

واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze (Col.: Coccinellidae) روی شته سبز هلو

خاطره حسن خانی^۱ و حسین الهیاری^{۲*}

۱، دانشجوی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۲، دانشیار گروه گیاهپزشکی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۲۲ - تاریخ تصویب: ۹۲/۱۲/۲۶)

چکیده

واکنش تابعی به دلیل توصیف نرخ شکار یک شکارگر در تراکم‌های مختلف شکار و تعیین کارایی شکارگر در تنظیم جمعیت شکار حائز اهمیت است. کفشدوزک *Hippodamia variegata* یکی از شکارگران مهم شته‌ها در ایران است که در این پژوهش واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده آن روی تراکم‌های مختلف شته سبز هلو در شرایط آزمایشگاهی (دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ L:D) در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) رقم RGS003 مطالعه شد. به این منظور و برای افزایش دقت از پوره هم‌سن شته در آزمایش‌ها استفاده شد. آزمایش‌ها درون ظروف پتری و روی برگ کلزا به مدت ۲۴ ساعت با ۱۵ تا ۲۰ تکرار انجام شد. براساس آزمایش‌های مقدماتی برای حشرات کامل ماده ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۸۰، ۱۲۸ و برای حشرات کامل نر ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۴۵، ۷۰ شته در نظر گرفته شد. واکنش تابعی کفشدوزک‌های نر و ماده با مدل نوع دوم مطابقت داشت. برای تعیین پارامترهای قدرت جست‌وجوگری (a) و زمان دستیابی (T_h) از معادله راجرز استفاده شد. مقادیر قدرت جست‌وجوگری و زمان دستیابی به ترتیب برای حشرات کامل نر ۰/۱۶۷ بر ساعت و ۰/۳۳۳ ساعت و حشرات کامل ماده ۰/۱۳۵ بر ساعت و ۰/۱۹۳ ساعت به دست آمد. با مقایسه واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده با استفاده از معادله ترکیبی، مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری در میزان نرخ حمله وجود ندارد، اما تفاوت معنی‌داری در مقدار زمان دستیابی آن‌ها مشاهده شد. بنابراین، می‌توان پیشگویی کرد که توانایی کفشدوزک‌های ماده در کنترل شته سبز هلو بیشتر از نرها است.

واژه‌های کلیدی: کلزا، واکنش تابعی، *Hippodamia variegata*، *Myzuspersicae*

مقدمه

خسارت دارد. به‌علاوه از اوایل بهار به بعد عمدتاً روی میزبان‌های ثانوی شامل سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، توتون، فلفل، کلم‌پیچ، کلم‌گل، اسفناج، کوبک، مرکبات و گونه‌هایی از غلات یافت می‌شود (Khanjani 2004). حشرات کامل و پوره‌های آن با استقرار در سطح زیرین برگ میزبان، سبب پیچیدگی برگ آن‌ها می‌شوند. این شته ناقل برخی از بیماری‌های مهم ویروسی است. این حشره در مناطقی که دما در هیچ موقعی از سال به

گونه از شته‌ها با نام‌های *Brevicoryne brassicae* Linnaeus و *Myzus persicae* Sulzer و *Lipaphis erysimi* Kaltentbach روی گیاهان روغنی خانواده Brassicaceae، اهمیت اقتصادی دارند. شته سبز هلو *M. persicae* گونه‌ای همه‌جایی است که در اکثر مناطق دنیا از جمله ایران انتشار دارد. میزبان اصلی آن هلو است، ولی روی انواع شلیل، گوجه، آلو، زردآلو و بادام نیز توانایی ایجاد

براساس پارامترهای واکنش تابعی در مورد کارایی مقایسه‌ای مراحل مختلف نمودی درست بوده است (Farhadi et al. 2011).

