

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

رویا فرهادی^۱، حسین اللهیاری^{۲*}، پروانه آزمایش فرد^۳، سمیه فتاح الحسینی^۴ و سمیرا حیدری^۵
۱، ۲، ۳، ۴، ۵، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشجویان سابق کارشناسی ارشد
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۵ - تاریخ تصویب: ۸۸/۷/۲۷)

چکیده

کفشدوزکها با فعالیت شکارگری خود نقش مهمی در کنترل طبیعی شتهها دارند. کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze گونه‌ای با پراکنش جهانی است که در ایران نیز به وفور یافت می‌شود. یکی از معیارهایی که در بررسی کارایی شکارگران مورد استفاده قرار می‌گیرد، واکنش آنها به تغییر تراکم میزبان (واکنش تابعی) است. واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده این کفشدوزک در شرایط آزمایشگاهی (دما $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت $70 \pm 10\%$ و دوره نوری L:D ۱۶:۸) روی شته سیاه باقلا مورد بررسی قرار گرفت. برای گرفتن نتایج دقیق‌تر از شته‌های همسن استفاده شد. آزمایش درون پتری و روی برگ باقلا به مدت ۲۴ ساعت و در ۱۵ تا ۲۰ تکرار انجام شد. بعد از ۲۴ ساعت تعداد شته‌های خورده شده شمارش شد. نتایج نشان داد که واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* نسبت به تراکم‌های مختلف شته سیاه باقلا (حشرات کامل نر تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰) از نوع دوم می‌باشد. برای تعیین پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی به میزبان (T_h) از معادله راجرز استفاده شد. پارامترهای اشاره شده به ترتیب برای حشرات کامل نر ۰/۱۵۸۹ و ۱/۱۹۴۵ ساعت و برای حشرات کامل ماده ۰/۰۹۲۶ و ۰/۴۰۹۸ ساعت برآورد گردید. با استفاده از یک معادله ترکیبی واکنش‌های تابعی مورد مقایسه قرار گرفت و مشخص شد زمان دستیابی در دو جنس دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد. بر این اساس حشرات ماده و نر به ترتیب قادرند ۵۸/۶ و ۲۰/۱ شته را در هر روز از بین ببرند. بنابراین به نظر می‌رسد که نقش حشرات ماده این کفشدوزک در کنترل جمعیت شته سیاه باقلا بیش از دو برابر نرهاست.

واژه‌های کلیدی: واکنش تابعی، زمان دستیابی، قدرت جستجو، *Hippodamia variegata*
Aphis fabae

مقدمه

(Eastop, 2007). این شته در تمام مناطق ایران به‌ویژه سواحل شمالی کشور و شهرستانهای مرکزی و اطراف تهران انتشار دارد و علاوه بر باقلا روی چغندر، نخود، لوبیا، سیب‌زمینی و شمشاد نیز وجود دارد. در ایران به

شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli. به علت قدرت تولیدمثلی بسیار بالا و دامنه میزبانی گسترده یکی از آفات مهم کشاورزی می‌باشد (Blackman &

حدود ۵۰ گونه گیاهی و در جهان به بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی حمله می‌کند و ناقل بیش از ۳۰ نوع بیماری گیاهی می‌باشد (Esmaili, 1996; Blackman & Eastop, 2007). این شته قادر است به تمامی اندام‌های هوایی گیاه (برگ، ساقه و گل) حمله کرده و با فرو بردن خرطوم خود در آوند آبکش از شیره پرورده تغذیه کرده و باعث پیچیدگی برگ‌ها، پژمردگی و حتی خشک شدن گیاه گردد. همچنین با تولید عسلک باعث پوسیده شدن برگ و تجمع مورچه‌ها و مگس‌ها می‌شود (Khanjani, 2004).

