

بررسی اثر دما روی واکنش تابعی کفشدوزک شکارگر *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آرد آلود مرکبات *Planococcus citri*

اله‌ام محمصیان^۱، حسین رنجبر اقدم^۲ و هاجر پاک‌یاری^۱

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ایران.

۲- موسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مسئول مکاتبات: حسین رنجبر اقدم، پست الکترونیک: hossein_ghdam2003@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۶

۱-۱۱ (۲) ۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۳

چکیده

از جمله معیارهای مهم در ارزیابی یک دشمن طبیعی برای برنامه‌های مه‌ار زیستی، داشتن واکنش تابعی مناسب به تغییرات تراکم طعمه یا میزان می‌باشد. در این پژوهش، واکنش تابعی حشرات کامل نر و ماده و لاروهای سن سوم کفشدوزک شکارگر کریپتولموس در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی $10 \pm 60\%$ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی روی تراکم‌های مختلف پوره‌ی شپشک آرد آلود بررسی شد. تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای مربوطه، طبق روش تجزیه‌ی دو مرحله‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که واکنش تابعی حشرات کامل ماده، نر و لارو سن سوم کفشدوزک در دماهای مورد بررسی، به‌غیر از واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک در دمای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس، از نوع دوم است. واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک در دمای یاد شده از نوع سوم بود. براساس برآورد پارامترهای واکنش تابعی، با افزایش دما از ۱۵ تا ۳۵ درجه‌ی سلسیوس، بر قدرت جستجوگری حشرات کامل ماده و نر کفشدوزک افزوده شد و از زمان دستیابی بر طعمه کاسته شد، ولی در دمای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس این روند برعکس بود. در مورد واکنش تابعی لارو سن سوم با افزایش دما از دمای ۱۵ تا ۲۸ درجه‌ی سلسیوس، بر قدرت جستجوی لارو سن سوم کفشدوزک افزوده شده و از زمان دستیابی بر طعمه کاسته شد، ولی در دمای ۳۰ تا ۴۰ درجه‌ی سلسیوس این روند برعکس شد. نتایج این بررسی نشان داد تغییرات دما روی واکنش تابعی کفشدوزک کریپتولموس مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: *Cryptolaemus montrouzieri*، شپشک آرد آلود مرکبات، دما، واکنش تابعی، مه‌ار زیستی

مقدمه

و ایران نیز در زمره‌ی مناطق انتشار آن می‌باشد (Modares- Aval & Kazemi, 2005). کریوخین (۱۳۲۶) در اولین مقاله‌ای که در مورد شپشک‌های گیاهی منتشر نمود، اظهار داشت که در آمریکای شمالی، روسیه و فلسطین از کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant برای کنترل با شپشک‌ها استفاده می‌شود (Kiriokhin, 1947). این کفشدوزک از خانواده‌ی Coccinellidae (Hodek, 1973) و بومی استرالیای شرقی بوده و از فیجی، سیلان و جنوب چین نیز گزارش شده است (Clausen, 1978).

معیارهای مختلفی برای ارزیابی و انتخاب عوامل کنترل بیولوژیک وجود دارد که یکی از آن‌ها مطالعه‌ی واکنش تابعی می‌باشد (Hassell, 1978). طبق تعریف تعداد

شپشک‌های آرد آلود حشراتی کوچک، کم تحرک و دارای بدنی نرم هستند، که متعلق به دو خانواده‌ی Pseudococcidae و Putoidae می‌باشند. یکی از گونه‌های مهم این شپشک‌ها، شپشک آرد آلود مرکبات با نام علمی *Planococcus citri* Risso است (Hodek, 1973). شپشک آرد آلود مرکبات، *P. citri* تقریباً در سراسر جهان انتشار دارد (Bodenheimer, 1951). شپشک آرد آلود مرکبات با دارا بودن بیش از ۱۸۳ میزان گیاهی از مهم‌ترین آفات اقتصادی و در بسیاری از موارد در بین گونه‌های شپشک‌های آرد آلود مخرب‌ترین گونه در بیشتر مناطق دنیا می‌باشد و بیشترین پراکندگی و انتشار را دارد (Bodenheimer, 1951)

این افزایش به صورت خطی نبوده و به تدریج از شیب منحنی کاسته می‌شود (یعنی دشمن طبیعی به صورت وابسته به عکس تراکم عمل می‌کند). واکنش تابعی نوع دوم اغلب در بندپایان شکارگر دیده می‌شود. ۳- واکنش تابعی نوع سوم، منحنی تعداد میزبان‌های مورد حمله قرار گرفته نسبت به تراکم میزبان و سیگموتیدی شکل است که در آن ابتدا شیب منحنی افزایش یافته (یعنی وابسته به تراکم عمل می‌کند)، ولی بعد با افزایش تراکم میزبان روند کاهشی نشان می‌دهد. مدل واکنش تابعی نوع سوم اغلب در مهره‌داران شکارگر دیده می‌شود (Holling, 1966; Hassell, 1978).
 با توجه به این که دما مهم‌ترین عامل محیطی می‌باشد که روی رشد و نمو (Campbell et al., 1974; Logan et al., 1976; Gilbert & Raworth, 1976)، دینامیسم جمعیت و تغییرات فعالیت‌های فصلی حشرات، کنه‌ها و دشمنان طبیعی آن‌ها (Huffaker et al., 1999)، مؤثر است، در پژوهش حاضر، تأثیر این فاکتور مهم محیطی روی واکنش تابعی کفشدوزک شکارگر کریپتولموس به عنوان بخش مهمی از رفتارهای کاوشگری کفشدوزک یاد شده روی شپشک آرد آلود مرکبات مورد بررسی قرار گرفت، تا نتایج به دست آمده در مسیر بهبود و توسعه برنامه‌های مهار زیستی شپشک‌های آرد آلود مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تهیه کلی اولیه

