

واکنش تابعی کفشدوزک *Oenopia conglobata contaminata* (Col.: Coccinellidae) با

تغذیه از شته سبز انار، *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae)

حامد رونق و محمد امین سمیع*

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان
۲- نویسنده مسوول: دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان (samia_aminir@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۱۴

چکیده

شته سبز انار، *Aphis punicae* Pass. عمومی‌ترین آفت درختان انار محسوب می‌گردد. در این پژوهش، واکنش تابعی لاروهای سن سه، چهار، ماده‌های بالغ و حشرات کامل نر و ماده ۱۰ روزه کفشدوزک شکارگر *Oenopia conglobata contaminata* (Menetries) نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار به‌عنوان طعمه در دماهای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بررسی شد. تراکم‌های استفاده شده برای لارو سن سه و چهار کفشدوزک شامل ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۰۰ و ۱۲۸ طعمه و برای ماده بالغ و حشرات کامل نر و ماده ۱۰ روزه شامل ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۰۰ و ۱۲۸ طعمه بود و میزان تغذیه در هر تراکم پس از ۲۴ ساعت ثبت شد. نوع واکنش تابعی به‌وسیله رگرسیون لجستیک و تخمین پارامترها از طریق رگرسیون غیر خطی تعیین شد. واکنش تابعی تمامی مراحل مختلف رشدی کفشدوزک در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس از نوع دوم بود و تنها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در مرحله سنی لارو سن چهار از نوع سوم بود. بیش‌ترین مقدار قدرت جستجوگری (*a*) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با مقدار ۰/۱۲۷ بار در ساعت مربوط به ماده‌های بالغ و کمترین زمان دستیابی (*Th*) در این دما با مقدار ۰/۳۳۸ ساعت مربوط به لارو سن چهار بود. در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس بیش‌ترین مقدار قدرت جستجوگری با مقدار ۰/۱۱۹ بار در ساعت مربوط به لارو سن چهار و کمترین زمان دستیابی با مقدار ۰/۲۷۵ ساعت مربوط به ماده‌های بالغ تعیین شد.

کلید واژه‌ها: شته سبز انار، *Oenopia conglobata*، قدرت جستجوگری، واکنش تابعی

مقدمه

۱۹۹۶؛ بیلوز و هسل^۱، ۱۹۹۹). برای استفاده از دشمنان طبیعی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک، آگاهی از کارایی آن‌ها ضروری می‌باشد. یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای تعیین کارایی دشمنان طبیعی، مطالعه ویژگی‌های جستجوگری آن‌ها می‌باشد. آگاهی از چگونگی زندگی

کمیت، کیفیت و نوع همبستگی میان گونه‌های مختلف حشرات که ممکن است بصورت شکارگری، رقابت، پارازیتسم و یا همزیستی باشد برای مدیریت آفات در کشاورزی بسیار مهم است (بیگان و همکاران^۱،

اظهار داشتند که تنها نوع سوم به صورت وابسته به انبوهی عمل می‌کند و این نوع، بیش‌تر از نوع دوم می‌تواند جمعیت را تنظیم کند و در کفشدوزک‌های شکارگر دیده می‌شود (بیگان و همکاران، ۱۹۹۶؛ هسل^{۱۲}، ۱۹۷۸؛ دیکسون، ۲۰۰۰؛ هودک و هونک^{۱۳}، ۱۹۹۶). در هر حال شکارگرها ممکن است با توجه به نوع گیاه میزبان (مسینا و هانکز^{۱۴}، ۱۹۹۸؛ دکلرک و همکاران^{۱۵}، ۲۰۰۰) یا نوع طعمه، منحنی واکنش تابعی خاصی را از خود نشان دهند (سارمنتو و همکاران^{۱۶}، ۲۰۰۷). دو پارامتر مهم واکنش تابعی شامل قدرت جستجوی آنی (a) و زمان دستیابی شکارگر (Th) می‌باشد. علاوه بر خصوصیات فردی شکارگر، عوامل دیگری از جمله اندازه و کیفیت میزبان، شرایط مختلف فیزیکی، (کول و ریدوای^{۱۷}، ۱۹۹۵؛ و همکاران^{۱۸}، ۱۹۹۷؛ مسینا و هانکز، ۱۹۹۸) مرحله رشدی (اصغری و همکاران، ۱۳۹۱؛ عبدالمهی آهی و همکاران، ۱۳۹۱؛ فرهادی و همکاران، ۲۰۱۰) و دما (اصغری و همکاران، ۱۳۹۱؛ جلالی و همکاران، ۲۰۰۹) بر نوع واکنش تابعی و مقدار پارامترهای آن تاثیرگذار است.

فعالیت شکارگری لارو و حشره کامل کفشدوزک *O. conglobata contaminate* روی شته‌ها، پسپیل‌ها و سنک‌های مختلف از نقاط مختلف دنیا مانند ترکیه (ارکین^{۱۹}، ۱۹۸۳)، عراق (باکی و احمد^{۲۰}، ۱۹۸۵)، یوگسلاوی (سیمووا و همکاران^{۲۱}، ۱۹۸۹) و چین (چن^{۲۲}، ۱۹۸۲) گزارش شده است. تاکنون واکنش تابعی این شکارگر روی شته سبزه‌هلو *Myzus persicae* L. (مختاری، ۱۳۹۰)، شته مومی کلم *Brevicorynae*

شکارگر و اثر آن روی پویایی جمعیت طعمه نیز مهم است (دیکسون^۱، ۲۰۰۰). بنابراین پیش‌نیاز انتخاب دشمنان طبیعی برای برنامه‌های کنترل بیولوژیک ارزیابی عملکرد بعد از رهاسازی می‌باشد.

