

بررسی قابلیت شکارگری کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) روی پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* (Hem.: Aphalaridae) در شرایط آزمایشگاهی

فاطمه اصغری^۱، محمد امین سمیع^{۱*}، کامران مهدیان^۱، مهدی بصیرت^۱ و حمزه ایزدی^۱

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، ۲- مؤسسه‌ی تحقیقات پسته‌ی کشور، رفسنجان.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: samia_aminir@yahoo.com

Predatory efficiency of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) on common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* (Hem.: Aphalaridae), under laboratory conditions

F. Asghari¹, M. A. Samih^{1&*}, K. Mahdian¹, M. Basirat² and H. Izadi¹

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Valieasr University, Rafsanjan, Iran, 2. Iranian Pistachio Research Institute, Rafsanjan, Iran.

*Corresponding author, E-mail: samia_aminir@yahoo.com

چکیده

پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer، یک آفت اقتصادی در بین پسیل‌های موجود در باغ پسته می‌باشد. گسترش و طغیان این آفت، تشخیص و به‌کارگیری روش‌های کنترل غیرشیمیایی، به‌ویژه کنترل بیولوژیک را ایجاد می‌کند. کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Goeze) یکی از شکارگرهای توانا در باغ‌های پسته است. این شکارگر همه‌چیزخوار بوده و از شته‌ها و پسیل‌ها تغذیه می‌کند. در این پژوهش، میانگین تغذیه‌ی روزانه‌ی سنبلین مختلف لاروی و حشرات کامل و واکنش تابعی این کفشدوزک با تغذیه از پوره‌های سن چهار پسیل معمولی پسته در دو دمای ۲۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس و تأثیر تراکم میزبان بر میزان تخم‌ریزی کفشدوزک در شرایط کنترل شده با دمای ثابت 1 ± 5 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 5 ± 55 درصد و دوره‌ی روشنایی: تاریکی ۱۶: ۸ ساعت بررسی شد. نوع واکنش تابعی به‌وسیله‌ی رگرسیون لجستیک و پارامترهای واکنش تابعی با استفاده از رگرسیون غیرخطی تعیین شد. نتایج نشان داد که واکنش تابعی روی تراکم‌های مختلف شکار در دو دمای مذکور از نوع دوم است. مقادیر قدرت جستجو (a) و زمان دست‌یابی (T_H) در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب 0.012 ± 0.088 بر ساعت و 0.011 ± 0.767 ساعت و برای دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب 0.031 ± 0.195 بر ساعت و 0.056 ± 0.698 ساعت برآورد شد. اثر دما و تراکم بر میزان شکارگری معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که این کفشدوزک احتمالاً می‌تواند گزینه‌ی مناسبی برای کنترل بیولوژیک پسیل معمولی پسته در برنامه‌ی مدیریت تلفیقی آفات در باغ‌های پسته باشد.

واژگان کلیدی: پسیل معمولی پسته، کارایی، واکنش تابعی، *Hippodamia variegata*

Abstract

Common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer, is the most economically important species among the psyllid pests of pistachio in Iran. Hence, the possibility of using nonchemical control methods against *A. pistaciae* and the existence of its natural enemies need to be

investigated. The spotted amber ladybird, *Hippodamia variegata* (Goeze), is one of the most effective predators in pistachio orchards. It is a highly polyphagous coccinellid that preys mainly on aphid and psyllid pests of pistachio trees. This study is intended to improve the knowledge about the predation capacity of *A. pistaciae*. The experiment was conducted under laboratory conditions of 25°C and 30°C, 55 ± 5 RH and 16: 8 L: D. Logistic regression was used to determine the type of functional response and nonlinear regression calculated the parameters of the rate of searching efficiency (a) and handling time (T_h). The functional response on different density of prey at both temperatures was type II. The attack rate and handling time were $0.088 \pm 0.012 \text{ h}^{-1}$ and $0.0647 \pm 0.011 \text{ h}$ at 25°C and $0.195 \pm 0.031 \text{ h}^{-1}$ and $0.0698 \pm 0.056 \text{ h}$ at 30°C, respectively. The density and temperature affected the predation rate significantly. The data suggests that the *H. variegata* is a viable biological agent against *A. pistaciae*.

Key words: Common pistachio psylla, efficiency, functional response, *Hippodamia variegata*

مقدمه

پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer، یکی از آفات مهم پسته است که با مکیدن شیرهی گیاهی سبب کاهش کیفی و کمی محصول پسته می‌شود (Samih *et al.*, 2005). گسترش و طغیان این آفت، ضرورت بازنگری در کنترل شیمیایی (برای کاهش میزان مصرف سموم) و تشخیص و به‌کارگیری روش‌های غیر شیمیایی، به‌ویژه کنترل بیولوژیک را ایجاب می‌کند. کفشدوزک‌ها از مهم‌ترین شکارگرهایی هستند که در زمینه‌ی کنترل بیولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرند (Hodek, 1973; Hodek & Honek, 1996; Obrycki & Kring, 1998). حمایت از جمعیت‌های بومی کفشدوزک‌ها، واردسازی، پرورش و رهاسازی آن‌ها در مناطقی که وجود ندارند، نقش بسیار مهمی در کاهش مصرف سموم شیمیایی و کنترل تلفیقی دارد. در سال‌های اخیر، عوامل متعدد کنترل بیولوژیک از راسته‌های بال‌غشاییان، سخت‌بال‌پوشان، ناجوربالان، بالتوری‌ها و زیرده‌ی کنه‌ها برای پسیل معمولی پسته معرفی شده‌اند (Mehrnejad & Emami, 2005). تخم و پوره‌های پسیل معمولی پسته طعمه‌ای مناسب برای تعدادی از کفشدوزک‌های فعال در باغ‌های پسته می‌باشند (Mehrnejad, 1998). کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Goeze) یک گونه‌ی پلی‌فاژ با پراکنش جهانی است (Gordon, 1987; Krafur *et al.*, 1996; Franzman, 2002) که به شته‌ها و شپشک‌های درختان میوه حمله می‌کند. در باغ‌های پسته، این کفشدوزک در ابتدای بهار روی علف‌های هرز آلوده به شته فعالیت دارد و در طول بهار و تابستان روی درختان پسته نیز رفته و از پوره‌های پسیل معمولی پسته تغذیه می‌کند (Asghari, 2010). کفشدوزک *H. variegata* به‌عنوان مهم‌ترین شکارگر شته‌ی ذرت در اکراین (Gumovskaya, 1985)، شته‌ی غلات در هند (Hamed *et al.*, 1975)، شته‌ی پنبه در ترکمنستان (Kontodimas & Stathas, 2005)، زنجیرک‌ها (Singh *et al.*, 1991)، لارو

سرخرطومی‌ها (Sadeghi & Esmaili, 1992)، شته‌ی روسی گندم، (Ellis *et al.*, 1999) و ۱۲ گونه‌ی شته و پسیل روی وارپته‌های گیاهان زراعی و زینتی در استرالیا (Franzmann, 2002) گزارش شده است. زمانی که شته در اختیار کفشدوزک نباشد از کنه‌ی دولکه‌ای نیز تغذیه می‌کند (Wang *et al.*, 1984). کفشدوزک *H. variegata* برخلاف بسیاری از کفشدوزک‌ها تمایل کمی به هم‌خواری دارد و از این‌رو برای پرورش انبوه گونه‌ی بسیار مفیدی است (Gibson *et al.*, 1992). طبق نظر (Ershova, 1981)، این کفشدوزک با داشتن جثه‌ی کوچک، قدرت جستجوگری زیاد و توانایی تولیدمثلی بالا در شرایط گلخانه، از مؤثرترین گونه‌ها می‌باشد. لاروهای سن چهار این کفشدوزک دارای میزان شکارگری بالایی روی شته‌ی جالیز، (Fan & Zhao, 1988) و شته‌ی روسی گندم (Wells & Mcpherson, 1999) است.

