

## واکنش تابعی کفشدوزک *Harmonia axyridis* Pallas روی شته توری *Tinocallis kahawaluokalani* Kirkaldy در شرایط آزمایشگاه

مولود غلامزاده چیتگر<sup>۱\*</sup>

۱- <sup>\*</sup> نویسنده مسوول: استادیار، بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران (B\_gh.chitgar60@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۱۲

### چکیده

واکنش تابعی سنین سوم و چهارم لاروی، و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Harmonia axyridis* Pallas در عکس العمل به شته توری *Tinocallis kahawaluokalani* Kirkaldy در شرایط آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. تراکم طعمه برای سنین سه، چهار، نر و ماده بالغ شامل ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۲۰ عدد شته بود. تعداد طعمه‌های شکار شده توسط هر مرحله سنی در هر تراکم پس از ۲۴ ساعت ثبت شد. بر اساس نتایج، در بالاترین تراکم، میانگین شته شکار شده در لاروهای سنین سه، چهار و بالغ‌های نر و ماده به ترتیب ۵/۵۰، ۲/۶۹، ۷۵ و ۸۳/۹ عدد تعیین گردید. نتایج رگرسیون لجستیک در همه مراحل رشدی کفشدوزک نوع دوم واکنش تابعی را نشان داد. با استفاده از مدل راجرز پایین ترین قدرت جستجوگری (۰/۰۵۶۰ بر ساعت) در سن سه لاروی و بالاترین (۰/۱۳۷۰ بر ساعت) در کفشدوزک بالغ ماده بدست آمد. همچنین کوتاهترین و طولانی‌ترین زمان دستیابی به ترتیب در ماده بالغ (۰/۱۸۲۱ ساعت) و سن سه لاروی (۰/۲۸۷۰ ساعت) برآورد شد. با توجه به ویژگی‌های مثبت شکارگری از جمله پرخور بودن و توان جستجوگری بالای ماده‌های بالغ، کفشدوزک *H. axyridis* از ظرفیت شکارگری بالایی برخوردار بوده و می‌تواند در کاهش جمعیت شته *T. kahawaluokalani* مؤثر واقع شود.

کلیدواژه‌ها: واکنش تابعی، شته توری، *Harmonia axyridis* قدرت جستجوگری، زمان دستیابی

### مقدمه

خرداد روی گیاه توری شروع شده و جمعیت آن در مرداد ماه همزمان با گلدهی گیاه به اوج می‌رسد (Gholamzadeh chitgar, 2017a). شته *T. kahawaluokalani* با تغذیه از شیر گیاه و ترشح عسلک فراوان سبب تجمع قارچ دوده روی برگ‌ها می‌شود. این وضعیت با کاهش در عمل فتوسنتز و تخریب کلروپلاست موجب ریزش برگ‌ها شده و با تاثیر منفی روی گلدهی از زیبایی گیاه می‌کاهد (Alverson and Allen, 1992; Doughty et al., 1992; Mizell and Knox, 1993). این موضوع در مورد گیاهان منظر از جنبه تزئینی حائز اهمیت بوده و در خصوص

شته‌ها به عنوان یکی از مهمترین آفات گیاهان زینتی، به طور مستقیم با مکیدن شیره گیاهی و غیر مستقیم با تزریق بزاق سمی، انتقال پاتوژن، جذب مورچه‌ها و تجمع قارچ دوده به گیاه صدمه می‌زنند (Zucchi et al., 1993). شته توری *Tinocallis kahawaluokalani* از مهمترین آفات درختچه توری، *Kirkaldy* بوده که برای اولین بار از ایران *Lagerstroemia* spp. در سال ۱۳۹۶ از منطقه غرب استان مازندران جمع‌آوری، شناسایی و گزارش شد (Gholamzadeh Chitgar, 2017a). فعالیت شته مذکور در ماه‌های اردیبهشت و

دشمنان طبیعی اهمیت به سزایی دارد (Hassel and Waage, 1984). میزان حمله یا قدرت (راندمان) جستجو، نسبت کل منطقه جستجو شده توسط یک دشمن طبیعی در واحد زمان است. این پارامتر توصیف می کند که چگونه منحنی واکنش به سرعت به سطح مجانب می رسد. این پارامتر حداکثر فاصله ای که یک شکارگر می تواند شکار خود را ببیند، سرعت حرکات شکارگر پس از دیدن شکار و نسبت حملات موفق را شرح می دهد (Holling, 1966). زمان دستیابی نیز زمانی است که یک شکارگر صرف تشخیص، تعقیب، کشتن، خوردن یک شکار و سایر فعالیت های زمان بر مرتبط با آن می کند (Holling 1959, 1966). واکنش نسبت به تغییر تراکم طعمه از ویژگی های مهم دشمنان طبیعی است که در کاهش جمعیت آفت تاثیر دارد. این خصوصیت از معیارهای مهم در انتخاب یک شکارگر برای یک برنامه کنترل بیولوژیک است. یک دشمن طبیعی که به افزایش تراکم میزبان یا طعمه خود واکنش نشان دهد و بر میزان تغذیه خود بیفزاید به عنوان یک دشمن طبیعی موفق محسوب می شود (Hull et al., 1977).