شته سیاه باقلا در طبیعت دارای دشمنان زیادی است که از مهمترین شکارگرهای آن می‌توان به کفشدوزک‌ها اشاره کرد. کفشدوزک‌ها از عوامل مفید در اکوسیستم‌های زراعی هستند که نقش بسیار مهمی در ایجاد حالت تعادل و کنترل طبیعی شته‌ها، پسیل‌ها، مگس‌های سفید، زنجربک‌ها، کنه‌ها، تخم پروانه‌ها و لارو حشرات به عهده دارند (Esmaili et al. 1993). کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze شکارگری با دامنه پراکنش بسیار وسیع در مناطق پالئارکتیک بوده و از آنجا به مناطق نئارکتیک نیز گسترش یافته است (Obrycki & Orr, 1990). شکارگری این گونه روی ۱۲ گونه شته و پسیل در استرالیا ثبت شده است (Franzmann, 2002). این کفشدوزک در آمریکا به عنوان گونه‌ای وارداتی تکثیر و علیه شته روسی گندم رها سازی می‌شود (Obrycki & Orr, 1990). فعالیت این گونه در اکثر نقاط ایران روی شته‌های مختلف گزارش شده است و احتمال می‌رود در تمام نقاط کشور فعالیت داشته باشد. این کفشدوزک به عنوان گونه غالب کفشدوزک در مزارع یونجه کرج نیز معرفی شده است (Sadeghi, 1991).

یکی از مواردی که می‌تواند بیانگر کارایی یک شکارگر باشد، نوع واکنش تابعی و توان شکارگری آن است. تعداد شکاری که توسط یک فرد شکارگر کشته می‌شود (یا تعداد میزبانی که توسط یک انگل پارازیت می‌شود) تابعی از تراکم شکار است و به عنوان واکنش تابعی شناخته می‌شود، عموماً تعداد شکار کشته شده در یک زمان ثابت با افزایش تراکم شکار به شکل یک منحنی به خط مجانب نزدیک می‌شود (Holling, 1966).

در تراکم‌های پایین شکار، شکارگرها بیشتر وقت خود را صرف جستجو می‌کنند در حالی که در تراکم‌های بالا بیشتر وقت شکارگرها صرف دست‌یابی به شکار می‌شود. واکنش تابعی رابطه بین نرخ حمله یک شکارگر را با تراکم شکار توصیف می‌کند. ممکن است با افزایش تراکم، نسبت شکار کشته شده ثابت بماند (واکنش تابعی نوع اول، مستقل از تراکم)، به شکل سهمی کاهش یابد (واکنش تابعی نوع دوم، وابسته معکوس به تراکم)، یا افزایش یابد (واکنش تابعی نوع سوم، وابسته به تراکم در یک محدوده مشخص) (Holling, 1959).

در واکنش تابعی نوع دوم تعداد طعمه خورده شده به ازای هر شکارگر با افزایش تراکم اولیه افزایش می‌یابد، سپس به تدریج کم شده و منحنی حاصله به موازات خط مجانب افقی امتداد می‌یابد به عبارتی در واکنش تابعی نوع دوم، منحنی با شتاب منفی به حالت تقریباً موازی با محور افقی در می‌آید (Holling, 1966).

طی چند دهه اخیر واکنش تابعی به عنوان یک مبحث قابل توجه در مباحث حشره شناسی و متون اکولوژی مورد توجه قرار گرفته است. گسترش روش‌های تجزیه دقیق این امکان را فراهم آورده است تا بتوان از پارامترهای واکنش تابعی برای مقایسه شکارگران مختلف یا مراحل مختلف یک شکارگر روی یک شکار استفاده کرد. تا کنون واکنش تابعی مراحل مختلف کفشدوزک‌های *Harmonia axyridis* Pallas (Koch et al., 2003; Lee & Kang, 2004) *Coccinella* al., *Hippodamia variegata septempunctata* L. Rossi (Sinha Ghahari et al., 2003) *Clitostethus arcuatus* (Obrycki & Orr, 1990) *Hippodamia convergens* Guérin-*et al.*, 1982) *Méneville* (Wills & Mcpherson, 1999) *Cheilomenes sulphurea* (Hodek et al., 1984) *Coleophora inaequalis* Fabricius (Wang & Tsai, 2001) *Propylea quatuordecimpunctata* L. (Messina & Hanks, 1998) *Curinus coeruleus* و (Silva et al, 1992) روی شکارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به دامنه پراکنش وسیع کفشدوزک *H. variegata* و گزارش شته‌خواری آن روی گونه‌های مختلف، تعیین کارایی آن در کنترل جمعیت شته‌ها