رابطه بین شکارگر- طعمه و چگونگی پاسخ شکارگرها به تغییرات جمعیت طعمه قابل دسترس مشخص می‌کند که آیا شکارگر قادر است تراکم میزبان را تنظیم کند؟ (مردوخ و اوتن^۲، ۱۹۷۵؛ جسک و همکاران^۳، ۲۰۰۲). واژه واکنش تابعی نخستین بار توسط سولومون^۴ (۱۹۴۹) و به منظور نشان دادن رابطه بین تراکم طعمه مورد حمله واقع شده توسط دشمن طبیعی و تراکم اولیه طعمه ارائه شد (جرویس و کید^۵، ۱۹۹۶). واکنش تابعی شکارگرها یا پارازیتوئیدها به تغییرات تراکم طعمه یا میزبان در فرایند تنظیم جمعیت آفات جایگاه مهمی دارد. این مطالعات شاخص مناسبی برای استفاده موفقیت‌آمیز از دشمن طبیعی در برنامه‌های کنترل آفات به‌شمار می‌روند (وایدنمن و اسمیت^۶، ۱۹۹۷). به طور اساسی واکنش تابعی سه نوع می‌باشد (هولینگ^۷، ۱۹۶۶) و وان‌آلفن و جرویس^۸ (۱۹۹۶) نوع-های چهارم و پنجم را نیز به آن‌ها افزودند. در واکنش تابعی نوع دوم دشمن طبیعی به صورت وابسته به عکس تراکم طعمه یا میزبان عمل می‌کند یعنی با افزایش تراکم طعمه درصد طعمه‌های خورده شده کاهش می‌یابد (هسل و واگ^۹، ۱۹۸۴). واکنش تابعی نوع سوم در شمار کمی از کفشدوزک‌ها دیده می‌شود (لانزونی و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۴؛ سارمنتو و همکاران، ۲۰۰۷؛ عبدالمهی آهی و همکاران، ۱۳۹۱). هولینگ (۱۹۶۶) و بایومی^{۱۱} (۲۰۱۱)

12- Hassell
13- Hodek & Honek
14- Messina & Hanks
15- De Clercq *et al.*
16- Sarmiento *et al.*
17- Coll & Ridgway
18- Messina *et al.*
19- Erkin
20- Baki & Ahemed
21- Simova *et al.*
22- Chen

1- Dixon
2- Murdoch & Oaten
3- Jeschke *et al.*
4- Solomon
5- Jervis & Kidd
6- Wiedenmann & Smith
7- Holling
8- Van Alphen & Jervis
9- Hassell & Waage
10- Lanzoni *et al.*
11- Bayoumy

۸۰×۱۲۰×۱۷۰ سانتی‌مترنگهداری شدند. برای هم‌سن کردن شته‌ها، تعدادی از حشرات کامل دخترزای بی‌بال روی نهال‌های فاقد آلودگی به شته انتقال داده و به آن‌ها اجازه داده شد به مدت ۲۴ ساعت پوره‌زایی داشته باشند. پس از ۲۴ ساعت حشرات کامل حذف گردید و به پوره‌ها اجازه داده شد تا رشد کرده و به مرحله بلوغ برسند (البرت و کارترایت^۳، ۱۹۹۷). از این شته‌های هم‌سن برای برخی آزمایش‌ها استفاده شد. شته‌ها در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره روشنایی به تاریکی ۱۶:۸ ساعت تاریکی نگه‌داری شدند.

O. جمع‌آوری و پرورش کفشدوزک *conglobata contaminata*

در این آزمایش‌ها از کلنی این کفشدوزک در اینسکتاریوم دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان که قبلاً روی شته سبز هلو پرورش داده شده بودند استفاده شد و در ادامه برای حفظ توان ژنتیکی جمعیت، حشرات کامل این کفشدوزک از باغ‌های پسته و انار از منطقه رفسنجان و اردکان گردآوری و پس از شناسایی با استفاده از کلید و مقایسه کلکسیون موجود و تایید متخصص^۴ (باقری‌نیا و مصدق، ۱۳۷۵؛ علی‌نقی‌زاده، ۱۳۸۹) به جمعیت آزمایشگاهی افزوده شد.

کفشدوزک‌های منتقل شده به آزمایشگاه درون ظروف پتری به قطر ۱۲ سانتی‌متر با روزنه‌ای به قطر ۱/۵ سانتی‌متر که با توری پوشانده شده بود (درون هر پتری حداکثر ۶ حشره بالغ و یک لارو کفشدوزک) قرار داده شدند. این ظروف برای جلوگیری از خروج لاروها و حشرات کامل مناسب‌تر هستند. کفشدوزک‌ها روزانه با مقدار کافی شته سبز انار (هر بار تعداد دست کم ۵ برگ آلوده انار به شته استفاده می‌شد) تغذیه شدند و بعد از آن آزمایش‌های اصلی روی کفشدوزک‌ها آغاز شد. به منظور جلوگیری از رشد قارچ، برگ‌های درون ظروف

brassica L. (رونق و سمیع، ۱۳۹۱) و پس‌پیل معمولی *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer (حسنی و همکاران، ۱۳۸۷) تعیین شده است. پوره‌ها و حشرات بالغ شته سبز انار *Aphis punicae* Pass. از جمله طعمه‌های مناسب برای تعدادی از کفشدوزک‌های فعال در باغ‌ها می‌باشد. این آفت، در تمامی انارستان‌های کشور وجود دارد و در باغ‌هایی که شرایط برای رشد و تکثیر آفت فراهم باشد در برخی از سال‌ها، سبب خسارت می‌شود. شته سبز انار، با تغذیه از شیره پرورده، تولید عسلک فراوان، مساعد کردن شرایط برای رشد قارچ‌های ساپروفیت و همچنین کاهش تنفس گیاه به صورت مستقیم و غیرمستقیم سبب خسارت روی میزبان خود می‌شود. مهم‌ترین خسارت شته انار، ریزش غیرطبیعی گل‌های انار در ابتدای فصل می‌باشد (شاکری و دانشور، ۱۳۸۳). از آن‌جا که رفتار شکارگری ممکن است در اثر دما و مرحله سنی شکارگر و طعمه تغییر کند در این پژوهش واکنش تابعی مراحل مختلف سنی کفشدوزک *O. conglobata* در تراکم‌های مختلف پوره سن سه و چهار شته سبز انار به عنوان طعمه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

A. کشت گیاه انار و ایجاد کلنی شته *punicae* در آزمایشگاه

جمعیت اولیه شته از باغ انار واقع در رفسنجان به مختصات جغرافیایی 30°23'42.3164"N 55°56'51.1177"E جمع‌آوری و پس از شناسایی با استفاده از کلید شناسایی و تایید متخصص^۱ (سمیع، ۱۳۷۱) به آزمایشگاه اکولوژی حشرات^۲ منتقل شدند. به منظور پرورش و ایجاد کلنی شته، نهال‌های انار کشت شده و در قفس‌های توری‌دار گلخانه‌ای با ابعاد

۱- نویسنده دوم این مقاله

۲- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر

رفسنجان

3- Elbert & Cartwright

۴- باقری (مرکز تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی اصفهان)

سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره روشنایی به تاریکی ۸:۱۶ ساعت انجام شد. این دماها بر اساس دامنه دمایی مناسب زندگی شته سبز انار (۲۲/۵ و ۲۵ درجه سلسیوس) انتخاب شدند (بایهان و همکاران^۱، ۲۰۰۵) و به سبب گرمسیری بودن منطقه دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس نیز اضافه شد.