با توجه به اینکه درختچه توری بیشتر به عنوان یک گیاه زینتی در فضای سبز مطرح است، کاربرد ترکیبات شیمیایی جهت کنترل آفات در این محیط به دلیل ایجاد اثر مخرب روی محیط زیست و موجودات غیر هدف توصیه نمی شود (Gholamzadeh Chitgar et al., 2018). بر این اساس تلاش هایی برای معرفی و توصیه ترکیبات کم خطر با منشأ گیاهی که در کنترل شته *T. kahawaluokalani* موثر باشند انجام شده است (Gholamzadeh Chitgar, 2017b; 2018). علی رغم این موضوع، شناسایی و به کارگیری عوامل کنترل بیولوژیک در اولویت توجه قرار دارد. جمعیت فراوان و فعال کفشدوزک *H. axyridis* روی درختچه های توری آلوده به شته *T. kahawaluokalani* بی شک نشان از نقش این عامل

درختچه های گلدانی از نظر بازارپسندی و اقتصادی مهم است. بنابراین، کنترل شته *T. kahawaluokalani* قبل از آسیب جدی به درختچه های زینتی مذکور ضروری به نظر می رسد. در بین طیف وسیعی از عوامل مفید فعال روی شته، کفشدوزک آسیایی، *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) به عنوان یکی از شکارگران شته *T. kahawaluokalani* به وفور در کلونی آفت مذکور مشاهده می شود (Herbert and Mizell, 2006). تحقیقات متعددی نقش کفشدوزک *H. axyridis* را به عنوان یک عامل کنترل بیولوژیک شته ها بررسی کرده اند (Seo and Youn, 2000; Ge et al., 2006; Zhang and Liu, 2006; Xue et al., 2009). یکی از روش های بررسی ویژگی های رفتاری شکارگرها، مطالعه واکنش تابعی آن هاست. واکنش تابعی یک پدیده رفتاری (جستجو) است و توصیف می کند که یک دشمن طبیعی چگونه به تغییر تراکم شکارش عکس العمل نشان می دهد. این واژه اولین بار توسط Solomon (1949) ارائه و بعدها توسط Holling (1959) کامل شد. سه نوع متفاوت واکنش تابعی ارائه شده است (Holling, 1959). در واکنش تابعی نوع اول تعداد شکار خورده شده توسط هر شکارگر با افزایش تراکم شکار به صورت خطی افزایش پیدا می کند. در واکنش تابعی نوع دوم تعداد طعمه کشته شده متناسب با افزایش تراکم طعمه با نرخ نزولی افزایش می یابد و در نوع سوم تعداد طعمه کشته شده شبیه مجانب تابع سیگموئیدی است. این نوع واکنش وابسته به انبوهی (density-dependent) می باشد. با در نظر گرفتن اینکه سه نوع واکنش تابعی وجود دارد، در بین بندپایان شکارگر نوع دوم و سوم از واکنش تابعی به طور رایج گزارش شده است (Hassell et al., 1977). در واکنش تابعی دو پارامتر مهم شامل قدرت جستجو<sup>1</sup> ( $a$ ) و زمان دستیابی<sup>2</sup> ( $T_h$ ) در کارایی

- 1- Searching efficiency
- 2- Handling time

### آزمایش واکنش تابعی

برای انجام آزمایش از مراحل مختلف رشدی کفشدوزک شامل سنین سه و چهار لاروی و نیز کفشدوزک‌های بالغ نر و ماده یک‌روزه استفاده شد. کلیه مراحل رشدی همسن بوده و قبل از شروع آزمایش به مدت ۸ ساعت گرسنگی داده شدند. تراکم‌های مختلف از پوره‌های شته توری فراهم و در اختیار شکارگر به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. بر پایه آزمایش‌های اولیه، تراکم‌ها شامل ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۲۰ عدد شته *T. kahawaluokalani* در نظر گرفته شدند. هر مرحله رشدی کفشدوزک به طور جداگانه به همراه طعمه درون پتری ۹ سانتی‌متری قرار داده شد. بعد از ۲۴ ساعت، کفشدوزک از ظروف مربوطه حذف و تعداد شته‌های خورده شده در هر ظرف شمارش و تعیین شدند. آزمایش در دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 10$  درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام و برای هر تراکم ۱۰ بار تکرار شد.

### تجزیه داده‌های آماری

تجزیه‌ی داده‌های واکنش تابعی در دو مرحله انجام شد. بدین ترتیب که ابتدا نوع واکنش تابعی تعیین و پس از آن با استفاده از مدل مناسب پارامترهای واکنش تابعی برآورد شد. هر دو مرحله با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (SAS, 2002). بدین ترتیب که نوع واکنش تابعی توسط رگرسیون لجستیک نسبت شکار خورده شده به عنوان تابعی از تراکم اولیه طعمه مطابق تابع چند جمله‌ای زیر بدست می‌آید (Juliano, 2001):

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

در این رابطه  $N_e$  تعداد شکار خورده شده،  $N_0$  تعداد شکار اولیه و  $P_0$ ،  $P_1$ ،  $P_2$  و  $P_3$  پارامترهایی هستند که باید برآورد شوند. این پارامترها از طریق رویه CATMOD در برنامه SAS تخمین زده شدند. اگر علامت شیب بخش خطی منحنی ( $P_1$ ) منفی باشد نوع

مفید در کنترل شته مذکور دارد. به دلیل اینکه شته توری در چند سال اخیر در ایران شناسایی شده است اطلاعاتی در مورد دشمنان طبیعی آن از جمله کفشدوزک *H. axyridis* و ویژگی شکارگری‌اش وجود ندارد. بنابراین در تحقیق حاضر واکنش تابعی مراحل مختلف رشدی از جمله لاروهای سنین سه و چهار، کفشدوزک‌های نر و ماده و همچنین پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی شکارگر به طعمه مورد ارزیابی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