یکی از موارد مورد ارزیابی برای کارایی یک شکارگر، واکنش تغذیه‌ای آن به تراکم‌های مختلف شکار یا واکنش تابعی است که توصیف خوبی است از رفتار شکارگر زمانی که به تراکم‌های مختلف شکار حمله می‌کند (Holling 1966). برخی از جنبه‌های زیستی *H. variegata* (مانند جدول زندگی، ویژگی‌های فنولوژیکی و واکنش تابعی) که برای تعیین توان این کفشدوزک در مهار زیستی آفات مهم است، روی آفات مختلف، به‌ویژه شته‌ها مطالعه شده است (Lanzoni *et al.*, 2004; Kontodimas & Stathas, 2005; Khan & Mir, 2008; Farhadi *et al.*, 2010). با نگرش به اینکه پسیل معمولی پسته به‌عنوان یک آفت مهم و کلیدی معرفی شده و در حال حاضر کنترل آن یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های کشاورزان محسوب می‌شود و نیز با نگرش به حضور این کفشدوزک در باغ‌های پسته و احتمال کارایی بالا و قدرت شکارگری بالقوه‌ی آن، در این مطالعه، پتانسیل کفشدوزک *H. variegata* در رابطه با تخم‌ریزی در تراکم‌های مختلف شکار و میزان پسیل‌خواری در مراحل لاروی و حشره‌ی کامل در شرایط کنترل‌شده بررسی شد. از طرف دیگر، از آنجاکه رفتار شکارگری یک شکارگر ممکن است تحت تأثیر دما تغییر کند، در این پژوهش، ظرفیت شکارگری کفشدوزک *H. variegata* در دماهای مختلف روی پسیل معمولی پسته به‌عنوان طعمه، مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر این، واکنش تابعی این کفشدوزک در تراکم‌های مختلف پسیل پسته به‌عنوان تابعی از تغییرات

دما مورد بررسی قرار گرفت و همچنین تأثیر تراکم میزبان بر میزان تخم‌گذاری کفشدوزک ماده در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش کفشدوزک *H. variegata* در آزمایشگاه

کفشدوزک *H. variegata* روی درختان پسته و یونجه‌کاری‌های ایستگاه شماره‌ی ۲ مؤسسه‌ی تحقیقات پسته‌ی کشور در تیر ماه سال ۱۳۸۷ جمع‌آوری و درون ظروف پلاستیکی دارای تهویه‌ی مناسب و حاوی برگ‌های آلوده به پسیل به آزمایشگاه کنترل بیولوژیک مؤسسه منتقل شد. برای جمع‌آوری کفشدوزک از درختان پسته از روش ضربه‌زنی استفاده گردید. حشرات کامل درون ظرف پلاستیکی به ابعاد ۲۰ در ۲۵ و به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. به‌منظور تنظیم رطوبت در حدود $5 \pm 0.5\%$ ، از یک ظرف حاوی ۳۰ گرم محلول نمک نیترات منیزیم استفاده شد. برای تغذیه‌ی حشرات کامل، برگ‌های آلوده به پوره‌های پسیل معمولی پسته روزانه از باغ‌های پسته جمع‌آوری و در اختیار حشرات کامل قرار داده می‌شد. از کفشدوزک‌های منتقل شده به آزمایشگاه، دو نسل روی پسیل پسته پرورش داده شد. برای انجام آزمایش‌های اصلی روی کفشدوزک و تأمین شرایط کنترل‌شده، از اتاقک‌های رشد استفاده شد. در آزمایش‌های مراحل رشدی، تخم، لارو، شفیره و حشره‌ی کامل کفشدوزک، درون ظروف پتری به قطر ۶ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر قرار داده شد. درپوش این ظروف روزنه‌ای به قطر ۱/۵ سانتی‌متر داشت که با توری پوشانده شده بود. درون هر ظرف پتری یک عدد لارو سن یک یا حشره‌ی نر و ماده با هم قرار داده شد. سپس ۱۰ عدد از این ظرف‌ها درون ظرف پلاستیکی به شرح بالا قرار داده شدند. برای تهویه‌ی ظرف پلاستیکی، سوراخی به قطر ۳ سانتی‌متر ایجاد و با یک پارچه‌ی توری پوشانده شد. به‌منظور تأمین رطوبت برای پرورش دسته‌های تخم، از محلول نیترات منیزیم (برای تأمین رطوبت بیش‌تر) و جهت پرورش لاروها و حشرات کامل به‌دلیل استفاده از دیسک برگ پسته که رطوبت کم‌تری نیاز داشت، از بلورهای نمک نیترات منیزیم استفاده شد. ظروف نمک هر ۲۴ ساعت یک‌بار بررسی و در صورت لزوم تعویض می‌شد.

برای استفاده از دیسک برگی در برخی از مطالعات این تحقیق، ابتدا تعدادی برگ درخت پسته که از باغ چیده شده بود، به آزمایشگاه منتقل شد. برگ‌ها پس از شسته شدن با آب و خشک شدن با دستمال کاغذی، به اندازه‌ی قطر ظروف پتری برش داده شدند. برای حفظ رطوبت داخل ظروف پتری و سالم ماندن برگ‌ها، از محیط کشت آگار ۰/۸ درصد استفاده شد. محیط آگار در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه‌ی سلسیوس و فشار ۱ اتمسفر تهیه و پس از خنک شدن (قبل از انعقاد) حدود ۵ میلی‌لیتر از آن داخل هر ظرف پتری ریخته شد. پس از سرد شدن آگار، برگ پسته‌ی بریده‌شده از سطح پشتی روی آن قرار گرفت.

تعیین میزان تغذیه‌ی کفشدوزک *H. variegata* از پوره‌های پسیل معمولی پسته

جهت تعیین میزان تغذیه‌ی لارو و حشرات کامل از پوره‌های سن چهارم پسیل معمولی پسته از دیسک‌های برگی استفاده شد. این پوره‌ها توسط قلم‌موی ظریف و به تعداد مورد نیاز برای آزمایش از روی برگ‌های آلوده‌ی پسته به روی دیسک‌های برگی به‌آرامی منتقل شدند. سپس به‌طور جداگانه روی دیسک برگ هر پتری یک لارو سن اول کفشدوزک اضافه شد. بازدید از پتری‌ها روزانه انجام و پوره‌های پسیل زنده شمارش شدند. با توجه به تعداد معین پوره‌های پسیل که در اختیار کفشدوزک‌ها قرار گرفته بود، میزان تغذیه‌ی لاروها و حشرات کامل در هر ۲۴ ساعت تعیین شد. در طول این مدت دیسک‌های برگ هر ۲ روز یک‌بار تعویض و لاروها و حشرات کامل کفشدوزک به دیسک برگی جدید منتقل می‌شدند. در این آزمایش، ۲۰ فرد از هر مرحله‌ی لاروی و همچنین ۱۲ کفشدوزک ماده به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شد. تراکم‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۲۰، ۴۰۰ و ۴۰۰ عدد پوره‌ی سن چهارم پسیل معمولی پسته که بر پایه‌ی مشاهده‌های نخستین برای تغذیه‌ی روزانه‌ی هر مرحله‌ی سنی کفشدوزک تعیین شده بودند، به‌ترتیب در اختیار لاروهای سن ۱، سن ۲، سن ۳ و سن ۴، و نیز حشره‌ی کامل کفشدوزک به‌مدت سه روز قرار می‌گرفت. میزان تغذیه‌ی سنین لاروی و حشره‌ی کامل کفشدوزک از پوره‌های سن چهارم پسیل معمولی پسته، از میانگین سه روز تغذیه در هر مرحله در ۲۰ فرد از هر مرحله به‌دست آمد. علاوه بر این، هرکدام از تراکم‌های مذکور به‌عنوان شاهد (بدون حضور کفشدوزک) نیز مورد بررسی قرار گرفت تا مرگ و میر پسیل به‌طور طبیعی نیز

مشخص و بر این اساس داده‌های به‌دست آمده تصحیح شود. این مطالعه در شرایط کنترل‌شده در دمای 1 ± 25 و 1 ± 30 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت 5 ± 55 درصد و دوره‌ی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در اتاقک رشد انجام گرفت.