۳ نوع منحنی برای توصیف واکنش دشمنان طبیعی به تغییر تراکم میزبان/ شکار ارائه شده است (Holling 1959). برای تجزیه داده‌های واکنش تابعی روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است، ولی روش ۲ مرحله‌ای پیشنهادی جولیانو (Juliano 2001)، تقریباً مورد پذیرش عمومی حشره‌شناسان است. در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ اوکویاما (Okuyama, Okuyama and Ruyle 2011), (b, 2012a) پیشنهاد کرده است که به جای روش ۲ مرحله‌ای جولیانو از روش عمومی انتخاب مدل‌ها مانند استفاده از معیار آکایک Akaike Criterion، استفاده شود. در این پژوهش برای تعیین واکنش جنس‌های نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* در برابر تغییر تراکم شکار، واکنش تابعی آن‌ها روی شته سبز هلو در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

برای ایجاد جمعیت اولیه شته، برگ‌های آلوده به شته سبز هلو به آزمایشگاه منتقل شد. گلدان‌های کلزا به اتاقک رشد با دمای 24 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انتقال یافتند و به شته سبز هلو آلوده شدند تا جمعیت آزمایشگاهی شته به دست آید. به دلیل نیاز به جمعیت بالای شته سبز هلو، توده دیگری از شته روی دیسک‌های برگ‌ی پرورش داده شد. گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) رقم RGS003 برای پرورش شته و تهیه دیسک‌های برگ‌ی برای انجام آزمایش‌ها در گلخانه و فضای باز کشت شد. حشرات کامل کفشدوزک *H. variegata* با تورزنی از مزرعه یونجه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج جمع‌آوری و به آزمایشگاه آورده شدند. حشرات کامل در دسته‌های ۵۰ عددی به ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۵×۲۰ و عمق ۱۲ سانتی‌متر منتقل شدند. سپس، تعدادی شته سبز هلو برای تغذیه کفشدوزک‌ها و مقداری کاغذ چین‌خورده به‌عنوان بستر تخم‌ریزی به

صفر درجه نمی‌رسد و اغلب بیشتر از ۴ درجه سلسیوس است، در تمام طول سال فعال باقی می‌ماند. کفشدوزک‌ها یکی از عوامل مفید در اکوسیستم‌های زراعی هستند که نقش بسیار مهمی در ایجاد حالت تعادل و کنترل طبیعی شته‌ها، پسپیل‌ها، مگس‌های سفید، زنجربک‌ها، کنه‌ها، تخم پروانه‌ها و لارو حشرات به عهده دارند (Esmaili 1996).

کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) گونه‌ای با پراکنش بسیار زیاد در مناطق پالئارکتیک بوده و از آنجا به مناطق نئارکتیک نیز گسترش یافته است (Obrycki and Orr 1990). این کفشدوزک از کشورهای اروپای شرقی، کشورهای نواحی مدیترانه و آفریقای شمالی گزارش شده است (Vodjdani 1965).

فعالیت این گونه در اکثر نقاط ایران روی شته‌های مختلف گزارش شده است و احتمال می‌رود در تمام نقاط کشور فعالیت داشته باشد (Radjabi 1989). این کفشدوزک به‌عنوان گونه غالب کفشدوزک در مزارع یونجه کرج نیز معرفی شده است (Sadeghi 1991).

در بررسی رابطه شکار - شکارگر یکی از پدیده‌هایی که به گستردگی مورد توجه حشره‌شناسان قرار گرفته است، واکنش تابعی شکارگر به تراکم‌های مختلف شکار است. پیشتر تلاش می‌شد با تعیین نوع واکنش تابعی در مورد کارایی شکارگر یا پارازیتوئید پیشگویی‌هایی انجام شود که امروزه مشخص شده است رابطه چندان دقیق و مطمئنی بین نوع واکنش تابعی و کارایی یک شکارگر وجود ندارد (Fernández-Arhex and Corley 2003)؛ اما از آنجایی که واکنش تابعی ارتباط بین تراکم شکار و نرخ مصرف شکارگر را نشان می‌دهد (Abrams and Murdoch 2000, Ginzburg 2002, Jeschke et al. 2002)، بررسی آن به‌عنوان توصیف‌کننده نرخ مصرف شکار با شکارگر در تراکم‌های مختلف طعمه حائز اهمیت است (Murdoch and Oaten 1975). فرهادی و همکاران واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* را روی شته سیاه باقلا *Aphis fabae* بررسی کردند و نشان دادند که توان شکارگری ماده‌های این کفشدوزک در مقایسه با افراد نر بسیار بیشتر است (Farhadi et al. 2010)، آن‌ها در تحقیق دیگری اثبات کردند که پیشگویی انجام‌شده

