مجله کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی
شماره اول، ۱۳۹۱ (۱۰-۱)

اثر آفت‌کش‌های هگزافلومرون و اسپیرودایکلوفن روی واکنش تابعی کفشدوزک *Hippodamia variegata* با تغذیه از تراکم‌های مختلف پسیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae*

نجمه علی‌محمدی داورانی[1*]، محمد امین سمیع[2] و حمزه ایزدی[3]
۱، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد
۲، ۳، استادیاران گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۰ تاریخ تصویب: ۹۱/۱/۲۸)

چکیده

پسیل معمولی پسته ***Agonoscena pistaciae*** **Burckardt and Lauterer (Hem.: Aphalaridae)**، یک آفت اقتصادی در بین آفات موجود در باغ‌های پسته است. کفشدوزک ***Hippodamia variegata*** **(Goeze) (Col: Coccinellidae)** یکی از شکارگرهای توانا در باغ‌های پسته است. این شکارگر همه‌چیزخوار است و از شته‌ها و پسیل‌ها تغذیه می‌کند. مطالعات واکنش تابعی شاخص مناسبی برای استفاده موفقیت‌آمیز از دشمن طبیعی در برنامه‌های مهار زیستی آفات است. گاهی کاربرد سموم شیمیایی روی جمعیت آفات می‌تواند به طور غیرمستقیم روی پارامترهای واکنش تابعی و در پی آن، بر کارایی دشمن طبیعی تأثیرگذار باشد. در این پژوهش اثر پادآفت هگزافلومرون و کنه‌کش اسپیرودایکلوفن روی واکنش تابعی لاروهای سن چهار کفشدوزک در شرایط کنترل‌شده (دمای۲± ۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی۵± ۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) بررسی شد. برای این منظور، تراکم‌های ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۹۵، ۱۲۸، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ پوره‌ی سن پنج پسیل معمولی پسته روی دیسک برگی گذاشته شد. لاروهای کفشدوزک با بیشترین غلظت مزرعه به‌روش قطره‌گذاری تیمار شدند. نوع واکنش تابعی و پارامترهای آن به ترتیب به‌وسیله‌ی رگرسیون لجستیک و رگرسیون غیرخطی با استفاده از نرم‌افزار SAS تعیین شد. بر اساس نتایج حاصله، واکنش تابعی لاروهای سن چهار کفشدوزک در تیمارهای مختلف از نوع دوم به‌دست آمد. قدرت جستجو (a) تحت تاثیر تیمارهای هگزافلومرون، اسپیرودایکلوفن و شاهد به ترتیب ۰/۰۱۴±۰/۰۷۷، ۰/۰۳۰±۰/۰۹۸، و ۰/۰۲۴±۰/۱۲۵ بر ساعت و زمان دستیابی به ترتیب ۰/۰۱۷±۰/۱۳، ۰/۰۲۳±۰/۱۱، و ۰/۰۱۲±۰/۱۰ ساعت برآورد شد. این دستاورد نشان می‌دهد که این آفت‌کش‌ها نمی‌توانند توان شکارگری کفشدوزک ***H. variegata*** **را به‌طور معنی‌داری تغییر دهند.**

واژه‌های کلیدی: اسپیرودایکلوفن، پسیل معمولی پسته، قدرت جستجو، هگزافلومرون، ***Hippodamia variegata***

* نویسنده مسئول: نجمه علی‌محمدی داورانی تلفن: ۰۹۱۳۳۴۳۲۴۸۰ E-mail: najmeh_alimohammadi@yahoo.com

