiavariegata* با واکنش تابعی نوع دوم امکان‌پذیر است زیرا عوامل دیگری مانند اثر گیاه میزبان و عوامل زیستی نیز بر کارایی شکارگرها اثرگذار است (Obrycki & Kring, 1998؛ Farhadi, *et al*., 2010).

فتحی پور و همکاران (۱۳۸۱) نیز در تحقیقی که به منظور بررسی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trichogrammaembryophagam*روی دو نوع میزبان آزمایشگاهی انجام گرفت نشان دادند که واکنش تابعی هر دو گروه زنبور از نوع سوم بود و با مدل هولینگ انطباق خوبی داشت.

رفیعی دستجری و همکاران (۲۰۰۹) واکنش تابعی *H.hebetorsay*را در شاهد و تیمار با حشره‌کش‌های هگزار فلومورن، تیودیکارب و پرفنوفوس از نوع دوم گزارش کردند.

در کنترل زیستی، مطالعه واکنش تابعی قبل از رهاسازی هر دشمن طبیعی از اهمیت ویژای برخوردار می‌باشد (Bernal, *et al*., 1994). واکنش‌های تابعی نوع سوم اغلب قادر به تنظیم جمعیت میزبان خواهد شد (MahdaviParghinsofla, 2011). واکنش تابعی یکی از اجزای مهم دینامیسم جمعیت است و نوع آن یکی از عوامل مهم در انتخاب دشمن طبیعی مناسب برای استفاده در برنامه‌های کنترل زیستی می‌باشد. نوع واکنش تابعی و فراسنجه‌های آن می‌تواند توسط عواملی از قبیل گیاه میزبان، تراکم میزبان، رطوبت نسبی، سن دشمن طبیعی، دما، نوع طعمه یا میزبان تغییر کند (Hassan pour, *et al*., 2010؛ Allahyari, *et al*., 2004). مطالعات آزمایشگاهی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای استانداردهای کنترل کیفیت در برنامه‌های تولید انبوه دشمنان طبیعی و پروژه‌های کنترل زیستی فراهم کند (Montoya, *et al*., 2000) و علاوه بر مطالعات آزمایشگاهی، بایستی شرایط نیمه مزرعه‌ای و مزرعه‌ای فراهم شود تا نتایج آزمایشگاهی تکمیل و عملی شود.

براساس نتایج به‌دست آمده غلظت زیرکشنده هر دو آفت‌کش دلتامترین و تری‌کلروفن در مراحل لاروی و شفیرگی تأثیر سوئی روی فراسنجه‌های واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H.hebetor*نداشتند و تنها در مرحله حشره بالغ تحت تأثیر هر دو حشره‌کش قرار گرفت به‌طوری‌که روی زمان دستیابی زنبور پارازیتوئید تأثیر منفی داشت. بنابراین در صورت تأیید نتایج در مطالعات تکمیلی از این حشره‌کش‌ها می‌توان همراه با این عامل کنترل زیستی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود.

## Reference

**Abedi Z, 2013**. Investigation of the effects of fecundity and subculture of Azadreactin, Pareidalil, Cypermethand and Methoxyfenozide on the parameters of the biological table of the Octoparasicide bee. Habrobraconhebetor Say (Hymenoptera: Braconidae), Master's thesis of agricultural insemination, Faculty of Agriculture, Maragheh University. (In Persian)

**Abedi, Z, Saber, M, Gharekhani, Gohar, Mehrour, AS. 2013**. "Evaluation of the effects of fecundity and sub-fecundity of two commercial formulations of Azadreactin insecticide on Hym: Braconidae Say Habrobraconhebetor." Shiraz, p. 244. (In Persian)

**Allahyari H, Fard PA and Nozari J, 2004**. Effects of host on functional response of offspring in two populations of Trissolcusgrandis on the sunn pest. Journal of Applied Entomology 128: 39-43.

**Ambrose, D. P., Rajan, S. J. and Kumar, A. G. 2008**. Impact of insecticide Synergy505 on the functional response of a nontargetreduviid predator Rhynocorismarginatus (Fabricius).

**BagheriZnuz, A. 1986**. "Pest of storage products and methods of counteracting damaging industrial and food products" Sepehr Publishing House, Tehran, p. 309. (In Persian)

**Bernal JS, Bellows TS and Gonzalze D, 1994**. Functional response of Diuerellarapae (Hymenoptera: Aphelinidae) to Diuraphisnoxia (Homoptera: Aphididae). Journal of Applied Entomology 118: 300- 309.