تأثیر تراکم میزبان بر میزان تخم‌ریزی کفشدوزک *H. variegata*

برای انجام این آزمایش از کفشدوزک‌های ماده‌ی ۱۰ روزه که جفت‌گیری کرده و در حال تخم‌ریزی بودند استفاده شد. این آزمایش به مدت ۶ روز در شرایط کنترل‌شده در دمای ثابت 1 ± 25 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 5 ± 55 درصد و دوره‌ی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در پتری‌هایی به قطر ۶ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر انجام گرفت و هر ۴۸ ساعت یک‌بار کفشدوزک‌های ماده در کنار یک کفشدوزک نر قرار گرفتند تا جفت‌گیری انجام شود. جهت انجام این آزمایش از دیسک‌های برگ‌ی و تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ عدد پوره‌ی سن چهار پسیل استفاده شد. دیسک‌های برگ روزانه در زمان معین بررسی شدند و تعداد تخم‌های گذاشته‌شده‌ی کفشدوزک *H. variegata* یادداشت و میزان تغذیه‌ی کفشدوزک با شمارش پوره‌های پسیل باقی‌مانده و زنده بررسی شد. برای هر تراکم از ۶ کفشدوزک ماده به‌عنوان تکرار استفاده و هر کفشدوزک به‌طور جداگانه روی دیسک برگ پسته حاوی پوره‌ی پسیل قرار داده شد.

آزمایش‌های واکنش تابعی

جهت انجام این آزمایش از پتری‌هایی با قطر ۶ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر استفاده شد. کفشدوزک‌های مورد استفاده در این آزمایش از نظر تولیدمثلی فعال بودند و به‌منظور یکسان‌سازی شرایط به مدت ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش گرسنه نگه داشته شدند. در این آزمایش از حشرات ماده‌ی کفشدوزک با طول عمر ۱۰ روز و تراکم‌های ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ پوره‌ی سن چهارم پسیل معمولی پسته استفاده شد. پوره‌های پسیل بسته به تراکم مورد نظر توسط قلم‌موی ظریف روی دیسک برگ داخل پتری منتقل شدند و یک کفشدوزک در هر پتری قرار داده شد. آزمایش در شرایط دمایی 1 ± 25 و

۱ ± ۳۰ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. هر تراکم شامل ۴ تا ۸ تکرار هم‌زمان بود (در تراکم‌های کم‌تر تکرار بیش‌تر و بر عکس) و برای هر تراکم از شاهد (شامل پتری دیش بدون کفشدوزک) استفاده شد. بعد از ۲۴ ساعت تعداد پسپیل‌های زنده و خورده شده توسط هر کفشدوزک یادداشت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

کلیدی داده‌ها در برنامه‌ی Excel 2007 در قالب طرح‌های مربوطه تنظیم و وارد نرم‌افزار SPSS شدند. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا تست نرمالیتیه با استفاده از گزاره‌ی STAT در نرم‌افزار MINITAB 14 انجام شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، محاسبات صورت گرفت. در صورت نرمال نبودن داده‌ها با استفاده از گزاره‌ی CALC در این نرم‌افزار، تصحیح داده‌ها انجام و از ریشه‌ی دوم آن‌ها استفاده شد. میانگین‌های به‌دست آمده از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه و منحنی‌ها و نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel 2003 رسم شدند. از برنامه‌ی SAS (SAS Institute, 2003) برای تجزیه‌ی داده‌های واکنش تابعی استفاده شد. آنالیز واکنش تابعی شامل دو مرحله‌ی تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای منحنی واکنش تابعی است (Juliano, 2001). نوع واکنش تابعی به‌وسیله‌ی رگرسیون لجستیک نسبت شکار خورده‌شده به‌عنوان تابعی از تراکم اولیه‌ی طعمه و از طریق تابع چندجمله‌ای زیر انجام شد:

$$\text{معادله‌ی ۱: } \frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}$$

در این رابطه، N_e تعداد شکار خورده‌شده، N_0 تعداد اولیه‌ی شکار و P_0, P_1, P_2 و P_3 پارامترهایی هستند که باید برآورد شوند. این پارامترها از طریق رویه‌ی CATMOD برنامه‌ی SAS تخمین زده شد (Juliano, 2001; SAS Institute, 2003). منفی یا مثبت بودن ضریب خطی در تابع چندجمله‌ای، به‌ترتیب واکنش تابعی نوع دوم و سوم را نشان می‌دهد (Juliano, 2001).

از رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات (nonlinear least squares regression) تعداد طعمه‌ی خورده‌شده در برابر تعداد ارائه‌شده، برای تخمین پارامترهای واکنش تابعی با استفاده از رویه‌ی PROC NLIN در برنامه‌ی SAS استفاده شد (Juliano, 2001). داده‌های واکنش تابعی در معادله‌ی شکارگر تصادفی (Rogers type II random predator equation) قرار داده شد (Rogers, 1972). این معادله برای واکنش تابعی نوع دوم، $N_e = N_0 \{1 - \exp[-a(T_h N_e - T)]\}$ می‌باشد (معادله‌ی ۲). در این معادله، a نرخ حمله (h^{-1})، T_h زمان دستیابی در ساعت و T کل زمان آزمایش (۲۴ ساعت) است.

پس از تعیین نوع واکنش تابعی، برآورد پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی، و برازش داده‌ها با استفاده از معادله‌ی Rogers (1972) و ضریب تبیین (r^2) با استفاده از فرمول $r^2 = [1 - (\text{residual sum of squares}/\text{corrected total sum of squares})]$ محاسبه شد (معادله‌ی ۳).