مقدمه

پسیل معمولی پسته، *A. pistaciae* یکی از آفات مهم پسته است که با مکیدن شیره گیاهی سبب کاهش کیفی و کمی محصول پسته می‌شود (Samih *et al.* 2005). گسترش و طغیان این آفت، ضرورت بازنگری در کنترل شیمیایی (برای کاهش میزان مصرف سموم) و تشخیص و به‌کارگیری روش‌های غیرشیمیایی به‌ویژه مهار زیستی را ایجاب می‌کند و کفشدوزک‌ها از مهم‌ترین شکارگرهایی هستند که در این زمینه استفاده می‌شوند (Hodek 1973, Hodek and Honek 1996, Obrycki and Kring 1998). در این راستا حمایت از جمعیت‌های بومی کفشدوزک‌ها، واردسازی، پرورش و رهاسازی آنها (در مناطقی‌که وجود ندارند) راهبرد مناسبی است. در سال‌های اخیر، دشمنان طبیعی مختلفی از راسته‌های بال‌غشاییان، سخت‌بالپوشان، بالتوری‌ها، زیر راسته ناجوربالان، و زیررده‌ی کنه‌ها برای مهار زیستی پسیل معمولی پسته معرفی شده‌اند (Mehrnejad and Emami 2005). تخم و پوره‌های پسیل معمولی پسته طعمه‌ای مناسب برای تعدادی از کفشدوزک‌های فعال در باغ‌های پسته می‌باشند (Mehrnejad 1998). کفشدوزک *H. variegata* یک گونه پلی‌فاژ با پراکنش جهانی است که به شته‌ها و شپشک‌های درختان میوه حمله می‌کند (Gordon 1987, Krafsur *et al.* 1996, Franzman 2002). بررسی‌ها نشان می‌دهد این کفشدوزک در ابتدای بهار در باغ‌های پسته و روی علف‌های هرز آلوده به شته فعالیت می‌کند و در طول فصل بهار و تابستان روی درختان پسته نیز حضور یافته، از پوره‌های پسیل معمولی پسته تغذیه می‌کند (Asghari 2010). واژه‌ی واکنش تابعی نخستین بار به‌وسیله‌ی سولومون[1] (Solomon 1949) به‌عنوان رابطه‌ای بین تعداد طعمه‌ی مورد حمله واقع‌شده توسط دشمن‌طبیعی و تراکم اولیه طعمه معرفی شد. به‌عبارت دیگر، با افزایش دسترسی به میزبان، دشمنان‌طبیعی به میزبان‌های بیشتری حمله می‌کنند. به‌عقیده هولینگ[2] (Holling 1959) تعداد میزبان مورد حمله قرارگرفته توسط دشمن طبیعی، تابعی از تراکم میزبان است. این واکنش مشخص می‌کند که آیا دشمن طبیعی (پارازیتوئید یا شکارگر) قادر است جمعیت میزبان (طعمه) خود را تنظیم کند یا خیر؟ (Holling 1966, Holling1959). مطالعات واکنش تابعی یکی از شاخص های مناسب برای استفاده موفقیت‌آمیز از دشمن طبیعی در برنامه‌های مهار زیستی آفات است (Wiedenmann *et al.* 1997). از این شاخص برای بررسی کارایی این کفشدوزک با تغذیه از شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glover (Elhabi *et al.* 2000)، شته‌ی خرزهره *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Molashahi *et al.* 2002)، لاروهای سنین سه، چهار و حشرات ماده *H. variegata* با تغذیه از شته‌ی جالیز و شته‌ی نخود *Acyrthosiphon pisum* Harris (Madadi *et al.* 2011) و حشره‌ی کامل و لارو سن چهار *H. variegata* با تغذیه از *Macrosiphum miscanthi* Takahashi، *Schizaphis graminum* Rondani، *Aphis maidis* Fitch، همه سنین پورگی و حشرات کامل شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scop (Farhadi *et al.* 2010) و زنجره‌ی *Empoasca kerri* Prothi (Inayat *et al.* 2011) استفاده شده است. گاهی کاربرد سموم حشره‌کش روی جمعیت آفات می‌تواند روی پارامترهای واکنش تابعی و در پی آن بر کارآیی دشمن طبیعی تأثیر منفی داشته باشد (Irannejad *et al.* 2010, Claver *et al.* 2003). از آنجایی که آفتکش‌ها برای مهار آفات به کار برده می‌شود و در این راستا، به طور مستقیم روی دشمنان طبیعی نیز اثرگذار است و با در نظر گرفتن دوزهای موثر روی جمعیت آفت ارزیابی می‌شود و این که در این شرایط، چه تاثیری روی دشمن طبیعی آن آفت خواهد گذاشت مهم است. گاهی این اثرات به‌صورت غیرکشندگی بوده و موجب کاهش کارایی شکارگر می‌شود. با توجه به این که هگزافلومورون[3] و اسپیرودایکلوفن[4] جزء آفت‌کش‌های رایج مورد استفاده در باغ‌های پسته برای کنترل پسیل می‌باشند و یکی از دشمنان طبیعی پسیل پسته کفشدوزک *H. variegata* است. در این پژوهش ابتدا

1. Solomon
2. Holling
3. Hexaflumuron
4. Spirodiclofen

آزمایش‌های زیست‌سنجی با دو سم مورد بررسی در غلظت‌های کمتر از دوز مزرعه انجام گرفت و کشندگی روی کفشدوزک مشاهده نشد. بر این اساس آزمایش‌ها با دوز مزرعه دنبال شد (چون بیشتر از آن برای آفت استفاده نمی‌شود) و در این دوز نیز کشندگی وجود نداشت و غیر کشنده محسوب می‌شود. بنابر این، برای تعیین اثر آفتکش روی دشمن طبیعی به این بحث پرداخته شد که اثرات غیر کشنده آفت‌کش نیز بررسی شد و بر آن اساس روی مصونیت سم برای دشمن طبیعی داوری شود. با توجه به اینکه یکی از جنبه‌های دشمن طبیعی کارایی آن است، در این پژوهش اثر این دو ترکیب روی واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* بررسی شد.

مواد و روش‌ها

شرایط و محل انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌ها در اتاقک رشد گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان انجام گرفت. پرورش حشرات مورد مطالعه و آزمایش‌های مربوط به بررسی اثرات جانبی آفت‌کش‌ها در دمای ۲± ۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره‌ی نوری۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی درون ژرمیناتور (کابین آزما- ایران) انجام شد.

