

**تأثیر دما روی تداخل متقابل کفشدوزک شکارگر *Cryptolaemus montrouzieri*****با تغذیه از شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri***

۱. الهام محمصیان؛ ۲. حسین رنجبر اقدم\*؛ ۳. لادن صدیقی

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان، ایران

۲. دانشیار، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳. دانشجوی دکتری تخصصی حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۹/۲۴)

**چکیده**

کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* مهم‌ترین دشمن طبیعی شپشک *Pseudococcus citri* است. در این پژوهش، تأثیر دماهای مختلف و تراکم‌های مختلف کفشدوزک کریپتولموس روی شکار سرانه، توان جستجوگری و تداخل متقابل کفشدوزک یادشده با تغذیه از پوره‌های *P. citri* بررسی و ارزیابی شد. به منظور برآورد ضریب تداخل از مدل هسل و وارلی استفاده شد. تجزیه واریانس نتایج نشان داد، سرانه شکار کفشدوزک‌های نر و ماده در سطح اطمینان ۹۹ درصد متأثر از اثرات متقابل دما و تراکم شکارگر نیست. درحالی‌که تغییر تراکم شکارگر و دما روی سرانه شکار هر دو جنس کفشدوزک مؤثر بودند. بیشینه و کمینه سرانه شکار کفشدوزک‌های نر ۱۶/۸۳ و ۷/۹۶ عدد پوره شپشک به ترتیب در تراکم‌های یک و هشت عدد کفشدوزک برآورد شد. از سوی دیگر، بیشینه و کمینه سرانه شکار کفشدوزک‌های ماده ۲۴/۱۷ و ۹/۵۹ عدد پوره شپشک در تراکم‌های یک و هشت عدد کفشدوزک بود. بر پایه نتایج به دست آمده مشخص شد افزایش تراکم کفشدوزک موجب کاهش سرانه شکار و توان جستجوگری آنها می‌شود. درحالی‌که افزایش دما موجب افزایش شکار سرانه و توان جستجوگری کفشدوزک‌ها می‌شود. درنهایت مشخص شد تغییر دما و نسبت شکارگر-شکار روی میزان تداخل متقابل کفشدوزک کریپتولموس مؤثر است.

**کلیدواژگان:** تداخل متقابل، رفتار کاوشگری، شکار-شکارگر، کفشدوزک کریپتولموس.

**مقدمه**

شده است (Kihaniyan 2002). شپشک آردآلود مرکبات، *P. citri* تا حدودی در سراسر جهان انتشار دارد (Bodenheimer 1951). شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* با داشتن بیش از ۱۸۳ میزبان گیاهی از مهم‌ترین آفات اقتصادی و در بسیاری از موارد در بین گونه‌های شپشک‌های آردآلود زیان‌بارترین گونه در بیشتر مناطق جهان است و بیشترین پراکندگی و انتشار را دارد

شپشک‌های آردآلود متعلق به خانواده Pseudococcidae، بالاخانواده Coccoidea و راسته Hemiptera بوده و از گذشته دور به‌عنوان آفات مهم کشتزارها، باغ‌ها و گلخانه‌ها اهمیت داشته و مورد توجه خاص بوده‌اند (Cox 1989). در بررسی‌های کیهانیان گونه غالب شپشک‌های آردآلود در بیشتر گلخانه‌های ایران *Planococcus citri* Risso معرفی

حشرات و دشمنان طبیعی آنهاست (Huffaker *et al.* 1999). آفات و دشمنان طبیعی آنها ممکن است در محدوده‌های دمایی متفاوت قادر به فعالیت باشند که شناخت آن دماها پیش از هر اقدامی ضروری است (Roy *et al.* 2002). بررسی تأثیر دماهای مختلف روی زیست‌شناسی، رفتار و کارایی دشمنان طبیعی در استفاده موفقیت‌آمیز از آنها نقش اساسی دارد (Zamani *et al.* 2006). برای ارزیابی میزان کارایی یک شکارگر روی جمعیت میزبان مربوطه، نیاز به بررسی ویژگی‌های پرشماری از جمله واکنش تابعی، واکنش عددی، ترجیح گونه، قابلیت جستجوگری و پتانسیل تولیدمثلی آن است (Badii *et al.* 1999). بنابراین، در این تحقیق تأثیر دما روی تداخل متقابل حشرات بالغ کفشدوزک شکارگر *C. montrouzieri* به‌عنوان بخش مهمی از رفتارهای کاوشگری دشمنان طبیعی بررسی شد، تا ضمن مشخص کردن تأثیر تغییر تراکم شکارگر روی توان جستجوگری آن، در سطحی بالاتر نقش تغییرپذیری دما روی توان جستجوگری و میزان تداخل بین افراد این عامل بیولوژیک ارزشمند بررسی و ارزیابی شد.