برای تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای آن، از روش دو مرحله‌ای جولیانو (۲۰۰۱) و نرم افزار SAS استفاده شد. نوع واکنش تابعی بوسیله رگرسیون لجستیک نسبت طعمه خورده شده به عنوان تابعی از تراکم اولیه طعمه و از طریق تابع چند جمله‌ای از رابطه زیر تعیین شد.

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

رابطه ۱

در این رابطه N_e تعداد شکار خورده شده، N_0 تعداد اولیه شکار و P_0, P_1, P_2, P_3 پارامترهایی هستند که باید برآورد شوند. این پارامترها از طریق رویه CATMOD در برنامه آماری SAS تخمین زده شد (جولیانو، ۲۰۰۱). منفی یا مثبت بودن ضریب خطی در تابع چند جمله‌ای به ترتیب نوع دوم و سوم واکنش تابعی را نشان می‌دهد (جولیانو^۲، ۲۰۰۱). بعد از تعیین نوع واکنش تابعی، باید پارامترهای a و T_h (برای واکنش تابعی نوع دوم) یا b, c و d (برای نوع سوم) تخمین زده شود. با توجه به جایگزین نشدن شته‌های خورده شده و تجزیه رگرسیون لجستیک مدل نوع دوم راجرز (راجرز^۳، ۱۹۷۲) به داده‌ها برازش داده شد.

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

پرورش هر روز و ظروف پرورش، هر سه روز یکبار تعویض شدند. بازدید روزانه ظروف پرورش برای تامین غذای حشرات و رطوبت داخل آن‌ها به طور منظم انجام گرفت.

آزمایش‌های واکنش تابعی

برای انجام این آزمایش‌ها از پتری‌هایی با قطر ۱۲ سانتی‌متر و به ارتفاع یک 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. لاروهای سن سه و چهار که ۲۴ ساعت از عمر آن‌ها می‌گذشت و در این مدت گرسنه نگه داشته شده بودند وارد آزمایش شد. در مرحله ظهور حشرات کامل افراد ۱۰ روزه بالغ (ماده بالغ جدا و همچنین نر ماده بالغ باهم) که ۲۴ ساعت قبل از آغاز آزمایش گرسنگی داده شده بودند استفاده شد. در این آزمایش از تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۰۰ و ۱۲۸ پوره سن سه و چهار شته سبز انار برای تغذیه لارو سن سه و چهار و تراکم ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۰۰ و ۱۲۸ جهت تغذیه ماده‌های بالغ و حشرات کامل نر و ماده ۱۰ روزه استفاده شد. این تراکم‌ها بر اساس آزمایش‌های مقدماتی و ماندن دست کم ۱۰ درصد طعمه انتخاب شدند. بدین منظور، پوره‌های سن یک و دو شته سبز انار از روی برگ‌های آلوده انار حذف و پوره‌های سن سه و چهار باقیمانده روی دیسک برگ‌ها شمارش و داخل پتری‌ها قرار داده شدند (انتخاب دو سن پوره‌گی شته با هم، به دلیل زمان کوتاه سنین پوره‌گی شته و دشواری در شناسایی و تفکیک این دو سن پوره‌گی بود) و مرحله سنی مورد نظر کفشدوزک در هر پتری قرار داده شد. هر تراکم شامل هشت تکرار همزمان بود (در تراکم‌های کمتر تکرار بیش‌تر و بر عکس) و برای هر تراکم از شاهد (شامل پتری دیش بدون کفشدوزک) استفاده شد و بر این اساس تصحیح داده‌ها انجام شد. بعد از ۲۴ ساعت تعداد شته‌های زنده و خورده شده توسط هر کفشدوزک یادداشت شد. آزمایش‌ها در دماهای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه

1- Bayhanet al.
2- Juliano
3- Rogers

رفتار برای لارو و حشرات کامل ماده کفشدوزک *O. conglobata contaminata* با تغذیه از لارو شته حشرات *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) و حشرات کامل ماده (یسار و ازگار، ۲۰۰۵) و حشرات ماده کفشدوزک *Hipodamia variegata* (Geoz) روی پوره‌های سن چهارم پسیل پسته *A. pistaciae* (اصغری و همکاران، ۱۳۹۱)، کفشدوزک *O. conglobata contaminata* روی شته سبز هلو *Myzus persicae* L. (مختاری، ۱۳۹۰)، شته مومی کلم *B. brassica* (رونق و سمیع، ۱۳۹۱) و پسیل معمولی پسته *A. pistaciae* (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷) نیز گزارش شد.

آنالیز رگرسیون چند جمله‌ای لجستیک مشخص کرد که نوع واکنش تابعی نشان داده شده توسط کفشدوزک *O. conglobata contaminata* با تغذیه از شته سبز انار در هر دو دما از نوع دوم بوده و تنها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در مرحله سنی لارو سن چهار از نوع سوم گردید (جدول ۱ و ۲). هسل و همکاران (۱۹۷۷) و هسل (۱۹۷۸) بر این باورند که تنها واکنش تابعی نوع سوم شکارگر می‌تواند جمعیت طعمه (آفت) را به تعادل برساند. در این پژوهش اگرچه هر دو شکل از واکنش تابعی مشاهده شدند، اما نوع سوم بودن واکنش تابعی لاروهای سن چهار روی پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار (مرحله خسارت‌زا) احتمال کنترل موثر این شته را به وسیله‌ی شکارگر افزایش می‌دهد.

