مقاله تحقیقی

اثرات تغذیه از بیدآرد بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) تحت اثر غلظت‌های زیرکشنده دو آفت‌کش دلتامترین و تری کلروفن

طاهر عباسی[۱]، علیرضا نظری[۲]، زهرا رفیعی کرهرودی[۳]

۱، ۳- دانش آموخته دکتری، استادیار، گروه حشره‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک، ایران.

۲- استادیار، پژوهشکده امنیت غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک، ایران.

مسئول مکاتبات: علیرضا نظری، ایمیل: a-nazari@iau-arak.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳ ۹(۲) ۳۱-۴۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۴

چکیده

استفاده از حشره‌کش‌ها برخی مواقع می‌تواند سبب تغییر در رفتار دشمنان طبیعی از جمله واکنش تابعی آن‌ها شود. در این پژوهش تأثیر غلظت‌های زیرکشنده آفت‌کش‌های دلتامترین و تری‌کلروفن بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* در شرایط کنترل شده؛ در دمای ۱ ± ۲۶ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۵ درصد و ۱۶: ۸ دورهٔ نوری: تاریکی (۸:۱۶) بررسی شد. برای این منظور تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ از لارو بید آرد به‌طور جداگانه استفاده شد، به گونه‌ای که در مرحله‌های لاروی و شفیرگی زنبورهای پارازیتوئید به روش غوطه‌ورسازی در معرض LC_{30} هر دو آفت‌کش قرار گرفتند. حشرات بالغ زنبور نیز با استفاده از قفس‌های در معرض قراردهی در LC_{30} آفت‌کش‌ها قرار داده شدند. سپس تعداد میزبان‌های پارازیته شده شمارش گردید. نوع واکنش با استفاده از رگرسیون لجستیک و پراسنجه‌های آن به وسیله رگرسیون غیرخطی در نرم‌افزار SAS تخمین داده شد. براساس نتایج حاصل واکنش تابعی زنبورها در دو مرحلهٔ لاروی و شفیرگی و تیمار شاهد با تأثیرپذیری از هر دو آفت‌کش از نوع سوم و در مرحلهٔ حشرهٔ بالغ از نوع دوم بود. نرخ حمله در تیمار شاهد و مرحله‌های لاروی، شفیرگی و حشرهٔ بالغ در تیمار با آفت‌کش دلتامترین به ترتیب ۰/۰۰۹، ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۹ و ۰/۰۵۶ بر ساعت و زمان دستیابی به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۸۶، ۰/۹۱ و ۰/۹۶ ساعت بود. نرخ حمله تحت تأثیر آفت‌کش تری‌کلروفن برای تیمار شاهد و مرحله‌های لاروی، شفیرگی و حشرهٔ بالغ به ترتیب ۰/۰۰۹، ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۷، ۰/۷۸ بر ساعت و زمان دستیابی به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۹۹، ۱ و ۲/۱۳ بر ساعت تعیین شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد LC_{30} هر دو آفت‌کش تنها در مرحلهٔ حشرهٔ کامل روی نوع و پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید اثر داشته و با تیمار شاهد هم اختلاف معنی‌داری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: واکنش تابعی، غلظت زیرکشنده، زنبور پارازیتوئید *H. hebetor*، بید آرد

مقدمه

بید آرد *Ephestia kuehniella* Zeller یکی از آفات مهم انباری در کشورهای مختلف جهان است (Bagheri Zenuz, 1986). لاروهای این آفت با تغذیه از فرآورده‌های انباری مختلف مانند حبوبات، غلات، میوه‌های خشک، بادام، فندق و پسته و تنیدن تار توسط لاروها خسارت می‌زنند. زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say از موفق‌ترین گونه‌های دشمنان طبیعی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک آفات در جهان هستند (Scholler & Hassan, 2001). یکی از رویکردهای مهمی که در جهان برای کنترل آفات اجرا می‌شود، استفاده از دشمنان طبیعی است (Kazemi, 1995).

اگرچه مهار آفات با بکارگیری دشمنان طبیعی و بدون استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی ایده‌آل است، اما کنترل

بعضی از آفات به دلیل نرخ تولید مثلی بالا با یک شیوهٔ کنترل، مشکل بوده و در برخی موارد بکارگیری حشره‌کش‌ها به همراه دشمنان طبیعی ضروری می باشد (Stark, & Rangus, 1994). بر همین اساس کنترل شیمیایی و بیولوژیک دو رویکرد مهم در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات تلقی می‌شوند (Croft, 1990). مدیریت تلفیقی از یک طرف با در نظر گرفتن اهمیت کنترل آفات توسط دشمنان طبیعی و از سوی دیگر اهمیت کنترل شیمیایی، برخی موارد دیگر را نادیده نگرفته و یک توافق منطقی در بکارگیری هر دو روش ارائه می‌دهد (Tremblay, *et al*., 2008). انتخاب یک روش ترکیبی مناسب برای کنترل آفات تا حدود زیادی بستگی به شناخت کامل از اثرات آفت‌کش‌ها روی آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها دارد.

