

واکنش تابعی کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) نسبت به تراکم‌های مختلف
تریپس غربیگل *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) سالم و تیمار شده با قارچ
Beauveria bassiana

مرجان حیدریان دهکردی^۱، حسین اللهیاری^{۱*}، رضا طلایی حسنلویی^۱ و بروس پارکر^۲
۱. گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج. ۲. دانشگاه ورمونت، آمریکا
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۵)

چکیده

تریپس‌ها از آفات مهم محصولات گلخانه‌ای هستند که علاوه بر خسارت مستقیم موجب انتقال بیماری‌های ویروسی نیز می‌شوند. واکنش تابعی عامل مهمی در انتخاب دشمنان طبیعی برای کنترل بیولوژیک آفات محسوب می‌شود. کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* و قارچ بیماریارگر حشرات *Beauveria bassiana* از مهمترین دشمنان طبیعی تریپس غربی گل هستند. واکنش تابعی کنه شکارگر روی لارو تریپس‌های تیمار نشده و تیمار شده با جدایه JEF-007 قارچ در سه فاصله زمانی ۰، ۲۴ و ۳۶ ساعت مطالعه گردید. در این پژوهش، واکنش تابعی کنه شکارگر روی تریپس غربی گل در شرایط آزمایشگاهی (۲۵±۱ °C، رطوبت ۷۰±۱۰٪ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. آزمایش درون ظرف پتری به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. هر یک از تراکم‌های (۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و ۲۰) تریپس در ۱۰ تکرار، در اختیار یک کنه ماده بالغ حداکثر با عمر ۲۴ ساعت قرار داده شد و پس از گذشت ۲۴ ساعت تعداد حشرات کشته شده توسط کنه شمارش شد. واکنش تابعی با استفاده از مدل راجرز، برای همه تیمارها از نوع II تعیین شد. مقایسه نتایج حاصل از پارامترهای واکنش تابعی در تیمارهای مختلف نشان داد که زمان دستیابی کنه شکارگر روی لاروهای تریپس غربی گل که در بازه زمانی ۲۴ ساعت پس از آلودگی در معرض کنه شکارگر قرار گرفته بودند با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت اما این اختلاف بین تیمارهای شاهد و بازه زمانی صفر ساعت و ۳۶ ساعت پس از پاشش قارچ مشاهده نشد.

کلید واژگان: کنه شکارگر، قارچ بیماریارگر حشرات، واکنش تابعی.

Functional response of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on untreated and *Beauveria bassiana*-treated *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)

Marjan Heidarian Dehkordi¹, Hossein Allahyari^{1*}, Reza Talei Hassanlouei¹
Bruce L. Parker²

1. Department of Plant Protection, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran; 2. Entomology Research Laboratory, University of Vermont

(Received: May 22, 2017- Accepted: July 16, 2017)

ABSTRACT

Thrips are important greenhouse pests that transmit viruses in addition to direct damage. Functional response is an important factor in selection of natural enemies for the biological control of pests. The general predator *Amblyseius swirskii* and entomopathogenic fungus are the most important natural enemies of western flower thrips (WFT) *Frankliniella occidentalis* in most area. The functional response of the predatory mite, *A. swirskii* was examined on either untreated or *Beauveria bassiana* (isolate JEF-007) treated larvae of the WFT after three time intervals: 0, 24 and 36-h treatments. The functional response were studied in the laboratory condition (25±1 °C, 70±10 % RH and photoperiod of 16:8 h (L: D)), and densities of 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16 and 20 larvae per Petri dish, over 24h. The data were good fit to Rogers-II functional response model for all of untreated and *B. bassiana*-treated insects. Comparisons of the results of functional response parameters in different treatments indicated that the handling time on western flower trips 24 hours after infection had significantly different with the control but there were no significantly different among treatments control, 0 hour after infection and 36 hour after infection of the fungus.

Keywords: *Amblyseius swirskii*, Entomopathogenic fungi, Functional response.