شیب قسمت‌های مختلف منحنی و علامت مربوط به هر کدام از آن‌ها در مورد مراحل مختلف سنی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس در جدول ۱ و ۲ آمده است. علامت منفی برآوردهای ضریب‌های خطی در هر دو دما، وجود واکنش تابعی نوع دوم را احراز می‌کند که با مدل هولینگ انطباق بیشتری داشت و

$N_a =$ تعداد شکارمورد حمله واقع شده، $N_t =$ تراکم اولیه طعمه در زمان آزمایش $t = \exp$ پایه لگاریتم طبیعی، $a =$ قدرت جستجوگری (h^{-1}) ، $P_t =$ تعداد دشمن طبیعی در زمان آزمایش t ، $T =$ مدت زمان انجام آزمایش (۲۴ ساعت)، $Th =$ زمان دستیابی در ساعت می‌باشد. علاوه بر محاسبه پارامترهای ذکر شده حداکثر نرخ حمله توسط مدل‌های واکنش تابعی از رابطه و ضرب تیبین (r^2) با استفاده از رابطه زیر بدست آمد.

$$r^2 = \frac{\text{مجموع مربعات باقی مانده}}{\text{مجموع مربعات کل تصحیح شده}}$$

برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی از معادله زیر

استفاده شد:

$$N_a = \{1 - \exp[-(a + D_a(j))(T - (T_h + D_{Th}(j))N_a)]\}$$

در اینجا Z یک شاخص متغیر است که از صفر برای اولین سری داده تا یک برای دومین سری داده ارزش گذاری می‌شود. با تخمین پارامترهای D_{Th} و D_a می‌توان تفاوت معنی‌دار در مقدار a و T_h را مشخص کرد. به عبارتی هنگام مقایسه T_h دو جمعیت و زمان دستیابی جمعیت دوم $T_h + D_{Th}$ در نظر گرفته می‌شود (فرهادی و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج و بحث

منحنی‌های تعداد طعمه‌های خورده شده توسط مراحل مختلف سنی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* با تغذیه از پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دو دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس در شکل ۱ و ۲ و پارامترهای حاصل از برقراری رگرسیون لجستیک بین تعداد طعمه خورده شده توسط سنین مختلف کفشدوزک در دو دمای فوق در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. در هر دو دما، با افزایش تراکم طعمه، تعداد طعمه خورده شده افزایش یافت (شکل ۱ و ۲). این

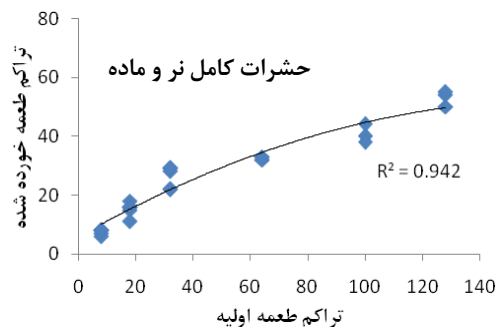
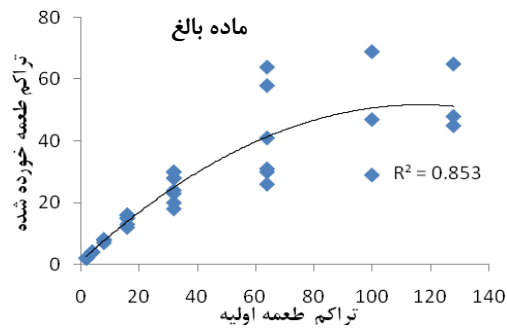
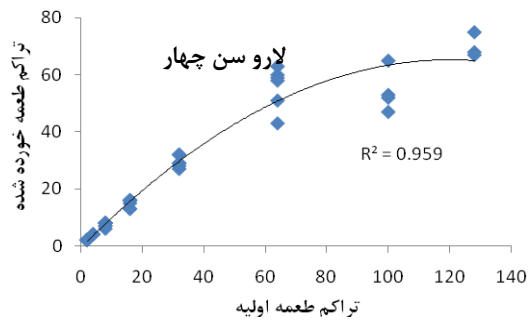
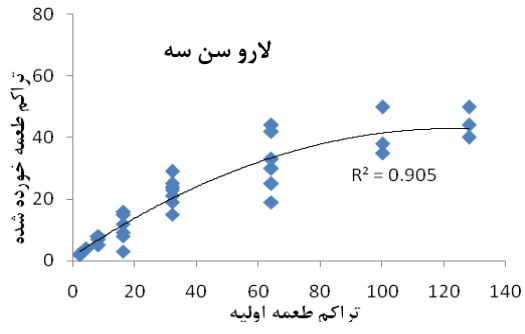
euphorbiae Thomas را از نوع سوم تشخیص دادند. عبدالمهی آهی و همکاران (۱۳۹۱) واکنش تابعی لارو سن چهارم کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant را روی پوره‌های سن سه و چهارم شپشک آرد آلود مرکبات *Planococcus citri* (Risso) از نوع سوم گزارش کردند. هولینگ (۱۹۶۶) سه نوع واکنش تابعی تشخیص داد و اظهار داشت 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، کارایی این کفشدوزک در مهار زیستی با واکنش تابعی نوع دوم نیز امکان پذیر است زیرا عوامل دیگری مانند اثر گیاه میزبان، عوامل زیستی و غیره نیز بر کارایی شکارگرها اثر گذار است (ابریکی و کرینگ^۸، ۱۹۹۸؛ فرهادی و همکاران، ۲۰۱۰).

ضریب تبیین (R^2) در آزمایش‌های واکنش تابعی مراحل مختلف سنی کفشدوزک شکارگر *O. conglobata contaminate* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس نشان دهنده میزان تطبیق نوع واکنش تابعی با منحنی به دست آمده است.