در بررسی اثر حشره‌کش‌ها روی موجودات زنده لزوماً باید همه جوانب، از جمله اثرات کشندگی و زیرکشندگی آنها در نظر گرفته شود که به این منظور می‌توان پارامترهای زیستی جمعیت‌هایی که در معرض یک آفت‌کش قرار می‌گیرند را با شاهد مقایسه کرد (Stark & Banks, 2003; Desneux, *et al*., 2007). انتخاب آفت‌کش‌های مناسب در کنترل آفات مختلف بسیار حائز اهمیت است. در واقع باید از طریق مطالعهٔ اثر آفت‌کش‌ها روی پارامترهای زیستی دشمنان طبیعی حشرات، کارایی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد؛ چرا که آفتکش‌ها می‌توانند تأثیراتی روی فیزیولوژی، رفتار و فرآیندهای یادگیری گونه‌های هدف و غیرهدف داشته باشد (Haynes, 1988). در اکثر پژوهش‌ها بیشتر اثر کشندگی یک آفت‌کش روی آفت و دشمن طبیعی در آزمایشگاه بررسی می‌شود و اثرات زیرکشندگی آفت‌کش‌ها لحاظ نمی‌شود (Stark & Bank, 2002). زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* عامل کنترل کنندهٔ بیولوژیک بسیاری از آفات خصوصاً آفات انباری از جمله بیدآرد و شب‌پرهٔ هندی می‌باشد. پس باید خصوصیات این دشمن طبیعی مفید به صورت ویژه مورد بررسی قرار گیرد که از مهمترین جنبه‌ها و خصوصیات رفتاری این زنبور پارازیتوئید واکنش تابعی آن است. با داشتن اطلاعات کافی از واکنش تابعی این زنبورها می‌توان در خصوص کارایی آنها قضاوت مناسب‌تری داشت (Fathi–pur *et al*., 2002).

محمدعلی فعال و همکاران (۲۰۱۰) اثرات زیرکشندگی دو حشره‌کش کلروپیریفوس و فن پروپاترین روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* را بررسی کردند (Faal, *et al*., 2010). استفاده از حشره‌کش‌ها روی جمعیت آفات می‌تواند به‌صورت غیرمستقیم تأثیراتی را روی پارامترهای واکنش تابعی و به طبع آن کارایی دشمنان طبیعی داشته باشد (Iran–nejad, 2010). با توجه به اینکه بررسی‌های محدودی در زمینهٔ اثرات آفت‌کش‌ها روی واکنش تابعی دشمان طبیعی انجام گرفته است و در این زمینه آفت‌کش‌های دلتامترین و تری‌کلروفن لحاظ نشده‌اند، لذا در تحقیق حاضر به تأثیر غلظت‌های زیرکشنده این دو آفت‌کش روی واکنش تابعی این زنبور پارازیتوئید پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

شرایط و محل انجام 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 درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰± ۶۵ درصد و دورهٔ نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی درون ژرمیناتور انجام شد.

پرورش بید آرد

پرورش بید آرد 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 (دورهٔ نوری ۱۳ ساعت روشنایی و ۱۱ ساعت تاریکی، رطوبت نسبی ۶۵٪ 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 آزمایشات از زنبورهای ماده موجود در انسکتاریوم بخش خصوصی مدیریت حفظ نباتات استان ایلام که روی میزبان شب‌پرهٔ هندی پرروش یافته بودند، استفاده شد. زنبورها در ظروف پتری دیش به قطر ۶ سانتی‌متر پرورش داده شدند. در هر پتری تعداد ۱۰ عدد لارو سن آخر بید آرد *E. kuhniella* به همراه ۳ جفت زنبور ماده و ۲ 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 ۲۴ ساعت زنبورها حذف شده و ظروف پتری حاوی لاروهای پارازیته شده تا زمان ظهور حشرات کامل در شرایط دمایی ۱ ± ۲۶ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۵ درصد و دورهٔ روشنایی: تاریکی ۸:۱۶ 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 ساخت شرکت پرتونار کشور ایران (۲/۵٪) با LD_{50}= 135 mg/kg ا و تری‌کلروفن ساخت شرکت آریا شیمی کشور ایران (۸۰٪) با LD_{50}= 250 mg/kg استفاده شد. آزمون‌های مقدماتی برای تعیین محدودهٔ غلظت‌های حشره‌کش مورد آزمایش انجام گرفت. سپس غلظت‌های بینابینی با میزان تلفات ۵ تا ۹۰ درصد معین گردید که این غلظت‌ها برای آزمون نهایی مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این آزمایشات غلظت‌های مختلفی از آفت‌کش‌ها با حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه و برای شاهد از آب مقطر استفاده شد. برای آزمایشات از روش غوطه‌ورسازی استفاده شد که در روش غوطه‌ورسازی کاغذهای حاوی شفیره در بشر حاوی محلول سم قرار داده شدند و پس از گذشت ۵ ثانیه کاغذها از داخل محلول سم خارج گردیدند. برای مرحلهٔ لاروی نیز از همین روش استفاده شد با این تفاوت که کاغذهای حاوی لارو برای جلوگیری از شناور شدن لارو در محلول سم ابتدا در توری گذاشته شدند و سپس در بشر حاوی محلول سم قرار داده شدند.

برای هر کدام از غلظت‌های آفتکش دلتامترین (۵۰۰ ppm، ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۲/۵ و ۳۱/۲۵) و تری‌کلروفن غلظت‌های (۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵ و ۶۲/۵ ppm) روی لارو و شفیره ۵ تکرار و در هر تکرار از ۲۰ عدد لارو زنبور پارازیتوئید و ۲۰ عدد شفیره زنبور پارازیتوئید استفاده شد. سپس ظروف پتری در شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۵ درصد و دورهٔ روشنایی: تاریکی ۸:۱۶ ساعت تا ظهور حشرات بالغ نگهداری شدند. پس از ظهور حشرات بالغ تعداد آن‌ها شمارش شد و غلظت LC_{30} برای هر آفتکش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9 تعیین شد.