* Corresponding author E-mail: allahyar@ut.ac.ir

مقدمه

بیش از یک نوع طعمه بالاتر بوده و کنترل بهتری بر آفات خواهد داشت (Messelink et al. 2006). یکی از دلایل برتری این گونه نسبت به سن‌های همه چیز خوار چون *Orius* spp، قیمت تولید پایین‌تر اینگونه نسبت به سن‌هاست به‌طوریکه می‌توان این گونه را روی کنه‌های انباری نیز پرورش داد. از آنجا که این شکارگر مستعد دیابوز نمی‌باشد از این رو می‌توان در اکثر ماه‌های سال در صورت مناسب بودن دما و رطوبت از آن استفاده کرد. این کنه به همراه سبوس حامل به طور مستقیم روی محصول پاشیده می‌شود (Buitenhuis et al. 2010).

همچنین استفاده از بیمارگرهای حشرات برای کنترل آفات روشی جایگزین برای حل مشکل مقاومت ترکیبات شیمیایی (Omoto et al. 1994) و آلودگی‌های زیست محیطی (Alves et al. 2005) است. قارچ مهم‌ترین بیمارگرهای حشرات بوده (Rashki et al. 2009) و محصولات بر پایه *B. bassiana* دارای توانایی کنترل بندپایان آفت، از جمله تریپس غربی گل را دارند (Wright and Kennedy 1996).

یک دشمن طبیعی موفق باید بتواند بسته به جمعیت میزبان خود واکنش نشان داده و جمعیت خود را افزایش دهد (Hassell 1978). واکنش تابعی از عوامل مؤثر در انتخاب یک شکارگر در برنامه‌های کنترل بیولوژیک است (Fathipour et al. 2006, Emami et al. 2014, Jalalipour et al. 2014). واکنش تابعی اولین بار توسط Solomon (1949) مطرح و به صورت رابطه‌ی بین تعداد طعمه مورد حمله قرار گرفته توسط یک شکارگر و تراکم طعمه تعریف گردید و بعداً توسط Holling (1959) توسعه داده شد. دو پارامتر مهم در واکنش تابعی، قدرت جستجو و زمان دستیابی (Handling time) است (فتحی‌پور و همکاران، ۱۳۸۳). نوع واکنش تابعی و پارامترهای مربوط به آن می‌تواند به وسیله‌ی عواملی از قبیل گیاه میزبان، دما و نوع طعمه یا میزبان تغییر کند (Allahyari et al. 2004, Zamani et al. 2010, Jamshidnia et al. 2006).

کارایی تنظیم جمعیت آفات ممکن است تحت تأثیر برهم کنش درون رسته‌ای باشد که برهم کنش درون رسته‌ای مثبت موجب کاهش سطح تعادل تراکم آفت

تریپس غربی گل *Frankliniella occidentalis* Pergande یکی از مهم‌ترین آفات خسارت‌زای محصولات گلخانه‌ای، از جمله سبزی و صیفی است. خسارت این آفت به دو طریق مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد. خسارت مستقیم شامل تغذیه و تخم‌ریزی در برگ و خسارت غیرمستقیم با انتقال بسیاری از بیماری‌های گیاهی از جمله ویروس‌ها می‌باشد (Espinosa et al. 2002). این گونه ابتدا در غرب ایالت متحده آمریکا وجود داشت ولی در فاصله ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ در سراسر جهان گسترش یافت. این آفت چند خوار (پلی‌فاژ) بوده، به طوری که حداقل ۲۲۴ گونه گیاهی از ۶۲ تیره گیاهی، از مهم‌ترین میزبان‌های این گونه می‌باشند (Tommasini and Maini 1995). به سبب زندگی مخفی و رفتار پنهانی، دامنه میزبانی وسیع این آفت، قابلیت تولید نسل بالا و سیکل زندگی کوتاه آن، خسارات شدیدی به گیاه وارد شده و باعث مقاومت شدن به گروه وسیعی از حشره‌کش‌ها می‌شود (Lewis 1997).