**Carneiro TR, Fernandes OA, Cruz I and Bueno RCOF, 2010**. Functional response of Telenomusremus Nixon (Hymenoptera, Scelionidae) to Spodopterafrugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae) eggs: effect of female age. RevistaBrasileira de Entomologia 54(4): 692–696.

**Claver, M. A., Ravichandran, B., Khan, M. M., and Ambrose, D. P. 2003**. Impact of cypermethrin on the functional response, predatory and mating behavior of a nontarget potential biological control agent Acanthaspispedestris (Stal) (Het., Reduviidae). Journal of Applied Entomology, 127: 18-22.

**Faal Mohammad Ali, E., Seraj, A., TalebiJahromi; shisheh; M, Mosadegh M. Q 2010 b**. "Influence of Concentrated Concentration on the Functional Response of Habrobraconhebetor Say (Hymenoptera: Braconidae) in the Larval and Pedophilia Stages" of the 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran, p. 236. (In Persian)

**Farhadi, R., Allahyari, H. and Juliano, S. 2010**. Functional response of larval and adult stages of Hippodamiavariegata (Coleoptera: Coccinelidae) to different densities of Aphis fabae (Hemiptera :Aphididae).Environmental Entomology 39(5): 1586-1592.

**Fathi-Pour; Dadpourmangalou; E and Attaran; M. 2002**. "Effect of host type on the functional response of Trichogrammapintoivoegele parasitoid bee". Agriculture and Natural Resources, Vol. 9, No. 3. (In Persian)

**Hassan, S. A., B. Hafes, P.E. Degrande, K. Herai. 1998**. "The side-effects of pesticides on the egg parasitoid *Trichogrammacacoeciae*Marchal (*Hym*: *Trichogrammatidae*), acute dose-response and persistence tests" *Applied Entomology*, 122: 569-573

**Hassell, MP. 1982**.What is searching efficiency? Annals Applied Biology 101: 170-175.

**Holling, C. S. 1959**. The components of predation as revealed by a study of smallmammal predationEuropean pine sawfly. Canadian Journal of Entomology, 91: 293-3.

**Irannejad, M. K., Samih, M. A., Talebi-JahromiKh, Alizadeh, A., Zarabi, M., Shabani, Z. 2010**. Effect of some pesticides and plant ectracrs on survival and reproductive parameters of *Chrysoperalcarnea*(Stephens) (Neu: Chrysopidae). Preceeding of thr 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran-Iran, 176p. (In Persian).

**Jebanesan, A. 1998**. Sublethal effect of etofenprox (Trebon) on the predation of Culexquinquefasciatus (Say) by Diplonychusindicus (Venk& Rao.). Indian Journal of Environmental Toxicology, 8: 33-34.

**Jones, W. E., Ciomperlik, M. A. and Wolfenbarger, D. A.1998**. "Lethal and sublethal effects of insecticides on two parasitoids attacking *Bemisiaargentifolii(Hom*: *Aleyrodidae)*" *Biological control*, 11:70-76

**Juliano, S. A. 2001**. Nonliner curve fitting: predation and functional response curves, pp. 178-216. In S. M. Scheiner and J. Gurevitch (eds.), Design and analysis of ecological experiments. Oxford University Press, New York.

**Liu, D. X., Tian, J. and Shen, Z. R. 2006**. Effects of pesticides on the functional response of predatory thrips, Scolothripstakahashii to Tetranychusviennensis. Journal of Applied Entomology, 130(5): 314-322.

**MahdaviParghinsofla. 2011**. Investigating the susceptibility of Habrobraconhebetor Say (Hymenoptera: Braconidae) to chloroepyriphos, carbaryl, spinocide and abamectin and pathogenic fungi Beauveriabassiana and Metarhiziumanisopliae in laboratory conditions. Master degree in agricultural entomology, Faculty of Agriculture, Maragheh University. (In Persian)

**Mahdavi, V., Saber, M., Rafee-Dastjerdi, H., Mehrvar, A. and Hassanpour, M. 2013**. "Efficacy of pesticides on the functional response on larval ectoparasitoid, *Habrobraconhebetor* Say (*Hym: Braconidae*)" *Archive of PhytopathologyPlant Protection,*46: 841-848. (In Persian)

**Montoya, P., Liedo, P., Benrey, B., Barrera, J. F., Cancino, J. and Aluja, M. 2000**. Functional response and superparasitism by Diachasmimorphalongicaudata (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). Annals of the Entomological Society of America 93(1): 47-54.

**Obrycki, J. J. and Kring, T. J. 1998**. Predaceous Coccinellidae in biological control. Annual Review ofEntomology,43: 295-321.