سانتیمتر انجام شد که یک برگ باقلا توسط ژل آگار وسط آن ثابت شده بود. برای حل مشکل پوره‌زایی شته‌های ماده در طول آزمایش، شته‌ها را همسن‌سازی کرده و از شته‌های ۴-۵ روزه که در دمای ثابت ۲۱°C پرورش داده شده بودند و هنوز به سن پوره‌زایی نرسیده بودند، استفاده شد. با توجه به اینکه در روزهای نخست ظهور حشرات کامل، نرخ تغذیه پایین است، از کفشدوزک‌های نر و ماده ۴ تا ۵ روزه در آزمایش استفاده شد. لازم به ذکر است قبل از انجام آزمایش‌ها، کفشدوزک‌ها از همان شته سیاه باقلا تغذیه کرده بودند. بر اساس آزمایش‌های مقدماتی تراکم‌های شکار برای حشرات کامل ماده ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ و برای حشرات کامل نر ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۴۵ و ۶۰ در نظر گرفته شد. پس از وارد کردن کفشدوزک‌ها، ظروف به انکوباتوری با دمای ۲۳±۱°C، رطوبت ۷۰±۱۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند و بعد از ۲۴ ساعت تعداد شته‌های خورده شده شمارش شد. آزمایش‌ها در ۱۵ تا ۲۰ تکرار در تراکم‌های مختلف انجام شد.

تجزیه داده‌ها

تجزیه داده‌ها بر اساس روش دو مرحله‌ای Juliano (2001) انجام شد (Messina & Hanks, 1998; De Clercq *et al.*, 2000; Mohaghegh, *et al.*, 2001; Allahyari *et al.*, 2004).

ابتدا داده‌ها به یک تابع چند جمله‌ای به شرح زیر برازش داده شدند تا نوع واکنش تابعی مشخص شود:

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

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. علامت مثبت P_1 و منفی P_2 نشانگر واکنش تابعی نوع سوم می‌باشد در حالی که اگر علامت هر دو منفی باشد واکنش تابعی از نوع دوم می‌باشد. بعد از تعیین نوع واکنش تابعی باید پارامترهای T_h و a (برای واکنش تابعی نوع دوم) و b و c (برای نوع سوم) تخمین زده شوند. با توجه به اینکه شکار مصرف شده دوباره جایگزین نشد مدل نوع دوم

ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش برای تعیین کارایی نسبی جنس‌های نر و ماده این کفشدوزک، واکنش تابعی حشرات نر و ماده روی شته سیاه باقلا در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت تا داده‌هایی برای بررسی توانایی نسبی آنها برای مهار جمعیت آفت در دسترس قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

برای ایجاد جمعیت اولیه شته، برگ‌های آلوده به شته سیاه باقلا از مزرعه باقلا جمع آوری و به اتاقک رشد منتقل شدند. شته‌ها به گیاهان باقلا منتقل شده و در اتاقک رشد با دمای ۲۱±۱°C، رطوبت نسبی ۷۰±۱۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند تا کلنی به حد قابل قبولی برسد. برای انجام آزمایش و نگهداری کلونی از باقلای رقم سرخسی استفاده شد. حشرات کامل کفشدوزک با تورزنی از مزرعه یونجه کرج جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. کفشدوزک‌ها به ظرف‌های پلاستیکی به قطر دهانه‌ی ۲۵ و عمق ۲۰ سانتیمتر منتقل (۵۰ عدد در هر ظرف) و تعداد کافی از شته سیاه باقلا برای تغذیه و مقداری کاغذهای چین خورده به عنوان محیط تخم‌ریزی به ظرف‌های اضافه شد، سپس در ظرف‌های با یک توری ۱۰۰ مش بسته و به انکوباتور منتقل شده و در دمای ۲۳±۱°C، رطوبت ۷۰±۱۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