#### پرورش حشرات

حشرات کامل کفشدوزک *H. axyridis* در حال فعالیت روی برگ درختچه‌های توری آلوده به شته *T. kahawaluokalani* در محوطه فضای سبز ایستگاه تحقیقات گیاهپزشکی تنکابن (غرب استان مازندران) جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. قبل از شروع آزمایش، شناسایی کفشدوزک‌ها از روی خصوصیات ظاهری مهم، از چند منبع علمی انجام شد (Herbert and Mizell, 2006; Bienkowski, 2018). به منظور تغذیه و پرورش کفشدوزک‌ها، این حشرات به ظروف استوانه‌ای شکل از جنس پلاستیک شفاف به قطر ۷ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر حاوی برگ‌های آلوده به شته انتقال داده شدند. روی دهانه‌ی این ظروف، جهت تهویه سوراخی به قطر ۶ سانتی‌متر تعبیه و با پارچه توری پوشانده شده بود. در کف هر ظرف جهت تأمین رطوبت لازم، قطعه‌ای از پنبه مرطوب گذارده شد. ظروف در دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 10$  درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی قرار گرفتند. تغذیه حشرات کامل کفشدوزک با برگ‌های آلوده به شته به طور روزانه انجام و دستجات تخم قرار داده شده توسط افراد ماده جمع‌آوری می‌شد. با خروج لاروها، بدین ترتیب جمعیت همسانی از مراحل مختلف رشدی کفشدوزک به دست آمد.

1996). در کل در کفشدوزک‌ها، لارو سن چهارم نسبت به سنین کوچکتر تغذیه بیشتری داشته و به طور تقریبی ۶۰ تا ۸۰ درصد مصرف طعمه را در بین سایر مراحل لاروی بر عهده دارد (Hodek and Honek, 1996).

کفشدوزک‌های بالغ *H. axyridis* نسبت به سنین لاروی آزمایش شده، شکارگری بالاتری داشته و در این بین، در همه تراکم‌ها میانگین تعداد شته شکار شده در ماده‌ها از نرها بیشتر بوده است (شکل ۱). در مقایسه کلی شکارگری بین سنین مختلف رشدی در بالاترین تراکم طی ۲۴ ساعت، میانگین تعداد شکار در سن سوم، چهارم، کفشدوزک نر و ماده به ترتیب ۵۰/۵، ۶۹/۲، ۷۵ و ۸۳/۹ عدد شته بدست آمد. این نتیجه نشان می‌دهد که ماده‌های این شکارگر ظرفیت پرخوری قابل توجهی نسبت به سایر مراحل دارند. در ارزیابی کارایی کفشدوزک *H. dimidiata* Fabricius روی شته *A. gossypii* مشخص شد که ماده بالغ کفشدوزک با میانگین تعداد شکار ۱۶۱/۷ عدد شته در ۲۴ ساعت، میان سایر مراحل رشدی شامل سن یک (با میانگین تغذیه ۴۷/۲ عدد شته)، سن دو (با میانگین تغذیه ۸۰/۲ عدد شته)، سن سه (با میانگین تغذیه ۷۹/۷ عدد شته) و سن چهار (با میانگین تغذیه ۱۴۶/۲ عدد شته) پرخورتر بوده و در کنترل بیولوژیکی شته مذکور می‌تواند مفید واقع شود (Sharma et al., 2017). نتیجه مشابهی در بررسی میانگین تغذیه روزانه لاروهای سن چهارم و افراد ماده کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant در مقایسه با لاروهای سنین یک، دو و سه کفشدوزک در واکنش به تراکم‌های مختلف از شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* Risso بدست آمد (Abdollahi et al., 2012).

مقدار پارامترهای برآورد شده از رگرسیون لجستیک برای همه تیمارها در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به نتایج، علامت شیب بخش خطی معادله لجستیک (پارامتر  $p_1$ ) منفی برآورد شد که تأیید کننده نوع دوم از واکنش تابعی است (Juliano, 1993).

دوم از واکنش تابعی و در صورتی که مثبت باشد نوع سوم واکنش تابعی را نشان خواهد داد (Juliano, 2001). برای برآورد پارامترهای واکنش تابعی از مدل Rogers (1972) در برنامه SAS استفاده شد.

$$N_a = N_t[1 - \exp(a(T_h N_a - T))]$$

که در آن  $N_t$  تراکم اولیه طعمه،  $N_a$  تعداد طعمه‌های خورده شده،  $\exp$  پایه لگاریتم طبیعی،  $a$  قدرت جستجو،  $T$  کل زمان آزمایش و  $T_h$  زمان دستیابی است.