کلی اولیه شپشک آرد آلود *P. citri* و کفشدوزک *C. montrouzieri* از آزمایشگاه کنترل بیولوژیک شهرستان آمل تهیه شد. طبق اظهارات مسئولین آزمایشگاه یاد شده نمونه‌های اولیه برای تشکیل کلی آزمایشگاهی از باغات چای استان مازندران جمع‌آوری شده بود.

پرورش شپشک آرد آلود در اتاق دمای ثابت

برای این منظور از کدو تنبل‌های با قطر همسان و دارای شیارهای طولی استفاده شد. دو عدد کیسه‌ی تخم شپشک آرد آلود به ازای هر کدوی دو کیلویی روی آن‌ها قرار داده شد. پرورش شپشک‌های آرد آلود در اتاق دمای

شکاری که یک شکارگر می‌کشد (و یا تعداد میزبان‌هایی که یک پارازیتوئید مورد حمله قرار می‌دهد)، تابعی از تراکم شکار (ویا میزبان) است و به عنوان واکنش تابعی شناخته می‌شود (Holling, 1966; Pool, 1974; Hassell, 1978; Jervis & Copland, 1996). این عبارت برای اولین بار توسط Solomon (1949) به کار گرفته شده است. به منظور ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی می‌توان پارامترهای به دست آمده از واکنش تابعی یعنی قدرت جستجوگری (a) و زمان دستیابی (T_h) را در گونه‌های مختلف شکارگر یا پارازیتوئیدها مقایسه نمود (Emami et al., 1999). قدرت جستجو (Searching efficiency) یا نرخ حمله عبارت از نسبتی از شکار یا میزبان است که در واحد زمان مورد حمله یک شکارگر یا پارازیتوئید قرار می‌گیرد و همچنین سرعت رسیدن منحنی واکنش تابعی به بالاترین قسمت خود را نشان می‌دهد (Hassell, 1978). هر چه میزان این پارامتر بالاتر باشد، کارایی شکارگر و یا پارازیتوئید، در حمله به میزبان یا طعمه افزایش می‌یابد. زمان دستیابی (Handling time) مدت زمانی است که یک شکارگر برای گرفتن، کشتن و خوردن یک شکار صرف کرده و در طی آن قادر به حمله کردن به شکار دیگری نیست (Juliano, 2001). هر چه میزان این پارامتر کمتر باشد، کارایی دشمن طبیعی بیشتر است (Van Alphen & Jervis 1996).

حداقل ۳ نوع منحنی به عنوان مدل واکنش تابعی وجود دارد (Holling, 1966; Taylor, 1984; Juliano, 2001). در همین راستا سه نوع واکنش تابعی توسط Holling (1959, 1966) تشخیص داده شده و منحنی‌ها و توابع توصیف‌کننده‌ی آن‌ها ارائه شده است. ۱- واکنش نوع اول، در این نوع از واکنش تابعی با افزایش تراکم میزبان، تعداد میزبان‌های مورد حمله قرار گرفته به صورت خطی افزایش می‌یابد تا به یک مقدار حداکثر برسد، ولی در ادامه با افزایش تراکم میزبان، این مقدار ثابت باقی می‌ماند. این حالت در بی‌مهرگان شکارگر نظیر پلانکتون‌ها دیده شده است. ۲- واکنش نوع دوم، در این حالت با افزایش تراکم میزبان، تعداد میزبان‌های مورد حمله افزایش یافته ولی

هر یک از مراحل کفشدوزک بالغ ماده، کفشدوزک بالغ نر و لارو سن سوم کفشدوزک به‌طور جداگانه در هر دما انجام شد. برای این آزمایش‌ها هر فرد شکارگر فقط یک‌بار در هر تراکم مورد استفاده قرار داده شد.