نتایج و بحث

میانگین تغذیه‌ی روزانه‌ی سنین مختلف لاروی و حشرات کامل کفشدوزک در دو دما

نتایج مقایسه‌ی آماری بین اثر دما و مرحله‌ی رشدی کفشدوزک *H. variegata* به‌عنوان متغیر مستقل و میزان تغذیه‌ی کفشدوزک از پوره‌های سن چهار پسیل معمولی پسته به‌عنوان متغیر وابسته در بیشینه‌ی تراکم پسیل در ۲۴ ساعت، نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان تغذیه‌ی سنین مختلف لاروی در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس وجود نداشت. همچنین، بین تغذیه‌ی حشرات کامل در این دو دما اختلاف معنی‌دار نبود ($F_{1,7} = ۱/۳۲$; $P > ۰/۰۵$). در مطالعات Jalali (2001) نیز تغذیه‌ی این شکارگر از پسیل معمولی پسته در دماهای ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس اختلاف معنی‌داری نداشت. نتایج تجزیه‌ی واریانس دوطرفه‌ی دما و سنین مختلف لاروی به‌عنوان عوامل مؤثر بر میزان تغذیه نشان داد که اثر دما بر میزان تغذیه معنی‌دار نیست ($F_{1,98} = ۳/۳۶$; $P > ۰/۰۵$). تأثیر برهم‌کنش سنین مختلف لاروی و دماهای متفاوت بر میزان تغذیه در سطح احتمال ۰/۵ آزمون دانکن نیز معنی‌دار نشد ($F_{3,98} = ۰/۵۹$; $P > ۰/۰۵$). ولی اثر سنین مختلف لاروی بر میزان تغذیه معنی‌دار بود ($F_{3,98} = ۱۰۷/۴۵$; $P > ۰/۰۵$). میانگین تغذیه‌ی روزانه و کل تغذیه‌ی لاروی در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که

در هر دو دما، متوسط میزان تغذیه‌ی روزانه سنین لاروی (میانگین تغذیه‌ی سه روز متوالی در ۲۰ فرد در هر مرحله) با افزایش سن لاروی افزوده می‌شود، به طوری که با افزایش سن لاروی میزان تغذیه نیز نزدیک به دو برابر شده است. این روند، برای این کفشدوزک با تغذیه از پوره‌های سنین اول تا چهارم شته‌ی جالیز (Elhabi et al., 2000) و شته‌ی خرزهره، *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Molashahi et al., 2002) و نیز برای کفشدوزک *Propylea dissecta* (Mulsant) با تغذیه از شته‌ی جالیز (Omkar & Prevez, 2004) گزارش شده است. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان تغذیه در لارو سن چهارم مشاهده می‌شود. اما بین میزان تغذیه در سن چهارم لاروی و حشرات کامل اختلاف معنی‌داری دیده نشد. با این وجود، حشره‌ی کامل به دلیل داشتن طول عمر طولانی‌تر در مقایسه با لارو سن چهارم، پس‌یل بیش‌تری می‌خورد. این رفتار تغذیه‌ی بیشینه در لارو سن چهارم، برای این کفشدوزک با تغذیه از شته جالیز (Elhabi et al., 2000) و شته‌ی خرزهره (Molashahi et al., 2002)؛ برای لاروهای سن سوم و چهارم و حشره‌ی کامل ماده‌ی این کفشدوزک با تغذیه از شته‌ی جالیز و شته‌ی نخود، *Hyppodamia convergens* Guérin- برای (Madadi et al., 2011) *Acyrtosiphon pisum* Harris و Méneville با تغذیه از شته‌های *Cinara* spp. (Cardoso & Lazzar, 2003; Cardoso et al., 2003)؛ و برای حشره‌ی کامل و لارو سن چهارم کفشدوزک‌های *Coccinella septempunctata* L.، *Aphis maidis* (Fitch) و *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) و *Schizaphis graminum* (Rondani) *Macrosiphum miscanthi* Takahashi و نیز زنجره‌ی *Empoasca kerri* Pruthi (Inayat et al., 2011) گزارش شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما از ۲۵ درجه به ۳۰ درجه‌ی سلسیوس، میزان تغذیه‌ی روزانه‌ی لاروهای سنین ۱، ۲، ۳ و ۴ از پوره‌های سن ۴ پس‌یل معمولی پسته بیش‌تر شده است (جدول ۱). این روند، برای این کفشدوزک با تغذیه از شته‌ی جالیز در دماهای ۱۸، ۲۲، ۲۶، ۳۰ و ۳۴ درجه‌ی سلسیوس (Elhabi et al., 2000) و پس‌یل معمولی پسته در دو دمای ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس (Jalali, 2001) گزارش شده است. همچنین، می‌توان به گزارش مشابه این روند روی میزان کل تغذیه‌ی لاروی کفشدوزک *H. convergens* از شته‌ی توتون در دماهای ۱۴ و ۲۳ درجه‌ی سلسیوس (Katsarou et al., 2005) و شته‌های *Cinara* spp. در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه‌ی

سلسیوس (Cardoso & Lazzar, 2003; Cardoso *et al.*, 2003) اشاره کرد. بنابر عقیده‌ی Isikber & Copland (2000)، مصرف غذا در لارو کفشدوزک‌های شته‌خوار با افزایش دما افزایش می‌یابد.

بررسی پس‌یل خواری لارو کفشدوزک *Oenopia conglobata contaminata* Menetries در دمای ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس توسط Hassani (2002) نشان داد که لاروهای سن اول، دوم، سوم و چهارم برای تکمیل دوره‌ی رشدی خود به ترتیب از ۹۳/۱۷، ۵۵/۳۳، ۱۹۹/۳۳ و ۶۶۷/۹۹ عدد پوره‌ی سن چهارم پس‌یل تغذیه کردند. به‌طور کلی لارو این کفشدوزک جهت تکمیل دوره‌ی رشدی خود به‌طور متوسط از ۱۰۴۷/۵ عدد پوره‌ی سن چهارم پس‌یل معمولی پسته تغذیه کرد (Hassani, 2002). Arab (2005) پس‌یل خواری کفشدوزک *Adalia bipunctata* L. را بررسی نمود و نشان داد که لاروهای سن اول، دوم، سوم و چهارم برای تکمیل دوره‌ی رشدی خود به ترتیب از ۶۱/۶، ۱۸۱، ۳۵۶/۲ و ۳۷۹/۸ عدد پوره‌ی سن چهارم پس‌یل معمولی پسته تغذیه کردند. مقایسه‌ی پژوهش‌های Hassani (2002) و Arab (2005) با پژوهش حاضر نشان می‌دهد که کارایی کفشدوزک *H. variegata* از کفشدوزک *O. conglobata contaminata* کم‌تر و از *A. bipunctata* بیش‌تر است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که با افزایش سن لاروی کفشدوزک بر میزان تغذیه‌ی آن افزوده می‌شود. همچنین، میزان تغذیه‌ی کفشدوزک در نیمه‌ی ابتدایی عمر زیاد می‌باشد و با افزایش عمر از میزان تغذیه‌ی آن کاسته می‌شود. از این گذشته، ویژگی‌های میزبان نیز بر شکارگری کفشدوزک تأثیر می‌گذارد (Hodek & Honek, 1996). نتایج آزمایش‌های دانشمندان که در قسمت بالا به آن‌ها اشاره شد با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد، اما با نتایج Singh *et al.* (1991) و Haque & Islam (1982) که عنوان کردند کفشدوزک‌های بالغ نسبت به لاروها میزان بیش‌تری تغذیه می‌کنند مغایرت دارد. اگر چه میزان تغذیه‌ی ماده‌ها نسبت به نرها بیش‌تر می‌باشد (Singh & Singh, 1994; Brown, 2004; Omkar & Mishra, 2005).

تأثیر تراکم پوره‌ی سن چهارم پس‌یل معمولی پسته بر میزان تخم‌گذاری کفشدوزک

تأثیر تراکم‌های مختلف پوره‌ی سن چهارم پس‌یل معمولی پسته بر میزان تخم‌گذاری کفشدوزک *H. variegata* در جدول ۲ آورده شده است. در تراکم ۵۰ عدد پوره‌ی پس‌یل، کاهش

جدول ۱- نتایج مقایسه‌ی میانگین (\pm SE) تغذیه‌ی روزانه‌ی مراحل لاروی و کفشدوزک ماده‌ی *H. variegata* در دو دمای ۲۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس با تغذیه از پوره‌های سن چهارم پسیل *A. pistaciae*

Table 1. Results of comparing of Mean \pm SE daily diet of larval stages and adult females of *H. variegata* at two different temperatures (25°C & 30°C) feeding on 4th nymphal instars of *A. pistaciae*.

