

## کارایی و نرخ مصرف کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Goez) با تغذیه از شته سبز انار *Aphis punicae* در شرایط آزمایشگاهی

۱. ایمان رمضانی؛ ۲. محمد امین سمیع\*

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳)

### چکیده

واکنش تابعی و نرخ شکارگری کفشدوزک (*Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) در دمای  $25 \pm 2$  و  $27/5 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5\%$  و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی بررسی شد. در مطالعه نرخ شکارگری لاروهای سن یک تازه تفریخ شده استفاده و هر مرحله سنی با تعداد مشخصی از پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار (*Aphis punicae* (Hem.: Aphididae) تغذیه شدند. بر اساس نتایج به دست آمده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نرخ شکارگری در دوره لاروی و حشرات کامل ماده به ترتیب  $11/4$  و  $86/8$  درصد و در دمای  $27/5$  درجه سلسیوس به ترتیب  $10/3$  و  $89/7$  درصد به دست آمد. میزان مصرف افراد ماده کامل  $1/5$  برابر افراد نر است. نرخ خالص شکارگری در دمای ۲۵ و  $27/5$  درجه سلسیوس به ترتیب  $1725/14$  و  $1870$  پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار به دست آمد. نتایج نشان داد که نوع واکنش تابعی در دمای ۲۵ و  $27/5$  درجه سلسیوس در تمامی مراحل مختلف سنی کفشدوزک به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته نوع دوم بود. بر اساس پارامتر قدرت جستجوگری، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، کاربرد لاروهای سن سه و چهار و در دمای  $27/5$  درجه سلسیوس، کاربرد لاروهای سن چهار و ماده کامل کارایی بیشتری دارد. بنابراین در هر دو دما لارو سن چهار قدرت جستجوگری بهتری دارد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کفشدوزک *H. variegata* احتمالاً می‌تواند گزینه مناسبی برای کنترل بیولوژیک شته سبز انار در برنامه مدیریت تلفیقی آفات باغ‌های انار باشد.

کلیدواژه‌گان: جدول زندگی، شکارگری، واکنش تابعی.

## Efficiency and predatory of *Hippodamia variegata* (Goez) feeding on pomegranate green aphid, *Aphis punicae* Pass. under laboratory conditions

Ramazani Iman<sup>1</sup> and Mohammad Amin Samih<sup>2\*</sup>

1, 2. Former M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Plant Protection, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

(Received: Dec. 13, 2015- Accepted: Sep. 13, 2015)

### ABSTRACT

The functional response and predation rate of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae) were studied under laboratory conditions at 25 and 27.5°C, 65 ± 5 RH and a photoperiod of 16:8 (L:D). In order to study the predation rate, newly first instar larvae were chosen and each age stage were fed by three and four instars of pomegranate green aphid, *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae). According to the results, predation rate at 25 and 27.5°C were 11.4 and 10.3% for larval stage, and 86.8 and 89.7 % for female adult stage, respectively. The consumption value in females compared to males is 1.5 times. The net predation rate (CO) at 25 and 27.5 °C were 1725.14 and 1870 three and four instars of pomegranate green aphid respectively. The result showed that all age stages of the predator at 25 and 27.5 °C exhibited type II functional response. Thus, based on the searching efficiency at 25°C, 3th and 4th larval instars and at 27.5°C 4<sup>th</sup> larval instar and adults of *H. variegata* are the most effective as predators on *A. punicae*. So in both temperatures, fourth instar larvae showed a better searching efficiency. The results indicated that the *H. variegata* may be a useful candidate for the biological control of *A. punicae* in pomegranate gardens.

**Keywords:** Functional response, life table, predatory.

## مقدمه

انار، *Punica granatum* L. (Punicaceae) از جمله درختان میوه گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که با شرایط سخت حاشیه کویر مانند گرمای طاقت‌فرسا، کم‌آبی، خشکی هوا و تا حدی شوری سازگاری دارد (Shakeri and Daneshvar 2004). از میان عوامل زیان‌آور به این محصول، شته انار *Aphis punicae* Pass. (Hem.: Aphididae) عمومی‌ترین آفت درختان انار محسوب می‌گردد. پوره‌ها و حشرات کامل شته انار به‌صورت توده‌ای زندگی می‌کنند و با مکیدن شیره پرورده درخت انار از سرشاخه‌ها، برگ‌ها، جوانه‌ها و گل‌های انار منجر به کاهش کیفیت و عملکرد در محصول انار می‌شوند (Bayhan et al. 2005). پوره‌ها و حشرات کامل شته انار از جمله طعمه‌های مناسب برای تعدادی از کفشدوزک‌های فعال در باغ‌ها می‌باشند (Yu et al. 2005, Rounagh and Samih 2014, Fatemi and Samih 2015). همچنین جدول زندگی و نرخ شکارگری *Lemnia biplagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) با تغذیه از شته سبز انار براساس جدول زندگی دوجنسی مرحله سنی بررسی شده است (Yu et al. 2005). کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae) یک گونه پلی‌فاژ با پراکنش جهانی است (Gordon 1987, Franzmann 2002). تاکنون، برخی از جنبه‌های کارایی *H. variegata* (مانند واکنش تابعی و نرخ شکارگری) که برای تعیین توان این کفشدوزک در کنترل بیولوژیک آفات مهم است، روی آفات مختلف، از جمله شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer) (Hassankhani and Allahyari 2013)، شته جالیز *Aphis gossypii* Glover (Fan and Zhao 1988, Molashahi et al. 2002, Davoodi Dehkordi and Sahragard 2013)، شته سیاه باقلا *Aphis fabae* (Scopoli) (Jafari and Vafaei Shoushtari 2009, Farhadi et al. 2011)، پسیل معمولی پسته *Agonoscaena pistaciae* Burckhardt and Lauterer (Asghari et al. 2012b) بررسی شده است.

یکی از عوامل مهم در ارزیابی کارایی شکارگرها میزان تغذیه آن‌ها از طعمه است. تعیین این پارامتر زیستی در شرایط آزمایشگاهی تحت تأثیر عوامل زیادی

از جمله طول عمر شکارگرها، دما، نوع طعمه و شرایط آزمایش می‌باشد. زمانی که لارو کفشدوزک *Hippodamia Rhopalosiphum maidis* Mulsant از شته *sinuta* (Fitch) تغذیه می‌کند نسبت به زمانی که از شته *Schizaphis graminum* (Rondani) تغذیه می‌کند، در دماهای پایین بیشتر رشد می‌کند، ولی در درجه حرارت‌های بالاتر از ۲۰ درجه سلسیوس تفاوت زیادی در میزان تغذیه از دو شته دیده نمی‌شود (Obrycki and Candy 1990). در پژوهشی دیگر همراه با افزایش دما و هم‌چنین افزایش سنین لاروی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته سیاه باقلا بر میزان تغذیه روزانه مراحل مختلف کفشدوزک افزوده شد (Jafari and Vafaei 2009). در محاسبه نرخ ذاتی افزایش طبیعی فاکتورهایی همچون باروری، طول عمر و نرخ زنده‌مانی مورد توجه قرار می‌گیرد. در صورتی که حشره مورد مطالعه یک پارازیتوئید بود، به‌راحتی امکان مقایسه نرخ ذاتی افزایش طبیعی آن با نرخ ذاتی افزایش طبیعی شکار (شته) فراهم بود که آیا قادر به مهار شکار خواهد بود یا خیر. این پیشگویی در مورد شکارگران چندان کارا نخواهد بود زیرا در پارازیتوئیدها با هر تخم گذاشته‌شده یک میزبان کشته می‌شود ولی در شکارگرها نرخ ذاتی افزایش جمعیت اطلاعاتی در مورد سرعت رشد جمعیت شکارگر داده و هیچ‌گونه اطلاعاتی در رابطه با ظرفیت شکارگری نمی‌دهد برای پیشگویی کارایی کفشدوزک‌ها لازم است توان شکارگری، نرخ شکارگری و واکنش تابعی آن‌ها محاسبه گردد. نرخ شکارگری پارامتر مفیدی است که نشان‌دهنده ظرفیت شکارگری یک گونه در شرایط خاص و روی شکار مشخص می‌باشد. واکنش تابعی ارتباط بین تراکم شکار و نرخ مصرف شکارگر را توصیف کرده و نشان می‌دهد (Abrams and Ginzburg 2002, Jeschke et al. 2000). با نگرش به اینکه تاکنون گزارشی از واکنش تابعی و نرخ شکارگری این کفشدوزک روی شته سبز انار وجود ندارد؛ در این پژوهش میزان شکارگری روزانه تمام مراحل فعال کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته سبز انار بررسی شد. نتایج این پژوهش برای انجام روش‌های کنترل شته سبز انار در زمان مناسب در قالب مدیریت تلفیقی کاربرد فراوانی خواهد داشت.