تعیین پارامترهای P_0 , P_1 , P_2 , و P_3 با استفاده از نرم‌افزار SAS و رویه CATMOD انجام شد. علامت P_1 و P_2 در تعیین شکل منحنی استفاده شد. در صورتی که، علامت P_1 مثبت و علامت P_2 منفی باشد واکنش تابعی نوع سوم است در حالی که، اگر علامت هر دو منفی باشد، واکنش تابعی از نوع دوم خواهد بود. بعد از تعیین نوع واکنش تابعی، باید پارامترهای a و T_h (برای واکنش تابعی نوع دوم) یا b , c , و d (برای نوع سوم) تخمین زده شود. با توجه به جایگزین‌نشدن شته‌های خورده‌شده و تجزیه رگرسیون لجستیک، مدل نوع دوم راجرز (Rogers 1972) به داده‌ها برازش داده شد:

$$N_a = N_0 \{1 - \exp[-(T - T_h)N_0]\}$$

که N_a تعداد شکار مورد حمله قرار گرفته، a قدرت جست‌وجوگری، N_0 تراکم شکار در شروع آزمایش، T کل زمانی که شکار و شکارگر در برابر هم قرار دارند، و T_h زمان دستیابی است. برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی کفشدوزک‌های کامل ماده و نر از معادله زیر استفاده شد:

$$N_a = N_0 \{1 - \exp[-(a + D_a(J))(T - (T_h + D_{Th}(J))N_a)]\}$$

با تخمین پارامترهای D_{Th} و D_a می‌توان تفاوت معنی‌دار در مقدار a و T_h را مشخص کرد. به عبارتی هنگام مقایسه T_h دو جمعیت، زمان دستیابی جمعیت اول T_h و زمان دستیابی جمعیت دوم $T_h + D_{Th}$ در نظر گرفته می‌شود. برای فهمیدن اینکه تفاوت بین زمان‌های دستیابی این دو جمعیت معنی‌دار است یا خیر، باید ثابت شود که D_{Th} مقدار معنی‌داری بوده است و با صفر تفاوت معنی‌داری دارد. اگر D_{Th} با صفر تفاوت معنی‌دار نداشته باشد نتیجه این خواهد بود که T_h و $T_h + D_{Th}$ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند و در نتیجه زمان دستیابی بین دو جمعیت تفاوت معنی‌داری با هم نخواهند داشت. تفاوت معنی‌دار D_{Th} با صفر نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت زمان دستیابی بین دو جمعیت است. قدرت جست‌وجوگری بین دو جمعیت نیز با استفاده از پارامتر D_a و مشابه زمان دستیابی مقایسه شد

ظروف اضافه شد. ظروف به انکوباتور منتقل و در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

آزمایش واکنش تابعی

واحدهای آزمایش ظروف پتری به قطر ۹ و عمق ۱/۵ سانتی‌متر بودند. قطعه‌ای از برگ کلزا به اندازه کف پتری بریده و با ژل آگار به غلظت ۱ درصد در کف ظروف پتری ثابت شد. برای انجام آزمایش واکنش تابعی احتیاج به هم‌سنگ کردن شته‌ها است. از آنجا که شته‌های ماده، در طول مدت آزمایش پوره‌زایی کرده و ثبت داده‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کردند، از پوره‌های سن چهار هم‌سنگ برای آزمایش استفاده شد. کفشدوزک‌های نر و ماده ۵ تا ۷ روزه برای آزمایش‌های واکنش تابعی استفاده شدند. از آنجایی که سن حشرات و وضعیت تغذیه آن‌ها، یکسان بود، پیش از انجام آزمایش، به آن‌ها گرسنگی داده نشد.