Temp. (°C)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	DT	Adults
25	26.72 \pm 1.27 ^d	70.55 \pm 1.54 ^c	170.75 \pm 5.89 ^b	330.25 \pm 14.92 ^a	598.28 \pm 25.9	315.2 \pm 0.58 ^a
30	31.64 \pm 4.46 ^d	86.63 \pm 13.93 ^c	202.5 \pm 19.23 ^b	378.86 \pm 17.08 ^a	699.13 \pm 14.56	341.79 \pm 2.1 ^a
P value	0.48	0.49	0.48	0.24	0.93	-
F	0.5	0.47	0.49	1.46	0.7	-

Means within a column and in the same stage followed by the same lowercase letter (a, b, c, d) are not significantly different (Duncan's test, $P > 0.05$).

جدول ۲- مقایسه‌ی میانگین (\pm SE) تخم‌ریزی روزانه‌ی *H. variegata* با تغذیه از تراکم‌های مختلف پوره‌ی سن چهارم پسیل *A. pistaciae*

Table 2. Comparison of mean \pm SE daily oviposition of *H. variegata* feeding on different densities of 4th nymphal instars of *A. pistaciae*.

Density	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6
50	5.5 \pm 0.22 ^a	2.5 \pm 0.22 ^b	2.16 \pm 0.16 ^{bc}	1.5 \pm 0.42 ^c	0.33 \pm 0.21 ^d	0.16 \pm 0.16 ^d
150	9.166 \pm 0.3 ^a	8.16 \pm 0.47 ^a	7.5 \pm 0.56 ^a	8.66 \pm 0.66 ^a	6.83 \pm 1.08 ^{ab}	4.83 \pm 0.47 ^b
300	18.16 \pm 3.66 ^a	17.5 \pm 2.7 ^a	14.16 \pm 1.07 ^a	12.16 \pm 0.94 ^a	11 \pm 1.2 ^a	10.16 \pm 1.2 ^a
400	19.33 \pm 2.64 ^b	41 \pm 8.59 ^{ab}	29.33 \pm 6.99 ^{ab}	31.16 \pm 7.05 ^{ab}	41 \pm 9.56 ^{ab}	31.16 \pm 9.15 ^a

The means within each row followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$, Duncan).

معنی‌داری از روز دوم در میزان تخم‌گذاری دیده شد که بعد از شش روز تخم‌ریزی به حداقل خود رسید (۰/۱۶ \pm ۰/۱۶). یعنی در تراکم ۵۰ عدد پوره‌ی پسیل، تخم‌گذاری پنج حشره‌ی ماده در روز ششم به صفر رسید و فقط یک حشره‌ی ماده یک عدد تخم گذاشت. به‌نظر می‌رسد در روز اول آزمایش، به‌دلیل وجود انرژی کافی ناشی از تغذیه‌ی کافی از پوره‌ی سن چهارم پسیل قبل از شروع آزمایش، تخم‌ریزی روز اول به‌طور معنی‌داری با روزهای بعد متفاوت است. در تراکم ۱۵۰ عدد پوره‌ی سن چهارم پسیل معمولی پسته، تخم‌ریزی به صفر نرسید، ولی اختلاف معنی‌داری بین چهار روز اول با دو روز آخر دیده شد؛ به‌طوری‌که میزان تخم‌ریزی در روز ششم به حداقل مقدار خود رسید (۰/۴۷ \pm ۰/۸۳). این نشان می‌دهد که

تعداد ۱۵۰ عدد پورهی سن چهارم پسپیل انرژی لازم جهت گذاشتن تعداد کمی تخم را تأمین می‌کند. در بررسی نتایج حاصل از تخم‌ریزی در تراکم ۳۰۰ عدد، هرچند بین میزان تخم‌ریزی روزهای آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی تخم‌گذاری روند افزایشی از خود نشان داد. این نشان می‌دهد که با این تراکم شکار، نیازهای حشره جهت تخم‌گذاری تأمین می‌شود ولی حشره به حداکثر انرژی جهت تخم‌ریزی نمی‌رسد. در مقایسه‌ی میانگین داده‌ها در تراکم ۴۰۰ عدد پورهی پسپیل اختلاف معنی‌دار در روز ششم تخم‌گذاری با پنج روز قبل دیده شد. این نتایج نشان می‌دهد که در روز ششم، کفشدوزک انرژی لازم را برای حداکثر تخم‌گذاری در تراکم ۴۰۰ عدد پورهی سن چهارم پسپیل معمولی پسته به‌دست می‌آورد.

مقایسه‌ی میانگین داده‌ها در تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ نشان داد که تراکم ۵۰ با تراکم‌های ۳۰۰ و ۴۰۰ عدد پورهی سن چهارم پسپیل معمولی پسته اختلاف معنی‌دار دارد. نتایج نشان می‌دهد که بالاترین میزان تخم‌گذاری ($4/54 \pm 35/47$) زمانی انجام شده که میزان شکار بالا بوده است (۴۰۰) و کم‌ترین میزان تخم‌گذاری ($0/91 \pm 2/52$)، در کم‌ترین تراکم شکار یعنی ۵۰ عدد پورهی پسپیل معمولی پسپیل انجام گرفته است. اختلاف معنی‌دار تراکم پایین با تراکم‌های بالای پسپیل معمولی پسته نشان می‌دهد که با افزایش تأمین منبع غذایی، میزان تخم‌گذاری نیز افزایش می‌یابد.

افزایش میزان زادآوری و طول عمر *P. dissecta* نسبت به افزایش تراکم، با تغذیه از تراکم‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ شته‌ی *A. gossypii* مشاهده شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان تخم‌گذاری در تراکم ۴۰۰ عدد پورهی شته و کم‌ترین میزان آن در کم‌ترین تراکم شکار، یعنی ۱۰ عدد پورهی شته دیده شد (Omkar & Prevez, 2004). در همین ارتباط، Yaşar & Ozger (2005a) تأثیر تراکم‌های ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۵۰ شته‌ی *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) روی طول عمر حشرات ماده و همچنین میزان باروری کفشدوزک *Adalia fasciatopunctata revelierei* (Mulsant) بررسی کردند. مطالعات آن‌ها تفاوت معنی‌داری بین دوره‌ی قبل از تخم‌گذاری و تخم‌گذاری بین ماده‌های تغذیه‌شده با تراکم‌های ۲۰، ۴۰ و ۸۰ شته در هر روز با ماده‌های تغذیه‌شده با تراکم‌های ۱۶۰ و ۲۵۰ شته را نشان داد. تغییر تدریجی در تعداد نتاج در رابطه با افزایش شکار ممکن است که یک استراتژی برای

کفشدوزک‌های ماده برای زیاد کردن نتاج خود در وفور شکار باشد (Solomon, 1949). برای داوری پایانی در مورد اثر بهترین تراکم شکار روی تخم‌گذاری *H. variegata* نیاز است که آزمایش با روزهای بیش‌تر و تراکم بیش‌تری از شکار دنبال شود تا زمان و تراکم بهینه مشخص و در پرورش انبوهی این کفشدوزک استفاده شود. با مشخص شدن زمانی که کفشدوزک بیش‌ترین میزان تخم‌ریزی را انجام داده است می‌توان پرورش حشرات کامل تخم‌گذار را متوقف و آن‌ها را با افراد جوان‌تر جایگزین کرد.