## مواد و روش‌ها

### کشت گیاه انار و ایجاد کلنی شته *A. punicae*

جمعیت اولیه شته در سال ۱۳۹۲ از روی درختان آلوده در باغ انار دانشگاه ولی عصر رفسنجان (عج) به مختصات جغرافیایی  $30^{\circ}23'42.3164''N$   $55^{\circ}56'51.1177''E$  جمع‌آوری و پس از شناسایی با استفاده از کلید شناسایی (Samih 1993) و تایید متخصص<sup>۱</sup> به آزمایشگاه اکولوژی حشرات<sup>۲</sup> منتقل شد. به منظور پرورش و ایجاد کلنی شته، از نهال‌های کشت شده انار استفاده شد که در قفس‌های توری دار گلخانه‌ای با ابعاد  $170 \times 120 \times 80$  سانتی‌متر نگهداری شدند. برای هم‌سن کردن شته‌ها، تعدادی از حشرات کامل دخترزای بی‌بال روی نهال‌های فاقد آلودگی به شته انتقال داده شد و به آن‌ها اجازه داده شد به مدت ۲۴ ساعت پوره‌زایی کنند. پس از ۲۴ ساعت حشرات کامل حذف شدند و به پوره‌ها اجازه داده شد که تا مرحله بلوغ رشد نمایند (Elbert and Cartwright 1997). شته‌ها در دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

### جمع‌آوری و پرورش کفشدوزک

برای بکارگیری کفشدوزک *H. variegata* در انجام آزمایش‌ها، از کلنی این کفشدوزک در انسکتاریوم دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان که قبلاً روی شته سبز انار پرورش داده شده بودند استفاده شد. برای حفظ توان ژنتیکی جمعیت، حشرات کامل این کفشدوزک از باغ‌های پسته و انار از منطقه رفسنجان جمع‌آوری و پس از شناسایی با استفاده از کلید (Bagheri and Mossadegh 1996, Alinaghizadeh 2011) و مقایسه کلکسیون موجود و تایید متخصص به جمعیت آزمایشگاهی افزوده شد. برای پرورش این کفشدوزک در آزمایشگاه از ظروف پرورش پلاستیکی به ابعاد  $25 \times 20 \times 10$  سانتی‌متر استفاده شد. این ظروف در داخل اتاقک رشد نگهداری شدند. بازدید روزانه ظروف پرورش برای تأمین غذای حشرات و رطوبت داخل آن‌ها پیوسته انجام گرفت. برای تغذیه جمعیت اولیه

کفشدوزک جمع‌آوری شده، از تخم پروانه بید آرد، *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) استفاده شد (Asghari et al. 2012a). در ادامه، کفشدوزک‌های داخل انسکتاریوم به مدت دو نسل روی شته انار پرورش داده شدند و بعد از آن آزمایش‌های اصلی روی کفشدوزک‌ها آغاز شد. به منظور جلوگیری از رشد قارچ، برگ‌های درون ظروف پرورش هر روز تعویض و ظروف پرورش، هر سه روز یک‌بار تمیز شدند. بازدید روزانه ظروف پرورش برای تأمین غذای حشرات و رطوبت داخل آن‌ها انجام گرفت. پرورش تمام مراحل کفشدوزک در دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

تعیین نرخ شکارگری سنین مختلف لاروی و حشرات کامل کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از پوره‌های سن سه و چهار شته انار

لاروهای سن یک، یک‌روزه کفشدوزک با استفاده از قلم‌موی نرم به صورت جداگانه، به ظروف پتری دیش به قطر شش سانتی‌متر منتقل شدند. لاروهای کفشدوزک در طول انجام این آزمایش به صورت جداگانه با پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار تغذیه شدند. بدین‌منظور، پوره‌های یک، دو و پنج از روی برگ‌های آلوده انار حذف و پوره‌های سن سه و چهار باقیمانده روی برگ‌ها شمارش و داخل پتری‌های مورد نظر قرار داده شدند. سپس به‌طور جداگانه روی برگ‌های هر پتری یک لارو سن یک اضافه شد. از پتری‌ها روزانه بازدید شد و پوره‌های شته زنده شمارش شدند. با توجه به تعداد معین پوره‌های شته که در اختیار کفشدوزک‌ها قرار گرفته بود، میزان تغذیه لاروها و حشرات کامل در هر ۲۴ ساعت تعیین شد. در طول این مدت، برگ‌ها هر ۲۴ ساعت یک‌بار تعویض و لاروها و حشرات کامل کفشدوزک به برگ‌های جدید منتقل شدند. برای تغذیه سنین یک تا چهار کفشدوزک به ترتیب ۲۵، ۳۵، ۷۰ و ۱۲۰، افراد کامل نر ۱۰۰ و افراد کامل نر و ماده ۲۵۰ پوره سن سه و چهار شته (بر پایه مشاهده‌های نخستین برای تعیین میزان تقریبی تغذیه روزانه هر مرحله سنی به گونه‌ای که همیشه غذای کافی برای تغذیه وجود

۱. نویسنده دوم این مقاله

۲. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

ویژه سن می‌باشد. میانگین و خطای استاندارد نرخ خالص شکارگری ( $C_0$ ) از روش بوتسترپ محاسبه شد.

$$C_0 = \sum_{x=0}^{\infty} k_x l_x \quad \text{رابطه (۲)}$$

نرخ تبدیل جمعیت شکار به جمعیت شکارگر ( $Q_p$ ) که نسبت شکارگری خالص به تولید مثل خالص را نشان می‌دهد با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد (Chi and Yang, 2003).

$$Q_p = \frac{C_0}{R_0} \quad \text{رابطه (۳)}$$

واکنش تابعی مراحل مختلف زندگی کفشدوزک *H. variegata* نسبت به تراکم‌های مختلف پوره سن سه و چهار شته سبز انار

برای انجام این آزمایش از ظروف پتری به قطر ۱۲ سانتی‌متر استفاده شد. جمعیت کفشدوزک به مدت دو نسل روی شته سبز انار پرورش داده شد و تخم‌های حاصل از نسل دوم برای انجام این آزمایش استفاده گردید. بعد از تخم‌گذاری کفشدوزک‌های ماده و رسیدن به مرحله سنی مورد نظر (لارو سن سه، چهار، ماده‌های کامل ۱۰ روزه) و به منظور یکسان‌سازی شرایط، به مدت ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش گرسنه نگه داشته شدند. در این آزمایش از تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۸، ۱۵۰ و پوره سن سه و چهار شته سبز انار برای تغذیه لارو سن سه و چهار و تراکم ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۰۰، ۱۲۸، ۱۵۰ و ۲۵۰ و ۳۰۰ جهت تغذیه ماده‌های کامل ۱۰ روزه استفاده شد. هر یک از تراکم‌های مورد نظر توسط قلم موی ظریف روی برگ کامل انار داخل پتری منتقل شدند و یک کفشدوزک در هر پتری قرار داده شد. آزمایش‌ها در دماهای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره روشنایی به تاریکی ۸:۱۶ ساعت انجام شد. هر تراکم شامل هشت تکرار همزمان بود و برای هر تراکم از شاهد (شامل پتری دیش بدون کفشدوزک) استفاده شد. بعد از ۲۴ ساعت تعداد شته‌های زنده و خورده‌شده توسط هر کفشدوزک یادداشت شد.

#### تجزیه داده‌ها

منحنی‌ها و نمودارها به کمک نرم‌افزار Sigmaplot رسم

داشته باشد) هر روز شمارش شده و در اختیار مراحل نابالغ و حشره کامل قرار گرفتند. علاوه بر این هر کدام از تراکم‌های مذکور به‌عنوان شاهد (بدون حضور کفشدوزک) نیز مورد بررسی قرار گرفت تا مرگ‌ومیر شته به‌طور طبیعی نیز مشخص شده و بر این اساس داده‌های به‌دست آمده تصحیح شد. این آزمایش با ۶۰ لارو سن یک کفشدوزک آغاز و روند رشد و میزان شکار تا رسیدن به مرحله حشره کامل بررسی و یادداشت گردید. بعد از ظهور افراد کامل، کفشدوزک‌های نر و ماده جفت شدند، برای مشخص کردن نرخ شکارگری افراد ماده، نرخ شکارگری ۲۰ کفشدوزک نر به صورت جدا از کفشدوزک‌های ماده بررسی شد و میزان شکارگری جفت‌ها، نرها و بقیه کفشدوزک‌ها روزانه مورد بررسی قرار گرفت. برای محاسبه نرخ شکارگری افراد ماده، میانگین نرخ شکارگری نرها از میانگین نرخ شکارگری هر جفت کسر شد بدین ترتیب نرخ شکارگری افراد نر و ماده از هم تفکیک شد. بعد از ظهور افراد بالغ، کفشدوزک‌های نر و ماده بوسیله پوره سن سه و چهار شته تغذیه و میزان شکار آن‌ها ثبت شدند. به علت کوتاه بودن زمان حضور شته انار روی درختان انار و مهاجرت آنها با گرم شدن هوا این آزمایش برای حشرات کامل به مدت ۳۰ روز در دمای ۲۵ و ۴۳ روز در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس ادامه یافت. این آزمایش در دمای ۲۵±۲ و ۲۷/۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵٪ درصد و دوره روشنایی به تاریکی ۸:۱۶ ساعت انجام گرفت.