زیست‌سنجی مرحلهٔ بالغ

برای زیست‌سنجی حشرات بالغ از روش کاربرد غیرمستقیم 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 به طور غیرمستقیم و از طریق تماس با سطح تیمار شده، آفت‌کش را دریافت کردند. این قفس‌ها از یک چارچوب چوبی و دو صفحهٔ شیشه‌ای به ابعاد ۱۲×۱۲ سانتی‌متر تهیه شدند. سطوح تماس چارچوب با صفحات شیشه‌ای، یک لایهٔ 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 ۴ عدد سوراخ به قطر یک سانتی‌متر تعبیه شده بود که به جز دو سوراخ که یکی برای ورود زنبورها و دیگری تغذیهٔ آن‌ها با محلول آب– عسل ۲۰ درصد بود، مابقی سوراخ‌ها توسط توری پوشانیده شد. برای آن که صفحات روی چارچوب محکم شوند، دو طرف قفس به وسیلهٔ گیره‌های فلزی محکم شدند.

برای زیست‌سنجی نیز از غلظت‌های مختلف آفت‌کش که در همان روز تهیه شده بودند، استفاده شد. محلول‌های تهیه شده آفتکش توسط آب‌پاش فشنگی به سطح شیشه‌ای پاشیده شد، پاشش از فاصله ۶۰ سانتی‌متری صورت گرفت. میزان پاشش به نحوی بود که مقدار دو 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 شدند. سپس تعداد ۲۰ عدد زنبور مادهٔ 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 حشرهٔ مادهٔ بالغ استفاده شد. پس از ۲۴ 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 ترسیم شدند.

واکنش تابعی

در این مرحله اثر غلظت‌های زیرکشنده LC_{30} آفت‌کش‌های دلتامترین و تری‌کلروفن در مرحله‌های مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* با میزبان بیدآرد روی واکنش تابعی مطالعه شد. بدین منظور مرحله‌های مختلف رشدی لاروی، شفیرگی و حشرات بالغ، در معرض غلظت‌های زیر کشنده LC_{30} آفت‌کش مذکور قرار گرفتند. در ابتدا مرحله‌های لاروی و سپس مرحله‌های شفیرگی زنبور پارازیتوئید به طور جداگانه در معرض غلظت‌های زیر کشنده LC_{30} آفت‌کش‌های دلتامترین و تری‌کلروفن قرار داده شدند، که به ترتیب برای مرحلهٔ لاروی با میزبان بیدآرد ۲۶/۶۹ و ۱۳۴/۲۶میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر شد و برای مرحلهٔ شفیرگی به ترتیب ۶۱/۱۷ و ۲۶۹/۶۱میلی‌گرم مادهٔ مؤثره بر لیتر به دست آمد. تیمار شاهد نیز آب مقطر در نظر گرفته شد. سپس لاروها و شفیره‌های مذکور تا ظهور حشرات بالغ برای انجام آزمایشات واکنش تابعی به اطاقک رشد منتقل شدند. پس از ظهور حشرات بالغ تعداد ۱۰ عدد زنبور مادهٔ بالغ که در دورهٔ لاروی و شفیرگی در معرض غلظت‌های زیرکشندهٔ حشره‌کش‌های مذکور قرار گرفته بودند، به صورت 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، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸) از لاروهای سن آخر شب‌پرهٔ هندی هر کدام به‌صورت جداگانه (قبل از ورود به مرحلهٔ پیش‌شفیرگی) منتقل شدند. تیمار شاهد نیز آب مقطر در نظر گرفته شد. پس از ۲۴ 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 شدند. این آزمایش‌ها در ۵ تکرار انجام شد. در ادامه، برای بررسی واکنش تابعی مرحلهٔ حشرهٔ کامل، حشرات مادهٔ بالغ زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* روی میزبان شب‌پرهٔ هندی به مدت ۲۴ ساعت در قفس‌های در معرض قراردهی، در معرض غلظت‌های زیرکشنده LC_{30} آفت‌کش‌های دلتامترین و تری‌کلروفن قرار گرفتند. با این ترتیب که LC_{30} آفت‌کش‌های دلتامترین و تری‌کلروفن با میزبان بیدآرد ۲۸ /۱۵و ۵۰/۴۵ میلی‌گرم مادهٔ مؤثره بر لیترشد. تیمار شاهد نیز برای هر دو میزبان آب مقطر در نظرگرفته شد. پس از ۲۴ ساعت تعداد ۱۰ عدد از زنبور ماده در هر تیمار و شاهد انتخاب و به ظروف پتری به قطر ۱۰ سانتی‌متر حاوی تراکم‌های تعریف شده لارو سن آخر شب‌پرهٔ هندی منتقل شد و پس از ۲۴ 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 لولهٔ آزمایش شمارش شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از روش تجزیهٔ پروبیت برای تخمین LC_{30} استفاده شد. برای این منظور نرم‌افزار SAS 9 و Probit Analysis به کار گرفته شد. تجزیه‌ی 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 (logistic regression) نسبت طعمه خورده شده به‌عنوان تابعی از تراکم اولیه طعمه و از طریق تابع چند جمله‌ای زیر انجام شد.

معادلهٔ (۱)

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

در این رابطه N_e تعداد پارازیت شده N_0 تعداد اولیهٔ 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 به ترتیب نوع دوم و سوم واکنش تابعی را نشان می‌دهد (Juliano, *et al*., 2001).

رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات (nonlinear least squares regression) تعداد طعمهٔ خورده شده در برابر تعداد ارائه شده، برای تخمین پارامترهای واکنش تابعی با استفاده از رویهٔ PROC NLIN در برنامهٔ SAS استفاده گردید (Juliano, *et al*., 2001). داده‌های واکنش تابعی در معادلهٔ شکارگر تصادفی (Rogers type II random predator equation) قرار داده شد (Ridgway, *et al*., 1970). این معادله برای واکنش تابعی نوع دوم به صورت زیر می‌باشد.