واکنش تابعی

در هر دو دما، با افزایش تراکم طعمه، تعداد طعمه‌ی خورده شده افزایش یافت (شکل ۱). این رفتار برای لارو و حشرات کامل ماده‌ی کفشدوزک (*Oenopia conglobata* (L.)) با تغذیه از تراکم‌های ۲۰، ۴۰ و ۸۰ شته‌ی *H. pruni* برای لارو و تراکم‌های ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۶۰ و ۳۲۰ برای حشرات کامل ماده نیز گزارش شده است (Yaşar & Ozger, 2005b). آنالیز رگرسیون چندجمله‌ای لجستیک (معادله‌ی ۱) مشخص کرد که نوع واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از پسیل معمولی پسته در هر دو دما از نوع دوم بود و با افزایش دما از ۲۵ به ۳۰ درجه‌ی سلسیوس تغییر نکرد (جدول ۳). شیب قسمت‌های مختلف منحنی و علامت مربوط به هر کدام از آن‌ها در مورد واکنش کفشدوزک *H. variegata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن چهارم پسیل در این دو دما در جدول ۳ آمده است. علامت منفی برآوردهای ضریب‌های خطی در هر دو دما، وجود واکنش تابعی نوع دوم را احراز می‌کند. این نوع واکنش تابعی برای این کفشدوزک و شماری دیگری از کفشدوزک‌ها شامل *H. variegata*، *C. septempunctata* و *Adalia tetraspilota* (Hope) با تغذیه از *A. pomi* (Khan & Mir, 2008)؛ *Elatobium abietinum* (walker) و *A. bipunctata* با تغذیه از *Aphidecta oblitterata* (L.) (Timms et al., 2008)؛ لارو سن چهارم و حشرات کامل *H. convergens* روی *Coccinella undecimpunctata* L. (Wells & Mcpherson, 1999) *Myzus nicotianae* Blackman و شکارگر شته‌ی سیاه باقلا، *Aphis fabae* Scopoli و سفیدبالک *Aleyrodes proletella* (L.) (Moura et al., 2006)؛ جنس ماده و نر *Scymnus syriacus* Marseul با تغذیه از لارو سن سوم

شته‌ی سیاه باقلا (*A. bipunctata*)؛ (Sabaghi et al., 2011) با تغذیه از شته‌ی *Myzus persicae* (Sulzer) در دمای ۱۹ تا ۲۷ درجه‌ی سلسیوس (Jalali et al., 2009)؛ *H. variegata* با تغذیه از شته‌ی *Therioaphis trifolii* (Monell)؛ (Zhang et al., 2007) شته‌ی *Brevicoryne brassicae* L. (Dixon, 2000; Kontodimas & Stathas, 2005)؛ شته‌ی سیاه باقلا (Jafari & Goldasteh 2009)؛ همه‌ی سنین لاروی و حشرات کامل شته‌ی سیاه باقلا (Farhadi et al., 2010)؛ شته‌های پنبه (Fan & Zhao, 1988) و حشرات کامل شته‌ی جالیز (Elhag & Zaitoon, 1996)؛ و لاروهای سن سوم، سن چهارم و حشره‌ی ماده‌ی *H. variegata* با تغذیه از شته‌ی جالیز و شته‌ی نخود (Madadi et al., 2011) گزارش شده است. واژگونه‌ی واکنش تابعی نوع دوم، واکنش تابعی نوع سوم در شمار کمی از کفشدوزک‌ها دیده می‌شود. (Içsikber 2005) در تعیین نوع واکنش تابعی دو گونه کفشدوزک در رژیم‌های دمایی مختلف، دریافت که تنها *Cycloneda sanguinea* (L.) در ۲۵ درجه‌ی سلسیوس واکنش تابعی نوع سوم را نشان داد. (Lanzoni et al. 2004) واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* و Sarmiento et al. (2007) واکنش تابعی کفشدوزک *Eriopis connexa* (Germar) را روی شته‌ی *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) از نوع سوم و تشخیص دادند.

جدول ۳- برآوردهای Maximum-likelihood به‌دست‌آمده از رگرسیون لجستیک در آزمایش واکنش تابعی حشرات کامل کفشدوزک *H. variegata* به تراکم پوره‌های سن چهارم پسیل *A. pistaciae* در دو دمای ۲۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس.

Table 3. Maximum-likelihood estimates from logistic regression analysis of the functional response of adult females of *H. variegata* to different densities of 4th instars of *A. pistaciae* at 25°C and 30°C.

Temperature (°C)	Coefficient	Estimate	SE	X ²	P-value
25	Constant (P_0)	5.145	0.5	104.22	< 0.0001
	Linear (P_1)	-0.0613	0.0089	46.57	< 0.0001
	Quadratic (P_2)	0.000292	0.000049	35.45	< 0.0001
	Cubic (P_3)	-23.4E-7	7.47E-8	31.99	< 0.0001
30	Constant (P_0)	5.365	0.71	56.65	< 0.0001
	Linear (P_1)	-0.0437	0.013	11.25	0.0008
	Quadratic (P_2)	0.00022	0.000073	9.06	0.0026
	Cubic (P_3)	-3.5E-7	1.13E-7	9.58	0.0020

Holling (1959) سه نوع واکنش تابعی تشخیص داد و اظهار داشت که تنها نوع سوم به صورت وابسته به انبوهی عمل می‌کند و این نوع، بیش‌تر از نوع دوم می‌تواند جمعیت را تنظیم کند. با این وجود، مهار زیستی پیروز برای کفشدوزک *H. variegata* با واکنش تابعی نوع دوم نیز امکان‌پذیر است زیرا عوامل دیگری مانند اثر گیاه میزبان، عوامل زیستی و غیره نیز بر کارایی شکارگرها اثرگذار است (Obrycki & Kring, 1998; Farhadi et al., 2010).

میزان ضریب تبیین (r^2) در آزمایش واکنش تابعی حشرات کامل ماده‌ی کفشدوزک شکارگر *H. variegata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن چهارم پسیل معمولی پسته در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس با استفاده از معادله‌ی ۳، ۰/۹۹ بود.

واکنش تابعی این کفشدوزک شکارگر روی پوره‌های سن چهارم پسیل معمولی پسته در ۲۴ ساعت با معادله‌ی شکار تصادفی (Rogers (1972) (معادله ۲) تطبیق داشت. در تحقیق حاضر، قدرت جستجو (a) در دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس (۰/۱۹۵) بیش‌تر از دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس (۰/۰۸۸) و زمان دست‌یابی در دمای ۲۵ درجه (۰/۰۶۴) کوتاه‌تر از دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس (۰/۰۶۹) می‌باشد. همچنین، ضریب تبیین (r^2) مساوی در دماهای فوق نشان می‌دهد که میزان پراکندگی در شکارگری در هر دو دما یکسان است (جدول ۴).

جدول ۴- مقادیر پارامترهای محاسبه‌شده به‌وسیله‌ی معادله‌ی شکارگری تصادفی واکنش تابعی حشرات ماده‌ی کفشدوزک *H. variegata* روی تراکم‌های مختلف پوره‌ی سن چهارم پسیل *A. pistaciae* دو دمای ۲۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس.

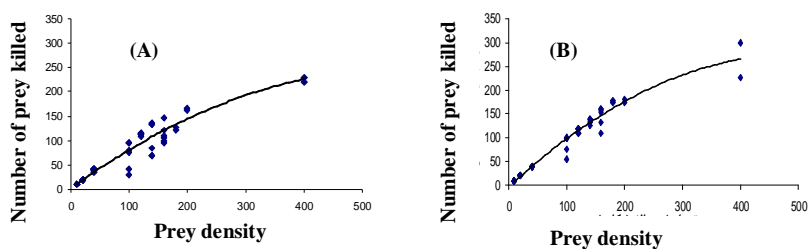
Table 4. Parameters estimated by the random predator equation of functional response of female adults of *H. variegata* to different densities of 4th instars of *A. pistaciae* at 25°C and 30°C.