نرخ شکارگری ویژه سن ( $k_x$ ) که میانگین تعداد شته خورده‌شده به‌وسیله کفشدوزک را در مرحله سنی  $x$  نشان می‌دهد با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Chi and Yang 2003).

$$k_x = \frac{\sum_{j=1}^{\beta} S_{xj} C_{xj}}{\sum_{j=1}^{\beta} S_{xj}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این معادله  $S_{xj}$  نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله است که در آن  $x$  نشان‌دهنده سن و  $j$  نشان‌دهنده مرحله سنی است.  $C_{xj}$  نرخ مصرف ویژه سن-مرحله است که میانگین تعداد شته سبز انار مصرف‌شده به‌وسیله کفشدوزک *H. variegata* در سن  $x$  و مرحله  $j$  را نشان می‌دهد.

نرخ خالص شکارگری ( $C_0$ ) از رابطه ۲ محاسبه شد (Chi and Yang, 2003). که در آن  $k_x$  نرخ شکارگری

داده‌ها با استفاده از معادله راجرز (Rogers 1972) و ضریب تبیین ( $r^2$ ) از رابطه ۶ استفاده گردید.

$$r^2 = 1 - \frac{\text{Residual sum of squares}}{\text{Corrected total sum of squares}} \quad (۶)$$

برای مقایسه فراسنجه‌های واکنش تابعی از معادله ۷ استفاده شد:

رابطه (۷)

$$N_e = [1 - \exp[-(a + D_e(j))(T - (T_h + D_{th}(j))N_e)]]$$

پس از تعیین فراسنجه‌های مورد نظر، وجود تفاوت معنی‌دار آماری بین فراسنجه‌های با استفاده از معادله ۷ مورد بررسی قرار گرفت. در این معادله،  $Z$  یک متغیر شاخص است که از صفر برای سری اول داده‌ها تا یک برای سری دوم داده‌ها ارزش‌گذاری می‌شود. با تخمین فراسنجه‌های  $Da$  و  $DTh$  می‌توان تفاوت معنی‌دار در مقدار  $a$  و  $Th$  را مشخص کرد. به عبارت دیگر نرخ حمله برای یک مرحله  $a$  و برای مرحله دیگر  $a+Da$  می‌باشد و زمان دستیابی در دمای ۲۵ درجه برابر  $Th$  و برای دمای ۲۷/۵ درجه  $Th+DTh$  می‌شود. برای یافتن اختلاف بین دو زمان دستیابی بایستی ثابت شود که  $DTh$ ، مقداری معنی‌دار است و برابر صفر نیست. اگر  $DTh$  اختلاف معنی‌داری با صفر نداشته باشد آنگاه اختلاف بین  $Th$  و  $Th+DTh$  معنی‌دار نیست و دو زمان دستیابی از دیدگاه آماری مساوی هستند. تفاوت معنی‌دار  $DTh$  با صفر نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت زمان دستیابی بین دو تیمار است که از آزمون  $t$ -test استفاده شد. قدرت جستجوگری بین دو تیمار نیز با استفاده از پارامتر  $Da$  و مشابه زمان دستیابی مقایسه شد (Juliano 2001, Allahyari et al. 2004).

### نتایج و بحث

طول دوره تخم، لارو، پیش از بلوغ و حشره کامل کفشدوزک با تغذیه از شته انار به ترتیب  $۳/۲۴ \pm ۰/۰۵$ ،  $۶/۸۱ \pm ۰/۱۵$ ،  $۱۳/۵۲ \pm ۰/۱۶$  و  $۳۰/۵۹ \pm ۰/۳۴$  روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و  $۲/۵۷ \pm ۰/۰۷$ ،  $۷/۰۹ \pm ۰/۱۴$ ،  $۱۲/۷۶ \pm ۰/۱۶$  و  $۲۳/۹۱ \pm ۰/۵۱$  روز در دمای ۲۷/۵ به دست آمد. بر این اساس با افزایش دما از ۲۵ به ۲۷/۵ طول دوره رشد کاهش یافته است.

شدند. نرخ شکارگری به کمک نرم‌افزار CONSUME-MSChart (Chi 2015) در Visual BASIC 6.0 محاسبه شد.

از برنامه SAS برای تجزیه داده‌های واکنش تابعی استفاده شد. آنالیز واکنش تابعی شامل دو مرحله تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای منحنی واکنش تابعی است (Juliano 2001). نوع واکنش تابعی بوسیله رگرسیون لجستیک<sup>۱</sup> نسبت شکار خورده‌شده به عنوان تابعی از تراکم اولیه طعمه و از طریق تابع چند جمله‌ای معادله ۴ انجام شد.

$$N_e = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)} \quad (۴)$$

در این رابطه  $N_e$  تعداد شکار خورده شده،  $N_0$  تعداد اولیه شکار 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 شد (Juliano 2001, SAS Institute Inc). منفی یا مثبت بودن ضریب خطی در تابع چند جمله‌ای به ترتیب نوع دوم و سوم واکنش تابعی را نشان می‌دهد (Juliano 2001). رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات (nonlinear least squares regression) تعداد طعمه خورده‌شده در برابر تعداد ارائه شده، برای تخمین پارامترهای واکنش تابعی با استفاده از رویه PROC NLIN در برنامه SAS استفاده گردید (Juliano 2001). به دلیل جایگزین نشدن شته‌های خورده‌شده و تجزیه رگرسیون لجستیک داده‌های واکنش تابعی در معادله شکارگر تصادفی (Ragers type II random predator equation) قرار داده شد (Rogers 1972). معادله ۵ برای واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد. در این معادله  $N_a$  تعداد شکار مورد حمله قرار گرفته،  $N_0$  تراکم شکار در آغاز آزمایش،  $a$  نرخ حمله ( $h^{-1}$ )،  $T_h$  زمان دستیابی بر حسب ساعت و  $T$  کل زمان آزمایش (۲۴ ساعت) است.

$$N_e = N_0 \{1 - \exp[-a(T_h N_e - T)]\} \quad (۵)$$

پس از تعیین نوع واکنش تابعی، برای برآورد پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی و برازش

اول لاروی تا سن چهارم لاروی افزایش یافت ولی از نظر شته شکارشده توسط بالغین تفاوت قابل توجهی بین کفشدوزک‌های نر و ماده وجود ندارد (Rounagh and Samih 2014). البته صرفاً با استناد به فراسنجه‌های جدول زندگی یا نرخ مصرف نمی‌توان در مورد پتانسیل شکارگر بحث کرد چراکه باید هر دوی این اطلاعات در برنامه تایمینگ وارد و بر اساس خروجی آن قضاوت کرد. در پژوهش مختاری و سمیع در بررسی نرخ شکارگری کفشدوزک *O. conglobata contaminata* روی پوره سن سوم شته سبز هلو در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مشخص شد که میزان شکار از سن اول لاروی به سن چهارم افزایش پیدا می‌کند. میزان شکار سن چهارم لاروی نسبت به افراد بالغ کمتر است. میزان شکار در افراد ماده تقریباً دو برابر افراد نر است که هماهنگ با پژوهش حاضر است. همچنین تعداد شته شکارشده توسط لارو سن چهارم، حشرات ماده و کل مراحل به ترتیب  $190.1 \pm 7.04$ ،  $190.2 \pm 25.2$  و  $215.1 \pm 27$  شته به دست آمد (Mokhtari and Samih 2014). فرهادی و همکاران طی مطالعاتی مشخص کردند تعداد شته سیاه باقلا شکارشده توسط کفشدوزک *H. variegata* از سن اول لاروی تا سن چهارم افزایش پیدا می‌کند و در افراد ماده تقریباً دو برابر افراد نر است که هماهنگ با پژوهش حاضر است (Farhadi et al. 2011). چپی و یانگ نشان دادند که در کفشدوزک *Propylaea japonica* با تغذیه از شته *Myzus persicae* نرخ شکارگری افراد ماده تقریباً دو برابر افراد نر است که با پژوهش حاضر مطابقت دارد و شکارگری کفشدوزک تا پایان عمر ادامه دارد و با افزایش سن کاهش پیدا نمی‌کند (Chi and Yang 2003).