معادله (۲)

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

در این معادله a نرخ حمله (h^{-1}) ، T_h زمان دستیابی در ساعت و کل T زمان آزمایش (۲۴ 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 (Rogers) محاسبه شد.

نتایج

تأثیر آفت‌کش‌ها بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون لجستیک داده‌های مربوط به واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* در تیمارهای شاهد و کلیهٔ مرحله‌های زیستی تحت تأثیر حشره‌کش‌ها به‌صورت جداگانه در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است.

با در نظر گرفتن مثبت و منفی بودن علامت قسمت منحنی می‌توان نتیجه گرفت که واکنش تابعی تیمار شاهد و مرحله‌های لاروی و شفیرگی زنبور تحت تأثیر آفت‌کش دلتامترین از نوع III و با توجه به منفی بودن علامت قسمت خطی منحنی در مرحلهٔ حشرهٔ بالغ زنبور می‌توان نتیجه گرفت که واکنش تابعی آن از نوع II می‌باشد.

همین‌طور با توجه به علامت مثبت قسمت خطی منحنی در شاهد و مرحله‌های لاروی و شفیرگی تحت تأثیر آفت‌کش تری‌کلروفن واکنش تابعی زنبور از نوع III و علامت منفی قیمت خطی منحنی در مرحلهٔ حشرهٔ بالغ نشان دهندهٔ واکنش تابعی نوع II می‌باشد.

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر نشان دهندهٔ تأثیرپذیری مرحلهٔ حشرهٔ بالغ زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* از هر دو آفت‌کش مورد استفاده می‌باشد و تنها در این مرحله اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد مشاهده شد و در سایر مرحله‌های لاروی و شفیرگی اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد دیده نشد.

نرخ حمله و زمان دستیابی دو فاکتور مهم در ارزیابی واکنش تابعی می‌باشند. تأثیر غلظت‌های زیرکشنده آفتکش‌ها روی پارامترهای واکنش تابعی (نرخ حمله و قدرت جستجوگری) زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* در جدول ۳ نشان داده شده است.

نرخ حمله (b) در تیمارهای شاهد و مرحله‌های لاروی و شفیرگی زنبور پارازیتوئید تحت اثر حشره‌کش دلتامترین به ترتیب ۰/۰۰۹، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۰۹ بر ساعت بود که بر این اساس تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و در مرحلهٔ مذکور دیده نشد. اما نرخ حمله (a) در مرحلهٔ حشرهٔ کامل تحت تأثیر حشره‌کش دلتامترین ۰/۰۵۶ بر ساعت بدست آمد که نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد می‌باشد.

زمان دستیابی نیز برای تیمارهای شاهد و مرحله‌های لاروی و شفیرگی تحت اثر LC_{30} دلتامترین به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۸۶ و ۰/۹۱ بدست آمد که اختلاف معنی‌داری دیده نشد. اما در مرحلهٔ حشرهٔ بالغ میزان دستیابی ۰/۹۶ ساعت بود که

بیشترین میزان زمان دستیابی نیز می‌باشد و با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد.

در بررسی به‌عمل آمده نشان داده شد که نرخ حمله (b) در تیمارهای شاهد و مرحله‌های لاروی و شفیرگی تحت تأثیر LC_{30} حشره‌کش تری‌کلروفن به ترتیب ۰/۰۰۹، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۰۷ بر ساعت شد که در مقایسه تیمار شاهد با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری دیده نشد. اما در مرحلهٔ حشرهٔ بالغ تحت تأثیر حشره‌کش مذکور نرخ حمله (a) ۰/۷۸ بر ساعت بدست آمد که این میزان حاکی از اختلاف معنی‌دار این تیمار با تیمار شاهد می‌باشد.

در ادامهٔ بررسی‌ها، فاکتور زمان دستیابی برای تیمارهای شاهد و مرحلهٔ لاروی و شفیرگی تحت تأثیر LC_{30} تری‌کلروفن به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۹۹ و ۱ ساعت بدست آمد که اختلاف معنی‌دار خاصی بین آن‌ها مشاهده نشد.

اما نتایج بدست آمده برای مرحلهٔ حشرهٔ بالغ زنبور پارازیتوئید تحت تأثیر حشره‌کش تری‌کلروفن که میزان زمان دستیابی برای آن ۲/۱۳ ساعت شد، نشان داد که در این مرحله با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار وجود دارد و بیشترین زمان دستیابی متعلق به این مرحله می‌باشد.

نتایج کلی حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت‌های زیرکشنده هر دو آفتکش تری‌کلروفن و دلتامترین سبب تغییر در نوع و پارامترهای واکنش تابعی در مرحلهٔ حشرهٔ بالغ شدند و به تبع آن دو فاکتور قدرت جستجوگری و زمان دستیابی تحت تأثیر آفت‌کش‌های مذکور قرار گرفته و با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند.