Temp. (°C)	Type	r^2	a (h^{-1})		T_h (h)	
			Mean \pm SE	95% CI	Mean \pm SE	95% CI
25	II	0.914	0.088 \pm 0.012	0.063-0.11	0.0647 \pm 0.0114	0.0418-0.0875
30	II	0.96	0.195 \pm 0.0301	0.13-0.25	0.0698 \pm 0.00568	0.0584-0.0813

a, attack rate (on a 20-25 cm² leaf area), T_h , handling time.

نتایج به‌دست آمده در این آزمایش نشان می‌دهد که دما در واکنش شکارگر به تراکم طعمه مؤثر بوده 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 درجه‌ی سلسیوس نیز گزارش شده است (Jalali et al., 2009).



شکل ۱-۱ - منحنی واکنش تابعی ماده‌ی بالغ کفشدوزک *H. variegata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن چهار پسیل *A. pistaciae* در دمای ۲۵ (A) و ۳۰ (B) درجه‌ی سلسیوس.

Fig. 1. Functional response curve of female adults of *H. variegata* to different densities of 4th instars of *A. pistaciae* at (A) 25°C and (B) 30°C.

نتایج و منحنی‌های به‌دست آمده نشان می‌دهد که در این آزمایش باید تراکم‌های بالاتری از طعمه در اختیار شکارگر قرار بگیرد تا بتواند حد بالای شکارگری را در این شکارگر مشخص کند. به این معنی که تراکم‌های بالاتری از پسیل باید در اختیار کفشدوزک قرار گیرد تا شیب منحنی به صفر یا نزدیک به آن برسد و یا زمان آزمایش کوتاه‌تر در نظر گرفته شود تا از صفر شدن تعداد باقی‌مانده‌ی طعمه در تراکم‌های پایین جلوگیری به عمل آید.

قدرت جستجوگری و زمان دست‌یابی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته‌ی مومی کلم ۰/۹۶۲۴ و ۰/۸۵۲ (Dixon, 2000; Kontodimas & Stathas, 2005)، جنس ماده‌ی *S. syriacus* با تغذیه از لارو سن سوم شته‌ی سیاه باقلا ۰/۱۲۳ و ۰/۴۳۴ (Sabaghi et al., 2011)، شته‌های پنبه ۰/۱۲۴۲۱ و ۰/۴۲۱ (Fan & Zhao, 1988) و شته‌ی سیاه باقلا با استفاده از معادله‌ی هولینگ ۰/۱۷ و ۰/۰۰۰۷۸ و با استفاده از معادله‌ی Rogers (1972) به‌ترتیب ۰/۱۹ و ۰/۰۰۰۹۳ (Jafari & Goldasteh, 2009) گزارش شده است. Farhadi et al., (1020) نشان داد که قدرت جستجوگری و زمان دست‌یابی با افزایش سن لاروی افزایش می‌یابد. قدرت جستجو در

حشرات کامل ماده و نر کفشدوزک *H. variegata* به ترتیب ۰/۰۹۲۶ و ۰/۱۵۸۹ و زمان دستیابی برای ماده ۰/۴۰۹۸ و نر ۱/۱۹ می‌باشد.

نتایج تجزیه‌ی واریانس دوطرفه با دما و تراکم پسیل به‌عنوان عوامل مؤثر بر شکارگری نشان داد که اثر دما بر میزان شکارگری ($F_{1,48} = 6/124; P < 0/001$) و اثر تراکم بر شکارگری معنی‌دار بود ($F_{5,48} = 123/54; P < 0/001$) ولی اثر متقابل دما و تراکم بر میزان شکارگری معنی‌دار نبود ($F_{5,48} = 1/52; P > 0/05$).

Referance

- Arab, A.** (2005) The influence of common pistachio psylla *Agonoscena pistaciae* on biological characteristics of the two spotted ladybird *Adalia bipunctata*. M. Sc. Thesis. College of Agriculture, Shahid Chamran University, 86 pp.
- Asghari, F.** (2010) Biology and predation of *Hippodamia variegata* (Goez) (Col.: Coccinellidae) on *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer in laboratory condition. M. Sc. Thesis. College of Agriculture, Vali-e-Asr University, 121 pp.
- Brown, M. W.** (2004) Role of aphid predator guild in controlling spirea aphid population on apple in West Virginia. USA. *Biological Control* 29, 189-198.
- Cardoso, J. T. & Lazzar, S. M. N.** (2003) Comparative biology of *Cycloneda sanguinea* (L.) and *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville, 1842 (Coleoptera, Coccinellidae) focusing on the control of *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae). *Revista Brasileira de Entomologia* 47(3), 443-446.
- Cardoso, J. T., Lazzari, S. M. N. & Maria, S.** (2003) Consumption of *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae) by *Cycloneda sanguinea* (L.) and *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville, 1842 (Coleoptera, Coccinellidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 47(4), 559-562.
- Dixon, A. F. G.** (2000) *Insect predator-prey dynamics ladybird beetles and biological control*. 275 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Elhabi, M. A., Eljad, S. L. & Boumezzoush, A.** (2000) Biologie, d *Hippodamia variegata* Goeze (Col.: Coccinellidae) et possibilities de son utilization contre *Aphis gossypii* Glov (Homoptera: Aphididae) sous serres de concomber. *Journal of Applied Entomology* 124, 365-374.

- Elhag, E. T. A. & Zaitoon, A. A.** (1996) Biological parameters for four coccinellid species in central Saudi Arabia. *Biological Control* 7, 316-319.
- Elliss, D. R., Prokrym, D. R. & Adams, R. G.** (1999) Exotic lady beetle survey in northeastern united states: *Hippodamia variegata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomological News* 110, 73-84.
- Ershova, N. I.** (1981) Aphidophagous coccinellids in covered ground. *Zashchita Rastenii Moskva* 1, 29-30.
- Fan, G. H. & Zhao, J. F.** (1988) Functional response of *Adonia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) to cotton aphids. *Natur Enemies Insects* 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.
- Franzmann, A. B.** (2002) *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), a predacious ladybird new in Australia. *Australian Journal of Entomology* 41, 375-377.
- Gibson, R. L., Elliott, N. C. & Schaefer, P.** (1992) Life history and development of *Scymnus frantalis* (Coleoptera: Coccinellidae) on four species of aphid. *Journal of Kansas Entomology Society* 65, 410-415.
- Gordon, R. D.** (1987) The first North American records of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of New York Entomology Society* 95, 307-309.
- Gumovskaya, G. N.** (1985) The coccinellid fauna. *Zashchita Rastitelnaenii* 11, 43-46.
- Hammed, S. F., Sud, V. K. & Kashyap, N. P.** (1975) *Adonia variegata* (Goez) (Coleoptera: Coccinellidae), an important predator of indian grain aphid, *Macrosiphum miscanthi* Tak. in Kulu valley (Himachal Pradesh). *Indian Journal of Entomology* 37, 209-210.
- Hassani, M. R.** (2002) Study of variation in coccinellid predators and the biological characters of psyllophagous species in the wild pistachio plantation area of Kerman province. M. Sc. Thesis. College of Agriculture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, 70 pp.
- Haque, M. E. & Islam, M. A.** (1982) Effect of three species of aphids as food on the fecundity of ladybird beetle. *Bangladesh Journal of Agriculture* 3, 375-376.
- Hodek, I.** (1973) *Biology of Coccinellidae*. 260 pp. Czechoslovak Academy of Science, Prague.
- Hodek, I. & Honek, A.** (1996) *Ecology of Coccinellidae*. 464 pp. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston London.