پرورش پسیل

برای فراهم‌کردن جمعیت آزمایشگاهی پسیل برای تغذیه کفشدوزک در طول آزمایش‌ها، تعدادی نهال پسته جوان رقم اوحدی به گلخانه‌ی پژوهشی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ولی عصر رفسنجان منتقل شد. برای جلوگیری از آلودگی تمام نهال‌ها به پسیل، چند نهال انتخاب و در قفس‌چوبی به ابعاد ۵۰×۶۰×۷۰ سانتی‌متر که با توری ظریف محصور شده بود، قرار داده شد و تعدادی حشره بالغ پسیل در آن رهاسازی شد و از برگ‌های آلوده‌شده به پسیل معمولی پسته برای تغذیه کفشدوزک استفاده شد.

جمع‌آوری کفشدوزک

کفشدوزک *H. variegata* از روی درختان پسته و یونجه‌کاری‌های حومه‌ی شهرستان رفسنجان در تاریخ ۱۵ تیرماه سال ۱۳۸۸ جمع‌آوری و به آزمایشگاه کنترل بیولوژیک دانشگاه ولی عصر رفسنجان منتقل گردید. برای جمع‌آوری کفشدوزک از روی درختان پسته از روش ضربه‌زنی استفاده شد. حشرات کامل گردآوری شده، به همراه برگ‌های آلوده به پسیل (برای تغذیه‌ی کفشدوزک در زمان انتقال) درون ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۰×۲۵×۲۰ سانتی‌متر با تهویه‌ی مناسب قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه، کفشدوزک *H. variegata* از کفشدوزک‌های دیگر جدا شد.

ایجاد کلنی کفشدوزک *H. variegata*

حشرات کامل جمع‌آوری‌شده درون ظروف پلاستیکی شفاف و سفید رنگ بزرگی به ابعاد ۱۰×۲۵×۲۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. کفشدوزک‌های منتقل شده به آزمایشگاه، درون ظروف پتری به قطر شش سانتی‌متر با روزنه‌ای به قطر ۱/۵ سانتی‌متر که با توری پوشانده شده بود، قرار داده شدند (درون هر ظرف پتری یک جفت حشره قرار گرفت) سپس ده عدد از این پتری‌ها درون ظروف پلاستیکی شفاف و سفیدرنگ بزرگی به ابعاد ۱۰×۲۵×۲۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. به منظور تهویه در داخل ظرف پلاستیکی، سوراخی به قطر سه سانتی‌متر ایجاد و سپس با یک پارچه توری روی آن پوشانده شد. به منظور تغذیه‌ی حشرات کامل، برگ‌های آلوده به پوره‌های پسیل معمولی پسته روزانه از باغ‌های پسته جمع آوری‌شده و در اختیار حشرات کامل قرار داده شد. به منظور جلوگیری از رشد قارچ، برگ‌های درون ظروف پرورش هر روز و ظروف پرورش، هر سه روز یکبار تعویض شدند. با توجه به رفتار هم‌خواری در لاروها، پس از تفریخ تخم، لاروها به‌طور جداگانه به ظروف پتری منتقل می‌شدند. پس از پرورش دو نسل با تغذیه از پسیل پسته، از تخم‌های گذاشته‌شده برای انجام آزمایش‌های اصلی استفاده گردید.

آفت‌کش‌ها و نحوه کاربرد آنها

در این پژوهش، حشره‌کش هگزافلومرون (Consult 10% SC) (Dow AgroSciences) و کنه‌کش اسپیرودایکلوفن (Envidor 24% SC) (Bayer Crop Science) روی لارو سن چهار کفشدوزک استفاده شد. این آفت‌کش‌ها بر پایه پیشنهاد حفظ نباتات برای مبارزه با پسیل پسته استفاده می‌شوند. هگزافلومرون از گروه

تنظیم‌کننده‌های رشد و ضد سنتز کیتین است و اسپیرودایکلوفن از گروه تترونیک اسید می‌باشد و مهار کننده بیوسنتز چربی است (Talebi 2007). برای تیمار لاروهای سن چهار کفشدوزک، یک میکرولیتر محلول آفت‌کش با استفاده از میکرواپلیکاتور که سرنگ شیشه‌ای ۱ میلی‌لیتری روی آن قرار گرفته روی سطح پشتی قفس سینه‌ی لارو قرار گرفت. لارو کفشدوزک با استفاده از بیشترین غلظت توصیه‌شده مزرعه حشره‌کش هگزافلومرون (۷۰ $mg\ L^{-1}$)، و کنه‌کش اسپیرودایکلوفن (۹۶ $mg\ L^{-1}$) تیمار شدند و آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