جدول ۱–تجزیهٔ رگرسیون لجستیک اثر غلظت زیرکشنده LC_{30} دلتامترین روی نوع واکنش تابعی زنبور *Habrobracon hebetor* نسبت به تراکم‌های مختلف *Ephestia kuehniella*

Table1. Logistic regression analysis shows the effect of Deltamethrin subcutaneous concentration (LC_{30}) on functional type of *Habrobracon hebetor* wasp compared to different densities of *Ephestia kuehniella*

Treatments	Host stage	Parameter	Estimated	SE	Chi square	*P*–valve
Control	Larval stages	Constant	0.0212	0.2844	0.01	< 0.9405
		Linear	0.127	0.0236	28.89	<0.0001
		Cubic	–0.003	0.00045	42.85	<0.0001
		Quadrate	1.50E–05	2.28E–06	44.45	<0.0001
Deltamethrin		Constant	0.2997	0.2798	1.15	0.2841
		Linear	0.079	0.0223	12.59	0.00004
		Cubic	–0.0021	0.000428	24.1	<0.0001
		Quadrate	1.10E–05	2.13E–06	26.15	<0.0001
	Pupal stage	Constant	0.2018	0.2796	0.52	0.4704
		Linear	0.0936	0.0224	17.49	<0.0001
		Cubic	–0.000245	0.000432	32.27	<0.0001
		Quadrate	1.30E–05	2.15E–06	35.08	<0.0001
	Adult stage	Constant	1.6427	0.2968	30.64	<0.0001
		Linear	–0.1215	0.0231	27.68	<0.0001
		Cubic	0.00164	0.000443	13.69	0.0002
		Quadrate	–7.13E–06	2.20E–06	10.46	0.0012

جدول ۲– تجزیه رگرسیون لجستیک اثر غلظت زیرکشنده LC_{30} تری‌کلروفن روی نوع واکنش تابعی زنبور *Habrobracon hebetor* نسبت به تراکم‌های مختلف *Ephestia kuehniella*

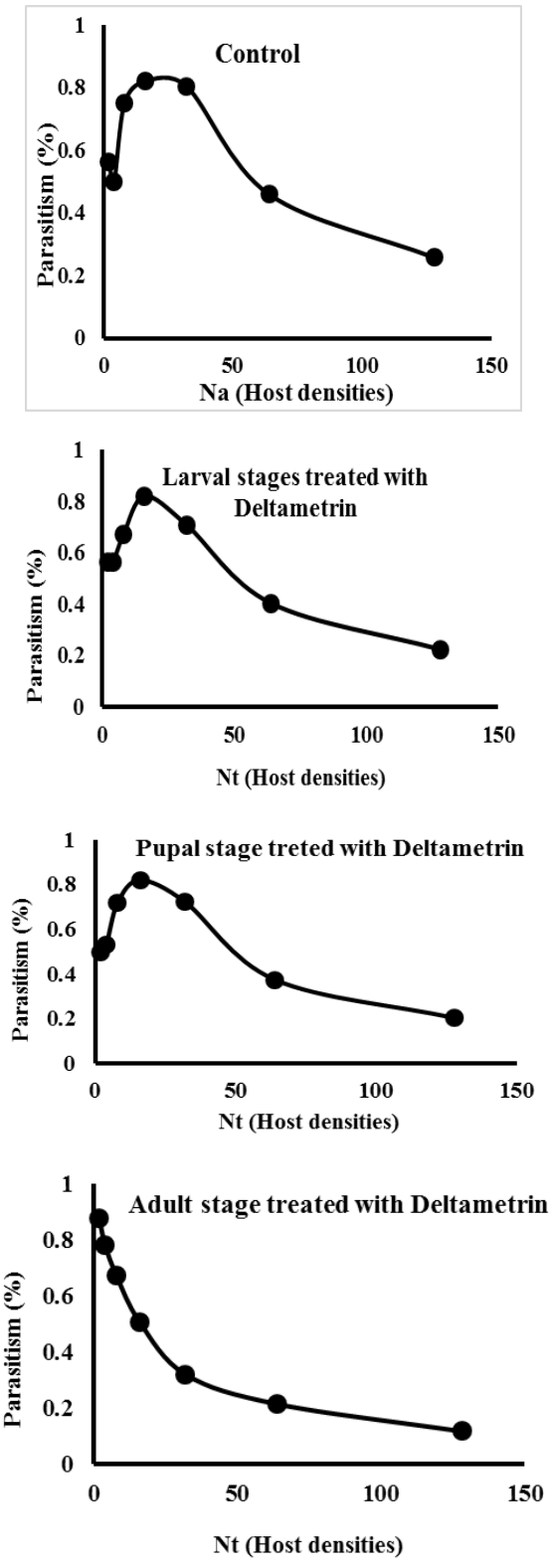
Table2. Logistic regression analysis shows the effect of Trichlorofenone subcutaneous concentration (LC_{30}) on functional type of *Habrobracon hebetor* wasp compared to different densities of *Ephestia kuehniella*

Treatments	Host stage	Parameter	Estimated	SE	Chi square	P–valve
Control		Constant	0.5466	0.2794	3.83	0.0504
		Linear	0.0432	0.0217	3.96	0.0466
		Cubic	0.00148	0.000417	12.69	0.0004
		Quadrate	8.01E–06	2.07E–06	15.03	0.0001
Trichlorofenone	Larval stages	Constant	0.5466	0.2794	3.83	0.0504
		Linear	0.0432	0.0217	3.96	0.0466
		Cubic	–0.00148	0.00416	12.69	0.0004
		Quadrate	8.01E–06	2.07E–06	15.03	0.0001
	Pupal stage	Constant	0.3529	0.2731	1.67	0.1963
		Linear	0.049	0.0213	5.28	0.0215
		Cubic	–0.00154	0.00041	14.13	0.0002
		Quadrate	8.20E–06	2.04E–06	16.2	<0.0001
	Adult stage	Constant	0.3609	0.2878	22.37	<0.0001
		Linear	–0.1065	0.0299	21.59	<0.0001
		Cubic	0.00124	0.000447	7.68	0.0056
		Quadrate	–4.96E–06	2.25E–06	4.89	0.027

جدول ۳- اثر غلظت زیرکشنده (LC_{30}) حشره‌کش روی نوع و مقادیر پارامترهای واکنش تابعی ماده‌های زنده مانده زنبور *Habrobracon hebetor* از تیمارهای مختلف نسبت به تراکم‌های مختلف *Ephestia kuehniella*