- Holling, C. S.** (1959) The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. *Canadian Journal of Entomology* 91, 293-320.
- Holling, C. S.** (1966) Functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoris of the Entomological Society of Canada* 48, 1-86.
- Içsikber, A. A.** (2005) Functional response of two coccinellid predators, *Scymnus levaillanti* and *Cycloneda sanguinea*, to the cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29, 347-355.
- Inayat, T. P., RANA, S. H., Rana, N., Ruby, R., Sadiqui, M. J. I. & Abbas, A.** (2011) Predation rate in selected coccinellid (Coleoptera) predators on some major aphidid and cicadellid hemipteran pests. *International Journal of Agriculture and Biology* 13(3), 427-430.
- Isikber, A. A. & Copland, M. J. W.** (2000) Food consumption and utilization by larvae of two coccinellid predators, *Scymnus levaillanti* and *Cycloneda sanguinea*, on cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Biological Control* 46, 455-67.
- Jafari, R. & Goldasteh, 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.
- Jalali, M. A.** (2001) Study of food consumption in lady beetles of the common pistachio psyllid, *Agonoscena pistaciae* in Rafsanjan and compiling a life table in controlled conditions. M. Sc. Thesis. College of Agriculture, Shiraz University, 110 pp.
- Jalali, M. A., Tirry, L. & De Clercq, P.** (2009) Effect of temperature on the functional response of *Adalia bipunctata* to *Myzus persicae*. *Biocontrol* 55, 261-269.
- Juliano, S. A.** (2001) Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. pp. 178-216 in Scheiner, S. M. & Gurevitch, J. (Eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. 432 pp. Oxford University Press, New York.
- Katsarou, I., Margaritopoulos, J. T., Tsitsipis, J. A., Perdikis D. C. & Zarpas, K. D.** (2005) Effect of temperature on development, growth and feeding of *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia convergens* reared on the tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae*. *Biological Control* 50, 565-588.
- Khan, A. A. & Mir, R. A.** (2008) Functional response of four predaceous coccinellids, *Adalia tetraspilota* (Hope), *Coccinella septempunctata* L., *Calvia punctata* (Mulsant) and *Hippodamia variegata* (Goeze) feeding on the green apple aphid *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae). *Biological Contral* 22(2), 291-298.

- Kontodimas, D. C. & Stathas, G. J.** (2005) Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dysaphis crataegi*. *Biocontrol* 50, 223-233.
- Krafsur, E. S., Obrycki, J. J. & Nariboli, P.** (1996) Gene flow in colonizing *Hippodamia variegata* ladybird beetle populations. *Journal of Heredity* 87, 41-47.
- Lanzoni, A., Accinelli, G., Bazzacchi, G. G. & Burgio, G.** (2004) Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hippodamia variegata* and *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology* 128, 298-306.
- Madadi, H., Mohajeri Parizi, E., Allahyari, H. & Enkegaard, A.** (2011) Assessment of the biological control capability of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) using functional response experiments. *Journal of Pest Science* 84, 447-455.
- Mehrnejad, M. R.** (1998) Evaluation of the parasitoid *Psyllaephagus pistaciae* (Hymenoptera: Encyrtidae) as a biocontrol agent of the common pistachio psylla *Agonoscaena pistaciae* (Hemiptera: Psylloidea). Ph. D. Thesis. University of London, 271 pp.
- Mehrnejad, M. R. & Emami, S. Y.** (2005) Parasitoids associated with the common pistachio psylla, *Agonoscaena pistaciae* in Iran. *Biological Control* 32, 385-390.
- Molashahi, M., Sahragard, A. & Hoseini, R.** (2002) Growth indices of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) in laboratory conditions. *Proceedings of the 15th Iranian Plant Protection Congress*, p. 338.
- Moura, R., Garcia, P., Cabral, S. & Soares, A. O.** (2006) Does pirimicarb affect the voracity of the euriphagous predator, *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control* 38, 363-368.
- Obrycki, J. J. & Kring, T. J.** (1998) Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology* 43, 295-321.
- Omkar & Prevez, A.** (2004) Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology* 128, 140-146.
- Omkar & Mishra, G.** (2005) Preference-performance of a generalist predatory ladybird: a laboratory study. *Biological Control* 34, 187-195.
- Rogers, D. J.** (1972) Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology* 41, 369-383.

- Sabaghi, R., Sahragard, A. & Hosseini R.** (2011) Functional and numerical responses of *Scymnus syriacus* Marseul (Coleoptera: Coccinellidae) to the black bean aphid *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera, Aphididae) under laboratory conditions. *Journal of Plant Protection Research* 51(4), 423-428.
- Sadeghi, E. & Esmaili, M.** (1992) Preying habits and hibernation site of *Coccinella septempunctata* L., *Hippodamia (Adonia) variegata* (Goeze), *Psyllobora vigintiduopunctata* L. in Karaj. *Journal of Entomological Society of Iran* 11, 19-34. [In Persian with English summary].
- Samih, M. A., Alizadeh, A. & Saberi Riseh, R.** (2005) *Pistachio pests and diseases in Iran and their IPM*. 301 pp. Jahad Daneshgahi-Tehran.
- Sarmiento, R. A., Pallini, A., Venzon, M., de Souza, O. F. F., Rugama, A. G. M. & de Oliveira, C. L.** (2007) Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. *International Journal of Brazilian Archives of Biology and Technology* 50(1), 121-126.
- SAS Institute** (2003) *SAS user's manual, version 9.1*. SAS Institute, Cary, NC.
- Singh, T. V. K., Singh, K. M. & Singh, R. N.** (1991) Influence of intercropping: III. natural enemy complex in groundnut. *Indian Journal of Entomology* 53, 333-368.
- Singh, D. & Singh, H.** (1994) Predatory of coccinellids, *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia variegata* over mustard aphid, *Lipaphis erysimi*. *Crop Research Hisar* 7, 120-124.
- Solomon, M. E.** (1949) The natural control of animal population. *Journal of Animal Ecology* 18, 1-35.
- Timms, J. E., Oliver, T. H., Straw, N. A. & Leather, S. R.** (2008) The effects of host plant on the coccinellid functional response: is the conifer specialist *Aphidecta oblitterata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) better adapted to spruce than the generalist *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae)? *Biological Control* 47, 273 -281.
- Wang, Y. H., Liu, B. S., Fu, H. Z. & Gu, L. N.** (1984) Studies on the habits and bionomics of *Adonia variegata* (Goeze). *Insect Knowledge Kunchong Zhishi* 21, 19-22. [In Chinese].
- Wells, M. L. & Mcpherson, R. M.** (1999) Population dynamics of three coccinellid in flue-cured tobacco and functional response of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), feeding on tobacco aphids. *Environmental Entomology* 28(4), 768-773.

- Yaşar, B. & Ozger, Ş.** (2005a) Development, feeding and reproduction responses of *Adalia fasciatopunctata revelierei* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Homoptera: Aphididae). *Journal of Pest Sciences* 78(4), 199-203.
- Yaşar B. & Ozger, Ş.** (2005b) Functional response of *Oenopia conglobata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Homoptera: Aphididae) in three different size arenas. *Turkiye Entomoloji Derjisi* 29(2), 91-99.
- Zhang, R., Yang, F. & Majian, H.** (2007) The predatory response of *Adonia variegata theriofolii*. *Chinese Bulletin of Entomology* 44 (2), 280-282.