واکنش تابعی

کفشدوزک‌ها قبل از شروع آزمایش واکنش تابعی دو نسل کامل در آزمایشگاه پرورش داده شدند. سپس حشرات کامل جداگانه به ظروف استوانه‌ای (قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر) منتقل شده و مقداری کاغذ چین خورده برای تخم‌ریزی کفشدوزک‌ها و پنبه مرطوب به ظروف اضافه شد. ظروف به انکوباتور منتقل و بعد از ۶ ساعت تخم‌های گذاشته شده جمع‌آوری شدند. تخم‌ها در انکوباتور نگهداری شدند تا به حشرات کامل تبدیل شوند.

آزمایش در ظروف پتری به قطر ۹ و ارتفاع ۱/۵

راجرز به داده‌ها برازش داده شد:

$$N_a = N_0 \{1 - \exp[-a(T - T_h N_a)]\} \quad (2)$$

که N_a تعداد شکار مورد حمله قرار گرفته، a قدرت جستجو، N_0 تراکم اولیه شکار، T کل زمانی که شکار و شکارگرها در برابر هم قرار دارند و T_h زمان دستیابی به شکار می‌باشد.

برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی دو جنس نر و ماده از معادله زیر استفاده شد:

$$N_a = N_0 \{1 - \exp[-(a + D_a(j))(T - (T_h + D_{Th}(j))N_a)]\} \quad (3)$$

با تخمین پارامترهای D_{Th} و D_a می‌توان تفاوت معنی‌دار در مقدار a و T_h را مشخص نمود. به عبارت دیگر 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 پی بردن به اینکه تفاوت بین زمان‌های دستیابی این دو جمعیت معنی‌دار است یا نه، باید ثابت شود که D_{Th} مقدار معنی‌داری بوده و با صفر تفاوت معنی‌داری دارد. اگر D_{Th} با صفر تفاوت معنی‌دار نداشته باشد نتیجه این خواهد بود که T_h و D_{Th} یا به عبارت دیگر زمان دستیابی بین دو جمعیت تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. در غیر این صورت، تفاوت زمان دستیابی بین دو جمعیت معنی‌دار خواهد بود. قدرت جستجوگری بین دو جمعیت نیز با استفاده از پارامتر D_a و با روشی مشابه مقایسه شد.

پرخوری

میزان پرخوری حشرات نر و ماده (V_0) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Cabral et al., 2006):

$$V_0 = (A - a_{24})ra_{24} \quad (4)$$

که V_0 تعداد شکار خورده شده، A تعداد شکار در دسترس، a_{24} تعداد شکار زنده بعد از ۲۴ ساعت و ra_{24} نسبت شکار زنده بعد از ۲۴ ساعت در ظروف پتری شاهد می‌باشد. برای تعیین تفاوت‌ها در بالاترین تراکم‌های شته سیاه باقلا (۱۰۰) برای حشرات کامل ماده و ۶۰ برای حشرات کامل نر) از روش ناپارامتری Mann-Whitney U test استفاده شد.