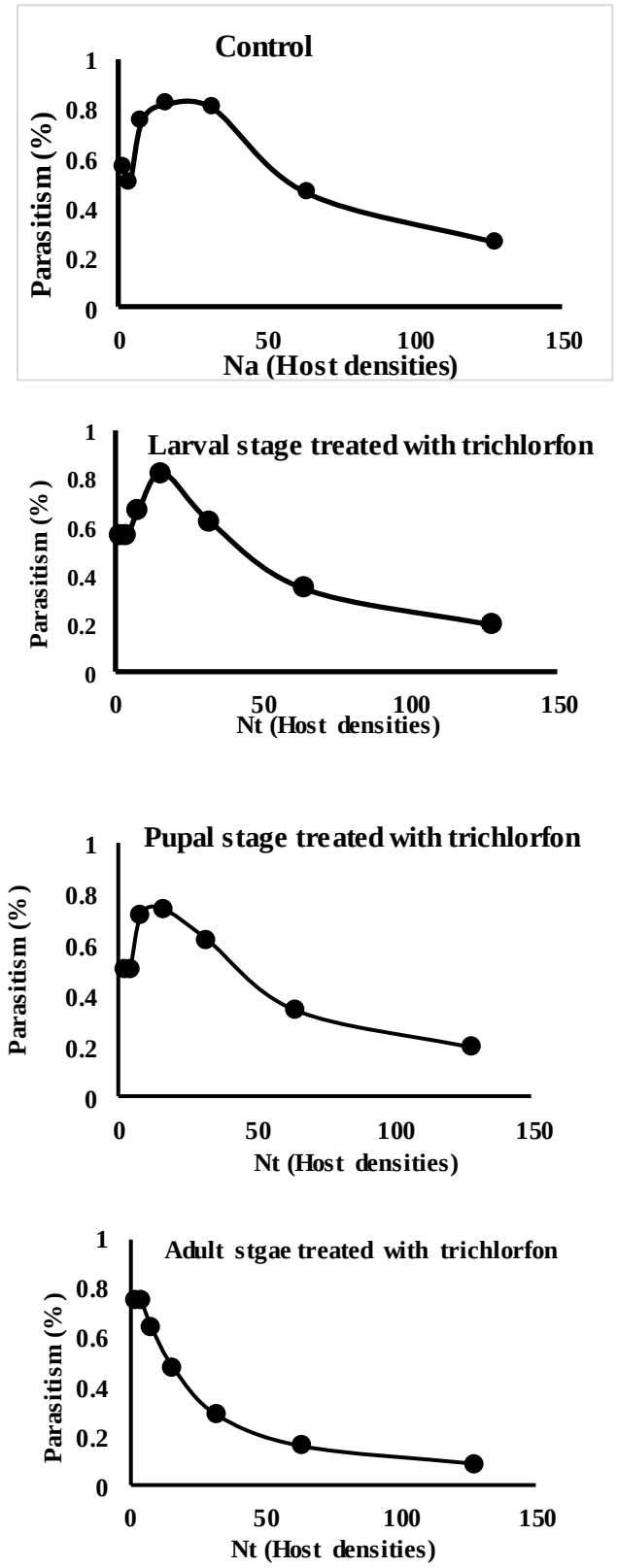
Table 3. Effect of insecticide concentration (LC_{30}) on the type and values of functional response parameters of *Habrobracon hebetor* surviving from different treatments of different densities of *Ephestia kuehniella*

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	–	0.009 0.00549–0.0118	0.74 0.703–0.782	32.432
Deltamethrin	Larval Stage	III	–	0.008 0.00509–0.0109	0.86 0.8084–0.9041	28
	Pupa	III	–	0.009 0.0051–0.0125	0.91 0.8606–0.9789	26.37
	Adult stage	II	0.056 0.0384–0.0748	–	0.96 1.3154–1.6153	25
Trichlorofenone	Larval stage	III	–	0.008 0.00463–0.012	0.99 0.929–1.0638	24.2
	Pupa	III	–	0.007 0.00491–0.0097	1 0.9472–1.0527	24
	Adult stage	II	0.78 0.0526–0.1052	–	2.13 1.9741–2.3047	11.26



شکل ۱– منحنی‌های واکنش تابعی زنبورهای ماده *Habrobracon hebetor* در تیمار با حشره‌کش دلتامترین نسبت به تراکم‌های مختلف *Ephestia kuehniella*

Fig 1. Functional reaction curves of *Habrobracon hebetor* female wasp in Deltamethrin treatment with *Ephestia kuehniella* insecticide compared to different densities of *Ephestia kuehniella*



شکل۲- منحنی‌های واکنش تابعی زنبورهای ماده *Habrobracon hebetor* در تیمار با حشره‌کش تری‌کلروفن نسبت به تراکم‌های مختلف *Ephesti kuehniella*

Fig 2. Functional reaction curves of *Habrobracon hebetor* female wasp in Trichlorofen treatment with *Ephestia kuehniella* insecticide compared to different densities of *Ephestia kuehniella*

با بررسی فرم منحنی‌های بالا می‌توان دریافت که در تیمار شاهد و مرحله‌های لاروی و شفیرگی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* تحت تأثیر هر دو آفت‌کش دلتامترین و تری کلروفن با تغذیه از تراکم‌های مختلف بیدآرد در ابتدا میزان پارازیتیسم در واکنش به افزایش تراکم میزبان افزایش داشته و در ادامه با کاهش و مجدداً افزایش رو به رو شد (شکل ۲ و ۱). این نوع آفات در میزان پارازیتیسم در برابر افزایش تراکم میزبان نشان دهندهٔ واکنش تابعی نوع سوم می‌باشد. این نوع واکنش تابعی کاملاً وابسته به تراکم میزبان می‌باشد. در مرحلهٔ حشرهٔ بالغ تحت تأثیر هر دو آفت‌کش مذکور با افزایش اولیهٔ تراکم میزبان میزان پارازیتیسم در ابتدا افزایش داشت و در ادامه شیب منحنی پارازیتیسم کاسته شد تا به حالت مجانب خود رسید. در واقع یک واکنش وابسته به عکس تراکم را شاهد بودیم.