نرخ بقا ویژه سن ( $l_x$ )، نرخ شکارگری ویژه سن ( $k_x$ ) و نرخ خالص شکارگری ویژه سن ( $k_x l_x$ ) کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته سبز انار در شکل ۲ مشخص شد. در این شکل مرحله‌ای که شکارگری صفر را نشان می‌دهد مربوط به مرحله تخم و سفیره است چون تغذیه‌ای وجود ندارد همچنین با افزایش سن کفشدوزک در نرخ شکارگری تغییری به وجود نمی‌آید و تا آخرین روز زندگی کفشدوزک ادامه دارد و سطح زیر منحنی نشان‌دهنده نرخ خالص شکارگری یعنی  $C_0$  است که

مقدار مصرف و نرخ شکارگری کفشدوزک *H. variegata* در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس با تغذیه از پوره سن سه و چهار شته سبز انار

تعداد شته‌های شکارشده توسط مراحل مختلف سنی کفشدوزک در جدول ۱ و شکل ۱ نشان می‌دهد که میزان شکار از سن اول لاروی تا سن چهارم افزایش پیدا می‌کند. سن چهارم لاروی بیشترین میزان شکار را نسبت به سنین دیگر داشته اما نسبت به افراد بالغ کمتر است. بر این اساس در افراد ماده و نر در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۱۱/۴ و ۱۶/۷ درصد شکار مربوط به دوره لاروی و ۸۸/۶ و ۸۳/۳ درصد مربوط به دوره حشره کامل است. در افراد ماده و نر در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۱۰/۳ و ۱۶/۶ درصد شکار مربوط به دوره لاروی و ۸۹/۷ و ۸۳/۴ درصد مربوط به دوره حشره کامل است. میزان تغذیه افراد ماده بالغ ۱/۵ برابر افراد نر است که شاید به دلیل اندازه بزرگتر نسبت به افراد نر و نیاز به انرژی بیشتر برای تخم‌گذاری باشد. اما تغذیه لاروهای نر بیشتر از لاروهای ماده است. که نشان‌دهنده تحرک و شکارگری بیشتر لاروهای نر است. در پژوهش فاطمی میزان شته شکارشده توسط کفشدوزک *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) از شته سبز انار از سن اول لاروی تا سن چهارم لاروی افزایش یافت ولی از نظر تعداد شته شکارشده تفاوت قابل توجهی بین کفشدوزک‌های نر و ماده وجود نداشت، همچنین تعداد پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار شکارشده توسط لارو سن چهارم برای حشرات نر برابر ۱۶/۸۶ ± ۱۸۸/۰۸ و حشرات ماده ۹/۶۳ ± ۱۷۹/۰۹ به دست آمد که بیشتر از پژوهش حاضر است و پرخوری بیشتری را نشان می‌دهد (Fatemi 2014). رونق و سمیع نشان دادند که تعداد پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار شکارشده توسط لارو سن چهارم، حشرات ماده و کل مراحل کفشدوزک *Oenopia conglobata contaminata* (Menetries) در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب  $1517.6 \pm 91.1$ ،  $122 \pm 6152$  و  $6359 \pm 1517$  شته است که بیشتر از پژوهش حاضر است و نشان می‌دهد که کفشدوزک *H. variegata* برای کنترل بیولوژیک شته سبز انار بر اساس این فراسنجه ضعیف‌تر است و همچنین تعداد شته شکارشده توسط کفشدوزک از سن

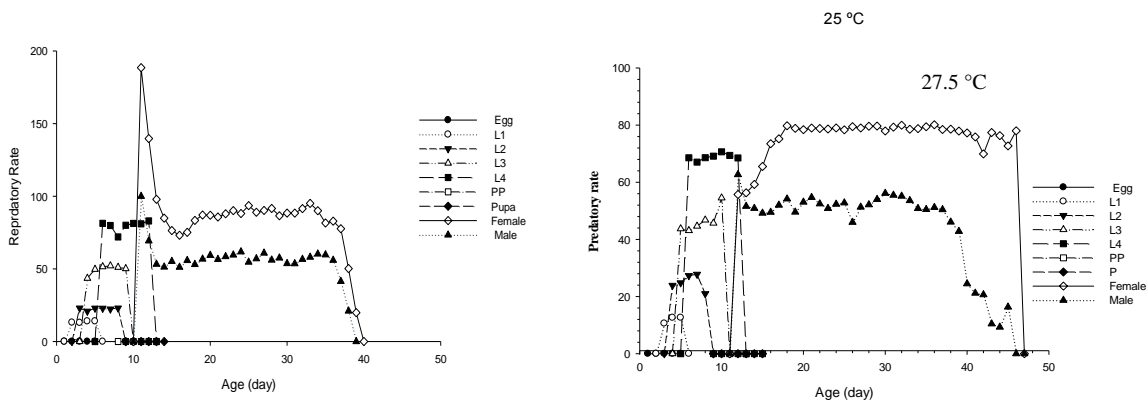
به دست آمده است. در پژوهش فاطمی و سمیع مقدار نرخ خالص شکارگری کفشدوزک *M. sexmaculatus* روی شته سبز انار در مرحله پیش از بلوغ ۳۵۸/۹ شته ( Fatemi 2014) (بیشتر از پژوهش حاضر) به دست آمد. بنابراین بر اساس نرخ خالص شکارگری کفشدوزک *H. variegata* در مقایسه با دو شکارگر فوق برای کنترل شته سبز انار توانایی کمتری دارد.

مقدار نرخ خالص شکارگری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۱۷۲۵/۱۴ و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس ۱۸۷۰/۳۱ به دست آمد. بنابراین با افزایش دما از ۲۵ به ۲۷/۵ میزان شکارگری افزایش یافته است. نرخ خالص شکارگری ( $C_0$ ) کفشدوزک *O. conglobata* با تغذیه از شته سبز انار ۲۳۱۱/۸ شته (Rounagh and Samih 2014) (بیشتر از پژوهش حاضر)

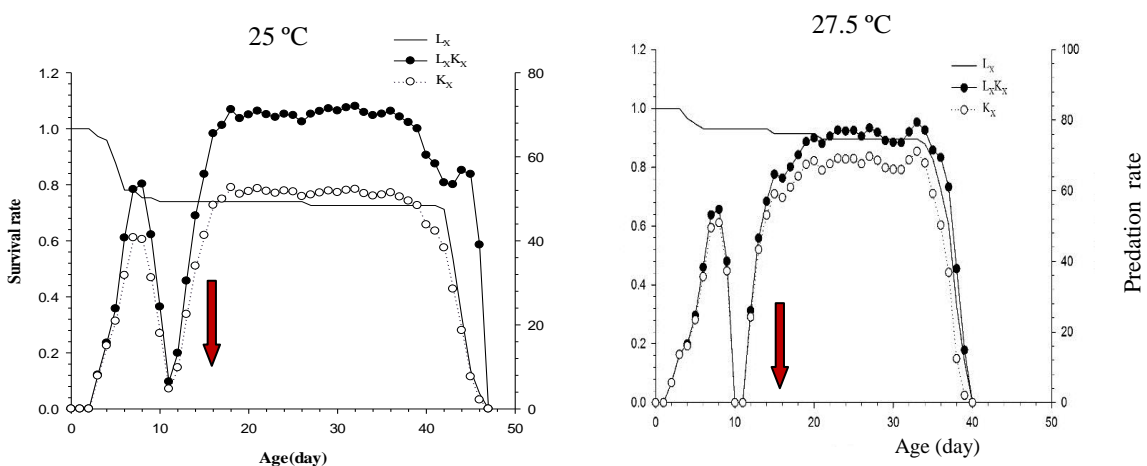
جدول ۱. میانگین تعداد شته شکار شده در مراحل مختلف زندگی کفشدوزک *H. variegata* در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس

Table 1. The Mean number of aphid prey at different life stages predator *H. variegata* at 25 and 27.5 °C

Temperature°C	Sex	Life stages					
		1 <sup>st</sup> instar	2 <sup>nd</sup> instar	3 <sup>rd</sup> instar	4 <sup>th</sup> instar	Adult	All stage
27.5	Female	1.81±30.93	3.59±39.13	7.41±88.93	9.1±111.57	50.830±2093.43	52.56±2364
	Male	1.91±29.88	3.28±39.29	7.23±84.75	9.57±107.08	69.25±1299.38	69.77±1560.38
25	Female	1.45±21.03	2.73±36.58	6.8±67.72	7.1±146.25	12.85±2366.72	17.92±2638.31
	Male	2.51±23.11	4.27±35.5	9.48±78.5	9.5±142.94	54.47±1401.89	56.34±1681.94



شکل ۱. میانگین نرخ شکارگری مراحل مختلف زندگی کفشدوزک *Hippodamia variegata* در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس



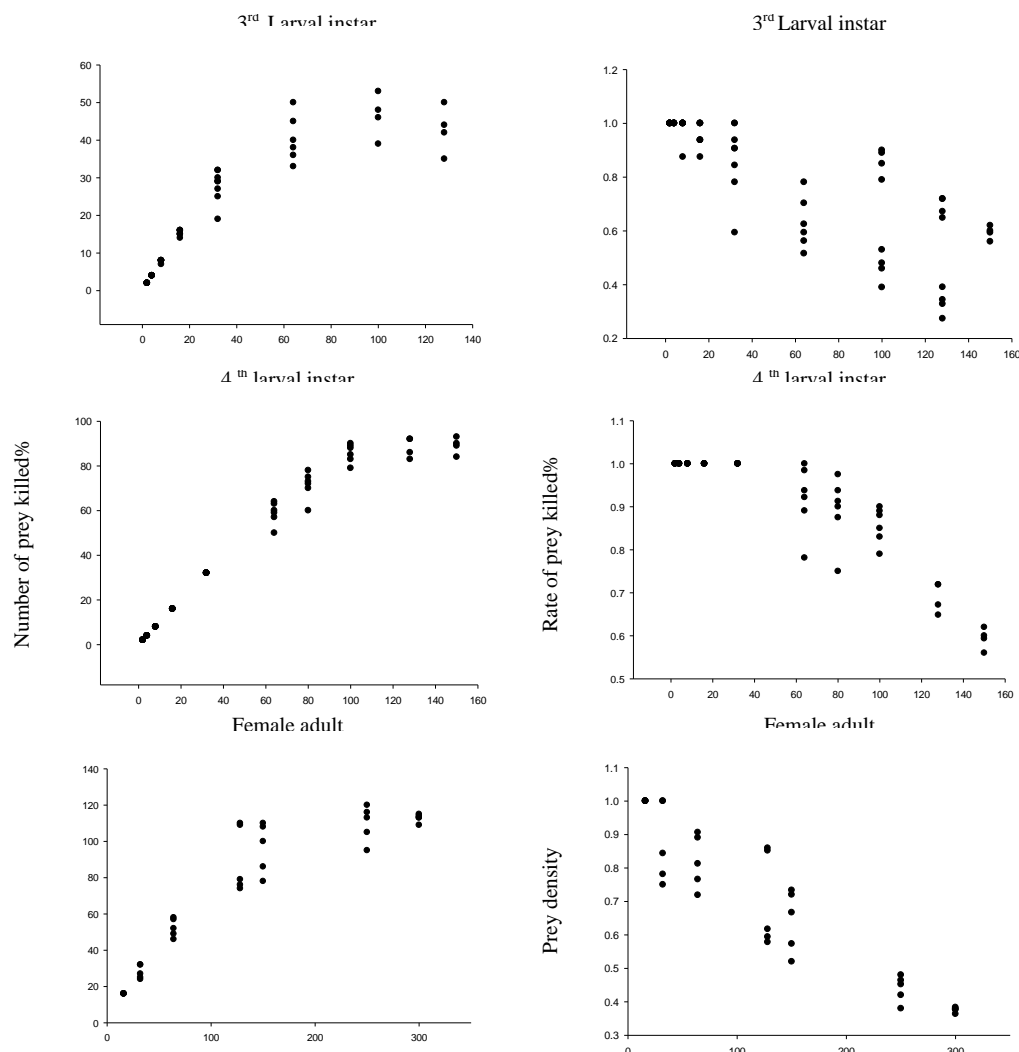
شکل ۲. نرخ بقا ویژه سن ( $I_x$ )، نرخ شکارگری ویژه سن ( $k_x$ ) و نرخ خالص شکارگری ویژه سن ( $k_x I_x$ ) کفشدوزک *Hippodamia variegata* با تغذیه از شته سبز انار در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس

Figure 2. Age-specific survival rate ( $I_x$ ), age specific predation rate ( $k_x$ ), and age-specific net predation rate ( $k_x I_x$ ) predator *Hippodamia variegata* by feeding on *Aphis punicae* at 25 and 27.5 °C

ارائه شده است. در هر دو دما، با افزایش تراکم طعمه، تعداد طعمه خورده شده افزایش یافت (شکل‌های ۳ و ۴). این رفتار برای همین کفشدوزک با تغذیه از شته سبز هلو (Hassankhani and Allahyari 2013) و شته جالیز هلو (Fan and Zhao 1988, ) *Aphis gossypii* Glover Molashahi *et al.* 2002, Davoodi Dehkordi and *O. conglobata* (Sahragard 2013)، کفشدوزک *contaminata* با تغذیه از پوره‌های سن سه و چهار شته سبز هلو (Mokhtari and Samih 2014)، و شته سبز انار (Rounagh and Samih 2015) و کفشدوزک شکارگر *M. sexmaculatus* با تغذیه از پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار (Fatemi 2014) مشاهده شده بود.

واکنش تابعی مراحل مختلف سنی کفشدوزک *H. variegata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دماهای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس

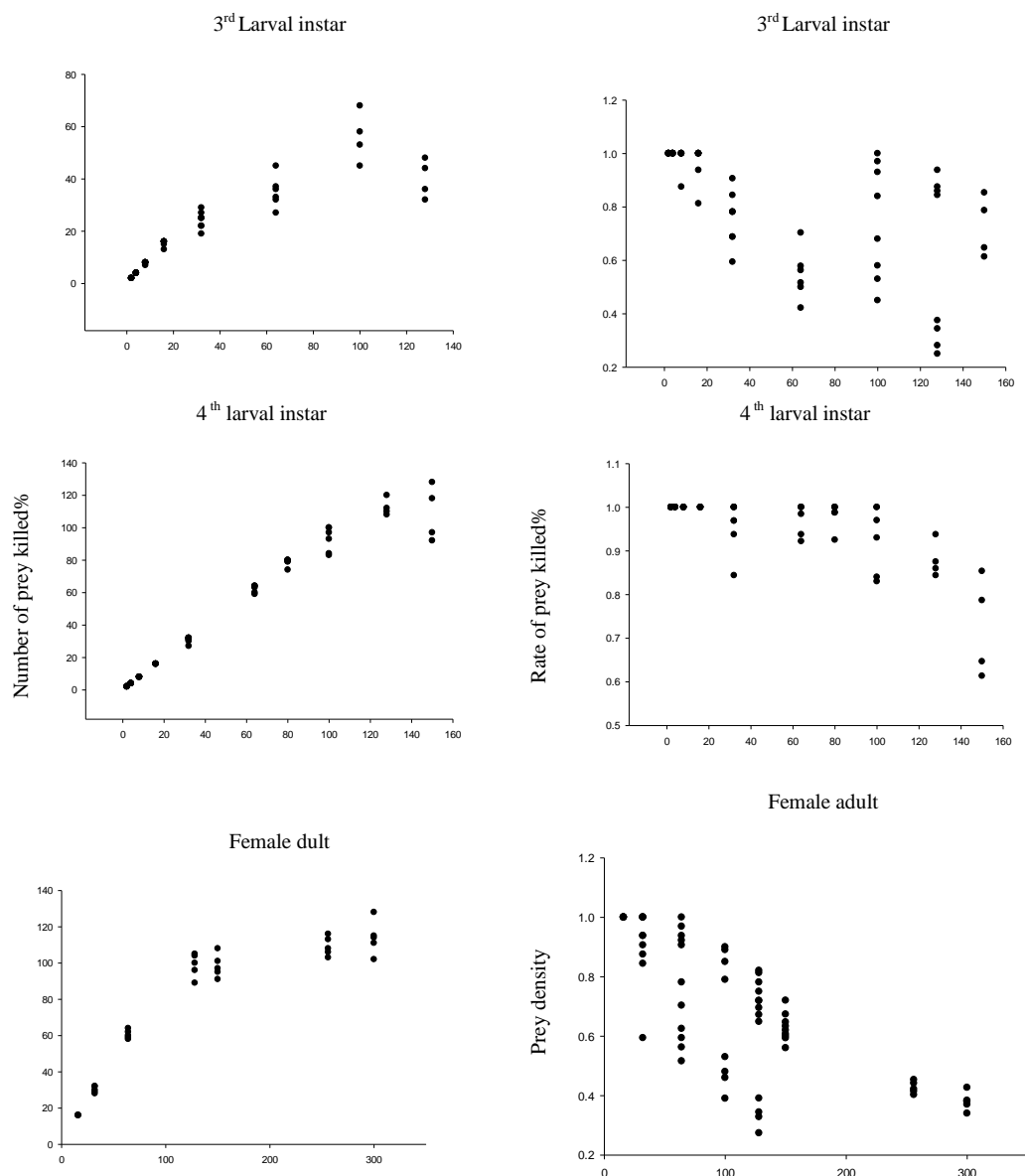
منحنی‌های تعداد و نسبت طعمه‌های خورده شده توسط مراحل مختلف سنی لاروهای سن سه و چهار و حشرات بالغ نر و ماده کفشدوزک شکارگر *H. variegata* در مقابل تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دماهای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس در شکل‌های ۳ و ۴ و پارامترهای حاصل از برقراری رگرسیون لجستیک بین تعداد طعمه خورده شده توسط سنین مختلف کفشدوزک در دو دمای فوق در جدول ۲



شکل ۳. منحنی‌های نسبت طعمه‌های خورده شده توسط لارو سن سه، چهار و ماده‌های بالغ کفشدوزک *H. variegata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

Figure 3. Number of prey killed% curves by three and fourth larval instars and adults of *H. variegata* to different densities of three and fourth instars of *Aphis punicae* at 25 °C.





شکل ۴. منحنی‌های نسبت طعمه‌های خورده‌شده توسط لارو سن سه، چهار و ماده‌های بالغ کفشدوزک *H. variegata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۷/۵ درجه‌سلسیوس

Figure 4 Number of prey killed% curves by three and fourth larval instars and adults of *H. variegata* to different densities of three and fourth instars of *Aphis punicae* at 27.5 °C.