آزمایش‌های واکنش تابعی

برای انجام این آزمایش از پتری‌هایی به قطر هشت و ارتفاع یک سانتی‌متر استفاده شد. در این آزمایش لاروهای سن چهار کفشدوزک *H. variegata* تیمارشده با آفت‌کش‌های مورد آزمایش به عنوان شکارگر و پوره‌های سن پنج پسیل پسته به عنوان طعمه استفاده شد. لاروهای یک‌روزه تیمار شده با بالاترین غلظت توصیه شده، روی دیسک‌های برگی قرار گرفت. تراکم‌های مختلف پسیل (۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۹۵، ۱۲۸، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰) با کمک قلم موی ریز روی دیسک برگی مستقر و در هر پتری یک لارو سن چهار تیمار شده کفشدوزک گذاشته شد. هر تراکم دارای هشت تکرار بوده که پس از ۲۴ ساعت تعداد پسیل‌های خورده شده توسط هر لارو ثبت گردید. شاهد دیگری شامل تراکم‌های مختلف بدون حضور شکارگر در نظر گرفته شد تا مرگ و میر پوره‌های پسیل ناشی از عوامل دیگر غیر از شکارگر مشخص و تصحیح گردد. بر این اساس، این آزمایش در سه تیمار شامل آفت‌کش هگزافلومرون، اسپیرودیکلوفن و شاهد در هشت تکرار برای هر تراکم انجام شد و از آب مقطر به عنوان حلال آفت‌کشها استفاده شد. از معادله راجرز[1] (۱۹۷۲) که برای شکارگرها (بدون جایگزینی طعمه) طراحی شده است، برای تعیین قدرت جستجوگری a و زمان دستیابی T_h استفاده شد. آزمایش در شرایط دمایی ۲±۲۶، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در ژرمیناتور انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از برنامه SAS برای تجزیه داده‌های واکنش تابعی استفاده شد. تجزیه واکنش تابعی شامل دو مرحله تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای منحنی واکنش تابعی است (Juliano 2001). نوع واکنش تابعی به‌وسیله رگرسیون لجستیک [2] بین نسبت شکار خورده‌شده به عنوان تابعی از تراکم اولیه طعمه و از طریق تابع چند جمله‌ای زیر انجام شد.

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

در معادله ۱، N_e تعداد شکار خورده‌شده، N_0 تعداد اولیه شکار 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 (Juliano 2001). منفی یا مثبت بودن ضریب خطی (P_1) در تابع چند جمله ای به‌ترتیب نوع دوم و سوم واکنش تابعی را نشان می‌دهد (Juliano 2001).

از رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات (Nonlinear least squares regression) تعداد طعمه خورده‌شده در برابر تعداد ارائه‌شده، برای تخمین پارامترهای واکنش تابعی با استفاده از رویه PROC NLIN در برنامه SAS استفاده گردید (Juliano 2001). داده‌های واکنش تابعی در معادله شکارگر تصادفی راجرز[3] قرار داده شد (Rogers 1972). این معادله برای واکنش تابعی نوع دوم به‌صورت زیر است.

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

و برای واکنش تابعی نوع سوم

$$\left\{1-\exp\left[\frac{(d+bN_0)(T_hN_e - T)}{(1+cN_0)}\right]\right\} N_0 = N_e$$ معادله ۳

در این معادله a نرخ حمله (h^{-1})، T_h زمان دستیابی (بر حسب ساعت) و T کل زمان آزمایش (۲۴ ساعت) است. b، c و d مقادیر ثابت هستند. پس از تعیین نوع

1. Rogers

2. Logistic regression

3. Rogers type II random predator equation

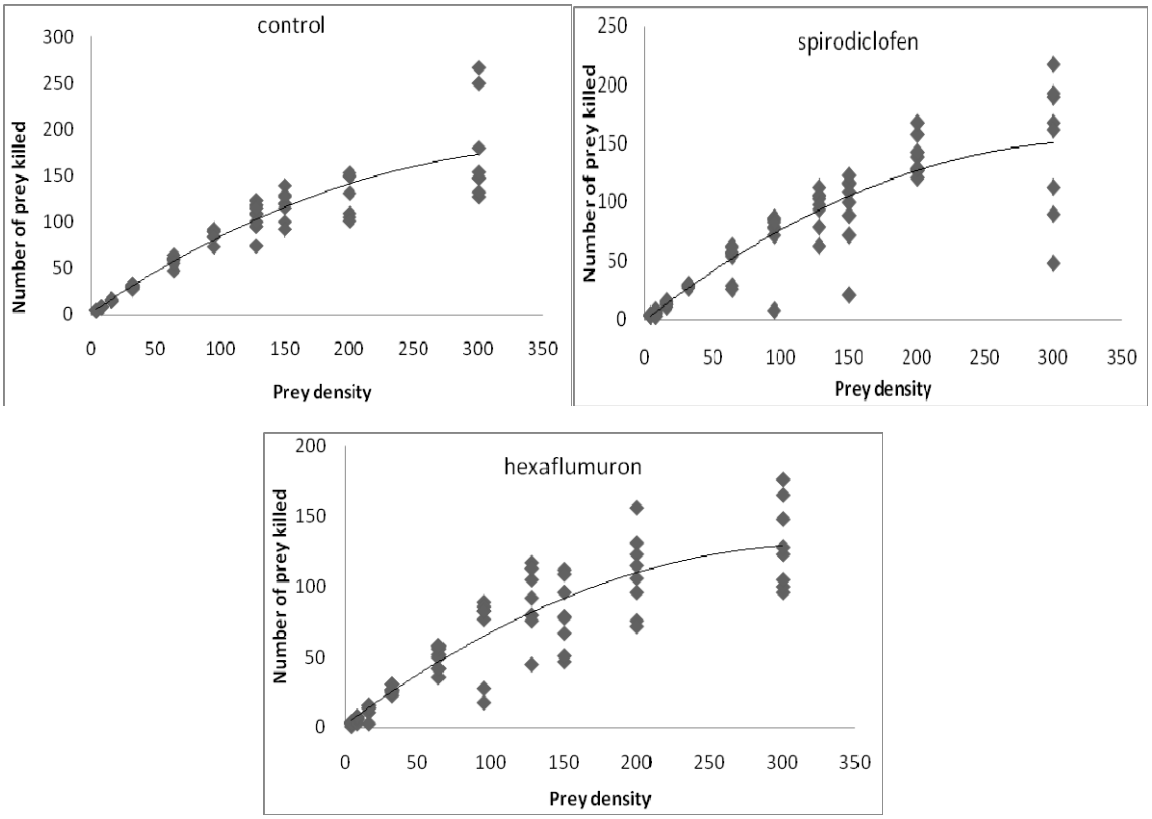
واکنش تابعی، برای برآورد پارامترهای قدرت جستجو، زمان دستیابی و برازش داده‌ها با استفاده از معادله راجرز (Rogers 1972) و ضریب تبیین (R^2) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