برای تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای آن، از روش دو مرحله‌ای (2001) Juliano استفاده شد. مرحله‌ی اول: تعیین نوع واکنش تابعی، بدین منظور ابتدا از رگرسیون لجستیک استفاده شد. بر این اساس، نسبت طعمه‌های خورده شده (N_a) نسبت به تراکم اولیه (N_i) میزان روی مدل چند جمله‌ای لجستیک برازش داده شد. رابطه‌ی ریاضی مدل یاد شده به صورت
$$\frac{N_a}{N_i} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_i + P_2 N_i^2 + P_3 N_i^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_i + P_2 N_i^2 + P_3 N_i^3)}$$
 است که در آن N_a تعداد افراد خورده شده، N_i تعداد اولیه شکار بوده و P_0, P_1, P_2, P_3 پارامترهای مدل هستند که با استفاده از نرم افزار SAS و با روش CATMOD برآورد شدند (Juliano, 2001). منحنی این مدل، دارای سه قسمت اصلی خطی، درجه‌ی دو و درجه‌ی سه می‌باشد. با توجه به این که در واکنش تابعی نوع دوم با افزایش تراکم میزبان از نسبت میزبان‌های خورده شده کاسته می‌شود (وابسته به عکس تراکم)، بر این اساس در این مدل، قسمت ابتدای منحنی واکنش تابعی یعنی بخش خطی آن دارای شیب منفی بوده و در همین راستا عدد برآورد شده برای آن نیز منفی خواهد بود (Juliano, 2001). در حالی که در واکنش تابعی نوع سوم، با افزایش تراکم میزبان، ابتدا نسبت میزبان‌های خورده شده افزایش یافته (وابسته به تراکم میزبان) و سپس از میزان آن کاسته می‌شود و به همین دلیل عدد برآورد شده برای قسمت خطی منحنی واکنش تابعی مثبت بوده و نشانگر مثبت بودن شیب منحنی خواهد بود. بنابراین، با استفاده از علامت مثبت یا منفی قسمت خطی منحنی نوع واکنش تابعی (نوع دوم و یا سوم) تعیین شد.

مرحله‌ی دوم: برآورد پارامترهای واکنش تابعی، در راستای برآورد پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T_h)، با توجه به این که در پژوهش حاضر در طول دوره‌ی ۲۴ ساعته‌ی هر آزمایش، افراد خورده شده جایگزین نشده بود،

ثابت با دمای 29 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶:۸ (L:D) ساعت انجام شد.

پرورش کفشدوزک

بعد از این که جمعیت شپشک‌های آردآلود روی کدوها به‌میزان کافی افزایش یافت، حشرات کامل کفشدوزک‌های *C. montrouzieri* روی آن‌ها رهاسازی شد. پرورش کفشدوزک در ظروف مناسب پلاستیکی با درپوش توری به ابعاد ۶۰ در ۴۰ سانتی‌متر در اتاق پرورش حشرات با دمای 29 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶:۸ (L:D) ساعت انجام شد. پرورش کفشدوزک‌ها تا سه نسل به‌منظور تثبیت کلنی ادامه یافت و از نسل سوم آزمایشگاهی کفشدوزک برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

انجام آزمایش واکنش تابعی:

ارزیابی واکنش تابعی کفشدوزک کریپتولموس روی شپشک آردآلود *P. citri* در اتاقک‌های رشد در دماهای ثابت ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و ۱۶ ساعت روشنایی در هر شبانه روز، در ظروف پتری پلاستیکی در پوش دار با قطر ۶ سانتی‌متر انجام شد. برای انجام آزمایش‌های از حشرات کامل نر و ماده و لاروهای سن سوم کفشدوزک به‌طور جداگانه، که بعد از خروج پوسته‌ی مرحله‌ی قبل به مدت ۲۴ ساعت بدون غذا نگهداری شده بودند، به‌عنوان شکارگر استفاده شد. در کلیه‌ی آزمایش‌ها از پوره‌های سنین دوم و سوم شپشک آرد آلود مرکبات به‌عنوان شکار استفاده شد. در بررسی واکنش تابعی کفشدوزک‌های بالغ نر و ماده، ۸ تراکم ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ عددی پوره‌های شپشک آردآلود و برای بررسی واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک از تراکم‌های ۵، ۱۰، ۴۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ عددی پوره‌های شپشک استفاده شد. برای انجام آزمایش‌ها، ابتدا در هر دما تراکم‌های پیش‌بینی شده از میزبان در ۵ تکرار در داخل ظروف پتری دیش با قطر ۶ سانتی‌متر قرار داده شد. در مرحله‌ی بعدی یک عدد شکارگر در هر ظرف رهاسازی شد و بعد از ۲۴ ساعت، تعداد افراد خورده شده در هر ظرف با شمارش افراد زنده‌ی باقیمانده مشخص شد. این رویه برای

مشخص شد که حشرات کامل ماده‌ی کفشدوزک کریپتولموس نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان خود به صورت وابسته به عکس تراکم عمل کرده‌اند. پس از مشخص شدن نوع واکنش تابعی، داده‌های مربوطه به واکنش تابعی حشرات کامل ماده با مدل واکنش تابعی نوع دوم ارائه شده توسط Rogers برآزش داده شد و پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T_h) در هر یک از دماهای مورد بررسی برآورد شدند (جدول ۲). منحنی تغییرات واکنش تابعی کفشدوزک‌های ماده‌ی کریپتولموس در دماهای مختلف در شکل یک نشان داده شده است.

جدول ۱- برآورد پارامترهای رگرسیون لجستیک به منظور تعیین نوع واکنش تابعی حشرات کامل ماده‌ی کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آرد آلود مرکبات *Planococcus citri* در دماهای مختلف.

Table 1- Estimation of the parameters of logistic regression, in order to determine the type of functional response of the adult female *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug, *Planococcus citri* at different temperatures.