بحث

در کنترل بیولوژیک بررسی واکنش تابعی قبل از رهاسازی هر دشمن طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Bernal, *et al.*, 1994). واکنش تابعی یکی از اجزای مهم دینامیسم جمعیت است و نوع آن یکی از عوامل مهم در انتخاب دشمن طبیعی مناسب در برنامه‌های کنترل بیولوژیک می‌باشد. از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر نوع واکنش تابعی و پارامترهای آن (نرخ حمله، زمان دستیابی) می‌توان به تراکم میزبان، گیاه میزبان، رطوبت نسبی و دما اشاره کرد (Hassanpour, *et al.*, 2001; Allahyari, *et al.*, 2004).

براساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، تیمارهای شاهد و مرحله‌های لاروی و شفیرگی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* تحت تأثیر LC30 هر دو حشره‌کش دلتامترین و تری‌کلروفن از نوع سوم و در مرحلهٔ حشرهٔ بالغ از نوع دوم شد.

معزی پور و همکاران (۲۰۰۸) واکنش تابعی زنبور *T. brassicae* را در دماهای مختلف روی بید غلات بررسی کردند که در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس از نوع دوم و در دماهای ۲۰ و ۳۰ درجهٔ سلسیوس از نوع سوم گزارش نمودند (Moezipour, *et al.*, 2008).

لشکری و همکاران (۱۳۸۳) واکنش تابعی زنبور *T. brassicae* را روی تخم‌های کرم قوزه پنبه، شب‌پره آرد و بید غلات در شرایط آزمایشگاهی بررسی کردند که نتایج حاصله نشان داد واکنش تابعی در تخم‌های بید غلات و شب‌پره آرد از نوع دوم و روی تخم‌های کرم قوزه پنبه از نوع سوم می‌باشد (Lashkari *et al.*, 2007).

فعال محمدعلی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که کاربرد کلرپایریفوس و فن‌پروپاترین سبب کاهش قدرت جستجوگری و افزایش زمان دستیابی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* شده است (Faal *et al.*, 2010).

برخلاف این پژوهش، سهرابی و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که استفاده از غلظت‌های زیرکشنده ایمیدا کلوپراید، پارامترهای نرخ حمله و زمان دستیابی زنبور *E.inaron* را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری تغییر نداد (Sohrabi, *et al.*, 2011).

فعال محمد علی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی اثر غلظت‌های زیرکشنده دو آفت‌کش فن‌پروپاترین و کلرپایریفوس را روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* و در دو مرحلهٔ لاروی و شفیرگی بررسی نمودند و دریافتند که در همه تیمارها واکنش تابعی از نوع سوم می‌باشد (Faal, *et al.*, 2010).

ایران نژاد و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی که انجام دادند دریافتند گاهی استفاده از آفت‌کش برای کنترل آفت هدف می‌تواند واکنش تابعی دشمن طبیعی را تغییر دهد (Iran–nejad *et al.*, 2010).

هولینگ (۱۹۵۹) سه نوع واکنش تابعی تشخیص داد و چنان بیان کرد که فقط نوع سوم به صورت وابسته به انبوهی عمل می‌کند و این نوع، بیشتر از انواع دیگر می‌تواند جمعیت حشره را کنترل کند. با این وجود کنترل بیولوژیک کفشدوزک *H. variegate* با واکنش تابعی نوع دوم امکان‌پذیر است (Holling, 1959).

همانطور که مطالعات آزمایشگاهی می‌تواند اطلاعات مفیدی برای استانداردهای کنترل کیفیت در برنامه‌های تولید انبوه دشمنان طبیعی و پروژه‌های کنترل بیولوژیک در اختیار

ما قرار دهد، قطعاً مطالعات مزرعه‌ای و نیمه مزرعه‌ای هم مورد استفاده قرار می‌گیرند (Montya, 2000).

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد غلظت‌های زیرکشنده هر دو آفت‌کش دلتامترین و تری‌کلروفن فقط در مرحلهٔ حشرهٔ کامل توانست اثر زیان‌باری روی پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* بگذارد به گونه‌ای که باعث افزایش زمان دستیابی زنبور به میزبان در این مرحله شد. اما غلظت‌های زیرکشنده هر دو آفت‌کش مذکور روی مرحله‌های لاروی و شفیرگی نتوانستند تأثیر منفی روی پارمترهای واکنش تابعی داشته باشند. لذا پیشنهاد می‌گردد در قسمت تأیید نتایج در پژوهش‌های تکمیلی از این دو آفت‌کش در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده شود.

References

Allahyari, H., Azmayesh Fard, P. & Nozari, J. 2004. Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the sunn pest. Journal of Applied Entomology, 128: 39–43. (In Persian with English summary).

Bagheri Znuz, A. 1986. Pest of Storage Products and Methods of Counteracting Damaging Industrial and Food Products. Sepehr Publishing House, Tehran, p. 309. (In Persian with English summary).

Bernal, J.S., Bellows, T.S. & Gonzalze, D. 1994. Functional response of *Diuerella rapae* (Hymenoptera: Aphelinidae) to *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae). Journal of Applied Entomology, 118: 300–309.