### مواد و روش‌ها

کلنی اولیه شپشک آردآلود *P. citri* و کفشدوزک *C. montrouzieri* از آزمایشگاه کنترل بیولوژیک آمل تهیه شد. بنا بر اظهار مسئولان آزمایشگاه یادشده، نمونه‌های اولیه برای تشکیل کلنی‌های آزمایشگاهی از باغ‌های چای استان مازندران گردآوری شده بود. کلنی‌های شپشک و کفشدوزک برای تثبیت کلنی و انجام آزمایش‌های موردنظر به انسکتاریوم بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور منتقل شدند. لازم به یادآوری است که این پژوهش در سال ۱۳۹۳ انجام شد.

### پرورش شپشک آردآلود در اتاق دمای ثابت

برای این منظور از کدوتنبل‌های با قطر همسان و دارای شیارهای طولی استفاده شد. دو عدد کیسه تخم شپشک آردآلود به ازای هر کدوی حدود ۲ کیلوگرم روی آنها قرار داده شد. پرورش شپشک‌های آردآلود در اتاق پرورش حشرات با دمای ثابت  $29 \pm 1$  درجه سلسیوس،

(Bodenheimer 1951) و ایران نیز در زمرة مناطق انتشار آن به شمار آمده است (Modares-aval and Kazemi 2005). کریوخین در نخستین مقاله‌ای که در مورد شپشک‌های گیاهی منتشر کرد، اظهار داشت که در آمریکای شمالی، روسیه و فلسطین از کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant برای کنترل شپشک‌ها استفاده شده است (Kiriokhin 1947). کفشدوزک *C. montrouzieri* از خانواده Coccinellidae و زیرخانواده Scymninae است (Hodek 1973). این شکارگر مهم‌ترین و کارآترین دشمن طبیعی شپشک‌ها است و بومی کشور استرالیا بوده و نخستین بار برای کنترل بیولوژیک کلاسیک شپشک‌ها وارد کالیفرنیا شد (Clausen 1915). بررسی منابع علمی نشان می‌دهند که کفشدوزک *C. montrouzieri* می‌تواند افزون بر تغذیه از شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* و شپشک آردآلود چای مانند شته سیاه چای *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe و کنه قرمز چای *Brevipalpus obovatus* (Murray 1978) نیز حمله کند.

معیارهای مختلفی برای ارزیابی و انتخاب عامل‌های کنترل بیولوژیک وجود دارد که یکی از آنها بررسی نقش تداخل در میزان کاوشگری شکارگرها و انگل‌واره (پارازیتوئید)ها است (Hassell 1978). عامل‌های چندی باعث ایجاد تعادل در واکنش‌های حاکم بین دشمنان طبیعی و میزبان‌هایشان می‌شود. یکی از این عامل‌های ایجادکننده تعادل، ایجاد مزاحمت دشمنان طبیعی برای یکدیگر در هنگام جستجو برای پیدا کردن میزبان یا شکار است. این موضوع نوعی از رقابت درون‌گونه‌ای به‌شمار می‌آید. هنگامی دو انگل‌واره یا شکارگر در یک لکه میزبان (طعمه) به هم برخورد می‌کنند، ممکن است بدون توجه به هم به کار جستجوگری خود ادامه دهند یا جستجوی خود را رها کرده و با هم برخورد متقابل کنند و یا یکی یا هر دو آنها پرگاله (پچ) میزبان را ترک کنند. هر یک از این واکنش‌های رفتاری باعث می‌شود کارایی جستجوگری در یک پرگاله کاهش پیدا کند. این پدیده با نام تداخل متقابل معرفی می‌شود (Jervis and Copland 1996).

دما از عامل‌های محیطی مؤثر بر تحرک کنه‌ها،

کفشدوزک‌های نر و ماده *C. montrouzieri* در هر یک از تیمارهای مورد بررسی با به‌کارگیری معادله Nicholson (1933) به صورت زیر برآورد شد:

$$a = (1/PT) \ln(N_t/N_t - N_a)$$

که در آن  $N_t$ ، تراکم اولیه میزبان (که در این بررسی ۱۳۰ عدد در نظر گرفته شده بود)،  $N_a$  شمار طعمه خورده شده،  $P$  شمار شکارگر،  $T$  مدت زمان انجام آزمایش (که در اینجا برای یک روز،  $T = 1$  در نظر گرفته شد) و  $\ln$  لگاریتم طبیعی است.

تجزیه واریانس نتایج ناشی از آزمایش‌های یادشده به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام و گروه‌بندی تیمارها با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