Temperature (°C)	Constant	Linear (NO)	NO ₂	NO ₃
15	-1.214	-0.0121	-4.860000	7.749
20	0.933	-0.0884	0.000956	-3.460
25	0.763	-0.0563	0.000613	-2.260
28	1.345	-0.0797	0.000863	-3.046
30	1.852	-0.0908	0.000948	-3.236
35	2.674	-0.01160	0.001230	-4.196
40	-0.230	-0.0402	0.000323	-1.066

واکنش تابعی حشرات کامل نر در دماهای مختلف

نتایج حاصل از بررسی برآزش داده‌ها روی مدل لجستیک و مقادیر برآورد شده برای سه قسمت منحنی (خطی، درجه ۲ و درجه ۳) نسبت طعمه‌ی (پوره‌های سن سوم شپشک آرد آلود مرکبات) خورده شده توسط حشرات کامل نر کفشدوزک شکارگر، در دماهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد، در تمام دماهای مورد بررسی، با توجه به این که اعداد برآورد شده برای قسمت خطی منحنی در تمام موارد منفی بود، واکنش تابعی حشرات کامل کفشدوزک

از مدل‌های ارائه شده برای واکنش تابعی نوع دوم و سوم توسط Rogers (1972) استفاده شد. طبق نظر Rogers (1972) و Juliano (2001) در حالتی که در طول زمان از تراکم میزبان در آزمایش‌های واکنش تابعی در اثر تغذیه کاسته شود، مناسب‌ترین مدل‌ها برای توصیف واکنش تابعی نوع دوم و سوم به ترتیب از انتگرال مدل‌های ارائه شده توسط Holling (1966) و Hassell (1978) به دست می‌آید تا نقش تغییرات تراکم میزبان در طول مدت آزمایش در نظر گرفته شود. بر این اساس مدل توصیف کننده‌ی واکنش تابعی نوع دوم به شکل، $N_a = N_i \{1 - \exp[\alpha(T_h N_a - T)]\}$ است (Rogers, 1972). که در آن N_i تراکم اولیه‌ی طعمه، N_a تعداد طعمه‌های خورده شده، \exp پایه لگاریتم طبیعی، a قدرت جستجو، T کل زمان آزمایش و T_h زمان دستیابی است.

به همین ترتیب، واکنش تابعی نوع سوم به شکل، $N_a = N_i \{1 - \exp[(d + bN_i)(T_h N_a - T)/(1 + cN_i)]\}$ بیان شده است (Rogers, 1972; Juliano, 2001)، که در آن d ، b و c ضرایب ثابت مدل و سایر اجزا مثل مدل واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد. در این حالت قدرت جستجو (a) تابعی از تراکم اولیه بوده و با رابطه‌ی، $a = (d + bN_i)/(1 + cN_i)$ (Juliano, 2001) اجزای این تابع نیز مثل مدل واکنش تابعی نوع سوم توصیف می‌شود.

نتایج

واکنش تابعی حشرات کامل ماده در دماهای مختلف

نتایج حاصل از بررسی برآزش داده‌ها روی مدل لجستیک و مقادیر برآورد شده برای سه قسمت منحنی (خطی، درجه‌ی ۲ و درجه‌ی ۳) نسبت طعمه‌ی (پوره‌های سن سوم شپشک آرد آلود مرکبات) خورده شده توسط کفشدوزک شکارگر، در دماهای مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده با توجه به این که اعداد برآورد شده برای قسمت خطی منحنی در تمام موارد منفی بود، واکنش تابعی حشرات کامل کفشدوزک کریپتولموس ماده از نوع دوم تعیین شد. به عبارت دیگر

بررسی برآورد شدند (جدول ۴). منحنی تغییرات واکنش تابعی کفشدوزک های نر کریپتولموس در دماهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است.

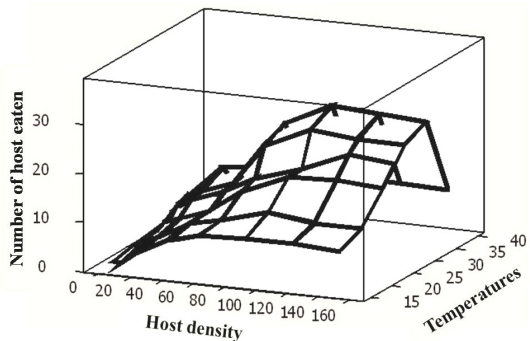
کریپتولموس نر از نوع دوم می باشد. پس از مشخص شدن نوع واکنش تابعی، داده های مربوطه به واکنش تابعی حشرات کامل ماده با مدل واکنش تابعی نوع دوم ارائه شده توسط Rogers برازش داده شد و پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T_h) در هر یک از دماهای مورد

جدول ۲- برآورد پارامترهای واکنش تابعی حشرات کامل ماده کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آردآلود مرکبات *Planoccocus citri* با استفاده از مدل واکنش تابعی نوع دوم (راجرز) در دماهای مختلف.

Table 2- Estimation functional response parameters of the adult female of *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug *Planoccocus citri* at different temperatures by using Rogers functional response model (type II).