r^2 = [1- (residual sum of squares/corrected total sum of squares)]

نتیجه و بحث

تاثیر آفت‌کش‌ها بر واکنش تابعی کفشدوزک

در تمام تیمارها، با افزایش تراکم طعمه، تعداد طعمه خورده‌شده افزایش یافت، اما نسبت این افزایش رو به کاهش بود (شکل ۱). آنالیز رگرسیون چند جمله‌ای لجستیک (معادله ۱) مشخص کرد که نوع واکنش تابعی نشان داده‌شده بر اثر کفشدوزک *H. variegata* تیمار شده با هر دو آفت‌کش با تغذیه از پسیل معمولی پسته نوع دوم بوده و نسبت به شاهد تغییری به وجود نیامده است (جدول ۱). شیب قسمت‌های مختلف منحنی و علامت مربوط به هر کدام از آن‌ها در مورد واکنش کفشدوزک *H. variegata* تیمارشده با هر دو آفت‌کش نسبت به تراکم‌های مختلف پوره سن پنج پسیل پسته در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- منحنی واکنش تابعی لارو سن چهار کفشدوزک *H. variegata* تیمار شده با آفت‌کش به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن پنج پسیل معمولی پسته

علامت منفی برآوردهای ضرایب خطی در هر دو آفت کش، وجود واکنش تابعی نوع دوم را احراز می‌کند. این نوع واکنش تابعی برای این کفشدوزک و شماری دیگر از کفشدوزک‌ها شامل *H. variegata*، *Coccinella septempunctata* L. و *Adalia tetraspilota* Hope با تغذیه از *A. pomi* De Geer (Khan and Mir 2008)، جنس ماده و نر *Scymnus syriacus* Marseul با تغذیه از پوره سن سوم شته‌ی سیاه باقلا *A. fabae* (Sabaghi *et al*. 2011)، *H. variegata* با تغذیه از *Therioaphis trifolli* Monell (Zhang *et al*. 2007)، همه سنین پورگی و حشرات کامل شته‌ی سیاه باقلا (Farhadi *et al*. 2010)، شته‌ی جالیز (Fan and Zhao 1988)، شته‌ی مومی کلم *Brevicoryne brassica* L. (Elhag and Zaitoon 1996)، پسیل معمولی پسته (Asghari 2010)

و لارو سنین سه و چهار و ماده *H. variegata* با تغذیه از شته‌ی جالیز و شته‌ی نخود *Acyrthosiphon pisum* Harris (Madadi *et al*. 2011) گزارش شد. بر خلاف واکنش تابعی نوع دوم، واکنش تابعی نوع سه و چهار در شمار کمی از کفشدوزک‌ها دیده می‌شود که ممکن است بر اثر تفاوت در میزبان، شکارگر و ترکیب آفت‌کش باشد. لانزونی و همکاران (Lanzoni *et al*. 2004) واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* را از نوع سوم تشخیص دادند. سارمنتو و همکاران (Sarmento *et al*. 2007) واکنش تابعی کفشدوزک *Eriopis conexa* Germar روی شته‌ی *Macrosiphum euphorbiae* Thomas را از نوع سوم تشخیص دادند. کلاور و همکاران (Claver *et al*. 2003) واکنش تابعی *Acanthaspis pedestris* Stal تیمارشده با سیپرمترین[1] را از نوع چهارم تشخیص دادند. پژوهش‌های ایران‌نژاد و همکاران (Irannejad *et al*. 2010) روی بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (Stephens) نشان داد که استفاده از آفت‌کش و عصاره گیاهی برای مبارزه با آفت هدف می‌تواند گاهی همانند آنچه که در تیمار استبرق، شاتره و پی‌متروزین رخ داد، نوع واکنش تابعی شکارگر را تغییر دهد. اگر این تغییر سبب ایجاد واکنش تابعی نوع سوم شود در این صورت، به سبب واکنش وابسته به انبوهی شکارگر، کارایی آن افزایش یافته (Holling 1959) و در کنترل بیولوژیک جایگاه مناسب‌تری می‌یابد. چنانچه نوع واکنش تابعی از سوم به دوم تغییر یابد، بیان کننده اثر زیان‌بار تیمار آفت‌کش بر شکارگر است (Holling 1959). اثر آفت‌کش روی دشمن طبیعی گاهی تغییری در نوع واکنش تابعی ایجاد نمی‌کند. چنانچه رفیعی دستجردی و همکاران (Rafii-Dastjerdi *et al*. 2008) برای تعیین اثر دز زیر کشنده ی (LC_{25}) حشره کش های پروفنوفوس، تیودیکارب، هگزافلومرون و اسپینوساد روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say. نسبت به تراکم‌های مختلف لارو سن آخر بید آرد نشان دادند، در شاهد و تیمارهای حشره‌کش نوع واکنش تابعی تغییری نمی‌کند و از نوع دوم است. هولینگ (Holing 1959) سه نوع واکنش تابعی تشخیص داد و اظهار داشت که تنها نوع سوم به صورت وابسته به انبوهی عمل می‌کند و این نوع، بیشتر از نوع دوم می‌تواند جمعیت را تنظیم کند. با این وجود، مهار زیستی موفقیت‌آمیز برای این کفشدوزک با واکنش تابعی نوع دوم نیز امکان‌پذیر است زیرا عوامل دیگری مانند اثر گیاه میزبان و عوامل زیستی نیز بر کارایی شکارگرها اثرگذار است (Orycki and Kring 1998, Farhadi *et al*. 2010).