در مورد واکنش تابعی کفشدوزک شکارگر *H. variegata* به میزبان‌های مختلف، واکنش تابعی نوع دوم گزارش شده است. واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته سیاه باقلا (Jafari and Goldaste 2009) و پسپیل معمولی پسته (Alimohammadi Davarani *et al.* 2012) را از نوع دوم گزارش شده است. مهاجری پاریزی و همکاران واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* را نسبت به پوره سن چهار شته جالیز در شرایط میکروکاسم از نوع دوم تعیین کرده‌اند (Mohajeri Parizi *et al.* 2010). فان و

شیب قسمت‌های مختلف منحنی و علامت مربوط به هر کدام از آن‌ها در مورد مراحل مختلف کفشدوزک شکارگر *H. variegata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای مورد آزمایش در جدول ۲ آمده است. علامت منفی برآوردهای ضریب‌های خطی در هر آزمایش، وجود واکنش تابعی نوع دوم را احراز می‌کند و علامت مثبت برآوردهای ضریب خطی وجود واکنش تابعی نوع سوم را احراز می‌کند؛ منحنی‌های واکنش تابعی در تمامی آزمایش‌ها از نوع دوم بود. در آزمایش‌های متعددی

دانشمندان که در بالا به آن‌ها اشاره شد، مطابقت دارد. پیشتر تلاش می‌شد با تعیین نوع واکنش تابعی در مورد کارایی شکارگر یا پارازیتوئید پیشگویی انجام شود، امروزه مشخص شده است که رابطه چندان دقیقی بین نوع واکنش تابعی و کارایی یک شکارگر وجود ندارد (Fernandez-Arhex and Corley 2003) بنابراین بررسی همه جانبه از نظر نرخ شکارگری و توان جستجوگری لازم است.

ژائو واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* را با تغذیه از شته جالیز از نوع دوم تشخیص دادند (Fan and Zhao 1988). واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از *Therioaphis trifolii* (Zhang et al. 2007) و شته سیاه باقلا (Elhag and Zaitoon 1996, Farhadi et al. 2010) از نوع دوم تعیین شد. بنابراین نتیجه تحقیق حاضر در خصوص نوع واکنش تابعی کفشدوزک شکارگر *H. variegata* به تراکم‌های مختلف شته سبز انار با نتایج

جدول ۲. برآورد بیشینه درست‌نمایی Maximum likelihood به دست آمده از رگرسیون لجستیک بین تراکم‌های مختلف پوره سن سه و چهار شته سبز انار و میزان تغذیه لارو سن سوم و چهارم کفشدوزک *H. variegata* در دماهای ۲۵°C و ۲۷/۵°C

Table 2. Maximum-likelihood estimates from logistic regressions analysis between densities of three and fourth instars of *Aphis punicae* and feeding of three and fourth larval instars of *H. variegata* at 25 and 27.5 °C.

Temperature (°C)	Coefficient	Stages period		
		3 <sup>rd</sup> Larval instar	4 <sup>th</sup> larval instar	Female Adult
25	Constant( $P_0$ )	5.1139	8.6721	2.8427
	Linear( $P_1$ )	-0.1352	-0.1438	-0.0212
	Quadratic( $P_2$ )	0.0012	0.001	0.000048
	Cubic( $P_3$ )	-4.5E-6	-2.758E-6	-4.71E-8
27.5	Constant( $P_0$ )	6.043	4.8798	4.8329
	Linear( $P_1$ )	0.2338	-0.0245	-0.0408
	Quadratic( $P_2$ )	0.0030	0.0001	0.0001
	Cubic( $P_3$ )	0.0001	-1.04E-6	-8.75E-8

بیشتری دارد بنابراین در هر دو دما لارو سن چهار قدرت جستجوگری بهتری دارد. فرهادی و همکاران نشان دادند که قدرت جستجوگری و زمان دستیابی در کفشدوزک *H. variegata* با افزایش سن لاروی افزایش یافت (Farhadi et al. 2010). نتایج ما همچنین نشان داد که زمان دستیابی با افزایش دما از ۲۵ به ۲۷/۵ درجه سلسیوس در لارو سن سه و چهار کاهش یافت. همچنین در دمای ۲۵ درجه سلسیوس زمان دستیابی با افزایش سن از لارو سن سه به ماده‌های بالغ کاهش یافت. در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس زمان دستیابی با افزایش سن از لارو سن سه به سن چهار کاهش و در ماده‌های بالغ افزایش یافت. با توجه به حدود اطمینان ۹۵ درصد، قدرت جستجو در لارو سن چهار در هر دو دما در یک گروه قرار می‌گیرند و لارو سن سه و ماده نیز در هر دو دما در یک گروه قرار می‌گیرند و اختلاف معنی‌دار ندارند. همچنین در هر دو دما مرحله سن چهار با مرحله سن سه و ماده بالغ اختلاف معنی‌دار دارد. با توجه به حدود اطمینان ۹۵ درصد، زمان دستیابی در لارو سن سه در هر دو دما در یک گروه قرار می‌گیرند و اختلاف معنی‌دار ندارند و ماده بالغ نیز در هر دو دما در یک گروه قرار می‌گیرند و اختلاف معنی‌دار ندارند اما زمان

میانگین پارامترهای حاصل از برازش منحنی‌های واکنش‌های تابعی مراحل مختلف رشدی کفشدوزک شکارگر روی پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار قدرت جستجوگری ( $a$ ) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مربوط به لارو سن چهار ( $0/31h^{-1}$ ) و کمترین زمان دستیابی در این دما مربوط به ماده بالغ ( $0/18h$ ) و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس بیشترین مقدار قدرت جستجو ( $a$ ) مربوط به لارو سن چهار ( $0/46h^{-1}$ ) و کمترین زمان دستیابی مربوط به لارو سن چهار ( $0/18h$ ) بود. برای بررسی وجود تفاوت معنی‌دار در پارامترهای واکنش تابعی کفشدوزک در مراحل مختلف سنی در این دو دما، از برازش داده‌ها به مدل ۷ استفاده شد. بررسی‌ها نشان داد که قدرت جستجوگری لارو سن چهار و ماده بالغ با افزایش دما از ۲۵ به ۲۷/۵ درجه سلسیوس افزایش و در لارو سن سه کاهش یافته است اما این اختلاف معنی‌دار نیست (جدول ۴). بر اساس فراسنجه قدرت جستجوگری، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس کاربرد لارو سن چهار و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس کاربرد لاروهای سن چهار و ماده بالغ (به ویژه چهار) کارایی

جستجوگری بیشتر در لاروهای سن چهار و زمان دستیابی پایین این مرحله در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس، این مرحله و دما به عنوان وضعیت مناسب در این پژوهش گزارش می‌شود؛ که با پژوهش رونق و سمیع (Rounagh and Samih 2015) هماهنگی دارد.

دستیابی در لارو سن چهار در دو دما ختلاف معنی‌دار نشان می‌دهد. همچنین در هر دو دما لارو سن سه با لارو سن چهار و ماده بالغ اختلاف دارد (جدول‌های ۳ و ۴). بنابراین، بر پایه میانگین دمای محیط مراحل رشدی متفاوتی از شکارگر جهت مهار آفت کارایی دارد. با نگرش به قدرت

جدول ۳. مقادیر پارامترهای محاسبه شده بوسیله معادله شکارگری تصادفی واکنش تابعی لارو سن سوم و چهارم و ماده‌های بالغ کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای‌های ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس

Table 3. Parameters estimated by the random predator equation of functional response of three and fourth larval instars of *H. variegata* to different densities of three and fourth instars of *Aphis punicae* at 25 and 27.5 °C

Temperature (°C)	Stages	a (h <sup>-1</sup> ) ±SE	Approximate 95% Confidence Limits	T <sub>h</sub> (h) ±SE	Approximate 95% Confidence Limits	r <sup>2</sup>
25	3 <sup>rd</sup> Larval instar	0.2121 ±0.0457	0.12-0.3	0.4844 ±0.0211	0.44-0.52	0.96
	4 <sup>th</sup> larval instar	0.3179 ±0.0413	0.23-0.4	0.2311 ±0.007	0.21-0.24	0.99
	Female Adult	0.146 ±0.0283	0.088-0.2	0.1818 ±0.010	0.16-0.2	0.94
27.5	3 <sup>rd</sup> Larval instar	0.1154 ±0.0263	0.62-0.16	0.4246 ±0.0362	0.35-0.49	0.90
	4 <sup>th</sup> larval instar	0.4623 ±0.1347	0.19-0.73	0.1875 ±0.0108	0.16-0.2	0.99
	Female Adult	0.2787 ±0.0507	0.17-0.38	0.1984 ± ±0.0054	0.18-0.2	0.98

a attack rate (on a 20-25 cm<sup>2</sup> leaf area), T<sub>h</sub> handling time

جدول ۴. مقایسه فراسنجه‌های واکنش تابعی مراحل مختلف سنی کفشدوزک *H. variegata* روی پوره سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس

Table 4. comparison the functional response parameters of different developmental stages of *H. variegata* on three and fourth instars of *Aphis punicae* at 25 and 27.5 °C

Parameter				Cases compared	
D <sub>T<sub>h</sub></sub>	D <sub>a</sub>	T <sub>h</sub>	α	Stages	Temperature (°C)
0.0589	0.0967	0.4844	0.2121	3 <sup>rd</sup> Larval instar	25 and 27.5
0.0436	0.1444	0.2311	0.3179	4 <sup>th</sup> larval instar	25 and 27.5
0.2533	0.1058	0.4844	0.2121	3 <sup>rd</sup> and 4 <sup>th</sup> Larval instar	25
0.2371	0.3469	0.4246	0.1154	3 <sup>rd</sup> and 4 <sup>th</sup> Larval instar	27.5
0.0493	0.1719	0.2311	0.3179	Adult and 4 <sup>th</sup> larval instar	25
0.0109	0.1836	0.1875	0.4623	AZdult and 4 <sup>th</sup> larval instar	27.5

a نرخ حمله T<sub>h</sub> رمان دستیابی، D<sub>a</sub> و D<sub>T<sub>h</sub></sub> برآورد اختلاف بین نرخ حمله و زمان دستیابی در موارد مورد مقایسه. α (attack rate), T<sub>h</sub>: handling time; D<sub>a</sub> and D<sub>T<sub>h</sub></sub>: The estimated difference between the attack rate and handling time to achieve in cases compared.