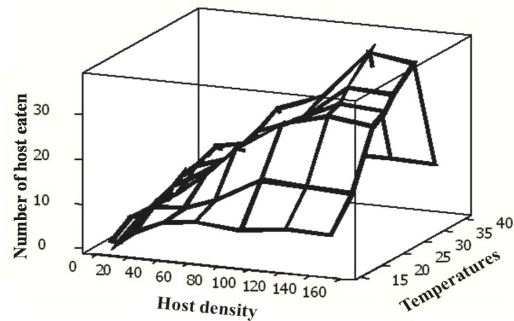
Temperature (°C)	Handling time		Searching efficiency		R ²
	T _h ± SE	C. I. ¹	a ± SE	C. I.	
15	0.279±2.314	1.748-2.879	0.004±0.015	0.006-0.025	90.24
20	1.158±1.290	0.970-1.610	0.006±0.024	0.010-0.038	91.59
25	0.075±0.571	0.417-0.724	0.005±0.029	0.018-0.039	95.48
28	0.087±0.527	0.349-0.704	0.005±0.027	0.015-0.038	94.44
30	0.096±0.508	0.313-0.703	0.008±0.031	0.015-0.047	92.27
35	0.056±0.431	0.316-0.545	0.005±0.035	0.023-0.046	96.71
40	0.216±1.821	1.383-2.259	0.008±0.024	0.008-0.040	89.45

1-Confidence Interval ($\alpha = \%95$).



شکل ۲- منحنی سه بعدی واکنش تابعی حشرات کامل نر کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آردآلود مرکبات *Planoccocus citri* در دمای مختلف.

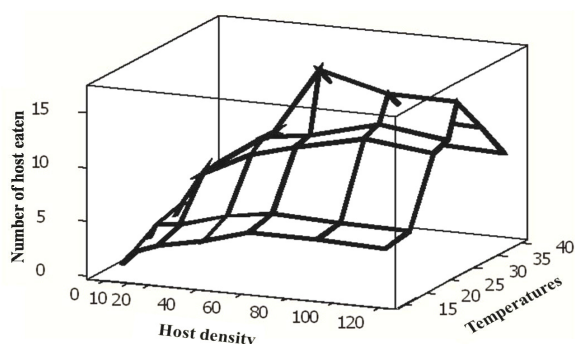
Fig. 2- Tridimensional functional response curve of the adult male *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug, *Planoccocus citri* at different temperatures.



شکل ۱- منحنی سه بعدی واکنش تابعی حشرات کامل ماده کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آردآلود مرکبات *Planoccocus citri* در دمای مختلف.

Fig. 1- Tridimensional functional response curve of the adult female *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug, *Planoccocus citri* at different temperatures.

نوع دوم می‌باشد و در دمای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس عدد برآورد شده برای قسمت خطی منحنی مثبت بود، واکنش تابعی از نوع سوم می‌باشد. پس از مشخص شدن نوع واکنش تابعی، داده‌های مربوطه به واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک با مدل واکنش تابعی نوع دوم و سوم ارائه شده توسط Rogers برای برآورد داده شد و پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T_{hi}) در هر یک از دماهای مورد بررسی برآورد شدند (جدول ۶). منحنی تغییرات واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک کریپتولموس در دماهای مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- منحنی سه بعدی واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آردآلود مرکبات *Planoccocus citri* در دمای مختلف.

Fig. 3- Tridimensional functional response curve of the third instar larva of *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug, *Planoccocus citri* at different temperatures.

واکنش تابعی لاروهای سن سوم کفشدوزک در دماهای مختلف

نتایج حاصل از بررسی برآورد داده‌ها روی مدل لجستیک و مقادیر برآورد شده برای سه قسمت منحنی (خطی، درجه‌ی ۲ و درجه‌ی ۳) نسبت طعمه‌ی (پوره‌های سن سوم شپشک آرد آلود مرکبات) خورده شده توسط لاروهای سن سوم کفشدوزک شکارگر، در دماهای مختلف در جدول پنج ارائه شده است

جدول ۳- برآورد پارامترهای رگرسیون لجستیک به منظور تعیین نوع واکنش تابعی حشرات کامل نر کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آرد آلود مرکبات *Planoccocus citri* در دماهای مختلف. Table 3- Estimation of the parameters of the logistic regression, in order to determine the type of functional response of the adult male *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug *Planoccocus citri* at different temperatures.

Temperature (°C)	Constant	Linear (NO)	NO ₂	NO ₃
15	-1.095	-0.018	0.000115	-4.620
20	-0.233	-0.040	0.000346	-1.260
25	0.237	-0.053	0.000194	-2.046
28	0.950	-0.071	0.000715	-2.436
30	1.257	-0.071	0.000726	-2.586
35	1.890	-0.089	0.000926	-3.246
40	-0.451	-0.043	0.000369	-1.246

براساس نتایج به دست آمده مشخص شد، در تمام دماهای مورد بررسی به غیر از دمای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس، با توجه به اینکه اعداد برآورد شده برای قسمت خطی منحنی منفی بود، واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک کریپتولموس از

جدول ۴- برآورد پارامترهای واکنش تابعی حشرات کامل نر کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آردآلود مرکبات *Planoccocus citri* با استفاده از مدل واکنش تابعی نوع دوم (راجرز) در دماهای مختلف.

Table 4- Estimation functional response parameters of the adult male of *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug *Planoccocus citri* at different temperatures by using Rogers functional response model (type II).