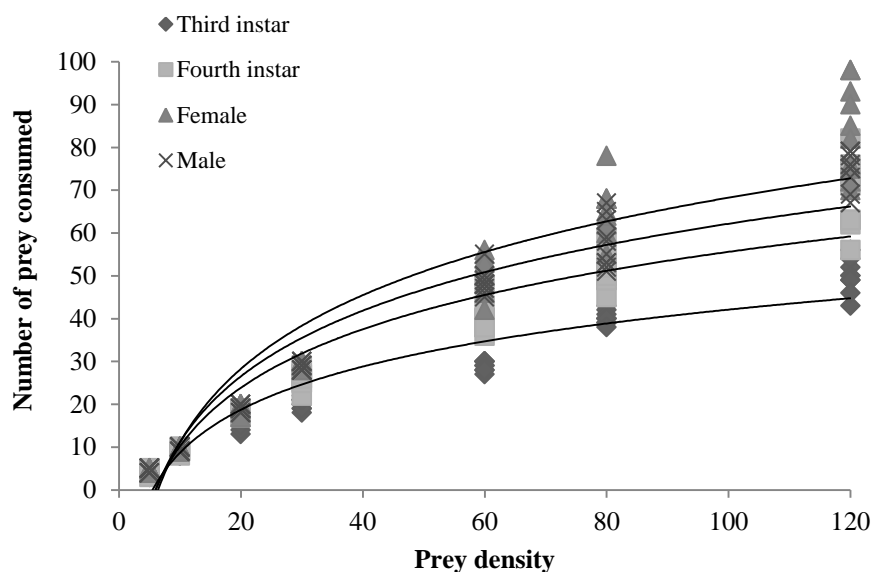
برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی در مراحل مختلف رشدی از معادله ترکیبی استفاده شد (Juliano, 2001):

$$N_a = N_0 \left\{ 1 - \exp \left[ \frac{-a + Da(j)T}{(1 + (a + Da(j))(Th + DTh(j)))(N_0)} \right] \right\}$$

در رابطه فوق  $j$  متغیر نشانگر بوده و مقدار آن برای یک گروه صفر و برای گروه دیگر یک در نظر گرفته می‌شود. پارامترهای  $D_{Th}$  و  $D_a$  به ترتیب تفاوت قدرت جستجو و زمان دستیابی بین دو گروه مورد مقایسه می‌باشند. در صورتی که پارامترهای مذکور تفاوت معنی‌داری با صفر نشان دهند بیانگر اختلاف معنی‌دار در پارامتر مربوط به واکنش تابعی در دو گروه مورد مقایسه هستند (Juliano, 2001).

## نتایج و بحث

با توجه به شکل ۱ متناسب با افزایش تراکم طعمه، تعداد طعمه‌ی مصرف شده افزایش می‌یابد. بین دو مرحله لاروی آزمایش شده، در همه تراکم‌ها سن لاروی چهارم نسبت به سن سوم از تعداد شته بیشتری تغذیه نمود. در واقع با افزایش سن رشدی بر میزان تغذیه نیز افزوده شد. مشابه این نتیجه، در ارزیابی واکنش تابعی کفشدوزک *H. axyridis* نسبت به تراکم‌های مختلف شته *Aphis gossypii* Glover Lee در بین مراحل لاروی مختلف، لارو سن چهارم بیشترین میانگین تغذیه را نشان داد (Lee and Kang, 2004). لارو سن چهارم کفشدوزک مذکور در واکنش به شته *Myzus persicae* Sulzer Hodek and Honek, ) نیز عکس‌العمل مشابهی داشت (



شکل ۱- واکنش تابعی مراحل مختلف رشدی کفشدوزک شکارگر *Harmonia axyridis* نسبت به تراکم‌های مختلف شته *Tinocallis kahawaluokalani*  
**Figure 1. Functional response of different developmental stages of predatory coccinellid, *Harmonia axyridis* to different densities of *Tinocallis kahawaluokalani***

جدول ۱- پارامترهای برآورد شده از رگرسیون لجستیک واکنش تابعی مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *Harmonia axyridis* روی شته *Tinocallis kahawaluokalani*

**Table 1. Estimated parameters from logistic regression of functional response of different developmental stages of coccinellid, *Harmonia axyridis* to *Tinocallis kahawaluokalani***

Stages	Parameters	Estimate	SE	$\chi^2$	p value
Third instar	Constant	1.9241	0.2987	41.49	<.0001
	Linear	-0.0587	0.0188	9.72	0.0018
	Quadratic	0.000626	0.000317	3.90	0.0483
	Cubic	-2.44E-6	1.516E-6	2.60	0.1071
Fourth instar	Constant	2.8986	0.4055	51.11	<.0001
	Linear	-0.0482	0.0240	4.04	0.0446
	Quadratic	0.000248	0.000393	0.40	0.5276
	Cubic	-2.17E-7	1.848E-6	0.01	0.9067
Female adult	Constant	4.1182	0.6581	39.16	<.0001
	Linear	-0.0445	0.0366	1.48	0.2241
	Quadratic	0.000103	0.000581	0.03	0.8589
	Cubic	3.352E-7	2.682E-6	0.02	0.9005
Male adult	Constant	3.2415	0.5325	37.05	<.0001
	Linear	-0.00055	0.0304	0.00	0.1856
	Quadratic	-0.00071	0.000490	2.11	0.1467
	Cubic	4.384E-6	2.278E-6	3.70	0.0543

مرکبات *P. citri* گزارش شد (Pakyari et al., 2016). واکنش تابعی حشرات کامل کفشدوزک *Oenopia conglobata* Linnaeus نسبت به تراکم‌های مختلف شته سبز گندم *Schizaphis graminum* Rondani نیز از نوع دوم تشخیص داده شد (PahlavanYali and Bozorg- (Amirkalae, 2018).

مقادیر قدرت جستجو ( $a'$ ) و زمان دستیابی ( $T_h$ ) برآورد شده از معادله‌ی نرخ حمله تصادفی راجرز در کفشدوزک شکارگر *H. axyridis* در همه تیمارها در جدول ۲ آورده شده است. در واکنش تابعی دو پارامتر نامبرده در کارایی دشمنان طبیعی اهمیت به‌سزایی دارند. به طوریکه در یک دشمن طبیعی هر قدر میزان قدرت جستجو بالاتر و زمان دستیابی کمتر باشد کارایی پارازیتوئید و یا شکارگر در حمله به میزبان یا طعمه افزایش می‌یابد (Van Alphen and Jervis, 1996).