2010). بنابراین این نرخ حمله این کفشدوزک با تغذیه از شته سبز انار بیشتر از تغذیه از شته سبز هلو، و شته سیاه باقلا و شته جالیز است. کنتودیماس و استاتاس قدرت جستجو و زمان دستیابی کفشدوزک *Dysaphis crataegi* را با تغذیه از شته *H. variegata* Kaltentbach<sup>1</sup> /۰.۹۶۲۴h و /۰.۸۵۲h تعیین کردند (Kontodimas and Stathas 2005)؛ بنابراین شته سبز انار بر اساس فراسنجه قدرت جستجو طعمه مناسبتری برای این شکارگر نسبت به طعمه فوق می‌باشد. مهاجری پاریزی و همکاران فراسنجه‌های قدرت جستجو (بر ساعت) و زمان دستیابی (ساعت) برای لارو سن سه، چهار و حشره کامل کفشدوزک *H. variegata* نسبت به

حسنخانی و الهیاری، قدرت جستجو و زمان دستیابی حشرات کامل ماده کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته سبز هلو در دمای ۲۵ درجه سلسیوس<sup>1</sup> /۱۳h و /۰.۱۹h تعیین کردند (Hassankhani and Allahyari 2013). داوودی دهکردی و صحراگرد، قدرت جستجوگری و زمان دستیابی حشرات کامل ماده کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه شته جالیز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس<sup>1</sup> /۰.۸۳h و /۰.۱۹۷h تعیین کردند (Davoodi Dehkordi and Sahragard 2013). قدرت جستجوگری در حشرات کامل ماده کفشدوزک *H. variegata* نسبت به شته سیاه باقلا به ترتیب<sup>۱</sup> /۰.۹۳ ساعت و /۰.۴۰۹ ساعت تعیین شد (Farhadi et al.)

پوره سن چهار شته جالیز در شرایط میکروکاسم را به‌ترتیب، ۰/۰۴۸۲ و ۱/۰۲۹۸، ۰/۰۳۸۷ و ۰/۰۲۳۱، ۰/۰۹۳۵ و ۰/۱۱۲ تعیین کرده‌اند (Mohajeri Parizi et al. 2010). فان و ژائو قدرت جستجو و زمان دستیابی کفشدوزک *H. variegata* را با تغذیه از شته جالیز را ۰/۱۲۴۲۱ بر ساعت و ۰/۴۲۱ ساعت ذکر کردند (Fan and Zhao 1988). بنابراین شته سبز انار بر اساس فراسنجه قدرت جستجو طعمه مناسب‌تری نسبت به شته جالیز برای این شکارگر است. قدرت جستجوگری و زمان دستیابی لارو سن چهارم کفشدوزک *Oenopia conglobata contaminata* (Menteries) با تغذیه از شته سبز انار در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌ترتیب ۰/۰۱۲۴ بر ساعت و ۰/۳۳۸۹ ساعت و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس ۰/۱۱۹۳ و ۰/۳۳ برآورد شد (Rounagh and Samih 2015). مقدار این پارامترها برای کفشدوزک *M. sexmaculatus* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۰/۰۷۸۲ و ۰/۱۸ و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس ۰/۱۴۵۷ و ۰/۱۰۹۲ گزارش شد (Fatemi 2014) همچنین این دو پارامتر برای کفشدوزک دونقطه‌ای *Adalia bipunctata* Passerini ۰/۰۲۲ و ۰/۰۷ برآورد شد (Dehghan Dehnavi et al. 2007). بنابراین لارو سن چهارم شکارگر *H. variegata* شکارگر مناسب‌تری برای کنترل شته سبز انار در هر دو دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس نسبت به سه شکارگر فوق بر اساس فراسنجه قدرت جستجوگری است. کفشدوزک‌های بالغ دو نقطه‌ای زمان کمتری برای به چنگ آوردن و خوردن شته سبز انار نسبت به کفشدوزک بالغ زیگزاگی شش‌نقطه‌ای صرف می‌کند. مقایسه بین سن چهارم لاروی نشان می‌دهد که لارو سن چهارم کفشدوزک دونقطه‌ای قدرت جستجوی بالاتر و زمان دستیابی کمتری نسبت به کفشدوزک زیگزاگی شش‌نقطه‌ای دارد، بنابراین پس از کفشدوزک *H. variegata* می‌تواند موفق‌تر عمل کند. هودک و هونک نشان دادند که لاروهای سن چهارم و حشرات کامل کفشدوزک‌ها به دلیل برخورداری از قدرت تغذیه بالا اصلی‌ترین مراحل نشو و نما کفشدوزک در برنامه کنترل بیولوژیک آفت هدف می‌باشند (Hodek and Honek 1996). البته داوری پایانی برای تعیین نوع شکارگر برای کنترل

بیولوژیک یک آفت زمانی امکان‌پذیر است که تمام گزینه‌های مناسب از جمله دموگرافی و نرخ مصرف در شرایط یکسان ارزیابی مجدد شود (Asghari et al. 2012b). اصغری و همکاران نشان دادند که بیشترین قدرت جستجوگری توسط حشرات ماده کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از پوره سن چهار پسیل معمولی پسته *A. pistaciae* در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و کمترین زمان دستیابی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس می‌باشد (Asghari et al. 2012b). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که دما در واکنش شکارگر به تراکم طعمه موثر بوده است و سطح شکارگری از دمای پایین تا دمای بالاتر تغییر کرده است. این رفتار در *A. bipunctata* با تغذیه از *M. persicae* در دمای ۱۹ تا ۲۷ درجه سلسیوس (Jalali et al. 2009) نیز گزارش شد. حسنی و همکاران واکنش تابعی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* را در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس با تغذیه از پوره‌های سن چهار پسیل پسته از نوع دوم تشخیص دادند و قدرت جستجو و زمان دستیابی را (۰/۰۴۶۹) بر ساعت و ۰/۰۱۵۲ ساعت به‌دست آوردند (Hassani et al. 2008). مختاری و سمیع قدرت جستجو و زمان دستیابی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با تغذیه از پوره سن سه شته سبز هلو را به‌ترتیب (۰/۰۶۳) بر ساعت و (۰/۱۴۲۵) ساعت به‌دست آورد (Mokhtari and Samih 2014). رونق و سمیع قدرت جستجو و زمان دستیابی ماده بالغ کفشدوزک *O. conglobata contaminata* را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با تغذیه از شته سبز انار به‌ترتیب (۰/۱۲) بر ساعت و (۰/۳۸۶۷) ساعت به‌دست آوردند (Rounagh and Samih 2012). با نگرش به مقدار قدرت جستجوگری، شته سبز انار نسبت به پسیل معمولی پسته میزبان مناسب‌تری برای کفشدوزک *H. variegata* می‌باشد. با توجه به طول دوره‌های رشدی و درصد مرگ‌ومیر این کفشدوزک به‌نظر می‌رسد بهترین دما برای پرورش کفشدوزک دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس می‌باشد (Ramazani and Samih 2015). نرخ خالص شکارگری، کفشدوزک *H. variegata* در مقایسه با دو شکارگر *O. conglobata* و *M. sexmaculatus* برای کنترل شته سبز انار کمتر است (به

این علت که آزمایش تا زمان مرگ ماده‌های کامل ادامه نیافت؛ چون طول زمان وجود شته سبز انار در طبیعت کوتاه بود) اما با نگرش به فراسنجه‌های قدرت جستجو و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (Ramazani 2015) بر این باوریم که کفشدوزک *H. variegata* روی شته سبز انار دارای توان شکارگری مناسبی است. بنابراین کفشدوزک *H. variegata* از لحاظ کارایی و شکارگری در وضعیت مطلوبی قرار دارد و می‌تواند به عنوان یک گزینه انتخابی برای کنترل بیولوژیک شته انار استفاده شود. ولی این دشمن طبیعی نیز مانند سایر دشمنان طبیعی نیاز به حمایت دارد.