جدول ۱- برآوردهای بیشینه درست نمایی به‌دست آمده از رگرسیون لجستیک در واکنش تابعی لارو سن چهار کفشدوزک *H. variegata* تیمارشده با دو آفت‌کش روی پوره‌های سن پنج پسیل معمولی پسته

تیمارها	ضریب	برآورد	SE	X^2	*P-value*
Control	Constant(P_0)	3.629	0.1881	372.1210	<0001
	Linear(P_1)	-0.02	0.00252	98.7976	<0001
	Quadratic(P_2)	0.00003	4.86E-6	38.5782	<0001
	Cubic(P_3)	1.385E-7	7.278E-8	3.6222	0.057
Hexaflumuron	Constant(P_0)	1.911	0.1184	260.7147	<0001
	Linear(P_1)	-0.0126	0.00137	84.2075	0.0078
	Quadratic(P_2)	0.000018	3.495E-5	25.6603	0.8163
	Cubic(P_3)	2.202E-8	5.411E-8	0.1656	0.0684
Spirodiclofen	Constant(P_0)	2.349	0.2028	134.0883	<0001
	Linear(P_1)	-.00229	0.00455	25.2124	<0001
	Quadratic(P_2)	0.00012	0.00003	15.5493	<0001
	Cubic(P_3)	-2.33E-7	5.86E-8	15.8056	<0001

ضریب تبیین (R^2) در تیمارهای شاهد، هگزافلومرون و اسپیرودایکلوفن با استفاده از معادله راجرز ۲ به ترتیب ۰/۸۸، ۰/۸۳ و ۰/۷۷ بود (جدول ۲). اختلاف در ضریب تبیین نشان می‌دهد که میزان پراکندگی در شکارگری در تیمارها یکسان نیست. واکنش تابعی این کفشدوزک شکارگر در تمام تیمارها نسبت به پوره‌های سن پنج پسیل معمولی پسته با معادله شکار تصادفی راجرز (معادله ۲) تطبیق داشت.

مقادیر قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T_h)،

1. Cypermethrin

ضریب تبیین(R^2) و حداکثر نرخ حمله (T/T_h) در تیمارهای آفت‌کش و شاهد به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن پنج پسیل در جدول ۲ درج شده است. در تحقیق حاضر قدرت جستجو(a) در تیمار کنترل (۰/۱۲۵بر ساعت) بیشترین و در تیمار هگزافلومرون (۰/۰۷۷) کمترین و زمان دستیابی برای تیمار کنترل (۰/۰۹۹) کمترین و برای هگزافلومرون (۰/۱۳) بیشترین بود.

جدول ۲- مقادیر پارامترهای محاسبه شده با استفاده از معادله شکارگری تصادفی واکنش تابعی لارو سن چهارکفشدوزک *H. variegata* تیمار شده با دو آفت‌کش روی پوره سن پنج پسیل معمولی پسته .

Treatment	Type	R^2	a (h^{-1})		T_h(h)	
			Mean±SE	95%CI	Mean±SE	95% CI
Control	II	0.88	0.125±0.024	0.0769 - 0.1744	0.099±0.012	0.0750 - 0.1229
Hexaflumuron	II	0.83	0.077±0.014	0.0493 - 0.1061	0.130±0.017	0.0958 - 0.1648
Spirodiclofen	II	0.77	0.098±0.03	0.0373 - 0.1596	0.11±0.023	0.0631 - 0.1558

مقایسه مقادیر فاصله اطمینان ۹۵٪ که در جدول ارائه شده است نشان می‌دهد که از نظر آماری بین مقادیر قدرت جستجو و زمان دستیابی در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و بنابر این، آفت‌کش‌های مورد استفاده تاثیر سوئی روی واکنش تابعی کفشدوزک نداشته‌اند.