#### بررسی پدیده تداخل متقابل در کفشدوزک کریبتولموس

در راستای بررسی رخداد پدیده تداخل در هر یک از دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس، با استفاده از داده‌های آزمایش قبل، از مقدارهای  $a$  و  $P$  لگاریتم گرفته و ارتباط رگرسیونی لگاریتم شمار شکارگرها ( $\log P$ ) به عنوان متغیر مستقل و لگاریتم توان جستجو ( $\log a$ ) به عنوان متغیر وابسته بررسی شد. به منظور بررسی وجود تداخل متقابل، مقدارهای مشاهده شده برای لگاریتم توان جستجوگری سرانه به ازای لگاریتم هر یک از تراکم‌های شکارگر، با استفاده از مدل خطی زیر که توسط Hassel and Varley (1969) ارائه شده بود، برازش داده شد:

$$\log a = \log Q - m \log P$$

که در این رابطه،  $m$  شیب خط رگرسیون یا ضریب تداخل است و نشان‌دهنده شدت تداخل است و  $Q$  ثابت جستجو است که با استفاده از عرض از مبدأ خط رگرسیون ترسیم شده قابل برآورد است. در صورت معنی‌دار بودن رابطه بین تراکم کفشدوزک و توان جستجو، نشانه منفی شیب خط رگرسیون ( $m$ ) نشان‌دهنده کاهش توان جستجو به ازای افزایش تراکم کفشدوزک است. در این رابطه،  $m$  فراسنجه (پارامتر) مشخص‌کننده تداخل در اثر تعامل‌های رفتاری میان شکارگرها (یا انگل‌واره‌ها) است. مقدار این فراسنجه میزان درجه تداخل را بین شکارگرها (یا انگل‌واره‌ها) نشان می‌دهد (Beddington 1975)، ولی این فراسنجه

رطوبت نسبی  $10 \pm 60$  درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (L:D) ساعت انجام شد.

#### پرورش کفشدوزک کریبتولموس

پس از اینکه جمعیت شپشک‌های آردآلود روی کدوها افزایش یافت، حشرات کامل کفشدوزک‌های *C. montrouzieri* روی آنها رهاسازی شد. پرورش کفشدوزک در ظرف‌های مناسب پلاستیکی با درپوش توری به ابعاد  $40 \times 40 \times 60$  سانتی‌متر در اتاق پرورش حشرات با دمای  $1 \pm 29$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $10 \pm 60$  درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (L:D) ساعت انجام شد. پرورش کفشدوزک‌ها تا سه نسل به منظور تثبیت کلنی ادامه یافت و از نسل سوم کفشدوزک‌ها برای انجام آزمایش‌های موردنظر استفاده شد.

#### بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف شکارگر و دما روی سرانه شکار و توان جستجوگری کفشدوزک کریبتولموس

به منظور بررسی تغییرپذیری سرانه شکار و توان جستجوگری کفشدوزک‌های نر و ماده کریبتولموس در تراکم‌های مختلف کفشدوزک و دماهای مختلف، آزمایش‌هایی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی کامل تصادفی انجام شد. تراکم‌های شکارگر به ترتیب شمار ۱، ۲، ۴، ۸ عدد از کفشدوزک‌های ماده و نر هر یک به طور جداگانه با عمر کمتر از ۲۴ ساعت از کلنی کفشدوزک‌ها و از یک نسل آزمایشگاهی بودند. افزون بر این عامل دما نیز در سه سطح ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد. برای تغذیه کفشدوزک‌ها تراکم ثابتی از پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود مرکبات (۱۳۰ عدد) به مدت ۲۴ ساعت در اختیار هر یک از افراد در هر تراکم قرار داده شد. تراکم میزبان‌ها طوری انتخاب شد که بیشتر از ظرفیت شکارگری بالاترین تراکم کفشدوزک (هشت عدد) باشد. هر یک از تیمارهای این آزمایش‌ها در شش تکرار و در شرایط نوری شانزده ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی و رطوبت نسبی  $10 \pm 60$  درصد در اتاق رشد انجام شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، شمار شپشک‌های خورده شده ثبت و سرانه شکار به ازای هر کفشدوزک در هر تیمار مشخص شد. در ادامه، سرانه توان جستجوگری ( $a$ )

( $F=1/55$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=6$ ,  $P=0/1779$ ) و ماده کربیتولوموس در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار نیست. در برابر هر یک از تیمارهای تراکم شکارگر و دما از نظر آماری تأثیر معنی‌داری روی سرانه شکار هر دو جنس کفشدوزک کربیتولوموس داشتند. بر این پایه مشخص شد سرانه شکار کفشدوزک‌های نر در سطح اطمینان ۹۹ درصد متأثر از تغییرپذیری تراکم ( $F=0/0001$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=3$ ,  $P=0/0001$ ) و دمای محیط ( $F=33/47$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=2$ ,  $P=0/0001$ ) است. همین‌طور مشخص شد سرانه شکار کفشدوزک‌های ماده نیز در سطح اطمینان ۹۹ درصد متأثر از تغییرپذیری تراکم ( $F=0/0001$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=3$ ,  $P=0/0001$ ) و دمای محیط ( $F=38/29$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=2$ ,  $P=0/0001$ ) است. میانگین سرانه شکار کفشدوزک کربیتولوموس در تراکم‌های مختلف شکارگر و دماهای مورد بررسی و گروه‌بندی میانگین تیمارها بر پایه آزمون توکی در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

تداخل کاذب ایجاد شده در اثر سودمندی پرگاله را به روشنی نشان نمی‌دهد (Free et al. 1977).

تجزیه تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش‌های تداخل و ترسیم شکل‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای Excel 2007 و Minitab ver.14 انجام شد.