Temperature (°C)	Handling time		Searching efficiency		R ²
	T _h ± SE	C. I. ¹	a ± SE	C. I.	
15	2.011±0.223	1.558-2.464	0.018±0.005	0.008-0.028	90.24
20	1.838±0.016	1.402-2.075	0.023±0.005	0.011-0.034	91.59
25	1.031±0.018	0.811-1.250	0.022±0.004	0.013-0.030	95.48
28	0.915±0.011	0.682-1.147	0.028±0.006	0.014-0.041	94.44
30	0.793±0.075	0.640-0.946	0.038±0.008	0.022-0.054	92.27
35	0.753±0.083	0.583-0.923	0.048±0.013	0.021-0.076	96.71
40	2.244±0.254	1.729-2.759	0.019±0.005	0.007-0.031	89.45

Confidence Interval (α= %95).

جدول ۵- برآورد پارامترهای رگرسیون لجستیک به منظور تعیین نوع واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آرد آلود مرکبات *Planoccocus citri* در دماهای مختلف

Table 5- Estimation of the parameters of the logistic regression, in order to determine the type of functional response of the third instar larva of *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug *Planoccocus citri* at different temperatures.

Temperature (°C)	Constant	Linear (N0)	N0 ₂	N0 ₃
15	-1.042	-0.004	0.000458	-1.426
20	-0.024	-0.066	0.000676	-2.636
25	-0.214	-0.025	0.000095	-2.137
28	-0.088	-0.027	0.000090	-1.017
30	-0.480	-0.011	0.000015	-2.370
35	-0/394	-0.019	0.000040	-8.758
40	-1.067	0.005	-0.000043	2.275

جدول ۶- برآورد پارامترهای واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* روی شپشک آردآلود مرکبات *Planoccocus citri* با استفاده از مدل واکنش تابعی نوع دوم و سوم (راجرز) در دماهای مختلف.

Table 6- Estimation functional response parameters of the third instar larva of *Cryptolaemus montrouzieri* on citrus mealybug *Planoccocus citri* at different temperatures by using Rogers functional response model (type II, III).

Temperature (°C)	Handling time		Searching efficiency		R ²
	T _h ± SE	C. I. ¹	a ± SE	C. I.	
15	4.117±0.458	3.185-5.049	0.014±0.004	0.005-0.023	90.24
20	4.118±0.425	3.252-4.983	0.034±0.015	0.003-0.066	91.59
25	1.752±0.107	1.532-1.971	0.034±0.006	0.021-0.046	95.48
28	1.662 ±0.284	1.084-2.241	0.036±0.018	0.003-0.073	94.44
30	1.163±0.184	0.784-1.541	0.029±0.009	0.010-0.047	92.27
35	1.653±0.166	1.315-1.991	0.031±0.008	0.014-0.048	96.71
40	3.070±0.170	2.724-3.416	0.002±0.006	0.006-0.003	89.45

1-Confidence Interval (α= %95).

بحث

ماده‌ی کفشدوزک کریپتولموس نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود مرکبات در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد را از نوع دوم بیان کرده است که با نتایج حاصل در این تحقیق نیز هم‌خوانی دارد. پارامترهای اصلی واکنش تابعی قدرت جستجو (Searching efficiency) و زمان دستیابی (Handling time) می‌باشد. هر قدر میزان قدرت جستجو (a) بالاتر و زمان دستیابی (T_h) یک دشمن طبیعی کمتر باشد کارایی پارازیتوئید و یا شکارگر در حمله به میزبان یا طعمه افزایش می‌یابد (Van Alphen & Jervis, 1996). در این پژوهش، این دو پارامتر برای بررسی میزان کاوشگری مراحل مختلف زیستی کفشدوزک کریپتولموس (حشرات کامل ماده و نر و لارو سن سوم) روی پوره‌های شپشک آرد آلود مرکبات در دماهای مختلف (از دمای ۱۵ تا ۴۰ درجه‌ی سلسیوس) برآورد شد. عبداللهی آهی و همکاران (۱۳۸۹)، در بررسی واکنش تابعی کفشدوزک ماده کریپتولموس روی پوره سن سوم شپشک آردآلود مرکبات، در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 80 ± 5 درصد، میزان قدرت جستجو و زمان دستیابی آن را به ترتیب 0.13 و 0.843 با ضریب تبیین $69/07$ برآورد کرده بودند. در تحقیق حاضر، این دو پارامتر در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد، در مراحل زیستی مشابه شکار و شکارگر نشان داد که قدرت جستجوگری مرحله‌ی یاد شده 0.22 و زمان دستیابی آن 0.524 با ضریب تبیین $95/65$ است که با نتایج عبداللهی آهی و همکاران (۱۳۸۹) اختلاف داشت. این تفاوت می‌تواند به دلایل مختلفی مثل تفاوت در نژادهای کفشدوزک و میزبان حادث شده باشد. البته با توجه به ضریب تبیین بالاتر به دست آمده در این بررسی به نظر می‌رسد نتایج حاصل در تحقیق حاضر از دقت بیشتری برخوردار باشد (Abdolahi, 2010).