نتایج

در حشرات کامل نر و ماده این کفشدوزک میزان تغذیه از شته با بالا رفتن تراکم شته در ظروف پتری، افزایش یافت که این افزایش در یک سطح از تراکم‌های بالاتر متوقف شده و به یک حد ثابت میل نمود (شکل ۱). برازش داده‌های واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* روی شته *A. fabae* به معادله ۱ نشان داد که بخش خطی معادله در هر دو مورد منفی می‌باشد که این نمایانگر وجود واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد (جدول ۱). با استفاده از معادله راجرز پارامترهای قدرت جستجو (a) به ترتیب برای حشرات نر و ماده ۰/۱۵۸۹ و ۰/۰۹۲۶ و زمان دستیابی (T_h) به ترتیب ۱/۱۹۴۵ و ۰/۴۰۹۸ ساعت تعیین شد (جدول ۲).

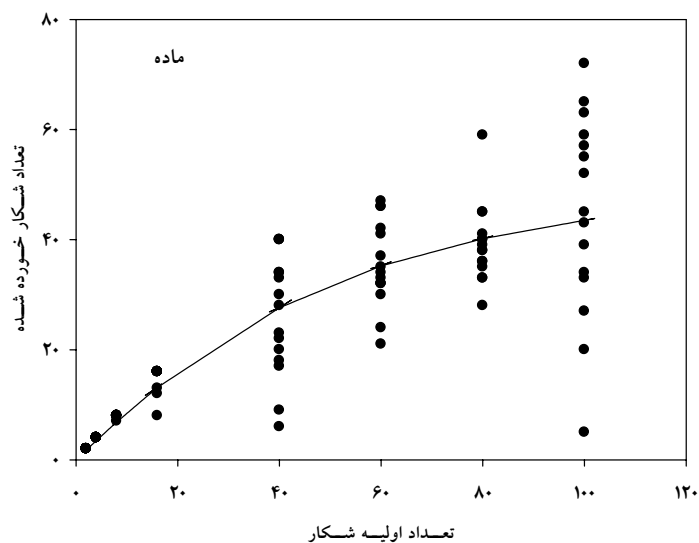
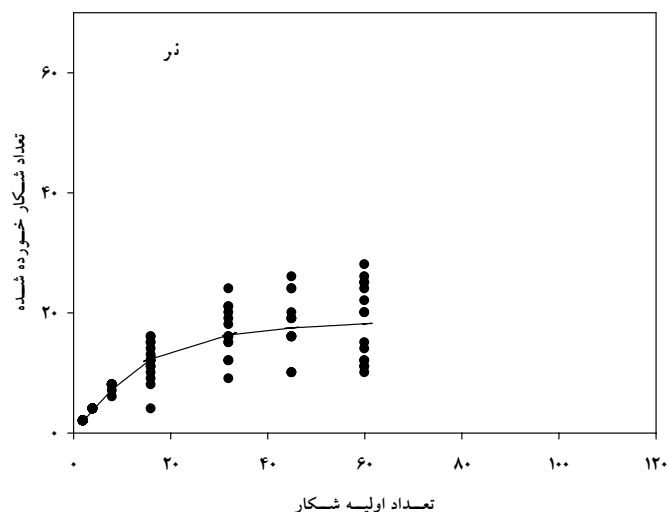
قدرت جستجو در حشرات نر بالاتر از حشرات ماده بود در حالیکه زمان دستیابی ماده بسیار پایین‌تر از زمان دستیابی حشرات نر بود. استفاده از معادله ترکیبی در تجزیه داده‌ها نشان داد که دو جنس نر و ماده از نظر زمان دستیابی با هم دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک نسبت شته خورده شده توسط حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تراکم‌های اولیه شته سیاه باقلا