میانگین پارامترهای حاصل از برازش منحنی‌های واکنش‌های تابعی مراحل رشدی کفشدوزک شکارگر روی پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ آمده است. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار قدرت جستجوگری (a) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مربوط به ماده‌های بالغ (۰/۱۲۷۶) و کمترین زمان دستیابی در این دما مربوط به لارو سن چهار (۰/۳۳۸۹) و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس بیش‌ترین مقدار قدرت جستجو (a) مربوط به لارو سن چهار (۰/۱۱۹۳) و کمترین زمان دستیابی مربوط به ماده‌های بالغ (۰/۲۷۵۸) بود. قدرت جستجوگری لارو سن سه و چهار با افزایش دما از ۲۵ به ۲۷/۵ درجه

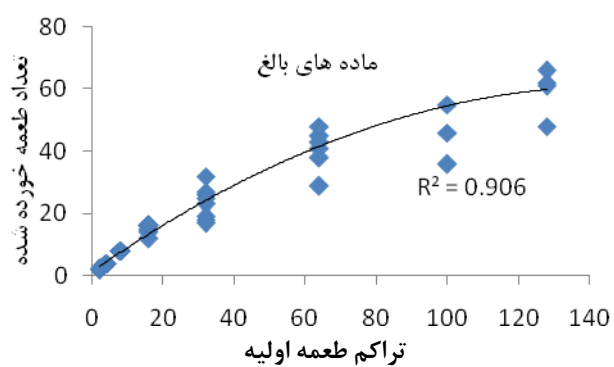
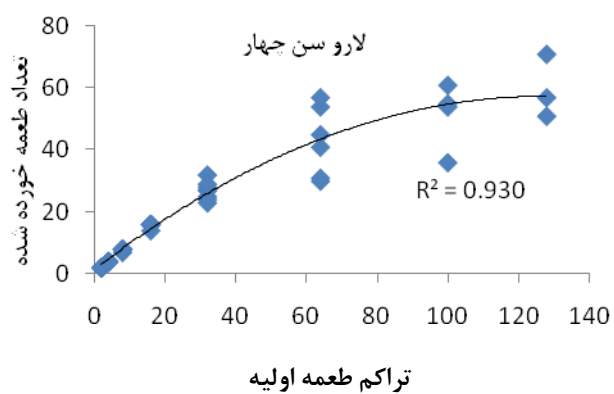
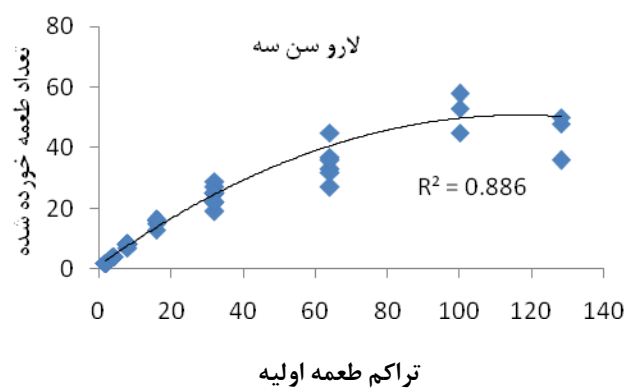
علامت مثبت برآوردهای ضریب خطی وجود واکنش تابعی نوع سوم را احراز می‌کند که با مدل تصادفی راجرز برازش بهتری یافت. واکنش تابعی نوع دوم برای این کفشدوزک و شماری دیگر از کفشدوزک‌ها گزارش شده است (خان و میر^۱، ۲۰۰۸؛ تایمز و همکاران^۲، ۲۰۰۸؛ جعفری و گلدسته، ۲۰۰۹؛ فرهادی و همکاران^۳، ۲۰۱۰؛ صباغی و همکاران^۴، ۲۰۱۱؛ مددی و همکاران^۵، ۲۰۱۱؛ مختاری، ۱۳۹۰؛ رونق و سمیع، ۱۳۹۱؛ حسنی و همکاران، ۱۳۸۷). دیکسون (۲۰۰۰) واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته *B. brassica* را از نوع دوم تشخیص دادند، نوع واکنش تابعی در پژوهش فوق با پژوهش حاضر که از نوع دوم گردیده است مطابقت دارد. الحاق و زیتون (۱۹۹۶) واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* را با تغذیه از شته‌ی جالیز مورد بررسی قرار دادند و دریافتند واکنش تابعی حشرات کامل از نوع دوم بود که باز هم نتایج ما با یافته‌های آن‌ها هماهنگی دارد. واکنش تابعی نوع سوم در شمار کمی از کفشدوزک‌ها دیده می‌شود. اسیکبار و کولپند^۶ (۲۰۰۵) در تعیین نوع واکنش تابعی دو گونه کفشدوزک *Scymnus levaillanti* Muls و *Cycloneda sanguinea* L. روی *Aphis gossypii* Glover در رژیم‌های دمایی مختلف دریافتند که تنها *C. sanguinea* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس واکنش تابعی نوع سه را نشان داد. لانتزونی و همکاران^۷ (۲۰۰۴) واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* را از نوع سوم تشخیص دادند. سارمنتو و همکاران (۲۰۰۷) واکنش تابعی کفشدوزک *Macrosiphum Eriopis conexa* را روی شته

-
- 1- Khan & Mir
 - 2- Timms *et al.*
 - 3- Farhadi *et al.*
 - 4- Sabaghi *et al.*
 - 5- Madadi *et al.*
 - 6- İçsikber & Copland
 - 7- Lanzoni *et al.*



شکل ۱- منحنی‌های تعداد طعمه‌های خورده شده توسط مراحل مختلف سنی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* به تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

رونق و سیمع: واکنش تابعی کفشدوزک...



شکل ۲- منحنی های تعداد طعمه های خورده شده توسط مراحل مختلف سنی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* به تراکم های مختلف پوره های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس

جدول ۱- پارامترهای حاصل از برقراری رگرسیون لجستیک نسبت طعمه خورده شده توسط مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* در تراکم‌های اولیه پوره سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