اگرچه واکنش تابعی بی‌مهرگان شکارگر بیشتر از نوع دوم گزارش شده است (Jervis & Coplant, 1996)، اما حشرات شکارگر یا پارازیتوئید دارای واکنش تابعی نوع سوم از کارایی به مراتب بیشتری برخوردار هستند، به‌طوری

با توجه به این که واکنش تابعی از مهم‌ترین ویژگی‌های رفتاری می‌باشد که اثرات متقابل شکار شکارگر (Prey-Predator) و میزبان پارازیتوئید (Host-Parasitoid) را نشان می‌دهد (Fathipour *et al.*, 2006)، در تحقیق حاضر تغییرات رفتار کاوشگری مراحل مهم و فعال کفشدوزک شکارگر *C. montrouzieri* از نظر شکارگری روی شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* در دماهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات Hodek & Honek (1996) نشان داده بود که لاروهای سن سوم و چهارم و حشرات کامل کفشدوزک‌ها از قدرت تغذیه‌ای بالایی برخوردار بوده و مهم‌ترین مراحل نشو و نمای این شکارگر، در کنترل بیولوژیک آفات محسوب می‌شوند. همچنین عبداللهی آهی (۱۳۸۹)، لاروهای سنین اول، دوم و سوم کفشدوزک و قربانیان (۱۳۸۹)، حشرات بالغ نر و ماده و لارو سن سوم کفشدوزک را دارای بیشترین پتانسیل تغذیه‌ای معرفی نموده‌اند. براین اساس، در این تحقیق برای انجام آزمایش‌های مربوط به واکنش تابعی از دو مرحله زیستی حشرات کامل (نر و ماده) و لارو سن سوم کفشدوزک استفاده شد (Abdolahi Ahi, 2010; Ghorbanian, 2010). براساس تحقیقات Gotoh *et al.* (2004) روی کفشدوزک *Coelophora inaequalis* و Fabricius و Perves & Omkar (2005) روی کفشدوزک *Coccinella transversalis* Fabricius و Seko & Miura (2008) روی کفشدوزک *Harmonia axyridis* Pallas واکنش تابعی بسیاری از کفشدوزک‌ها از نوع دوم بوده و در مواردی در برخی از مراحل نشو و نمای آن‌ها داشتن نوع سوم واکنش تابعی نیز گزارش شده است. در همین راستا، نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که واکنش تابعی کفشدوزک کریپتولموس در مراحل حشرات کامل نر و ماده و نیز لارو سن سوم در دماهای مختلف، از نوع دوم است و تنها در دمای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس واکنش تابعی لارو سن سوم کفشدوزک از نوع سوم مشاهده شد که با نتایج به دست آمده توسط پژوهشگران یاد شده مطابقت داشت. قربانیان (۱۳۸۹) واکنش تابعی حشرات کامل نر و

کفشدوزک کریپتولموس برای کنترل شپشک آردآلود مرکبات در فصول و مناطق گرم‌تر موفقیت بیشتری در پی داشته باشد.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر بخشی از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد نگارنده‌ی اول می‌باشد. این پایان‌نامه، با استفاده از امکانات و مساعدت‌های بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک موسسه‌ی تحقیقات گیاه پزشکی کشور انجام شده است. نویسندگان لازم می‌دانند بدین وسیله از زحمات و همکاری‌های مسئولین و کارکنان محترم بخش یاد شده در این خصوص، مراتب سپاس و امتنان خود را اعلام نمایند.

که به اعتقاد Hassell (1978) و Hassell *et al.* (1984) فقط در واکنش‌های تابعی نوع سوم، شکارگر می‌تواند جمعیت طعمه (آفت) را به تعادل برساند. با این حال، در پژوهش حاضر در تمام دماهای مورد بررسی، به جز یک مورد، واکنش تابعی مراحل مختلف مورد بررسی در تمامی دماها از نوع دوم بود. فقط در مورد لاروهای سن سوم کفشدوزک کریپتولموس، در دمای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس واکنش تابعی از نوع سوم تعیین شد. با توجه به این موضوع و مشاهده افزایش قدرت جستجوگری و کاهش زمان دستیابی مراحل مورد بررسی این شکارگر با افزایش دما به خصوص تا دماهای بالاتر (بین ۳۰ تا ۳۵ درجه‌ی سلسیوس)، که رخداد آن در فصل اوج فعالیت شپشک‌های آردآلود بیشتر محتمل است، انتظار می‌رود که استفاده از

References

- Abdolahi Ahi, Gh. 2010.** Functional Response of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col.; Coccinellidae) to Citrus Mealybug, *Planococcus citri* (Risso) (Hom.; Pseudococcidae) Under Laboratory Conditions. M.Sc. thesis of agricultural entomology. Plant protection department, Gorgan University, 124pp.
- Bodenheimer, P. 1951.** Citrus Entomology. Groningen Publishing Company, 663pp.
- Clausen, C. P. 1978.** Introduced Parasites and Predators of Arthropod Pests and Weeds. Agriculture Handbook, United States, Department of Agriculture, 545pp.
- Campbell, A., Frazer, B. D., Gilbert, N., Gutierrez, A. P. & Makauer. M. 1974.** Temperature requirements of some aphids and their parasites. Journal of Applied Ecology, 11: 431-438.
- Emami, M. S., Sahragard, A. & Hajizade, J. 1999.** Effect of different temperatures on development of *Scymnus syriacus* (Col: Coccinellidae). Journal of Applied Entomology and Phytopathology, 17:35-40.
- Fathipour, Y., A. Hosseini, A. A. Talebi & Moharramipour S. 2006.** Functional response and mutual interference of *Diaertiella rapae* (Hymenoptera: aphidiidae) on *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). Entomologica Fennica, 17:90-97.
- Ghorbanian, S. 2010.** Biology and efficiency of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) against *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae) *Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd. MSc thesis, Universities of Tehran, Aboureihan Campus, 97pp.
- Gilbert, N. and Raworth, D. A. 1996.** Insects and temperature, a general theory. Canadian Entomologist, 128: 1-13.
- Gotoh, T., Nozawa, M. & Yamaguchi, K. 2004.** Prey consumption response of three acarophagous species to egg of the tow-spotted spider mite in the laboratory. Laboratory of Applied entomology and Zoology, Faculty of Agriculture, Ibaraki University, 39(1): 97-105.
- Hassell, M. P. & Waage, J. K. 1984.** Host- parasitoid population interactions. Annual Review of Entomology, 29: 89-114.