قدرت جستجوگری و زمان دستیابی این کفشدوزک با تغذیه از شته‌ی *Dysaphis crataegi* Kaltenbach ۰/۹۶۲۴ و ۰/۸۵۲ (Kontodimas and Stathas 2005)، جنس ماده *Scymnus syriacus* Marseul با تغذیه از پوره سن سوم شته‌ی سیاه باقلا *A. fabae* ۰/۱۲۳ و ۰/۴۳۴ (Sabaghi *et al*. 2011)، شته‌ی جالیز ۰/۱۲۴ و ۰/۴۲۱ (Fan and Zhao 1988) و شته‌ی سیاه باقلا *A. fabae* با استفاده از معادله هولینگ به ترتیب ۰/۰۰۷۸ و ۰/۱۷ و با استفاده از معادله راجرز ۰/۰۰۰۹۳ و ۰/۱۹ (Jafari and Goldasteh 2009) ۰/۰۱۲ ±۰/۰۸۸ بر ساعت و ۰/۰۱۱ ±۰/۰۶۴۷ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و ۰/۰۳۱±۰/۱۹۵ بر ساعت و ۰/۰۵۶ ±۰/۰۶۹۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد (Asghari 2010) گزارش شده است. فرهادی و همکاران (Farhadi *et al*. 2010) نشان دادند قدرت جستجوگری و زمان دستیابی با افزایش سن لاروی افزایش می‌یابد. قدرت جستجو در حشرات کامل ماده و نر به‌ترتیب ۰/۰۹۲۶ و ۰/۱۵۸۹ بر ساعت و زمان دستیابی برای ماده ۰/۴۰۹۸ و نر ۱/۱۹ ساعت می‌باشد. مهاجری و همکاران (Mohajeri *et al.* 2010) واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* را نسبت به پوره سن چهار شته‌ی جالیز در شرایط میکروکازم از نوع دوم و پارامترهای قدرت جستجو و زمان دست‌یابی را برای لارو سن سه، چهار و حشره‌ی کامل به‌ترتیب، ۰/۰۴۸۲و ۱/۰۲۹۸، ۰/۰۳۸۷و ۰/۰۲۳۱، ۰/۰۹۳۵و ۰/۱۱۲ تعیین کرده است. کلاور و همکاران (Claver *et al* 2003) نشان دادند زمانی‌که *A. pedestris* با سایپرمترین تیمار شود، اثر منفی روی پارامترهای واکنش تابعی دارد.

REFERENCES

Asghari F (2010) Biology and predation of *Hippodamia variegata* (Goez) (Col.: Coccinellidae) on *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer in laboratory condition .MSc Thesis of Entomology, College of Agriculture, Vali -e -Asr University, 121 pp. [In Persian with English summary]

Claver MA, Ravichandran B, Khan MM, Ambrose DP (2003) Impact of cypermethrin on the functional response, predatory and mating behavior of a non- target potential biological control agent *Acanthaspis pedestris* (Stal) (Het.: Reduviidea). Journal of Applied Entomology 127(1): 18-22.

Elhabi MA, Elljad SL, Boumezzoush A (2000) Biologie, d *Hippodamia variegata* Goeze (Col.: Coccinellidae) et possibilities de son utilization contre *Aphis gossypii* Glov (Homoptera:Aphididae) sous serres de concomber. Journal of Applied Entomology 124: 365-374.

Elhag ETA, Zaitoon AA (1996) Biological parameters for four Coccinellid species in central Saudi Arabia. Biological Control 7: 316-319.

Fan GH, Zhao JF (1988) Functional response of *Adonia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) to cotton aphids. Natur Enemies Insects 10 (4): 187-190.

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

Franzman AB (2002) *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) a predacious ladybird new in Australia. Australian Journal of Entomology 41: 375-377.

Gordon RD (1987) The first North American records of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). Journal of New York Entomology Society 95: 307-309.

Hodek I (1973) Biology of Coccinellidae. 260 pp Czechoslovak. Academy of Science Prague,

Hodek I, Honek A (1996) Ecology of Coccinellidae. 464 pp. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston London.

Holling CS (1959) The components of predation as revealed by a study of small mammal predation European pine sawfly. Canadian Journal of Entomology 91: 293-3.

Holling, CS (1966) The functional response of invertebrate predators to prey density. Entomological Society of Canada 48, 86 p

Inayat TP, Rana SH, Rana N, Ruby R, Sadiqui MJI, Abbas A (2011) Predation rate in selected coccinellid (Coleoptera) predators on some major aphidid and cicadellid hemipteran pests. International Journal of Agriculture and Biology 13(3): 427-430.

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

Jafari R, Goldaste Sh (2009) Functional response of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis fabae* (Scopoli) (Homoptera: Aphididae) in laboratory conditions. Acta Entomologica Serbica 14(1): 93-100.

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.

Khan AA, Mir RA (2008) Functional response of four predaceous coccinellids, *Adalia tetraspilota* (Hope) *Coccinella septempunctata*L., *Calvia punctate* (Mulsant) and *Hippodamia variegata* (Goeze) feeding on the green apple aphid *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae). Biological Contral 22(2): 291-298.

Kontodimas DC, Stathas GJ (2005) Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dysaphis crataegi*. Biocontrol 50: 223-233.