**Rafiee-Dastjerdi H, Hejazi MJ, Nouri GanbalaniGh, Saber M. 2008**. Sublethal Effects of profenofos, thiodicarb, hexaflumuron and spinosadon Habrobraconhebetor (Say) (Hymenoptera.: Braconidae). 18th Iranian Plant Protection Congress, p. 172 [In Persian].

**Ridgway R. L., Morrison R. K. and Badgley M. M. 1970**. Mass rearing a green lacewing. Journal of Economic Entomology. 63: 834–836.

**Rogers D. 1972**. Random search and insect population models. Journal of Animal Ecology,41: 369-383.

**Ryne, C., Nilsson, P. A. and Siva- Jothy, M. T. 2004**. "Dietary glycerol and adult access to water: effects on fecundity and longevity in the almond moth" Insect Physiology, 50: 429- 434.

**Sait, S. M. ,Begon, M. , Thompson, D. J. , Harvey, J. A. and Hails, R. S. 1997**. "Factors affecting host selection in an insect host- parasitoid interactions" Ecological Entomology, 2: 225- 230.

**Shojaei, S., Safaralizadeh , M. H. and N. Shayesteh. 2006**. "Effect of temperature on the functional response of *Habrobraconhebetor* Say (*Hym*: *Braconidae*) to various densities of the host *Plodiainterpunctella*Hubner (*Lep*: *Pyralidae*)" *Pakistan Journal of Entomology*, 28: 51-55.

**Stark, J. D. I, Wennergren. 1995**. Can population effects if pesticides be predicted from demographic toxicological studies? Journal of Economic Entomology, 88 (5): 1089-1069.

**Stark, J. D., Vargas, J. E. and Banks, E. 2007**. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. Journal of Economic Entomology 100: 1027–1032.

**TalebiJahromi, h. 2007**. "Toxicology of Pesticides, Insecticides, Mites and Mites" Tehran: Tehran University Press, p. 492. (In Persian).

**Wang, X. Y. and Shen, Z. R. 2002**. Effects of sublethal doses of insecticides on predation of multicolored Asian ladybird Harmonia axyridis (Pallas). ActaEcologicaSinica, 22: 2278-2284.

**Wiedenmann, R. N. and Smith, J. W. 1997**. Attributes of the natural enemies in ephemeral crop habitats.iological Control, 10: 16-22.

*Journal of Entomological Research*

Volume 11, Issue 2, pages:127-141

*Islamic Azad University, Arak Branch*
*ISSN 2008-4668*
*http://jer.iau-arak.ac.ir*

# The effects of Sub lethal doses of Deltamethrin and Trichlorofen on functional response of the parpasitoid wasp Habrobracon hebetor (Hym: Braconidae) fed on plodia interpunctella in laboratory condition

***T. Abasi[1], A. NAzari[1], Z. Rafie kArehrodi[3], A. Juozian[4]***

1- PhD student, Department of Entomology, Islamic Azad University, Arak Branch
2- Assistant Professor and Faculty Member, Islamic Azad University, Arak Branch
3- Assistant Professor, Faculty Member, Islamic Azad University, Arak Branch
4- Associate Professor of Jihad Agriculture and Natural Resources Research Center, Ilam

## Abstract

One of the most important biological control agents is *Habrobracon hebetor* especially for Indian meal moth. Functional response studies are important for successful application of natural enemies in pest control programs. In this research, has been studied the effect of sub lethal doses of Deltametrin and Trichlorfen on functional responses of *H. hebetor* at controlled condition (26±1 Celsius, 65±10% humidity, 16:8 L: D). larvae, pupae and adults of Indian meal moths have been used separately in densities of 2, 4, 8, 16, 32, 64 and 128. Dipping method was used for larvae, pupae and contact method for adults in exposed cages. Functional responses and its parameters determined respectively by logistic regression and non-linear regression by SAS software. Results showed *H. hebetor* on larvae and pupae had functional response type 3 but on adults type 2 that has been affected by both insecticides. Searching efficiency was affected by Deltametrin in control, larvae, pupae and adults were determined respectively, 0.008, 0.007, 0.009 and 0.037 /h and handling time 0.99, 1.8, 1.26 and 1.66 h. Searching efficiency was affected by Trichorfen in control, larvae, pupae and adults were recorded respectively, 0.008, 0.007, 0..6 and 0.052 /h and handling time 0.99, 1.25, 1.12 and 2.11 h. these results showed that sublethal doses of both insecticides have been affected only on adult moths functional responses parameters of *H. hebetor* and showed significant difference.

**Keywords:** Insecticide, functional response, Sub lethal, *Habrobracon hebetor, plodia interpunctella*

* Corresponding Author, E-mail*: R_zrk@yahoo.com*
Received:22 May 2019– Accepted: 25 Jul 2019