براساس آزمایش‌های مقدماتی تراکم‌های شته برای حشرات کامل ماده ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۸۰، و ۱۲۸ و برای حشرات کامل نر ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۴۵، و ۷۰ در نظر گرفته شد. پس از گذاشتن تراکم‌های مشخص از شته هم‌سنگ درون واحدهای آزمایش و مستقر شدن آن‌ها درون ظروف پتری، کفشدوزک‌ها به صورت انفرادی وارد ظروف آزمایش شدند و ظروف پتری داخل انکوباتور با دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل و برای مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، تعداد شته‌های خورده‌شده شمارش و ثبت شد. تراکم‌های ۲ تا ۱۶ در ۲۰ تکرار و تراکم‌های بیشتر در ۱۵ تکرار انجام شد.

تجزیه داده‌ها

برای تعیین نوع واکنش تابعی شکارگر از رگرسیون لجستیک نسبت شکار خورده‌شده به تعداد اولیه (N_a/N_0) در مقابل تعداد اولیه شکار عرضه‌شده (N_0) استفاده شد. برای این منظور تابع زیر به داده‌ها برازش داده شد:

$$N_a / N_0 = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}$$

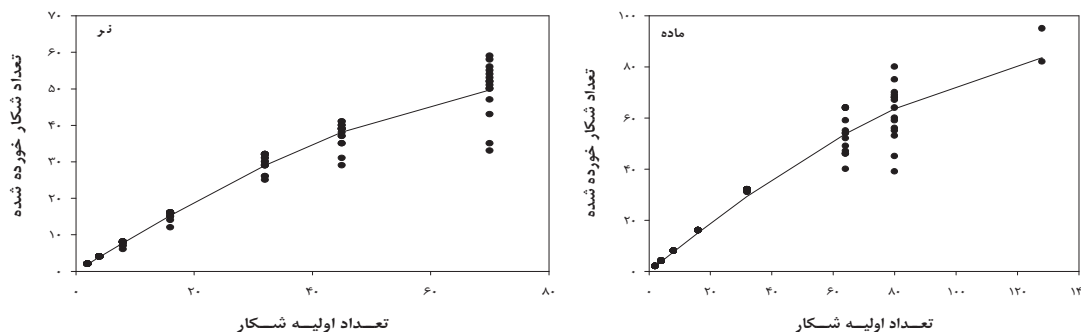
نتایج و بحث

نتایج نشان داد که میزان شته‌خواری این کفشدوزک، با بالارفتن تراکم شته افزایش می‌یابد (شکل ۱). با توجه به نتایج برازش معادله چند جمله‌ای به داده‌ها، مشاهده شد که واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* نسبت به تراکم‌های مختلف شته سبز هلو از نوع دوم است، زیرا که پارامتر خطی P_1 در معادله لجستیک، منفی بود (جدول ۱). همچنین، با پیروی از روش پیشنهادی اوکویاما (Okuyama 2012a, b) و برازش داده‌های جنس ماده به مدل‌های نوع دوم و سوم مشخص شد که مقدار آکایک برای مدل نوع دوم برابر با ۸/۳۹ و برای مدل نوع سوم برابر با ۸/۷ است، برای جنس نر مقدار آکایک برای مدل نوع دوم، ۷/۴۳ و برای مدل نوع سوم ۷/۶۸ تعیین شد که به معنای برازش بهتر داده‌ها با مدل نوع دوم است. به عبارت دیگر بین روش جولیانو و اوکویاما در تعیین نوع واکنش تابعی تفاوتی مشاهده نشد.