Krafsur ES, Obrycki JJ, Nariboli P (1996) Gene flow in colonizing *Hippodamia variegata* ladybird beetle populations. Journal of Heredity 87: 41-47.

Lanzoni A, Accinelli G, Bazzacchi GG, Burgio G (2004) Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hipopodamia variegata* and *Adalia bipunctata* (Coleoptera:Coccinellidae*).* Journal of Applied Entomology 128: 298-306.

Madadi H, Mohajeri Parizi E, Allahyari H, Enkegaard A (2011) Assessment of the biological control capability of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) using functional response experiments. Journal of Pest Science 84: 447–455.

Mehrnejad MR (1998) Evaluation of the parasitoid *Psyllaephagus pistaciae* (Hymenoptera: Encyrtidae) as a biocontrol agent of the common pistachio psylla *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Psylloidea). Ph.D. Thesis, University of London, 271p.

Mehrnejad MR, Emami SY (2005) Parasitoids associated with the common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* in Iran. Biological Control 32: 385-390.

Mohajeri Parizi E, Madadi1 H, Allahyari H, Mehrnejad MR (2010) Functional response of different life stages of *Hippodamia variegata* to 4th instar nymphs of *Aphis gossypii* under microcosm condition. 19th Iranian Plant Protection Congress, p. 37 [In Persian with English summary]

Molashahi M, Sahragard A, Hoseini, R (2002) Growth indices of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) in laboratory conditions. Proceeding of the 15th Iranian Plant Protection Congress, Kermanshah p. 338 [In Persian with English summary].

Obrycki JJ, Kring TJ (1998) Predaceous Coccinellidae in biological control. Annul Review of Entomology l43, 295-321.

Rafii-Dastjerdi H, Hejazi M, Noori Ghanbalini G, Saber M, Hasanpour M (2008) Sublethal effects of profenofos, thiodicarb, hexaflumuron and spinosad on *Habroberacon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). 18th Iranian Plant Protection Congress, p. 172 [In Persian with English summary]

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

Sabaghi R, Sahragard A, Hosseini R (2011) Functional and numerical responses of *Symnus syriacus* Marseul (Coleoptera: Coccinellidae) to the black bean aphid *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera Aphididae) under laboratory conditions. Journal of Plant Protection Research 51(4): 423-428.

Samih MA, Alizadeh A, SaberiRiseh R (2005) *Pistachio pests and diseases in Iran and their IPM*. 301pp. Jahad daneshgahi-Tehran. [In Persian]

Sarmento RA, Pallini A, Venzon M, de Souza OFF, Rugama AGM, de Oliveira CL (2007) Functional Response of the Predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to Different Prey Types. Iternational Journal of Brazilian Archives of Biology and Technology 50(1): 121-126.

Solomon ME (1949) The natural control of animal population. Journal of Animal Ecology 18, 1–35.

Talebi Jahromi K H (2007) Pesticides toxicology. University of Tehran, 492pp.

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

Zhang R, Yang F, Majian H (2007) The predatory response of *Adonia variegata theriofolii*. Chinese bulletin of Entomology 44 (2): 280-282.

Biological Control of Pests and Plant Diseases,
No. 1, 2012

Effects of Hexaflumuron and Spirodiclofen on Functional Response of *Hippodamia variegata* at Different Densities of *Agonoscena pistaciae*

ALIMOHAMMADI N., DAVARANI N.A.M., SAMIH M.A., and IZADI H.
Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-asr University, Rafsanjan
(Received: December 11, 2011 - Accepted: April 16, 2012)

ABSTRACT

Common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* Burckardt and Lauterer (Hemiptera: Aphalaridae) is one of the economical pest among the pistachio orchards. The adonis' ladybird, *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col: Coccinellidae) is one of the most prominent coccinellid predator in pistachio orchards. It is omnivorous and feed on aphids and psylla. Functional response studies using a suitable index of the successful of natural enemy in the biological control programs for pests. Sometimes the application of pesticides have indirect effects on functional response and related behaviors of predators. In this study, the effects of insecticide: hexaflumuron and acaricide spirodiclofen were investigated on functional response of the 4th instars larvae of *H. variegata* in controlled conditions (26±2ºC, 60±5٪ RH, 16L: 8D). For this purpose, different densities including 4, 8, 16, 32, 64, 95, 128, 150, 200 and 300 5th instars nymphs of common pistachio psylla were placed on pistachio leaf disc in a petri dish. Larvae were treated with field recommended concentration by topical application method. Type of functional response, the searching efficiency (a) and handling time (T_h) were estimated by using logistic regression and non-linear regression methods, respectively using SAS software. According to the result, functional response was type II in all treatments. Searching efficiency in hexaflumuron, spirodiclofen and control were estimated 0.077±0.014, 0.098±0.030 and 0.125±0.245 h^{-1}, and for handling time were 0.13±0.017, 0.11±0.023 and 0.01±0.12 h respectively. This achievement shows that these pesticides do not change the potential of *H. variegata* significantly.

Keywords: *Agonoscena pistaciae, Hippodamia variegata*, handling time, hexaflumuron, searching efficiency, spirodiclofen

* Corresponding author: ALIMOHAMMADI, N. E-mail: najmeh_alimohammadi@yahoo.com