توانایی تریپس غربی گل در توسعه مقاومت به حشره‌کش‌های شیمیایی (Zhao et al. 1994) منجر به توسعه کاربرد عوامل کنترل بیولوژیک تریپس روی محصولات گلخانه‌ای شده است. عوامل کنترل بیولوژیکی مختلفی در گلخانه‌ها روی تریپس آزمایش شده‌اند که شامل کنه‌های شکارگر، سن‌ها، نماتدهای بیمارگر حشرات و قارچ‌ها می‌باشند (Rob and Parreella 1991). کنه‌ها و سن‌های شکارگر آنتوکورید، پتانسیل بالایی را برای کنترل این تریپس از خود نشان می‌دهند (Van Houten and Van Stratum 1995).

کنه *Amblyseius swirskii* یک شکارگر مفید بومی مناطق مدیترانه شرقی است و متعلق به تیپ سوم از کنه‌های خانواده Phytoseiidae می‌باشد. این گونه به عنوان یک گونه عمومی خوار و عامل بیولوژیک کنه‌ها، تریپس‌ها و سفیدبالک‌ها در گلخانه‌ها و نهالستان‌ها مورد توجه قرار گرفته و به صورت تجاری در اروپا و امریکای شمالی بدین منظور فروخته می‌شود. این کنه در صورت کاهش جمعیت میزبان قادر به رشد و تولید مثل روی منابع مختلف از جمله گرده گیاهان می‌باشد (Nguyen et al. 2013). رشد جمعیت این شکارگر در صورت وجود

گذاشت و با آلوده‌سازی برگ‌های جدید لوبیا، این برگ‌ها جایگزین برگ‌هایی شدند که در اثر خسارت از بین رفته بودند. برگ‌های لوبیا درون لوله‌های شیشه‌ای و داخل ظروف پلاستیکی قرار داده شدند، سپس ظروف پلاستیکی در شرایط دمایی ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۶۰ و دوره روشنایی به تاریکی ۱۶:۸ ساعت نگهداری شدند. برای به دست آوردن لاروهای همسن تریپس، تریپس‌های بالغ از کلنی تریپس‌ها برداشته شد و به مدت ۲ روز برگ‌های تازه لوبیا در اختیار آن‌ها قرار گرفت و به آن‌ها اجازه داده شد که برای مدت ۲ روز روی این برگ‌ها تخم‌گذاری نمایند پس از گذشت ۲ روز برگ‌های لوبیا بدون تریپس به ظروف جدید انتقال داده شد و جای آن‌ها برگ‌های سالم لوبیا قرار گرفت.

پرورش کنه شکارگر

کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* از شرکت Biobest تهیه شد. پرورش این کنه درون ظروف مخصوص روی کنه‌های انباری همراه با مخمر انجام شد. شرایط پرورش این کنه‌ها دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت 70 ± 10 و شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت.

برای به دست آوردن کنه‌های شکارگر ماده همسن، تعدادی کنه شکارگر ماده از کلنی برداشته شد و درون ظرفی که حاوی تعدادی نخ به منظور محل تخم‌ریزی کنه بود قرار گرفتند. سپس به کنه‌های ماده اجازه داده شد که به مدت ۱۲ ساعت تخم‌ریزی کنند و پس از آن کنه‌های شکارگر از داخل ظروف حذف شدند و تخم‌ها پرورش داده شدند تا مرحله کنه کامل به دست آید و در آزمایش‌ها از آن‌ها استفاده شود.

آماده‌سازی کنیدی قارچ

به منظور تهیه زاد مایه قارچ *B. bassiana*-JEF007 از کشت‌هایی که در آن‌ها هاگ‌زایی به صورت کامل انجام گرفته بود (۲۱-۱۴ روز پس از کشت) استفاده شد. سطح کشت‌هایی که در آن‌ها هاگ‌زایی به صورت کامل انجام گرفته بود به وسیله تیغ آزمایشگاهی زیر هود خراش داده شد و درون لوله فالدکون ریخته شد. سپس آب مقطر سترون همراه با Tween 80 ۰/۰۲ درصد و