## REFERENCES

- Abrams PA, Ginzburg LR (2000) The nature of predation: prey dependent, ratio dependent or neither? Trends in Ecology and Evolution 15(8): 337-341.
- Allahyari H, Fard PA, Nozari J (2004) Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the Sunn pest. Journal of Applied Entomology 128: 39-43.
- Alimohammadi Davarani N, Samih MA, Izadi H (2012) Effects of hexaflumuron and spirodiclofen on functional response of *Hippodamia variegata* at different densities of *Agonoscena pistaciae*. Biological Control of Plant Pests and Diseases 1: 1-10
- Alinaghizadeh A (2011) Faunistic survey of ladybirds (Coccinellidae) in Kerman. MSc. Thesis of Agricultural Entomology, Vali-e-Asr University, 111pp (In Persian).
- Asghari F, Samih MA, Mahdian K (2012a) Some biological characteristics of *Hippodamia variegata* (Goeze) reared on *Brevicoryne brassicae* L. and eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller. Biological Control of Plant Pest and Diseases 1: 19-27. (In Persian).
- Asghari F, Samih MA, Mahdian K, Basirat M, Izadi H (2012b) Predatory efficiency of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) on common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* (Hem.: Aphalaridae) under laboratory conditions. Journal of Entomological Society of Iran 32: 37-58 Pe. (in Persian)
- Bagheri MR, Mossadegh MS (1996) The faunistic studies of Coccinellidae in Charmahal Bakhtiari province (Part I Family: Chilocorinae and Coccinellidae). Journal of Agricultural Science 7,8: 29-35 (in Persian)
- Bayhan E, Bayhan O, Ulusoy MR, Brown JK (2005) Effect of temperature on the biology of *Aphis punicae* (Passerini) (Homoptera: Aphididae) on pomegranate. Environmental Entomology 34, 22-26.
- Benham BR, Muggleton JM (1970) Studies on the ecology of *Coccinella undecimpunctata* Linn (Coleoptera: Coccinellidae). The Entomologist 103: 153-170.
- Chi H, Yang TC (2003) Two- sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology 32: 327-333.
- Chi H (2015) CONSUME-MSChart: a computer program for the predation rate analysis based on age-stage, two-sex life table. (<http://140.120.197.173/Ecology/Download/Consume-MSChart.zip>).
- Davoodi Dehkordi S, Sahragard A (2013) Functional response of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in an open patch design. Journal of Agricultural Science and Technology 15: 15651-659.
- Dehgan Dehnavi L, Samih MA, Talebi AA, Goldasteh S (2007) Functional response of two-spotted lady beetle *Adalia bipunctata* (Col. Coccinellidae) on pomegranate aphid *Aphis punicae* (Hom. Aphididae) in controlled conditions. New Research of Agriculture 1(3): 215-223. (in Persian)
- Elbert TA, Cartwright B (1997) Biology and ecology of *Aphis gossypii* (Glover) (Homoptera: Aphididae). Society of Southwestern Entomologists 22: 116-145.
- Elhag ETA, Zaitoon AA (1996) Biological parameters for four coccinellid species in central Saudi Arabia. Biological Control 7: 316-319.
- Fan GH, Zhao JF (1988) Functional response of *Adonia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) to Cotton aphids. Natural Enemies Insectes 10(4): 187-190.
- Farhadi R, Allahyari H, Juliano S (2010) Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). Environmental Entomology 39(5): 1586-1592.
- Farhadi R, Allahyari H, Chi H (2011) Life table and predation capacity of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). Biological Control 59: 83-89.
- Fatemi S (2014) Biology and efficiency of six spotted ladybird, *Menochilus sexmaculatus* Fabricius (Col.: Coccinellidae) feed on *Aphis punicae* Pass. (Hem.: Aphididae) and Feasibility study of suitable regions for release with using GIS in yazd province. MSc. Thesis of Agricultural Entomology, Vali-e-Asr University. (in Persian)
- Fatemi Ss, Samih MA (2015) Effect of temperature on some biological parameters of *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) by feeding on pomegranate green aphid, *Aphis punicae* Pass. Journal of Applied Research in Plant Protection 4(1): 67-81. (in Persian)

- Fernandez-Arhex V, Corley JC** (2003) The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology* 13(4): 403-413.
- Franzmann AB** (2002) *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), a predacious ladybird new in Australia. *Australian Journal of Entomology* 41: 375-377.
- Gordon RD** (1987) The first North American records of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae). *Journal of New York Entomology Society* 95: 307-309
- Hasani MR, Mehrnejad MR, Ostovan H** (2008) Some characteristics biology and predatory ladybird *Oenopia conglobata contaminata* common on pistachio psylla in vitro. *Research Journal of Protection Forest in Iran* 6:110-117. (in persian)
- Hassankhani K; Allahyari H** (2013) Functional response of adult male and female of *Hippodamia variegata* Goeze (Col.: Coccinellidae) on peach aphid. *Biological Control of Pests and Plant Diseases* 2(1): 65-70.
- Hodek I, Honek A** (1996) *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston London.
- Jafari R, Goldaste Sh** (2009) Functional response of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) On *Aphis fabae* (Scopoli) (Homoptera: Aphididae) in laboratory conditions. *Acta Entomologica Sinica* 14(1): 93-100.
- Jafari R, Vafaei Shoushtari R** (2009) Effect of different temperatures on life developmental stages of *Hippodamia variegata* Goeze (Col., Coccinellidae), feeding on *Aphis fabae* Scopoli (Hem., Aphididae). *Journal of Entomological Research* 1(4): 289-297
- Jalali MA** (2001) Study of food consumption in lady beetles of the common pistachio psyllid, *Agonoscaena pistaciae* in Rafsanjan and compiling a life table in controlled conditions. MSc Thesis, University of Shiraz. (in Persian)
- Jalali MA, Tirry L, De Clercq P** (2009) Effect of temperature on the functional response of *Adalia bipunctata* to *Myzus persicae*. *Biocontrol* 55: 261-269.
- Jeschke JM, Kopp M, Tollrian R** (2002) Predator functional responses: discriminating between handling and digesting prey. *Ecological Monographs* 72(1): 95-112.
- Juliano SA** (2001) Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. pp. 178-216 in Scheiner, S. M. and Gurevitch, J. (Eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press, New York. 432 pp.
- Kontodimas DC, Stathas GJ** (2005) Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dysaphis crataegi*. *BioControl* 50: 223-233.
- Mohajeri Parizi E, Madadil H, Allahyari H, Mehrnejad MR** (2010). Functional response of different life stages of *Hippodamia variegata* to 4th instar nymphs of *Aphis gossypii* under microcosm condition. 19<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress, p. 37. (in Persian)
- Mokhtari B, Samih MA** (2014) Predatory efficiency of *Oenopia conglobata contaminata* (Menteries) on *Myzus persicae* (Sulzer) (Hem.: Aphididae) under laboratory conditions. *Biological Control of Plant Pests and Diseases* 3(1): 53-65. (in Persian)
- Molashahi M, Sahragard A, Hoseini R** (2002) Growth index of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) in laboratory conditions. In: the 15th Iranian plant protection congress, 7-11 Sept., University of Razi, Kermanshah, Iran. 338. (in Persian)
- Obrycki JJ, Candy JO** (1990) Suitability of three prey species for nearctic population of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Col.: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology* 83: 1292-1297
- Ramazani A** (2015) Biology, efficiency and life table of *Hippodamia variegata* (Goez) (Col.: Coccinellidae) on *Aphis punicae* Pass. (Hem.: Aphididae). M.Sc. Thesis of Agricultural Entomology, Vali-e-Asr University. (in Persian)
- Ramazani I, Samih, M. A.** 2015. Effect of temperature on developmental rate of *Hippodamia variegata* (Goeze) by feeding on pomegranate green aphid, *Aphis punicae* Pass. *BioControl in Plant Protection* 3(2): 19-34.
- Rogers DJ** (1972) Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology* 41: 369-383
- Rounagh H, Samih MA** (2014) The two-sex life table and predation rate of *Oenopia conglobata contaminata* (Col.: Coccinellidae) feeding on pomegranate green aphid, *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae), under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran* 34(1): 59-72. (in Persian)
- Rounagh H, Samih MA** (2015) Functional response of *Oenopia conglobata contaminata* (Col.: Coccinellidae) by feeding on pomegranate greenaphid, *Aphis punicae* (Hem.:Aphididae) under laboratory conditions. *Plant protection (scientific Journal of Agriculture)* 38(1): 51-65. (in Persian)
- Samih MA** (1993) Morphology and identification of *Aphis* spp. (Hom.: Aphididae) in cooler region of southern Isfahan. Shahid Chamran University, Collage of Agriculture, 198 pp. (in Persian)
- Shakeri M, Daneshvar M** (2004) Conference report on the achievements and problems of management Carob, *Ectomyeloides ceratoniae*. Research Center for Agriculture and Natural Resources of Yazd, p. 13 (in Persian)

- Yu JZ, Chi H, Chen BH (2005)** Life table and predation of *Lemnia bipagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) with a proof on relationship among gross reproduction rate, net reproduction rate and preadult survivorship. Annual Entomology Society American 98: 475-482.
- Zhang R, Yang F, Majian H. (2007)** The predatory response of *Adonia variegata* on *Theriothis trifolii*. Chinese Bulletin of Entomology 44(2): 280-282.