(Farhadi et al., Allahyari et al. 2004, Juliano 2001) به منظور بررسی نتایج حاصل از روش جولیانو (Juliano 2001) برای تعیین نوع واکنش تابعی و مقایسه آن با روش توصیه‌شده اوکویاما (Okuyama 2012a, b)، مقدار a در معادله واکنش تابعی نوع دوم راجرز برابر با $\frac{d + bN_0}{1 + cN_0}$ در نظر گرفته شد تا معادله واکنش تابعی نوع سوم به دست آید. سپس، داده‌های حاصل از آزمایش به معادله برازش داده شد و براساس توصیه اوکویاما از معیارهای انتخاب مدل استفاده شد. بدین منظور از معیار اصلاح‌شده آکایک (Corrected Akaike Criterion) استفاده شد:

$$AICC = 1 + \ln\left(\frac{SSE}{n}\right) + \frac{2(p+1)}{n-p-2}$$

SSE مجموع مربعات خطا، n تعداد نقاط داده‌ای و p تعداد پارامترهای معادله استفاده شده است. بر این اساس هر مدلی که مقدار آکایک کوچک‌تری ارائه کند، می‌تواند به عنوان مدل بهتر انتخاب شود.



شکل ۱. واکنش تابعی حشرات کامل نر (بالا) و ماده (پایین) کفشدوزک *Hippodamia variegata* روی تراکم‌های مختلف شته سبز هلو

جدول ۱. نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک نسبت شته سبز هلو خورده‌شده توسط حشره کامل نر و ماده کفشدوزک

Hippodamia variegata در تراکم‌های اولیه شته

P-value	مقدار مربع کای	خطای استاندارد	برآورد	پارامتر	مرحله
<۰/۰۰۰۱	۲۵/۱۹	۳/۲۵۲۳	۱۶/۳۲۲۹	ثابت	حشرات کامل ماده
<۰/۰۰۰۱	۱۵/۵۰	۰/۱۲۲۸	-۰/۴۸۳۶	خطی	
۰/۰۰۰۶	۱۱/۷۲	۰/۰۰۱۴۹	۰/۰۰۵۱۱	درجه دو	حشرات کامل نر
۰/۰۰۱۹	۹/۶۵	۵/۷۳۷E-6	-۰/۰۰۰۰۲	درجه سه	
<۰/۰۰۰۱	۳۱/۵۹	۰/۸۲۴۰	۴/۶۳۱۸	ثابت	حشرات کامل نر
۰/۶۱۶۵	۰/۲۵	۰/۰۷۷۷	-۰/۰۳۸۹	خطی	
۰/۵۱۵۶	۰/۴۲	۰/۰۰۲۱۳	-۰/۰۰۱۳۹	درجه دو	
۰/۳۲۵۰	۰/۹۷	۰/۰۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۱۷	درجه سه	

به ترتیب برای حشرات کامل نر $0.167h^{-1}$ و $0.333h$ و حشرات کامل ماده $0.135h^{-1}$ و $0.193h$ به دست آمد (جدول ۲). بر این اساس، حداکثر توان شکارگری

پارامترهای نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) کفشدوزک نسبت به شته سبز هلو با استفاده از معادله راجرز محاسبه شد و مقادیر نرخ حمله و زمان دستیابی

معنی‌داری در میزان نرخ حمله وجود ندارد، اما تفاوت معنی‌داری در زمان دستیابی آن‌ها مشاهده شد (جدول ۲).