## نتایج

**بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف شکارگر و دما روی سرانه شکار کفشدوزک کربیتولوموس**  
بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف شکارگر و دما بر میزان شکار کفشدوزک‌های ماده و نر کربیتولوموس نشان داد در هر یک از تراکم‌های شکارگر، با افزایش دما و کاهش تراکم شکارگر شمار طعمه‌های شکار شده افزایش می‌یابد. تجزیه واریانس نتایج آزمایش بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف شکارگر و دما روی سرانه شکار کفشدوزک کربیتولوموس نشان داد، اثر متقابل دما و تراکم شکارگر روی سرانه شکار کفشدوزک‌های نر

جدول ۱. میانگین ( $\pm$ خطای استاندارد) شمار سرانه شکار پوره‌های شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* توسط کفشدوزک شکارگر *Cryptolaemus montrouzieri* در تراکم‌های مختلف کفشدوزک

Table 1. Mean ( $\pm$ SE) number of per capita preying of *Planococcus citri* nymphs by *Cryptolaemus montrouzieri* in different densities of predator

No. of Predator	Per capita preying of <i>C. montrouzieri</i>		
	Initial number of prey (n)	female	male
1	18	24.17 $\pm$ 2.48 a	16.83 $\pm$ 1.52 a
2	18	20.22 $\pm$ 1.67 b	14.17 $\pm$ 1.30 b
4	18	15.96 $\pm$ 1.57 c	12.14 $\pm$ 1.31 b
8	18	9.59 $\pm$ 0.97 d	7.96 $\pm$ 0.77 c

Mean comparison was done by Tukey test at  $p < 0.05$ .

گروه‌بندی تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده است.

جدول ۲. میانگین ( $\pm$ خطای استاندارد) شمار سرانه شکار پوره‌های شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* توسط کفشدوزک شکارگر *Cryptolaemus montrouzieri* در دماهای مورد بررسی

Table 2. Mean ( $\pm$ SE) number of per capita preying of *Planococcus citri* nymphs by *Cryptolaemus montrouzieri* at examined temperatures

Temperature (°C)	Per capita preying of <i>C. montrouzieri</i>		
	Initial number of Prey (n)	female	male
30	24	22.74 $\pm$ 1.79 a	17.37 $\pm$ 1.14 a
25	24	20.51 $\pm$ 1.38 a	14.15 $\pm$ 0.75 b
20	24	9.20 $\pm$ 0.97 b	6.80 $\pm$ 0.67 c

Mean comparison was done by Tukey test at  $p < 0.05$ .

گروه‌بندی تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده است.

درجه سلسیوس و کاهش تراکم شکارگر در محیط، توان سرانه جستجوگری کفشدوزک کربیتولوموس افزایش می‌یابد (جدول‌های ۳ و ۴). تجزیه واریانس داده‌های به‌دست‌آمده از برآورد توان جستجوگری با به‌کارگیری

**بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف شکارگر و دما روی توان جستجوگری سرانه کفشدوزک کربیتولوموس**  
در بررسی تغییرپذیری توان جستجوگری کفشدوزک‌های مورد بررسی، مشخص شد با افزایش دمای محیط تا ۳۰

کاهش سرانه شمار طعمه خورده شده و همین طور کاهش سرانه توان جستجوگری کفشدوزک های نر و ماده می شود. بنابراین بیشترین سرانه طعمه شکار شده در تراکم یک عدد کفشدوزک ماده در دمای ۳۰ درجه سلسیوس با مقدار عددی ۳۰/۵۰ عدد پوره شپشک آردآلود مرکبات تعیین شد. در برابر کمترین مقدار سرانه طعمه شکار شده در تراکم هشت عدد کفشدوزک ماده و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس با مقدار عددی ۴/۳۵ عدد پوره شپشک آردآلود مشاهده شد. در همین راستا، برای کفشدوزک های نر نیز بیشترین و کمترین مقدار سرانه طعمه شکار شده نیز به ترتیب در دماهای ۳۰ و ۲۰ درجه سلسیوس با مقدار عددی ۲۲/۱۷ و ۳/۶۶ پوره شپشک آردآلود مرکبات ثبت شد. همان طور که مشاهده می شود شمار سرانه طعمه شکار شده در هر دو دامنه بیشینه و کمینه در کفشدوزک های ماده بیشتر از نرها بوده است، که این موضوع می تواند به تفاوت در نیازهای غذایی آنها در طبیعت برگردد. شمار سرانه طعمه خورده شده یکی از عامل های مهم تأثیرگذار روی توان جستجوی سرانه در هر دما و تراکم مورد بررسی، است.