مرحله	پارامتر	برآورد	خطای استاندارد	مقدار مربع کای	P-value
حشره ماده	ثابت	۵/۳۵۵۳	۰/۴۷۸۶	۱۲۵/۱۸	<۰/۰۰۰۱
	خطی	-۰/۱۹۷۷	۰/۰۲۵۵	۵۹/۹۵	<۰/۰۰۰۱
	درجه‌دو	۰/۰۰۲۵۳	۰/۰۰۰۴۲۹	۳۴/۸۱	<۰/۰۰۰۱
حشره نر	درجه سه	-۰/۰۰۰۰۱	۲/۲۴۲	۲۴/۷۶	<۰/۰۰۰۱
	ثابت	۵/۶۰۶۲	۰/۶۰۲۰	۸۶/۷۱	<۰/۰۰۰۱
	خطی	-۰/۳۸۰۸	۰/۰۶۰۱	۴۰/۰۹	<۰/۰۰۰۱
	درجه‌دو	۰/۰۰۸۳۴	۰/۰۰۱۷۸	۲۲/۰۱	<۰/۰۰۰۱
	درجه سه	-۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۱۶	۱۵/۹۲	<۰/۰۰۰۱

جدول ۲- مقادیر برآورد شده توسط مدل راجرز و مدل ترکیبی برای پارامترهای واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* روی شته سیاه باقلا

پارامتر	برآورد	خطای استاندارد	محدوده اطمینان ۹۵٪	
			حد پایین	حد بالا
حشره ماده				
a	۰/۰۹۲۶	۰/۰۲۱۲	۰/۰۵۰۷	۰/۱۳۴۹
T_h	۰/۴۰۹۸	۰/۰۴۸۰	۰/۳۱۴۹	۰/۵۰۴۸
حشره نر				
a	۰/۱۵۸۹	۰/۰۴۳۵	۰/۰۷۲۸	۰/۲۴۵۱
T_h	۱/۱۹۴۵	۰/۰۶۹۱	۰/۰۵۷۷	۱/۳۳۱۲
پارامترهای اصلی معادله ترکیبی				
D_a	-۰/۰۶۶۳	۰/۰۸۱۶	-۰/۲۲۷	۰/۰۹۴۴
D_{Th}	-۰/۷۸۵	۰/۱۳۲	-۱/۰۴۵	-۰/۵۲۴



شکل ۱- واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* در مقابل تراکم‌های مختلف شته سیاه باقلا *Aphis fabae*

مختلف عسلک پنبه (*Bemisia tabaci* Gennadius) مورد بررسی قرار دادند. منحنی‌های حاصل از شکارگری سه گونه کفشدوزک به طور کامل با مدل نوع دوم معادله دیسک هولینگ منطبق گردیدند. حشرات کامل کفشدوزک *C. septempunctata* در مقایسه با لاروهای کامل دارای قدرت جستجوی بالاتر و زمان دستیابی پایین‌تری بودند. طبق نتایج بدست آمده از بین سه گونه مورد آزمایش، گونه *C. septempunctata* از قدرت جستجوی بالاتری برخوردار بود. Wells & McPherson (1999) واکنش تابعی لاروهای سن چهار و حشرات کامل کفشدوزک *Hippodamia convergens* را روی شته *Myzus nicotianae* Blackman از نوع دوم گزارش کردند و زمان دستیابی و قدرت جستجو برای لارو سن چهار را به ترتیب ۴۱/۱۸ دقیقه و ۰/۰۰۸۸ و برای حشرات کامل ۱۹/۳۸ دقیقه و ۰/۰۰۳۷ بدست آوردند که هر دوی این فاکتورها در لارو سن چهار بیشتر از حشرات کامل بود. همچنین واکنش تابعی حشرات کامل و لاروهای *H. axyridis* روی تخم‌ها و لاروهای *Danaus plexippus* L. (Koch et al., 2003)، کفشدوزک *Coccinella septempunctata* روی حشرات کامل *Lipaphis erysimi* Kaltentbach (Sinha et al., 1982)، حشرات کامل *Cheilomenes sulphurea* روی حشرات کامل *Aphis fabae* (Hodek et al., 1984) و حشرات کامل و لاروهای سن چهارم *Coleophora inaequalis* روی *Toxoptera citricida* Kirkaldy (Wang & Tsai, 2001) از نوع دوم گزارش شده است.