به‌دست‌آمده براساس داده‌های گردآوری‌شده در مدت ۲۴ ساعت، ۱۲۴/۰۳ شته برای حشرات کامل ماده و ۷۱/۸۷ شته برای حشرات کامل نر محاسبه شد. با مقایسه حشرات کامل نر و ماده مشاهده شد که تفاوت

جدول ۲. مقادیر برآوردشده با مدل راجرز و معادله ترکیبی برای پارامترهای واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده *Hippodamia variegata* روی شته سبز هلو

پارامتر	برآورد	خطای استاندارد	محدوده اطمینان ۹۵ درصد
			حد بالا / حد پایین
$(h^{-1})a$	۰/۱۳۳۵	۰/۰۱۷۱	۰/۱۰۱۴
	۰/۱۹۳۵	۰/۰۲۲۸	۰/۱۴۸۵
$(h)T_h$	۰/۱۶۶۷	۰/۰۲۰۷	۰/۱۲۵۷
	۰/۳۳۳۹	۰/۰۲۳۷	۰/۲۸۷۰
D_a	-۰/۰۳۱۴	۰/۰۳۱۲	-۰/۰۹۲۸
	-۰/۱۴۰۴	۰/۰۳۷۰	-۰/۲۱۳۲
D_{Th}			

آن‌ها با مقایسه نرخ حمله و زمان دستیابی حشرات نر و ماده نشان دادند که زمان دستیابی در حشرات نر به شکل معنی‌داری بیشتر از ماده‌ها است. در این پژوهش نیز نشان داده شد که زمان دستیابی نرها به شکل معنی‌داری بیشتر از ماده‌ها است.

با مقایسه برآوردهای به‌دست‌آمده در این پژوهش با برآوردهای فرهادی و همکاران، مشاهده شد که میزان نرخ حمله حشرات کامل ماده روی شته سیاه باقلا (۰/۰۹۳) کمتر از میزان نرخ حمله آن روی شته سبز هلو (۰/۱۳۵۳) است، اما زمان دستیابی حشرات کامل ماده کفشدوزک در تحقیق فرهادی و همکاران (۰/۴۱۰) بیشتر از مقدار به‌دست‌آمده در این پژوهش (۰/۱۹۳) است. همچنین، برای حشرات کامل نر میزان نرخ حمله این کفشدوزک نسبت به شته سیاه باقلا (۰/۱۵۸۹) و شته سبز هلو (۰/۱۶۶۷) تقریباً مشابه بود، اما مقدار زمان دستیابی در شته سیاه باقلا (۱/۱۹۴) بیشتر از شته سبز هلو (۰/۳۳۳) به‌دست آمد.

براساس نتایج این پژوهش می‌توان توقع داشت که ماده‌ها نسبت به نرها نقش بیشتری در مهار جمعیت این آفت داشته باشند. به عبارت دیگر، می‌توان پیشگویی کرد که توان شکارگری کلی حشرات ماده بیشتر از نرها خواهد بود. هرچند این پیشگویی براساس یک رابطه کوتاه مدت ۲۴ ساعته بین شکار - شکارگر است، ساخت جدول شکارگری این حشره تأییدکننده پیشگویی بوده است (حسن‌خانی و همکاران، اطلاعات منتشرنشده).

بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشاهده شد واکنش تابعی حشرات کامل کفشدوزک *H. variegata* نسبت به شته سبز هلو از نوع دوم است که این نوع واکنش برای کفشدوزک‌ها بیشتر گزارش شده است. در بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* در تراکم‌های مختلف شته‌های *Aphisfabae* Farhadi et al., Jafari and Goldasteh 2009، *Brevicoryne brassicae* (EI Hag and Zaitoon 1996)، *A. goosypii* (Glover and Zhao 1996) و *A. goosypii* (Zaitoon 1996) و *A. goosypii* (Madadi et al. 2011, 1988) از نوع دوم گزارش شد. واکنش تابعی افراد ماده کفشدوزک *H. variegata* در تغذیه از شته *Brachycaudus helichrysi* Kaltenbach در شرایط آزمایشگاهی نیز از نوع دوم گزارش شده است (Saleh et al. 2010). داوودی دهکردی و همکاران واکنش تابعی افراد ماده کفشدوزک *H. variegata* را در تراکم‌های متفاوت شته *A. gossypii* از نوع دوم و میزان نرخ حمله را (a) ۰/۰۸۳ و زمان دستیابی را (T_h) ۰/۱۹۷ به‌دست آوردند (Davoodi Dehkordi and Sahragard 2013).