<i>P</i>	خطای استاندارد	مقدار برآورد شده	پارامتر	مرحله نشو و نمایی شکارگر
۰/۰۰۰۱	۰/۳۲۹۲	۲/۷۴۲۸	عرض از مبدا	لارو سن سه
۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۸۲	-۰/۰۸۶۲	قسمت خطی	
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۸۸۸	درجه‌ی ۲ (N ₀₂)	
۰/۰۰۸۱	۱/۲۸E-۶	-۳/۳۹E-۶	درجه‌ی ۳ (N ₀₃)	
۰/۰۰۰۱	۰/۴۶۴۷	۲/۹۴۶۷	عرض از مبدا	لارو سن چهار
۰/۰۰۳۹	۰/۰۲۳۶	۰/۰۲۰۳	قسمت خطی	
۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳	-۰/۰۰۱۰۲	درجه‌ی ۲ (N ₀₂)	
۰/۰۰۰۴	۱/۵۴۸E-۶	۵/۴۳۸E-۶	درجه‌ی ۳ (N ₀₃)	
۰/۰۰۰۱	۰/۴۷۲۹	۴/۰۰۲۷	عرض از مبدا	ماده بالغ
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۴۱	-۰/۱۰۸۰	قسمت خطی	
۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۰۹	درجه‌ی ۲ (N ₀₂)	
۰/۰۰۰۱	۱/۵۷۹E-۶	-۴/۰۷E-۶	درجه‌ی ۳ (N ₀₃)	
۰/۰۰۰۱	۰/۴۸۸۳	۴/۰۴۰۳	عرض از مبدا	حشرات کامل نر و ماده
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۴۷	-۰/۱۳۱۷	قسمت خطی	
۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۳۱	درجه‌ی ۲ (N ₀₂)	
۰/۰۰۵۵	۱/۵۶E-۶	-۴/۳۳E-۶	درجه‌ی ۳ (N ₀₃)	

جدول ۲- پارامترهای حاصل از برقراری رگرسیون لجستیک نسبت طعمه خورده شده توسط مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* در تراکم‌های اولیه پوره سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس

<i>P</i>	خطای استاندارد	مقدار برآورد شده	پارامتر	مرحله نشو و نمایی شکارگر
۰/۰۰۰۱	۰/۶۱۹۷	۶/۳۷۱۶	عرض از مبدا	لارو سن سه
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۹۴	-۰/۲۵۵۰	قسمت خطی	
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳۳۸	درجه‌ی ۲ (N ₀₂)	
۰/۰۰۰۱	۱/۷۴۷E-۶	-۰/۰۰۰۰۱	درجه‌ی ۳ (N ₀₃)	
۰/۰۰۰۱	۰/۵۹۴۳	۴/۹۱۰۵	عرض از مبدا	لارو سن چهار
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۷۹	-۰/۱۲۵۵	قسمت خطی	
۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۱۵	درجه‌ی ۲ (N ₀₂)	
۰/۰۰۲۵	۱/۶۷۸E-۶	-۳/۷۴E-۶	درجه‌ی ۳ (N ₀₃)	
۰/۰۰۰۱	۰/۴۸۷۸	۴/۵۰۵۷	عرض از مبدا	ماده بالغ
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۴۲	-۰/۱۵۰۲	قسمت خطی	
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۷۹	درجه‌ی ۲ (N ₀₂)	
۰/۰۰۰۱	۱/۵۲۵E-۶	-۷/۰۵E-۶	درجه‌ی ۳ (N ₀₃)	

دست‌یابی پایین این مرحله در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس، این مرحله و دما به عنوان وضعیت مناسب در این پژوهش گزارش می‌شود. با نگرش به زمان دست‌یابی پایین و قدرت جستجوگری مناسب در ماده‌های بالغ در هر دو دما، انتخاب این مرحله در جایگاه بعدی قرار می‌گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که قدرت جستجوگری ماده‌های بالغ بیش‌تر از جمعیت مخلوط از ماده و نر است؛ در حالی که، زمان دست‌یابی دارای اختلاف معنی‌دار نبود. بنابراین دخالت و رهاسازی نر به همراه ماده کارایی را کاهش می‌دهد. در این حالت نسبت رهاسازی یا میزان جمعیت در نظر گرفته شده برای رهاسازی بایستی بیش‌تر از زمانی باشد که از ماده‌های بالغ استفاده می‌شود. با نگرش به اینکه رهاسازی لارو سن چهار برای مهار زیستی آفات در شرایط طبیعی (به سبب آسیب‌پذیری این مرحله، دشواری انتقال، دشواری در نگهداری آن و نیاز به غذا) دشوار است، استفاده از ماده-های بالغ برای رهاسازی مناسب‌ترین حالت می‌باشد. نکته دیگر اینکه دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس مناسب‌ترین دما برای فعالیت شکارگری این کفشدوزک در طبیعت در نظر گرفته می‌شود.

اصغری و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که بیش‌ترین قدرت جستجوگری توسط حشرات ماده کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از پوره سن چهار پسپیل معمولی پسته *A. pistaciae* در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و کمترین زمان دست‌یابی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بدست آمد. 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 (جلالی و همکاران، ۲۰۰۹) نیز گزارش شد.

عبدالهی آهی و همکاران (۱۳۹۱) همچنین نشان دادند که بیش‌ترین قدرت جستجوگری توسط لاروهای سن چهار و کفشدوزک بالغ *C. montrouzieri* با

سلسیوس افزایش و در ماده‌های بالغ کاهش یافته است. بر اساس پارامتر قدرت جستجوگری، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس کاربرد ماده‌های بالغ و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس کاربرد لاروهای سن سه و چهار کارایی بیش‌تری دارد و در همین دما، لارو سن چهار نیز از لارو سن سه جستجوگری بیش‌تری داشت. حسنی و همکاران (۱۳۸۷) واکنش تابعی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* را در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس با تغذیه از پوره‌های سن چهار پسپیل پسته از نوع دوم تشخیص دادند و قدرت جستجو و زمان دست‌یابی را (۰/۰۴۶۹) بار در ساعت و ۰/۰۱۵۲ ساعت به‌دست آوردند. مختاری (۱۳۹۰) قدرت جستجو و زمان دست‌یابی کفشدوزک *O. conglobata contaminate* را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با تغذیه از پوره سن سه شته سبز هلو را به ترتیب (۰/۰۶۳) بار در ساعت و (۰/۱۴۲۵) ساعت به‌دست آورد. رونق و سمیع (۱۳۹۱) قدرت جستجو و زمان دست‌یابی کفشدوزک *O. conglobata contaminate* را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با تغذیه از شته مومی کلم به‌ترتیب (۰/۰۴۱۰) بار بر ساعت و (۱/۳۸۶۷) ساعت به‌دست آورد. با نگرش به مقدار قدرت جستجوگری، شته سبز انار نسبت به پسپیل معمولی پسته، شته مومی کلم و شته سبز هلو میزان مناسب‌تری برای این کفشدوزک می‌باشد. فرهادی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که قدرت جستجوگری و زمان دست‌یابی در کفشدوزک *H. variegata* با افزایش سن لاروی افزایش یافت. بنابراین، بر پایه میانگین دمای محیط مراحل رشدی متفاوتی از شکارگر جهت مهار آفت کارایی دارد. نتایج ما همچنین نشان داد که زمان دست‌یابی با افزایش دما از ۲۵ به ۲۷/۵ درجه سلسیوس در لارو سن سه، چهار و ماده‌های بالغ کاهش یافت. همچنین در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس زمان دست‌یابی با افزایش سن از لارو سن سه به ماده‌های بالغ کاهش یافت. با نگرش به قدرت جستجوگری بیش‌تر در لاروهای سن چهار و زمان

رونق و سیمع: واکنش تابعی کفشدوزک...