برای توسعه کنترل بیولوژیک شته *Aphis fabae* با استفاده از کفشدوزک *H. variegata* باید مطالعات بعدی روی رفتار جستجوگری، پراکنش و پویایی جمعیت این کفشدوزک در شرایط نیمه آزمایشگاهی و نیمه گلخانه‌ای انجام گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که نرهای این کفشدوزک در مقایسه با ماده‌ها نقش اندکی در مهار جمعیت آفت دارند بنابراین نیاز است اهمیت حضور آنها همچنین حداقل نسبت رهاسازی نر و ماده مشخص شود تا در عین کسب بهترین نتیجه از رهاسازی کفشدوزک، اختلالی در جفت‌گیری و تولید مثل آنها ایجاد نشود.

پرخوری روزانه حشرات کامل نر و ماده در بالاترین تراکم شته (۱۰۰ برای حشرات کامل ماده و ۶۰ برای حشرات کامل نر) در مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاه تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0.001$; $U=23$). برای حشرات ماده پرخوری برابر با $44/60 \pm 4/77$ شته بود که بسیار بالاتر از پرخوری افراد نر ($18/33 \pm 1/66$) بود.

بحث

گونه *H. variegata* مانند بیشتر کفشدوزک‌های شته‌خوار، یک شکارگر عمومی است که در بین آنها همخواری هم مشاهده می‌شود. حداکثر نرخ شکارگری حشرات کامل این کفشدوزک در مدت ۲۴ ساعت بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده برای حشرات ماده و نر به ترتیب برابر ۵۸/۵۶ و ۲۰/۱ شته بود. در مدت ۲۴ ساعت حشرات ماده ۷۰/۸۷ درصد و حشرات نر ۲۹/۱۲ درصد شته‌هایی را که توسط افراد بالغ خورده شده بودند، به خود اختصاص دادند که نشان‌دهنده اهمیت حشرات ماده در کنترل بیولوژیک نسبت به حشرات نر می‌باشد. نرخ حمله در حشرات نر بالاتر از حشرات ماده است ولی میانگین شته خورده شده در نرها بسیار پایین‌تر از حشرات ماده است که علت آن را می‌توان به پایین بودن زمان دستیابی حشرات ماده نسبت داد.

واکنش تابعی حشرات کامل کفشدوزک *H. variegata* روی شته سیاه باقلا از نوع دوم بود که نمایانگر اثر وابسته معکوس به تراکم می‌باشد. در بیشتر بررسی‌هایی که روی کفشدوزک‌ها صورت گرفته است واکنش تابعی از نوع دوم گزارش شده است (Hodek & Honek, 1996; Dixon, 2000). واکنش تابعی مراحل مختلف کفشدوزک *Harmonia axyridis* روی شته *Aphis gossypii* Glover در شرایط آزمایشگاهی از نوع دوم تشخیص داده شد. مقادیر زمان دستیابی و قدرت جستجو به ترتیب برای حشرات کامل ماده ۰/۱۷۰۸ ساعت و ۰/۱۴۵۶ بر ساعت برآورد گردید (Lee & Kang, 2004). Ghahari et al. (2003) واکنش تابعی سه نوع کفشدوزک شکارگر *Hippodamia*، *Coccinella septempunctata* و *Clitostethus arcuatus* را به تراکم‌های

می‌گردد. این پژوهش با استفاده از اعتبارات قطب کنترل بیولوژیک گروه گیاهپزشکی دانشگاه تهران انجام شده است.