رابطه نیکلسون در تیمارهای مورد ارزیابی نشان داد، توان جستجوگری کفشدوزک نر کریپتولموس از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد متأثر از دما ( $F=31/21$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=2$ ,  $P=0/0001$ ) تراکم شکارگر ( $F=143/06$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=3$ ,  $P=0/0001$ ) و نیز اثر متقابل دما و تراکم شکارگر ( $F=6/62$ ) است. در مورد کفشدوزک های ماده نیز تجزیه واریانس نتایج به دست آمده نشان داد توان جستجوگری آنها نیز از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد متأثر از دما ( $F=19/52$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=2$ ,  $P=0/0001$ ) تراکم شکارگر ( $F=96/43$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=3$ ,  $P=0/0001$ ) و نیز اثر متقابل دما و تراکم شکارگر ( $F=5/31$ ,  $df_e=60$ ,  $df_t=6$ ,  $P=0/0001$ ) است (جدول های ۳ و ۴).

بر این پایه مشخص شد افزایش دما در دامنه دمایی ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس که رخداد آن در دوره های فعالیت این کفشدوزک در طبیعت بیشتر محتمل است، می تواند موجب افزایش توان جستجوگری و در ادامه افزایش شمار سرانه آشکار شده شود. از سوی دیگر مشخص شد، افزایش تراکم کفشدوزک در هر دما موجب

جدول ۳. میانگین ( $\pm$ خطای استاندارد) شمار سرانه شکار توسط کفشدوزک شکارگر ماده *Cryptolaemus montrouzieri* و توان جستجوی آنها روی شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* در دماهای مورد بررسی

Table 3. Mean ( $\pm$ SE) number of per capita preying of *Planococcus citri* by female *Cryptolaemus montrouzieri* and related per capita searching efficacy at studied temperatures

Temperatures (°C)	P (Predator Density)	Na (Per capita preying)	a (Per capita searching efficiency)
20	1	13.66 $\pm$ 1.14	0.1113 $\pm$ 0.0099
25	1	28.33 $\pm$ 2.22	0.2470 $\pm$ 0.0215
30	1	30.50 $\pm$ 4.79	0.2732 $\pm$ 0.0483
20	2	11.75 $\pm$ 1.99	0.0519 $\pm$ 0.0084
25	2	22.33 $\pm$ 0.86	0.0943 $\pm$ 0.0040
30	2	26.58 $\pm$ 0.58	0.1144 $\pm$ 0.0028
20	4	07.04 $\pm$ 0.70	0.0139 $\pm$ 0.0014
25	4	19.75 $\pm$ 0.44	0.0412 $\pm$ 0.0010
30	4	21.08 $\pm$ 0.66	0.0443 $\pm$ 0.0015
20	8	04.35 $\pm$ 0.79	0.0043 $\pm$ 0.0008
25	8	11.62 $\pm$ 0.63	0.0117 $\pm$ 0.0006
30	8	12.81 $\pm$ 0.45	0.0129 $\pm$ 0.0005

برای لگاریتم شمار شکارگر و لگاریتم سرانه جستجوگری، بر پایه مشاهده های آزمایشگاهی در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس، معنی داری رگرسیون خطی در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید شد. ارتباط خطی لگاریتم توان جستجو و لگاریتم تراکم کفشدوزک در دماهای یاد شده در شکل ۱ ارائه شده است.

بررسی تداخل متقابل در حشرات کامل ماده و نر کفشدوزک کریپتولموس و تأثیر تغییر پذیری دما روی آن نتایج ناشی از بررسی رخداد رفتار تداخل متقابل در بین کفشدوزک های نر و ماده کریپتولموس در دماهای مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. همان طور که در جدول ۵ مشاهده می شود، بنا بر تجزیه واریانس رگرسیون خطی مقدارهای محاسبه شده

جدول ۴. میانگین (±خطای استاندارد) شمار سرانه شکار توسط کفشدوزک شکارگر نر *Cryptolaemus montrouzieri* و توان جستجوی آنها روی شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* در دماهای مورد بررسی

Table 4. Mean (±SE) number of per capita preying of *Planococcus citri* by male *Cryptolaemus montrouzieri* and related per capita searching efficacy at studied temperatures.

Temperature (°C)	P (Predator density)	Na (Per capita preying)	a (Per capita searching efficiency)
20	1	10.16 ± 0.70	0.0815 ± 0.0059
25	1	18.17 ± 1.17	0.1508 ± 0.0104
30	1	22.17 ± 2.62	0.1884 ± 0.2512
20	2	08.17 ± 1.50	0.0326 ± 0.0062
25	2	15.25 ± 1.20	0.0625 ± 0.0053
30	2	19.08 ± 1.11	0.0795 ± 0.0050
20	4	05.21 ± 0.31	0.0102 ± 0.0006
25	4	13.29 ± 0.52	0.0270 ± 0.0011
30	4	17.92 ± 0.70	0.0371 ± 0.0016
20	8	03.66 ± 0.60	0.0035 ± 0.0006
25	8	09.89 ± 0.20	0.0099 ± 0.0002
30	8	10.33 ± 0.35	0.0103 ± 0.0004