فرهادی و همکاران (Farhadi et al. 2010)، واکنش تابعی کفشدوزک *Hippodamia variegata* را روی شته سیاه باقلا بررسی کردند و نشان دادند که نوع واکنش تابعی در تمام مراحل نمو حشره (لارو سن ۱، لارو سن ۲، لارو سن ۳، لارو سن ۴، نر، و ماده) از نوع دوم است.

سپاسگزاری

که بدین طریق از پشتیبانی‌های صورت گرفته سپاسگزاری می‌شود.

این پژوهش با حمایت مالی قطب کنترل بیولوژیک آفات دانشگاه تهران و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (طرح شماره ۸۶۱۰۶۲۰) انجام شده است

REFERENCES

- Abrams PA, Ginzburg LR** (2000) The nature of predation: prey dependent, ratio dependent or neither? *Trends in Ecology & Evolution* 15(8): 337-341.
- Allahyari H, Fard PA, 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(1): 39-43.
- Davodi Dehkordi S, Sahragard A** (2013) Functional response of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in an open patch design. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15651-659.
- ElHag ETA, Zaitoon AA** (1996) Biological parameters for four coccinellid species in central Saudi Arabia. *Biological Control* 7(3): 316-319.
- Esmaili M** (1996) Main pests of fruit trees. Sepehr Publication, Iran
- Fan GH, Zhao JF** (1988) Functional response of *Adonia variegata* (Goeze) (Coleop., Coccinellidae) to cotton aphids. *Natural Enemies of Insects* 10(4): 187-190.
- Farhadi R, Allahyari H, Juliano SA** (2010) Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 39(5): 1586-1592.
- Farhadi R, Allahyari H, Chi H** (2011) Life table and predation capacity of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). *Biological Control* 59(2): 83-89.
- Fernández-Arhex V, Corley JC** (2003) The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology* 13(4): 403-413.
- Holling CS** (1959) Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist* 91(07): 385-398.
- Jafari R, Goldasteh S** (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.
- Jeschke JM, Kopp M, Tollrian R** (2002) Predator functional responses: discriminating between handling and digesting prey. *Ecological Monographs* 72(1): 95-112.
- Juliano SA** (2001) Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves, *In*: Scheiner SM, Gurevitch J (eds.), *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Oxford University Press, New York. pp. 178-216
- Khanjani M** (2004) Field crop pests in Iran, Bu Ali Sina University Press, Hanedan.
- Madadi H, Parizi EM, 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(4): 447-455.
- Murdoch WW, Oaten A** (1975) Predation and population stability. *Advances in Ecological Research* 91-131.
- Obrycki JJ, Orr CJ** (1990) Suitability of three prey species for Nearctic populations of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata*, and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology* 83(4): 1292-1297.
- Okuyama T** (2012a) A likelihood approach for functional response models. *Biological Control* 60(2): 103-107.
- Okuyama T** (2012b) On selection of functional response models: Holling's models and more. *BioControl* 58(3): 293-298.
- Okuyama T, Ruyle RL** (2011) Solutions for functional response experiments. *Acta Oecologica* 37(5): 512-516.
- Radjabi G** (1989) Insects attacking rosaceous fruit trees in Iran.
- Rogers D** (1972) Random Search and Insect Population Models. *Journal of Animal Ecology* 41(2): 369-383.
- Sadeghi A** (1991) An investigation on the coccinellids fauna of alfalfa fields and determination of species at Karaj. M.Sc. dissertation, University of Tehran, Iran.
- Saleh A, Ghabeish I, Al-Zyoud F, Ateyyat M, Swais M** (2010) Functional response of the predator *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on the aphid *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach) infesting chrysanthemum in the laboratory. *Jordan Journal of Biological Sciences (JJBS)* 3(1): 17-20.
- Vodjdani S** (1965) Les coccinelles utiles et nuisibles de l'Iran.