تغذیه از پوره‌های سن چهارم شپشک آرد آلود مرکبات
P. citri به دست آمد. هودک و هونک (۱۹۹۶) نشان
 دادند که لاروهای سن چهارم و حشرات کامل
 کفشدوزک‌ها به دلیل بر خورداری از قدرت تغذیه‌ی بالا

اصلی‌ترین مراحل نشو و نما کفشدوزک در برنامه
 مهار زیستی آفت هدف می‌باشند.

جدول ۳- میانگین (\pm SE) پارامترهای بدست آمده از برازش واکنش تابعی مراحل مختلف سنی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* با تغذیه از پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

مرحله سنی	نوع واکنش تابعی	قدرت جستجوگری (a)	زمان دستیابی (T_h)	ضریب تبیین (r^2)	T/T_h (بر فرد)
لارو سن سه	۲	0.092 ± 0.0194	0.508 ± 0.0428	۰/۹۰	۰/۵۶
لارو سن چهار	۳	0.0124 ± 0.0596	0.3389 ± 0.0410	۰/۹۵	۰/۳۳
ماده بالغ	۲	0.1276 ± 0.0379	0.3965 ± 0.0452	۰/۸۵	۰/۴۸
حشرات کامل نر و ماده	۲	0.0680 ± 0.0107	0.3610 ± 0.0373	۰/۹۴	۰/۴۵

جدول ۴- میانگین (\pm SE) پارامترهای بدست آمده از برازش واکنش تابعی مراحل مختلف سنی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* با تغذیه از پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس

مرحله سنی	نوع واکنش تابعی	قدرت جستجوگری (a)	زمان دستیابی (T_h)	ضریب تبیین (r^2)	T/T_h (بر فرد)
لارو سن سه	۲	0.1123 ± 0.0313	0.4053 ± 0.0447	۰/۸۸	۰/۵۶
لارو سن چهار	۲	0.1193 ± 0.0236	0.3313 ± 0.0298	۰/۹۳	۰/۴
ماده بالغ	۲	0.0846 ± 0.0170	0.2758 ± 0.0381	۰/۹۰	۰/۴

نتایج و منحنی‌های بدست 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 پوره‌های سن سه و چهار شته سبز انار 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 باقیمانده طعمه در
 تراکم‌های پایین جلوگیری به عمل آید.

منابع

۱. اصغری، ف.، سیمع، م. ا.، مهدیان، ک.، بصیرت، م. و ایزدی، ح. ۱۳۹۱. بررسی قابلیت شکارگری کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) روی پسپل معمولی پسته *Agonoscena pistacia* (Hem.: Aphalaridae) در شرایط آزمایشگاهی. نامه انجمن حشره‌شناسی ایران، ۳۲ (۱): ۳۷-۵۸.
۲. باقری‌نیا، م. و مصدق، م. س. ۱۳۷۵. فون کفشدوزک‌های (Col.: Coccinellidae) استان چهار و محال بختیاری (قسمت اول زیر خانواده‌های Coccinellinae و Chilocorinae). مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، ۷ و ۸: ۲۹-۳۵.

رونق و سمیع: واکنش تابعی کفشدوزک...

۳. حسنی، م. ر.، مهرنژاد، م. ر. و استوان، ه. ۱۳۸۷. برخی از ویژگی‌های زیستی و شکارگری کفشدوزک (Col.: *Oenopia conglobata contaminata* (Coccinellidae) روی پسپل معمولی پسته در شرایط آزمایشگاهی. مجله پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۶(۲): ۱۱۰-۱۱۷.

۴. رونق، ح. و سمیع، م. ا. ۱۳۹۱. واکنش تابعی کفشدوزک (*Oenopia conglobata contaminata* (Menetries) با تغذیه از تراکم‌های مختلف شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L. بیستمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، ۴ تا ۷ شهریورماه، دانشگاه شیراز، صفحه ۴۷.

۵. سمیع، م. ا. ۱۳۷۱. مرفولوژی و شناسایی فرم‌های بکرزای *Aphis spp.* در مناطق سردسیری جنوب استان اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۹۸ صفحه.

۶. شاکری، م. و دانشور، م. ۱۳۸۳. گزارش همایش برای دستاوردها و مشکلات مدیریتی کرم گلوگاه انار. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد، صفحه ۱۳.

۷. عبدالمی آهی، غ.، افشاری، ع.، دادپور مغانلو، ه.، آساده، غ. و یزدانیا، م. ۱۳۹۱. واکنش تابعی کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col.: Coccinellidae) به شپشک آرد آلود مرکبات *Planococcus citri* (Risso) (Hom.: Pseudococcidae) در شرایط آزمایشگاهی. گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)، ۳۵(۱): ۱-۱۴.

۸. علینقی‌زاده ع. ۱۳۸۹. بررسی فونستیک کفشدوزک‌ها (Coccinellidae) در کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، ۱۱۱ صفحه.

۹. مختاری، ب. ۱۳۹۰. بیولوژی و کارآیی کفشدوزک (*Oenopia conglobata contaminata* (Menteries) روی شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer) در شرایط آزمایشگاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ۱۱۰ صفحه.

10. Baki, M. A. A., and Ahemed M. S. 1985. Ecological studies on olive psyllid *Euphyllura star* minea log at Mosul Region with special reference to its natural enemies. Iraq Journal of Agricultural Science, 3 (1): 14.

11. Bayhan, E., Bayhan, O., Ulusoy, M. R., and Brown, J. K. 2005. Effect of temperature on the biology of *Aphis punicae* (Passerini) (Homoptera: Aphididae) on pomegranate. Environmental Entomology, 34: 22-26.