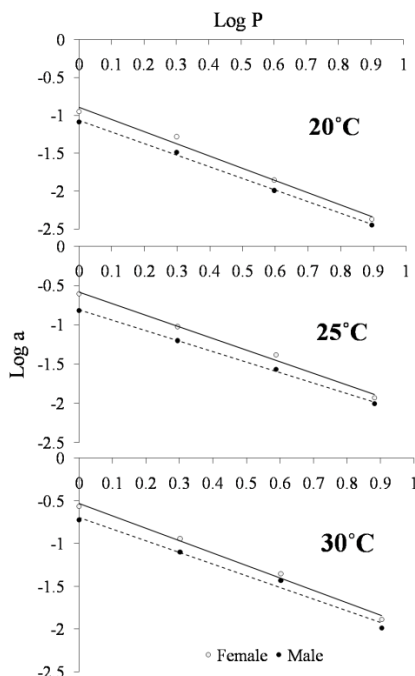
جدول ۵. مدل‌های توصیف‌کننده رابطه خطی بین لگاریتم شمار شکارگر و لگاریتم توان جستجو در دماهای مختلف برای کفشدوزک‌های نر و ماده *Cryptolaemus montrouzieri* بر پایه مدل خطی هسل و وارلی

Table 5. Descriptive models for linear relationship between Log predator density of male and female *Cryptolaemus montrouzieri* and Log searching efficacy at different temperatures, according to Hassell and Varley linear model

Sex	Temperature (°C)	Model	f*	P-value	r <sup>2</sup>
female	20	Log a = - 0.8927 - 1.6013 Log P	181.09	0.0054	0.9890
	25	Log a = - 0.5875 - 1.4389 Log P	264.34	0.0038	0.9925
	30	Log a = - 0.5290 - 1.4560 Log P	301.16	0.0033	0.9934
male	20	Log a = - 1.0665 - 1.5199 Log P	1027.17	0.0009	0.9980
	25	Log a = - 0.8127 - 1.3003 Log P	1397.73	0.0007	0.9985
	30	Log a = - 0.6932 - 1.3659 Log P	145.58	0.0068	0.9864

\* در همه دماها و برای هر دو جنس نر و ماده کفشدوزک درجه آزادی رگرسیون و خطا به ترتیب ۱ و ۲ بود.

\* Degree of freedom for regression and error were 1 and 2, respectively at all studied temperatures for both sexes of *Cryptolaemus montrouzieri*.



شکل ۱. رگرسیون خطی تغییرپذیری لگاریتم توان جستجوگری (a) کفشدوزک‌های ماده (خط سیاه‌رنگ) و نر (نقطه‌چین) *Cryptolaemus montrouzieri* در مقابل لگاریتم تراکم‌های ثابت شکارگر (P) در آزمایش تداخل در دماهای مورد بررسی. دایره‌های توخالی مقادیر مشاهده‌شده برای لگاریتم توان جستجوگری (a) جنس ماده و دایره‌های توپر و سیاه‌رنگ لگاریتم جستجوگری جنس نر کفشدوزک را در مقابل لگاریتم تراکم شکارگر نشان می‌دهد.

Figure 1. Linear regression between Log searching efficacy (a) of female (black line) and male (dotted line) *Cryptolaemus montrouzieri* and Log predator density (P) at studied temperatures.

In each graph, hollow circles represented the values of Log female searching efficacy and black circles represented values of Log male searching efficacy in each density of the predator.

شپشک‌ها کاهش می‌یابد (Sagarra et al. 2000). همین‌طور در تحقیقات انجام‌شده توسط فتحی‌پور و همکاران وجود اثر تداخل در تراکم‌های بالای زنبور انگل‌واره شته مومی کلم اثبات شد (Fathipour et al. 2006). زمانی و همکاران بر این باورند بررسی تأثیر دماهای مختلف روی زیست‌شناسی، رفتار و کارایی دشمنان طبیعی در استفاده موفقیت‌آمیز از آنها نقش اساسی دارد (Zamani et al. 2006). بر این پایه، موضوع مهم دیگری که در کنار بررسی رخداد پدیده تداخل متقابل در کفشدوزک‌های ماده و نر کریپتولوموس در این پژوهش توجه شد، نقش تغییرپذیری دما روی توان جستجوگری و ضریب تداخل بود.

زندگی سوهانی تداخل متقابل حشرات بالغ کفشدوزک هفت نقطه‌ای (*Coccinella septempunctata* (L.) را روی شته خرزهره *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe بررسی کرد (Zandi Sohani 2011). بر این پایه مشخص شد، رابطه بین لگاریتم تراکم کفشدوزک و لگاریتم توان جستجوگری شکارگر، خطی بوده و مقدار عددی ضریب تداخل کفشدوزک مورد بررسی  $0/827-$  بود. منفی بودن ضریب تداخل در تحقیق یادشده نشان داد که تراکم شکارگر به‌عنوان یک عامل وابسته به انبوهی تأثیر خود را بروز می‌دهد و هرچه شمار کفشدوزک‌ها در واحد آزمایشی افزایش می‌یابد، توان جستجوگری آنها کمتر می‌شود. نتایج این تحقیق با بررسی یادشده نیز، همخوانی داشت. در تراکم‌های بالاتر، کفشدوزک‌ها مدت‌زمان بیشتری را در برخورد با دیگر افراد موجود در پیچ صرف می‌کنند و این برخوردها زمان جستجوگری برای طعمه را کاهش می‌دهند.