Croft, B.A. 1990. Arthropod Biological Control Agent and Pesticides. John Willey and Sons, New York, USA. 723 p.

Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M. 2007. The Sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology, 52: 81–106.

Faal Mohamad, A.H., Seraj, A.A., Shishebor, P.E., Mosadegh, M.S. & Talebi Jahromi, Kh. 2010. Influence of sublethal concentration on the functional response of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in the larval and pedophilia stages. The 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran, p. 236. (In Persian with English summary).

Fathi–Pour, Y., Dadpour Moganlou, E. & Attaran, M.R. 2002. "The effect of the type of laboratory host on functional response of *Trichogramma pintoi* Voegele (Hym.: Trichogrammatidae). Agriculture and Natural Resources, 9: 109–118. (In Persian with English summary).

Hassanpour, M., Mohaghegh, J., Iranipour, S., Nouri Ganbalani, G. & Enkeggard, A. 2010. Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of prey and predator stages. Insect Science 00:1–8. DOI 10.1111/j.1744–7917.2010.01360

Haynes, K.F. 1988. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavioral. Annual Review of Entomology, 33: 149–168.

Holling, C.S. 1959. The components of predation as revealed by a study of small– mammal predation of European pine sawfly. The Canadian Entomologist, 91: 293–320.

Iran–nejad, M.K., Samih, M.A., Talebi–Jahromi, Kh., Alizadeh, A., Zarabi, M. & Shabani, Z. 2010. Effect of some pesticides and plant extracts on survival and reproductive parameters of *Chrysoperal carnea* (Stephens) (Neu: Chrysopidae). Proceeding of the 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran–Iran, 176p. (In Persian with English summary).

Juliano, S.A. 2001. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves, pp. 178–216. In: S.M. Scheiner & J. Gurevitch (eds.), Design and Analysis of Ecological Experiments. Oxford University Press, New York.

Kazemi, M. 1995. Microbial control of plant pests and diseases. First edition, Tabriz Teacher Training University Publications. 167 p. (In Persian with English summary).

Lashkari, M.A., Sahragard, A. & Ghadamyari, M. 2007. Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. on rapeseed, *Brassica napus* L.. Insect Science, 14: 207– 212. (In Persian with English summary).

Moezipour, M., Kafil, M. & Allahyari, H. 2008. Functional response of *Trichogramma brassicae* at different temperatures and relative humidities. Bulletin of Insectology. 61: 245–250. (In Persian with English summary).

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

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

Ryne, C., Nilsson, P.A. & 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. & Hails, R.S. 1997. Factors affecting host selection in an insect host– parasitoid interactions. Ecological Entomology, 2: 225– 230.

Scholler, M. & Hassan, S.A. 2001. Comparative biology and life tables of *Trichogramma evanescens* and *T. cacoeciae* with *Ephestia elutella* as host at four constant temperatures. Entomologia Experimentails et Applicata, 98: 35–40.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. & Mossadegh, M.S. 2011. Lethal and sublethal effects of Buprofezin and Imidacloprid on *Bemisia tabaci* (*Hemiptera: Aleyrodidae*). Crop Protection, 30: 1190–1195. (In Persian with English summary).

Stark, J.D. & Banks, J.E. 2003. Population–level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annual Review of Entomology, 48: 505–519.

Stark, J. & Rangus, T. 1994. Lethal and sublethal effects of the neem insecticide formulation, Margosan–O, on the pea aphid. Pesticide Science, 41: 155–160.

Tremblay, E., Belanger, A., Brosseau, M. & Boivin, G. 2008. Toxicity and sublethal effects of an insecticidal soap on *Aphidius colemani* (*Hymenoptera: Braconidae*). Pest Management Science, 64: 249–254.

Effects of feeding on flour moth on the functional response of the parasitoid bee *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) under the following doses of two pesticides Deltamethrin and Trichlorophen

Taher Abasi[1], Alireza Nazari[2], Zahra Rafie Kerahroudi[3]

1., 3. Ph.D. candidate, Assistant Professor, Department of Entomology, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran.

2. Assistant Professor, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran.

Corresponding author: Alireza Nazari, email: a-nazari@iau-arak.ac.ir

Received: Feb., 02, 2022 9(2) 31–43 Accepted: Nov., 05, 2022

Abstract

One of the most biological control agents is *Habrobracon hebetor* especially for Indian meal moth. Functional response studies are suite index for successful using natural enemies in pest control programs. Using pesticides could be affected on functional response indexes and efficiency of natural enemies. In this research, has been studied the effect of sublethal doses of Deltametrin and Trichlorofen 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 has been used separately at 2, 4, 8, 16, 32, 64 and 128 densities, for larvae and pupa dipping method and for adults contact method in exposed cages are used. Functional response and its parameters determined respectively by logistic regression and non-linear regression with SAS software. Results showed *H. hebetor* on larvae and pupae had functional response type 3 but on adults was functional response type 2 affected by both insecticides. Searching efficiency of bees that affected by Deltametrin for control, larvae, pupae and adults were determined respectively 0.009, 0.008, 0.009 and 0.056 /h and handling time were 0.74, 0.86, 0.91 and 0.96 houres. Searching efficiency was affected by Trichorfen in control, larvae, pupae and adults were recorded respectively, 0.009, 0.008, 0.007 and 0.78 /h and handling time were 0.74, 0.99, 1 and 2.13 hours. These results showed that sublethal doses of both insecticides have been affected only on adult moth's functional response parameters of *H. hebetor* and showed significant difference.

Keywords: Insecticides, functional response, Sublethal, *Habrobracon hebetor*, *Ephestia kuehniella*