اگر حدود اطمینان پارامترهای  $D_a$  و  $D_{Th}$  صفر را شامل شود بنابراین پارامترهای مذکور در بین دو مرحله رشدی کفشدوزک اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ۳). با افزایش سن لاروی از سه به چهار، بر قدرت جستجو به طور معنی‌داری افزوده شد (جدول ۳). به طوری که مقدار پارامتر مذکور در لاروهای سن چهارم

در واکنش تابعی نوع دوم نرخ نسبت تعداد طعمه‌های شکار شده به تعداد طعمه‌های اولیه در محیط دارای روند کاهشی است و با افزایش تراکم اولیه طعمه، شکارگر زمان بیشتری را برای جستجو صرف می‌کند. در این نوع واکنش تابعی با افزایش تراکم طعمه از درصد طعمه‌های شکار شده کاسته می‌شود و به عبارت دیگر شکارگر نسبت به تراکم‌های مختلف طعمه به صورت وابسته به عکس تراکم عمل می‌کند. نتیجه مشابهی روی کفشدوزک *H. axyridis* در عکس‌العمل به تراکم‌های مختلف شته *A. craccivora* Koch (Mogi, 1969) و شته *A. gossypii* (Lee and Kang, 2004) بدست آمد. این نوع از واکنش تابعی برای کفشدوزک‌های شکارگر *Cheilomenes sexmaculata* Fabricius و *Mulsant C. transversalis* Fabricius نسبت به تراکم‌های مختلف از شته‌های *A. craccivora* و *M. persicae* نیز گزارش شده است (Pervez and Omkar, 2005). در کفشدوزک شکارگر *Hippodamia variegata* Goeze نسبت به تراکم‌های شته *A. fabae* Scopol واکنش تابعی نوع دوم مشاهده شد (Farhadi et al., 2010). نتیجه مشابهی روی کفشدوزک *C. montrouzieri* در واکنش به تراکم‌های مختلف از شپشک آردآلود

جدول ۲- پارامترهای قدرت جستجو (ساعت) و زمان دستیابی (ساعت) برآورد شده توسط معادله حمله تصادفی راجرز در مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *Harmonia axyridis* نسبت به تراکم‌های مختلف شته *Tinocallis kahawaluokalani*  
**Table 2. Coefficient of searching efficiency (a) and handling time ( $T_h$ ) estimated by Rogers random attack equation in different developmental stages of *Harmonia axyridis* to different densities of *Tinocallis kahawaluokalani***

Stage	Parameters	Estimate	SE	95% CI		T/ $T_h$	$R^2$
				Lower	Upper		
Third instar	$a' (h^{-1})$	0.0560	0.00366	0.0487	0.0633	83.62	0.918
	$T_h (h)$	0.2870	0.0181	0.2510	0.3230		
Fourth instar	$a' (h^{-1})$	0.0781	0.00667	0.0648	0.0915	123.32	0.900
	$T_h (h)$	0.1946	0.0180	0.1587	0.2306		
Female adult	$a' (h^{-1})$	0.1370	0.0173	0.1025	0.1715	131.79	0.924
	$T_h (h)$	0.1821	0.0170	0.1482	0.2160		
Male adult	$a' (h^{-1})$	0.1240	0.00972	0.1046	0.1434	109.58	0.892
	$T_h (h)$	0.2190	0.0112	0.1965	0.2414		

جدول ۳- تفاوت پارامترهای برآورد شده با معادله ترکیبی در مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *Harmonia axyridis* نسبت به تراکم‌های مختلف شته *Tinocallis kahawaluokalani*

**Table 3. Differences of functional response parameters estimated by an equation with an indicator variable in different developmental stages of *Harmonia axyridis* to different densities of *Tinocallis kahawaluokalani***

Stages	Parameters	Estimate	SE	95% CI	
				Lower	Upper
Third instar- Fourth instar	$D_a$	0.0307	0.0131	0.00472	0.0567
	$D_{Th}$	-0.0898	0.0240	-0.1373	-0.0422
Female adult- Male adult	$D_a$	-0.00805	0.1053	-0.2163	0.2002
	$D_{Th}$	0.0393	0.0208	-0.00182	0.0803
Female adult- Third instar	$D_a$	-0.1705	0.0745	-0.3179	-0.0231
	$D_{Th}$	0.1101	0.0274	0.0560	0.1643
Female adult- Fourth instar	$D_a$	-0.1399	0.0845	-0.3070	0.0272
	$D_{Th}$	0.0203	0.0234	-0.0261	0.0666
Male adult- Third instar	$D_a$	-0.1624	0.0515	-0.2643	-0.0606
	$D_{Th}$	0.0709	0.0202	0.0310	0.1107
Male adult- Fourth instar	$D_a$	-0.1317	0.0634	-0.2571	-0.00638
	$D_{Th}$	-0.0189	0.0189	-0.0564	0.0185