- Hassell, M. P. 1978.** The Dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 241pp.
- Hodek, I. 1973.** Biology of Coccinellidae. Academia, Czechoslovak, Academy of Sciences Prague.
- Hodek, I., & Honek, A., 1996.** Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 464 pp.
- Holling, C. S. 1959.** Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Canadian Entomologist, 91: 385-398.
- Holling, C. S. 1966.** The functional response of invertebrate predators to prey density. Memoirs of the Entomological Society of Canada, 48: 1-87.
- Huffaker, C., Berryman, A. & Turchin, P. 1999.** Dynamics and regulation of insect populations, 269-305. In: Huffaker, C. B. & Gutierrez, A. P. (eds.), Ecological Entomology, 2nd ed. Wiley, New York.
- Jervis, M. A. & Copland, M. J. W. 1996.** The life cycle, 63-161. In: Jervis M. & Kidd, N. (eds.), Insect Natural Enemies; Practical Approaches to Their Study and Evaluation. Chapman & Hall, London.
- Juliano, S. A. 2001.** Non-linear curve-fitting: predation and functional response curves, pp. 178-196. In: Scheiner, S. M. & Gurevitch, J. (eds.), Design and Analysis of Ecological Experiments. 2nd ed. Chapman & Hall, New York.
- Kiriokhin, G. 1947.** Mealybugs. Applied Entomology and Phytopathology, 4: 17-33. (In Persian with English summary).
- Logan, J. A., Wollkind, D. J., Hoyt, S. C. & Tanigoshi, L. K. 1976.** An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. Environmental Entomology, 5: 1133-1140.
- Modares-aval, M. & Kazemi, M. H. 2005.** Entomology (General, Applied, Faunistic). Islamic Azad University Press. Tabriz, Iran.
- Pervez, A., & Omkar. G. A. K. 2005.** Functional response of coccinellid predators on illustration of a logistic approach. Journal of Insect Science, 5: 1-6.
- Pool, R. W. 1974.** An Introduction to Quantitative Ecology. Mc. Graw-Hill Pub., New York, 532pp.
- Rogers, D. J. 1972.** Random search and insect population models. Journal of animal Ecology, 41: 369-383.
- Seko, T., & Miura, K. 2008.** Functional response of the lady beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Col.: Coccinellidae) on the aphid *Myzus persicae* Sulzer (Hom: Aphididae). Applied Entomology and Zoology, 43(3): 341-345.
- Solomon, M. E. 1949.** The natural control of animal population, Journal of Animal Ecology, 18: 1-35.
- Taylor, R. J. 1984.** Predation. Chapman and Hall, New York.
- Van Alphen, J. J. M. & Jervis, M. A. 1996.** Foraging behavior, pp.1-62. In: Jervis, M. & Kidd, N. (eds.), Insect Natural Enemies, Practical Approaches to Their study and Evaluation. Chapman & Hall, London, UK.

**Temperature-dependent functional response of mealybug destroyer,
Cryptolaemus montrouzieri on citrus mealybug, *Planococcus citri***

Elham Mohasesian¹, Hossein Ranjbar Aghdam² and Hajar Pakyari¹

1- Islamic Azad University, Takestan, Iran.

2- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Corresponding author: Hossein Ranjbar Aghdam, email: hossein_ghdam2003@yahoo.com

Received: Nov., 24, 2014

2 (2) 1-11

Accepted: Jan. 06, 2015

Abstract

Appropriate functional response to prey or host densities is one of the most important criteria for evaluating efficacy of natural enemies in biological control programs. Functional responses of the adult male and female mealybug destroyer, *Cryptolaemus montrouzieri*, and its 3rd instar larvae on *Pseudococcus citri* were studied at seven constant temperatures ranging from 15 to 40°C, % 60 ± 10 RH, and a photoperiod of 16:8h (L:D). Determination type of functional response model and estimation of related parameters were carried out based on two-stage analysis method by using SAS software. Results showed that functional responses of adult female and male coccinellids and its 3rd instar larvae were type II, except for the 3rd instar larvae at 40°C, which was type III. Estimated values for the functional response parameters showed that with increasing temperature from 15 to 35°C, searching efficiency of *C. montrouzieri* (adult females and males) increased, while values of handling time decreased. At 40°C, the trend was reverse and the values of searching efficiency decreased and handling time increased. In the 3rd instar larvae, by increasing temperature from 15 to 28°C, searching efficiency increased and handling time decreased. While, the trend for temperatures between 30 and 40°C was reverse. The results confirmed that functional response of the *C. montrouzieri* was affected significantly by temperature.

Keywords: *Cryptolaemus montrouzieri*, *Planococcus citri*, temperature, functional response, biological control.