12. Bayoumy, M. H. 2011. Foraging behavior of the coccinellid *Nephus includens* (Coleoptera: Coccinellidae) in response to *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) with particular emphasis on larval parasitism. Environmental Entomology, 40(4): 835-843.

13. Begon, M., Harper, J. L., and Townsend, C. R. 1996. Ecology. Blackwell, Oxford.

14. Bellows, T. S., and Hassell, M. P. 1999. Theories and mechanisms of natural population regulation. In Bellows, T. S, Fisher, T. W. (eds.) Handbook of biological control. Academic Press, San Diego, pp 17–44.
15. Chen, H. Q. 1982. A preliminary observation on *Alricasp*. Kunchong Zhishi, 19(6): 21-23.
16. Coll, M., and Ridgway, R. L. 1995. Functional and numerical response of *Orius insidiosus*, to its prey in different vegetable crops. Annals of the Entomological Society of America, 88: 732-738.
17. De Clercq, P., Mohaghegh, J., and Tirry, L. 2000. Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus nigrispinus* (Het.: Pentatomidae). Biological Control, 18:65–70.
18. Dixon, A. F. G. 2000. Insect predator-prey dynamics ladybird beetles and biological control. Cambridge University Press, Cambridge, 275.
19. Elbert, T. A., and Cartwright, B. 1997. Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Hom.: Aphididae). Southwestern Entomologists, 22: 116-145.
20. Elhag, E. T. A., and Zaitoon, A. A. 1996. Biological parameters for four coccinellid species in central Saudi Arabia. Biological Control, 7: 316-319.
21. Erkin, E. 1983. Investigations on hosts distribution and efficiency of natural enemies of the family Aphididae (Homoptera) harmful to pome and stone fruit trees in Izmir province of Aegen Region. Turkye Bilki Koruma Dergisl, 7(1):29-49.
22. Farhadi, R., Allahyari, H., and 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.
23. 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.
24. Hassell, M. P. 1978. The dynamics of arthropods– prey system. Princeton University Press, Princeton, NJ.
25. Hassell, M. P., and Waage J. K. 1984. Host-parasitoid population interactions. Annual Review of Entomology, 29: 89-114.
26. Hodek, I., and Honek, A. 1996. Ecology of coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston London, 464.
27. Holling, C. S. 1966. The functional response of invertebrate predator to prey density. Memorries of the Entomological Society of Canada, 48: 1-86.

28. Isikber, A. A., and Copland, M. J. W. 2005. 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.
29. Jafari, R., and Goldasteh, S. 2009. Functional response of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae) on *Aphis fabae* (Scopoli) (Hom.: Aphididae) in laboratory conditions. *Acta Entomologica Sinica*, 14(1): 93-100.
30. Jalali, M. A., Tirry, L., and De Clercq, P. 2009. Effect of temperature on the functional response of *Adalia bipunctata* to *Myzus persicae*. *Biocontrol*, 55: 261-269.
31. Jeschke, J. M., Kopp, M., and Tollrian, R. 2002. Predator functional responses: discriminating between handling and digesting prey. *Ecological Monographs*, 72: 95-112.
32. Jervis, M., and Kidd, N. 1996. *Insect natural enemies: Practical approaches to their study and evaluation*. Chapman and Hall, London. 491pp.
33. Juliano, S. A. 2001. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. 178-216 in Scheiner, S. M. and Gurevitch, J. (eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press, New York, pp. 178-196
34. Khan, A. A., and Mir, R. A. 2008. Functional response of four predaceous coccinellids, *Adalietraspilota* (Hope), *Coccinella septempunctata* L., *Calviapunctata* (Mulsant) and *Hippodamia variegata* (Goeze) feeding on the green apple aphid, *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae). *Journal of Biological Control*, 22(2): 291-298.
35. Lanzoni, A., Accinelli, G., Bazzacchi, G. G., and Burgio, G. 2004. Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hippodamia variegata* and *Adalia bipunctata* (Col.: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*, 128: 298-306.
36. Madadi, H., Mohajeri Parizi, E., Allahyari, H., and 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.
37. Messiana, F.J., and Hanks, J.B. 1998. Host plant alerts the shape of the functional response of an aphid predator. *Environmental Entomology*, 27: 1196-1202.
38. Messiana, F.J., Jones, T.A., and Neilson, D.C. 1997. Host plant effects on the efficiency of two predators attacking Russian wheat aphid. *Environmental Entomology*, 26: 1398-1404.
39. Murdoch, W. W., and Oaten, A. 1975. Predation and population stability. *Advance in Ecological Research*, 9: 2-131.
40. Obrycki, J. J., and Kring, T. J. 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology*, 143: 295-321.

41. Rogers, D. J. 1972. Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology*, 41: 369-383.
42. Sabaghi, R., Sahragard, A., and 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.
43. Sarmento, R. A., Pallini, A., Venzon, M., DeSouza, O., Molina-Rugama, A. J., and Oliveira, C.L. 2007. Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Col.: Coccinellidae) to different prey types. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50:121-126.
44. Simova, T. D., Vukovic, M., and Antic, M. 1989. A contribution to the study of ladybird predators of plant lice (Col.: Coccinellidae). *Zastita Bilija*, 40(1):65-72.
45. Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal population. *Journal of Animal Ecology*, 18: 1-35.
46. Timms, J. E., Oliver, T. H., Straw, N. A., and Leather, S. R. 2008. The effects of host plant on the coccinellid functional response: is the conifer specialist *Aphidecta obliterate* (L.) (Col.: Coccinellidae) better adapted to spruce than the generalist *Adalia bipunctata* (L.) (Col.: Coccinellidae), *Biological Control*, 47: 273 -281.
47. Van Alphen, J. J. M., and Jervis, M. A. 1996. Foraging behavior. In Jervis M. A. and N. Kidd (eds.), *Insect natural enemies, practical approaches to their study and evaluation*. Chapman and Hall, London, pp: 1- 62.
48. Wiedenmann, R. N., and Smith, J. W. 1997. Attributes of the natural enemies in ephemeral crop habitats. *Biological Control*, 10: 16-22.
49. Yasar, B., and Ozger, S. 2005. Functional response of *Oenopia conglobata* (L.) (Col.: Coccinellidae) on *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Hom.: Aphididae) in three different size arenas. *Turkiye Entomoloji Derjisi*, 29(2): 91-99.