شته *A. gossypii* نسبت به سن چهارم توان جستجوگری بالاتری نشان دادند. در حالی که حداکثر میانگین تغذیه از شته در آن‌ها کمتر بوده که احتمال داده شد به دلیل طولانی‌تر بودن زمان دستیابی به شکار در آن‌ها باشد (Lee and Kang, 2004). در تحقیق حاضر، مقادیر قدرت جستجو در لاروهای سنین سوم و چهارم *H. axyridis* از مقادیر آن در بالغ‌ها کمتر بود. استفاده از معادله ترکیبی نشان داد که بین سن سه لاروی و بالغ‌های نر و ماده و نیز بین سن چهار لاروی و کفشدوزک‌های نر از نظر قدرت جستجو اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳). در کل، با افزایش سن رشدی، بر میزان تغذیه و قدرت جستجوی کفشدوزک *H. axyridis* افزوده شده است. چنین وضعیتی در آزمایش واکنش تابعی مراحل مختلف رشدی سنک *Orius albidipennis* Reuter توت‌فرنگی *Tetranychus turkestanii* Ugarov and Nikolski نیز مشاهده شده است (Hasanzadeh et al., 2015). علی‌رغم بیشتر بودن مقدار قدرت جستجو در کفشدوزک‌های ماده نسبت به جنس نر، این تفاوت معنی‌دار نبود. نتیجه مشابهی در مقایسه قدرت جستجوی حشرات نر و ماده کفشدوزک

به مقدار ۰/۰۲۲۱ بر ساعت نسبت به سن سوم بیشتر برآورد شد. این احتمال می‌رود که بیشتر بودن قدرت جستجو در لارو سن چهار به دلیل نیاز بیشتر لارو سن مذکور به انرژی برای رشد و رسیدن به یک وضعیت مناسب برای شفیره شدن باشد (Hodek and Honek, 1996). قدرت جستجوی پایین‌تر در لاروهای سن سوم نسبت به چهارم احتمالاً به دلیل قدرت حمله کمتر و زمان دستیابی طولانی‌تر می‌باشد. اندازه کوچک‌تر و احتمالاً حرکت کندتر لاروهای سنین پایین‌تر نسبت به سنین بالاتر نیز مطرح است (Lee and Kang, 2004). این در حالی است که لارو سن چهار کفشدوزک جستجوی مؤثرتری برای پیدا کردن طعمه از خود نشان می‌دهد. نتیجه مشابهی در مقایسه نرخ حمله میان سنین مختلف لاروی کفشدوزک *H. dimidiata* در عکس‌العمل به شته *A. gossypii* مشاهده شد (Sharma et al., 2017). حتی برخی محققین در مقایسه بین شکارگری لاروهای سن چهارم و بالغ‌ها، لاروهای سن چهار را در شکار طعمه موفق‌تر و در کنترل آفت مؤثرتر گزارش کردند (Dehghan, 2007). با این حال، لاروهای سن سه کفشدوزک *H. axyridis* در واکنش به تراکم

*kahawaluokalani* پی برد. توان جستجوگری و میانگین شکارگری بالای افراد بالغ از جنبه‌های مثبت شکارگری محسوب می‌شود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، کفشدوزک *H. axyridis* می‌تواند جایگاه ویژه‌ای در کنترل شته *T. kahawaluokalani* داشته باشد. حضور انبوه جمعیت مراحل مختلف رشدی این کفشدوزک روی درختچه‌های توری آلوده به شته، افزایش پتانسیل شکارگری همراه با بالارفتن سن لاروی و نیز در کفشدوزک‌های بالغ، از جمله عواملی هستند که نقش این موجود مفید را در کاهش جمعیت شته *T. kahawaluokalani* مثبت نشان می‌دهد. هر چند، انجام بررسی‌های صحرائی به منظور درک بهتر روابط شکار - شکارگری این دشمن طبیعی ضروری به نظر می‌رسد.

### سپاسگزاری

از خانم دکتر خدیجه مداحی به خاطر ارائه برنامه نرم‌افزار SAS برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی و همچنین از راهنمایی‌های خانم‌ها دکتر مریم بزرگ امیرکلایی و دکتر لیلا متقی‌نیا قدردانی می‌شود.

*H. variegata* در شکار شته سیاه باقلا گزارش شد (Farhadi et al., 2010).

بیشترین و کمترین مقادیر برای زمان دستیابی به شکار به ترتیب در لاروهای سن سوم و ماده‌های بالغ برآورد شد. زمان مذکور در لاروهای سن سه نسبت به سن چهار و نیز در مقایسه با کفشدوزک‌های نر و ماده به طور معنی‌داری طولانی‌تر بود (جدول ۳). این موضوع نشان می‌دهد که لاروهای سن سه وقت بیشتری را برای به چنگ آوردن و خوردن شته نسبت به لاروهای سن چهارم و افراد بالغ صرف کردند.

بیشترین نرخ حمله ( $T/T_h$ ) یا نسبت کل زمان آزمایش به زمان دستیابی به عنوان شاخصی مناسب به منظور تعیین بیشترین شکارگری یک شکارگر در روز استفاده می‌شود. بیشترین نرخ حمله در کفشدوزک‌های ماده و پس از آن در لاروهای سن چهارم بدست آمد (جدول ۲). لاروهای سن چهارم و حشرات کامل به دلیل برخورداری از قدرت تغذیه بالا، اصلی‌ترین مراحل نشوونمایی کفشدوزک‌ها در کنترل بیولوژیک آفات به شمار می‌روند (Hodek and Honek, 1996).