این بررسی نشان داد افزایش دما در دامنه ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس منجر به افزایش توان جستجوگری در کفشدوزک کریپتولوموس می‌شود. در مقابل افزایش تراکم کفشدوزک در هر یک از دماهای مورد بررسی، برعکس عمل کرده و منجر به کاهش سرانه جستجوگری شد. به همین دلیل بیشترین سرانه شکار طعمه در کمترین تراکم کفشدوزک (نر و ماده) و بالاترین دمای مورد ارزیابی (۳۰ درجه سلسیوس) مشاهده شد. این پژوهش از نظر بررسی تأثیر تغییرپذیری دما روی تداخل متقابل و توان جستجوگری دو جنس نر و ماده کفشدوزک کریپتولوموس

چون در هر سه دمای مورد بررسی برای هر دو جنس نر و ماده کفشدوزک  $P < 0/01$  بود. همین‌طور ضریب تبیین رگرسیون خطی نیز در هر سه دمای مورد ارزیابی بسیار مطلوب بود ( $r^2 > 0/98$ ). بر همین پایه، روابط خطی توصیف‌کننده ارتباط بین متغیرهای لگاریتم شمار شکارگر ( $\log P$ ) و لگاریتم توان جستجو ( $\log a$ ) در هر دما برای هر یک از جنس‌های نر و ماده کفشدوزک تعیین شد (جدول ۵). بر همین پایه، داده‌های شیب‌خط رگرسیون (m) که در مدل خطی هسل و وارلی از آن به‌عنوان ضریب تداخل یاد می‌شود، در هر سه دمای مورد بررسی برای هر دو جنس کفشدوزک منفی بوده که این موضوع نشانگر آن است که با افزایش تراکم کفشدوزک شکارگر، میانگین توان جستجو به ازای هر کفشدوزک در هر سه دما از نظر آماری به‌صورت معنی‌داری کاهش یافته است.

## بحث

با توجه به اینکه تداخل متقابل یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های رفتاری است که اثرهای متقابل شکار-شکارگر و میزبان-انگل‌واره (Host-parasitoid) را نشان می‌دهد (Fathipour et al. 2006)، در این تحقیق به بررسی تغییر این بعد مهم از ابعاد مختلف رفتارهای کاوشگری کفشدوزک کریپتولوموس پرداخته شد. تداخل متقابل یکی از عامل‌های ایجادکننده تعادل در واکنش‌های دشمنان طبیعی و میزبان‌هایشان است که نوعی رقابت درون‌گونه‌ای به‌شمار آمده و باعث کاهش کارایی و توان جستجوگری دشمنان طبیعی می‌شود. این پدیده در مورد دشمنان طبیعی دیگری نیز بررسی شده است. شوکلا پدیده تداخل را در زنبور *Diarietia rapae* McIntosh روی شته *Lipaphis erysimi* (Kalt.) بررسی کرده بود. بر پایه این بررسی، مشخص شد، تراکم زنبور به‌صورت معنی‌داری از توان جستجوی آنها می‌کاهد (Shukla et al. 1997). همچنین در آزمایش‌های انجام‌شده توسط ساگارا و همکاران تداخل متقابل بین ماده‌های *Anagyrus kamali* Moursi روی شپشک‌های آردآلود *Maconellicoccus hirsutus* Green بررسی شد، نتایج این بررسی نشان داده بود که با افزایش شمار ماده‌های انگل‌واره شمار تخم‌های گذاشته‌شده در

دمای انسکتاریوم بالاتر از تراکم بهینه باشد، احتمال بروز تداخل در جمعیت بالا رفته و از میزان موفقیت پرورش انبوه و به تبع آن از بازده (راندمان) تولید دشمن طبیعی کاسته می‌شود. همچنین توجه به موضوع تداخل در رهاسازی انبوه انگل‌واره‌ها و شکارگرها برای موفقیت در برنامه‌های کنترل بیولوژیک اهمیت دارد.

منحصربه‌فرد تلقی می‌شود. در بررسی منابع در مورد تأثیر دما و در سطحی بالاتر اثر متقابل تغییرپذیری تراکم و دما روی نوسان پدیده تداخل مطلبی به دست نیامد. موضوع تداخل در پرورش انبوه شکارگرها و انگل‌واره‌ها اهمیت دارد. چون اگر شمار شکارگرها و انگل‌واره‌های موجود در هر دوره پرورش دشمنان طبیعی بدون توجه به تراکم میزبان و