سپاسگزاری

از آقای مهندس آرش راسخ به دلیل راهنمایی و همکاری در پرورش شته سیاه باقلا سپاسگزاری

REFERENCES

- Allahyari, H., Fard, P. A. & 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, 44-50.
- Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2007). *Taxonomic issues*. In: *Aphids as crop pests*, ed. By Van Emden, H. F. & Harrington, R. (pp. 1-30), CAB International, Trowbridge
- Cabral, S., Soares, A. O., Moura, R. & Garcia P. (2006). Suitability of *Aphis fabae*, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) and *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae) as prey for *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 39, 434-440.
- De Clercq, P., Mohaghegh, J. & Tirry, L. (2000). Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control*, 18, 65-70.
- Dixon, A. F. G. (2000). *Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control*., Cambridge University Press, New York.
- Esmaili, M. (1996). *Main pests of fruit trees*. Sepehr Publication. (In Farsi).
- Esmaili, M., Azmayesh Fard, P. & Mirkarimi, A. A. (1993). *Agricultural Entomology*. Tehran University Press. (In Farsi).
- Franzmann, B. A. (2002). *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), a predacious ladybird new in Australia. *Australian Journal of Entomology*, 41, 375-377.
- Ghahari, H., Shojaii, M. & Bayat Asadi, H. (2003). Functional response of tree species of predatory ladybirds (Col.: Coccinellidae) to population densities of *Bemisia tabaci* (Hom: Aleyrodidae). *Applied Entomology and Phytopathology*, 71, 79-95. (In Farsi).
- Hodek, I. & Honek, A. (1996). *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Hodek, I., Chakrabarti, S. & Rejmanek, M. (1984). The effect of prey density on food intake by adult *Cheilomenes sulphurea* (Col., Coccinellidae). *Entomophaga*, 29, 179-184.
- Holling, C. S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist*, 91, 385-398.
- Holling, C. S. (1966). Functional response of invertebrate predators to prey density. *Entomological Society of Canada*, 48, 1-86.
- Juliano, S. A. (2001). *Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves*. In: *Design and analysis of ecological experiments*, 2nd ed. By Cheiner, S. M. & J. Gurven. (pp. 159-182). Chapman & Hall: New York.
- Khanjani, M. (2004). *Field Crop Pests in Iran*. Bu Ali Sina University Press. (In Farsi).
- Koch, R. L., Hutchison, W. D., Venette, R. C. & Heimpel, G. E. (2003). Susceptibility of immature monarch butterfly, *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Danainae) to predation by *Harmonia axyridis* (Col: Coccinellidae). *Biological Control*, 28, 265-270.
- Lee, J. H. & Kang, T. J. (2004). Functional response of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in the laboratory. *Biological Control*, 31, 306-310.
- Messina, F. J. & Hanks, J. B. (1998). Host plant alters the shape of the functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 27, 1196-1202.
- Mohaghegh, J. D., Clercq, P. & Tirry, L. (2001). Functional response of the predator *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus nigripinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae): effect of temperature. *Journal of Applied Entomology*, 125, 131-134.
- Obrycki, J. J. & Orr, C. J. (1990). Suitability of three prey species for Nearctic populations of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology*, 83, 1292-1297.
- Sadeghi, A. (1991). *An investigation on the coccinellids fauna of alfalfa fields and determination of species at Karaj*. M.Sc. dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (in Farsi)
- Silva, P. G., Hagen, K. S. & Gutierrez, A. P. (1992). Functional response of *Curinus coeruleus* (Col: Coccinellidae) to *Heteropsylla cubana* (Hom: Psyllidae) on artificial and natural substrates. *Entomophaga*, 37, 556-564.
- Sinha, T. B., Pandey, R. K., Singh, R., Tripathi, C. P. M. & Kumar, A. (1982). The functional response of *Coccinella septempunctata* Linn., a coccinellid predator of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. *Entomology*, 7, 7-10.

24. Wang, J. J. & Tsai, J. H. (2001). Development and functional response of *Coleophora inaequalis* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Agricultural and Forest Entomology*, 3, 65-69.
25. Wells, M. L. & McPherson, R. M. (1999). Population of three coccinellids in flue-cured tobacco and functional response of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on tobacco aphids (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 28, 768-773.