در مجموع با توجه به ظرفیت شکارگری افراد بالغ کفشدوزک *H. axyridis* می‌توان به اهمیت کفشدوزک مذکور در امر کنترل بیولوژیک شته *T.*

## REFERENCES

- Abdollahi Ahi, GH., Afshari, A., Baniameri, V., Dadpour Moghanlou, H., Asadeh, GH., and Yazdani, M. 2012. Functional response of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col.; Coccinellidae) to citrus Mealybug, *Planococcus citri* (Risso) (Hom.; Pseudococcidae) under laboratory conditions. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 35 (1): 1-14. (In Farsi with English abstract).
- Alverson, D. R., and Allen, K. R. 1992. Bionomics of the crapemyrtle aphid (Homoptera: Aphididae). Journal of Entomological Sciences, 27: 445-457.
- Bienkowski, A.O. 2018. Key for identification of the ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) of European Russia and the Russian Caucasus (native and alien species). Zootaxa, 4472 (2): 233-260.



Dehghan Dehnavi, L., Samih, M. A., Talebi, A.A., and Goldasteh, Sh. 2007. Functional response of *Adalia bipunctata* (Col., Coccinellidae) to different densities of *Aphis punicae* (Hom., Aphididae) in laboratory condition. Journal of New Finding in Agricultural, 1 (3): 215-224. (In Farsi with English abstract).

Doughty, S.C., Pollet, D.K., Constantin, R.J., Wells, D.W., and Koonce, K.L. 1992. Paint-on application of acephate for aphid control on crape myrtle. Journal of Arboriculture, 18(2): 94-97.

Farhadi, R., Allahyari, H., Azmayeshfard, P., Fatahalhosseini, S., and Heidari, S. 2010. Functional responses of adults male and female *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* Scopoli. Iranian Journal of Plant Protection Science, 41(1): 143-150. (In Farsi with English abstract).

Ge, Y., Wan, L., and Zhao, S. 2006. Predation of *Harmonia axyridis* Pallas on *Rhopalosiphum nymphaeae* Linne (Homoptera: Aphididae). Acta Agriculture Universitatis Jiangxiensis (Natural Sciences Edition), 28: 208-212.

Gholamzadeh-Chitgar, M. 2017a. First report of the aphid *Tinocallis kahawaluokalani* (Hem.: Aphididae) from Iran. Journal of Entomological Society of Iran, 37 (3): 369-370. (In Farsi with English abstract).

Gholamzadeh-Chitgar, M. 2017b. Effect of insecticidal soap, Palizin on the crapemyrtle aphid, *Tinocallis kahawaluokalani* and its coccinellid predator, *Harmonia axyridis* under laboratory conditions. Plant Pest Research, 6(4): 89-95. (In Farsi with English abstract).

Gholamzadeh-Chitgar, M. 2018. Botanical insecticide, Tondexir a good alternative for control of the crapemyrtle aphid, *Tinocallis kahawaluokalani* compared with chemical insecticide, Imidacloprid. Proceedings of the 5<sup>th</sup> National Conference on Agriculture, Natural Resources and Sustainable Environment, Shiraz, Iran. P. 167. (In Farsi).

Gholamzadeh-Chitgar, M., Heidari, A., and Pormoradi, S. 2018. Effect of mineral oils, insecticidal soap (Palizin®) and chlorpyrifos on *Unaspis euonymi* Comstock (Hem.: Diaspididae) under field conditions. Plant Pest Research, 8(2): 41-51. (In Farsi with English abstract).

Hasanzadeh, H., Esfandiari, M., Shishehbor, P., and Rajabpour, A. 2015. Functional response of different developmental stages of *Orius albidipennis* Reuter feeding on the strawberry spider mite, *Tetranychus turkestani*. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 38(3): 63-74. (In Farsi with English abstract).

Hassel, M.P., and Waage J.K. 1984. Host-parasitoid population interactions. Annual Review of Entomology, 29: 89-114.

Hassell, M.P., Lawton, J.H., and Beddington, J.R. 1977. Sigmoid functional response by invertebrate predators and parasitoids. Journal of Animal Ecology, 46: 249- 262.

Herbert, J., and Mizell, R. S. 2006. Crapemyrtle Aphid, *Tinocallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Insecta: Hemiptera: Aphididae). <http://entomology.ifas.ufl.edu/4> pp.

Hodek, I., and Honek, A. 1996. Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. P. 464.

Holling, C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Canadian Entomologist, 90: 385-398.

Holling, C.S. 1966. Functional response of invertebrate predators to prey density. Memoris of the Entomological Society of Canada, 48: 1- 86.

Hull, L.A., Asquith, D., and Mowery, P.D. 1977. The functional responses of *Stethorus punctum* to densities of European red mite. Environmental Entomology, 6: 85- 90.

Juliano, S.A. 2001. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves, In Scheiner, S.M., and Gurevitch, J. (Eds.). Design and Analysis of Ecological Experiments, Chapman and Hall, New York. pp. 178-196.

Lee, J. H., and Kang, T. J. 2004. Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in the laboratory. Biological Control, 31: 306-310.

Mizell, R. F., and Knox, G. W. 1993. Susceptibility of crapemyrtle, *Lagerstroemia indica* L., to the crapemyrtle aphid (Homoptera: Aphididae) in north Florida. Journal of Entomological Science, 28:1-7.

Mogi, M. 1969. Predation response of the larvae of *Harmonia axyridis* Pallas (Coccinellidae) to the different prey density. Japanese Journal of Applied Zoology, 13: 9-16.

PahlavanYali, M., and Bozorg-Amirkalae, M. 2018. Functional response of adults of *Oenopia conglobata* (L.) to different densities of *Schizaphis graminum* (Rondani). Biological Control of Pests and Plant Diseases, 2: 147-151. (In Farsi with English abstract).