## REFERENCES

- Badii MH, McMurtry GA, Flores AE** (1999) Rates of development, survival, and predation of immature stages of *Phytoseiulus longipes* (Acari: phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 23: 611-621.
- Beddington JR** (1975) Mutual interference between parasites or predators and its effect on searching efficiency. *Journal of Animal Ecology* 44 (1): 331-340.
- Bodenhimer P** (1951) *Citrus entomology*. Groningen Publishing Company. 663pp.
- Clausen CP** (1915) Mealybugs of citrus trees. *California Agriculture State Bulletin* 258: 19-48.
- Cox JM** (1989) The mealybug genus, *Planococcus* (Homoptera.: Pseudococcidae). *Bulletin British Museum (Natural History) Entomology* 58(1): 1-78.
- Fathipour Y, Hosseini A, Talebi AA, Moharramipour S** (2006) Functional response and mutual interference of *Diaertiella rapae* (Hymenoptera: aphidiidae) on *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). *Entomologica Fennica* 17: 90-97.
- Free CA, Beddington JR, Lawton JH** (1977) On the inadequacy of simple models of mutual interference for parasitism and predation. *Journal of Animal Ecology* 46: 543-544.
- Hassell MP** (1978) *The dynamics of arthropod predator-prey systems*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Hassel MP, Varley GC** (1969) New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. *Nature* 233: 1113-1137.
- Hodek I** (1973) *Biology of Coccinellidae*, Academia, Czechoslovak. Academy of Sciences Prague. 200 pp.
- Huffaker CB, Berryman A, Turchin P** (1999) Dynamics and regulation of insect populations, In: Huffaker CB, Gutierrez AP (eds.), *Ecological Entomology*. 2<sup>nd</sup> ed. Wiley, New York. pp. 269-305.
- Jervis MA, Copland MJW** (1996) The life cycle In: Jervis M and Kidd N (eds.), *Insect natural enemies; practical approaches to their study and evaluation*. Chapman and Hall, London. pp. 63-161.
- Kiriokhin G** (1947) Mealybugs. *Applied Entomology and Phytopathology* 4: 17-33. (In Persian)
- Modares-aval M, Kazemi MH** (2005) *Entomology (general, applied, faunistic)*. Islamic Azad University Press. Tabriz, Iran
- Murray DA** (1978) Effect of fruit fly sprays in the abundance of the abundance of the citrus mealybug *Planococcus citri* (Risso), and its predator, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant on Passion fruit in south eastern Queensland. *Journal of Agriculture and Animal Sciences* 35(2): 143-147.
- Nicholson AJ** (1933) The balance of animal population. *Journal of Animal Ecology* 2: 132-178.
- Roy M, Brodeur J, Cloutier C** (2002) Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology*, 31(1): 177-187.
- Sagarra LA, Vincent C, Stewart RK** (2000) Mutual interference among female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae) and its impact on fecundity, progeny production and sex ratio. *Biological Science and Technology* 10: 239-244.
- Shukla AN, Tripathi CPM, Singh R** (1997) Effect of food plants on numerical response of *Diaertiella rapae*, a parasitoid of *Lipaphis erysimi*. *Biological Agriculture and Horticulture* 14: 71-77.
- Zamani AA, Talebi AA, Fathipour Y, Baniamiri V** (2006) Temperature dependent functional response of two aphid parasitoids, *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphididae), on the cotton aphid. *Journal Pest Science* 79: 183-188.
- Zandi Sohani, N** (2011) Investigation on mutual interference of adult *Coccinella septempunctata* on *Aphis nerii*, First National Conference on Modern Agricultural Sciences & Technologies, University of Zanjan, [http://www.civilica.com/Paper-MAST01-MAST01\\_736.html](http://www.civilica.com/Paper-MAST01-MAST01_736.html).



## Temperature-dependent mutual interference of adult mealybug destroyer, *Cryptolaemus montrouzieri*, feeding on citrus mealybug, *Planococcus citri*

Elham Mohasesian<sup>1</sup>, Hossein Ranjbar Aghdam<sup>2\*</sup> and Ladan Sedighi<sup>3</sup>

1. Former M. Sc. Student, Department of Plant Protection, Islamic Azad University, Takestan, Iran

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

3. Ph. D. Student, Department of Agricultural Entomology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

(Received: Jul. 3, 2015 - Accepted: Dec. 15, 2015)

### ABSTRACT

*Cryptolaemus montrouzieri* is the most important natural enemy of *Pseudococcus citri*. The effects of different temperatures and different densities of *C. montrouzieri* on predation rate, searching efficacy and mutual interference of the mentioned coccinellid feeding on the nymphs of *P. citri* was studied. Hassel and Varley model was applied for estimation of interference constant. According to the ANOVA, per capita predation of the male and female coccinellids was not affected significantly by interaction of temperature and predator density, at 99% confidence level. Both, temperature and predator density had a significant effect on per capita predation rate of the coccinellids. The maximum and minimum predation rates of the males were 16.83 and 7.96 nymphs at 1 and 8 densities, respectively. On the other hand, the maximum and minimum per capita predation rates of the females were 24.17, and 9.59 nymphs at 1 and 8 densities, respectively. Results showed increasing densities of the coccinellids decreased per capita predation rate and decreased per capita searching efficacy. However, increasing temperature resulted in increase of per capita predation rate and per capita searching efficacy of the coccinellids. Finally, it is concluded that different temperatures and prey-predator ratios affect mutual interference of *C. montrouzieri*.

**Keywords:** *Cryptolaemus montrouzieri*, foraging behavior, mutual interference, prey-predator.