Pakyari, H., Kasirloo, F., and Arbab, A. 2016. Effect of sublethal doses of Abamectin and fenprothrin on functional response of *Cryptolaemus Montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) predator of *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae). Journal of Entomology and Zoology Studies, 4(1): 469-473.

Pervez, A., and Omkar. 2005. Functional responses of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. Journal of Insect Science, 5(5): 1- 6.

Rogers, D. 1972. Ransom search and Insecr population models. Journal of Animal Ecology, 41: 369-383.

SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide. SAS Institute Inc., Cary, NC Inc.

Seo, M. J., and Youn, Y. N. 2000. The Asian ladybird, *Harmonia axyridis*, as biological control agents: I. Predacious behavior and feeding ability. Korean Journal of Applied Entomology, 39: 59–71.

Sharma, P. L., Verma, S. C., Chandel, R. S., Shah, M. A., and Gavkare, O. 2017. Functional response of *Harmonia dimidiata* (fab.) to melon aphid, *Aphis gossypii* Glover under laboratory conditions. Phytoparasitica, 45: 373–379.

Solomon, M.E. 1949. The natural control of animal populations. Journal of Animal Ecology 18: 1-35.

Van Alphen, J. J. M., and Jervis, M. J. 1996. Foraging behavior. In Jervis, M. A., and Kidd, N. A. C. (Eds.). Insect natural enemies. Chapman and Hall, London. pp. 1-62.

Xue, Y., Bahlai, C. A., Frewin, A., Sears, M. K., Schaafsma, A. W., and Hallett, R. H. 2009. Predation by *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology, 38(3): 708-714.

Zhang, Y., and S. Liu. 2006. Predation of *Harmonia axyridis* (Pallas) on aphid species, *Chaitophorus populeti* (Panzer), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) and *Lipaphis erysimi* (Kaltback). Chinese Agricultural Science Bulletin, 22: 323-326.

Zucchi, R.A., Neto, S.S., and Nakano, O. 1993. Guia de identificação de pragas agrícolas. Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brasil. P. 139.



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## Functional response of coccinellid, *Harmonia axyridis* Pallas on Crapemyrtle aphid, *Tinocallis kahawaluokalani* Kirkaldy in laboratory condition

M. Gholamzadeh-Chitgar<sup>1\*</sup>

1. **\*Corresponding Author:** Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran (B\_gh.chitgar60@yahoo.com)

(DOI): 10.22055/ppr.2019.15009

Received: 24 November 2019

Accepted: 3 September 2019

---

### Abstract

#### Background and Objectives

Aphids are one of the major pests in ornamental plants that may cause damage to plants directly by sucking their sap, and indirectly by injecting toxic salivary secretions, transmitting pathogens, attracting ants and favoring the development of sooty-mold. Crapemyrtle aphid, *Tinocallis kahawaluokalani* Kirkaldy, is currently considered the most serious pest of ornamental woody plant, *Lagerstroemia* spp. and produces large amounts of honeydew while feeding. *T. kahawaluokalani* causes premature drop of leaves, decline of summer flowering and reduces the commercial market. The multicolored Asian ladybird, *Harmonia axyridis* Pallas, is capable of eliminating *T. kahawaluokalani* populations on crape myrtle plants. There is no data about the predatory behavior of *H. axyridis* on *T. kahawaluokalani*. Therefore, functional response of third and fourth larval instars, and females and males of *H. axyridis* to *T. kahawaluokalani* was studied in laboratory condition.

#### Materials and Methods

Adults of *H. axyridis* and nymphs of *T. kahawaluokalani* were collected from Crapemyrtle plants in Mazandaran province (North of Iran). They were reared together on the Crapemyrtle leaves in laboratory conditions ( $25 \pm 2$  °C,  $60\% \pm 10\%$  RH and a photoperiod of 16:8 h L: D) h. Prey densities were 5, 10, 20, 30, 60, 80 and 120 aphids for third and fourth larval instars, and adult females and males. The number of prey consumed by each stage of the predator was recorded at each density after 24 hours. The type of the functional response was determined by logistic regression analysis (SAS/STAT, CATMOD procedure) of the proportion of prey killed ( $N_e$ ) in relation to initial prey density ( $N_0$ ). The handling times and attack coefficients were estimated using Holling's disk equation. Statistical analysis of the functional response was performed using the SAS software.

#### Results

In all the predator stages, according to the logistic regressions results, linear parameter, P1 was negative that shows a type II functional response. The response curve rises in a negatively accelerating manner to a plateau and the proportion of preys consumed by a predator decreases exponentially as the prey density increases. In highest densities, mean

number of consumed aphids by third, fourth, and male and female adults were determined 50.5, 69.2, 75 and 83.9 aphids, respectively. Based on Rogers's random equation, the lowest ( $0.0560 \text{ h}^{-1}$ ) and the highest ( $0.1370 \text{ h}^{-1}$ ) attack rates were obtained for third larval instar and adult female, respectively. Handling time was shortest (0.1821 h) in third larval instar and longest (0.2870 h) in female adult.

**Discussion**

Based on positive predatory characteristics including voracity and high searching efficiency of females, *H. axyridis* has high predation capacity and can be important in suppressing the *T. kahawaluokalani* populations.

**Keywords:** *Functional response, Crapemyrtle aphid, Harmonia axyridis, attack rates, handling time*