می‌شود و در مقابل برهم کنش درون رسته‌ای منفی موجب تخریب کنترل آفات خواهد شد (Baverstock et al. 2009). به این دلیل، برای استفاده از عوامل بیولوژیکی مختلف در برنامه‌های کنترل بیولوژیک، لازم است که سازگاری آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. مطالعه‌ای در مورد توانایی قارچ‌های بیمارگر حشرات برای کاهش جمعیت تریپس غربی گل انجام شده است (Ugine et al. 2005a,b). مطالعه‌ای نیز که برهم‌کنش بین چندین دشمن طبیعی (شکارگر و بیمارگر) روی تریپس غربی گل را نشان می‌دهد انجام شده است (Jacobson et al. 2001). اغلب مطالعات حاکی از ارزیابی اثر بیمارگرهای حشرات روی کنه شکارگر در شرایط مختلف آزمایشگاهی است (Seiedy et al. 2015, Midthassel et al. 2016). تأثیر قارچ‌های بیمارگر حشرات روی رفتارهای تغذیه‌ای *A. swirskii* می‌تواند از طریق واکنش تابعی که ابزاری برای ارزیابی ظرفیت شکارگری کنه‌های فیتوزیید روی منابع مختلف غذایی (طعمه) است مورد مطالعه قرار گیرد (Gotoh et al. 2004). تاکنون هیچ مطالعه‌ای درباره تأثیر قارچ‌های بیمارگر حشرات در ارتباط با واکنش تابعی *A. swirskii* در زمان مختلف‌های بعد از کاربرد قارچ بیمارگر روی تریپس غربی گل انجام نشده است. بنابراین، در این پژوهش کارایی کنه *A. swirskii* در شکار طعمه، به صورت واکنش تابعی روی تریپس سالم و تریپس آلوده به قارچ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. یافته‌های حاصل از این مطالعه، اطلاعات ما از برهم‌کنش بین این دو دشمن طبیعی افزایش داده و امکان استفاده همزمان از دو گونه در برنامه‌های کنترل بیولوژیک را تعیین می‌کند.

مواد و روش‌ها

پرورش تریپس غربی گل

به منظور ایجاد جمعیت تریپس غربی گل، از برگ‌های جوان لوبیا به تعداد ۵-۶ عدد برگ در هر لوله شیشه‌ای استفاده گردید و سپس لوله‌های شیشه‌ای درون ظروف پلاستیکی قرار داده شد. برگ‌های لوبیا به نحوی درون لوله‌های شیشه‌ای داخل آب قرار گرفته بودند که به مدت ۵ روز رطوبت برگ‌ها تأمین می‌شد. جمعیت تریپس با تغذیه و تولید مثل روی برگ‌های لوبیا رو به فزونی

ساعت، تعداد تریپس‌های شکار شده توسط کنه شکارگر *A. swirskii*، در هر ظرف پتری شمارش و نتایج آن ثبت گردید.

تجزیه داده‌ها

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. برای تعیین نوع واکنش تابعی و پارامترهای آن از این دو روش مرحله‌ای استفاده شد (Juliano 1993).

مرحله اول: برای تحلیل نوع واکنش تابعی کنه شکارگر *A. swirskii* نسبت به تراکم‌های مختلف تریپس از رگرسیون لجستیک (Logistic regression) نسبت طعمه شکار شده (N_a) به طعمه‌های موجود در تراکم اولیه (N_0) استفاده شد و یک منحنی چند درجه-ای به دست آمد که این منحنی دارای سه قسمت اصلی خطی، درجه دو و درجه سه می‌باشد. برای این منظور از رابطه زیر استفاده گردید:

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

که در این معادله N_a تعداد طعمه‌های خورده شده، N_0 تعداد اولیه طعمه‌ها، P_0 عرض از مبدأ و P_1 ، P_2 و P_3 به ترتیب ضرایب خطی، درجه ۲ و درجه ۳ می‌باشند. برای تشخیص نوع واکنش تابعی از علامت قسمت خطی منحنی یعنی پارامتر P_1 استفاده می‌شود. اگر ابتدای منحنی دارای شیب منفی باشد، عدد برآورد شده برای آن نیز منفی خواهد بود و از منفی بودن آن می‌توان به نوع دوم بودن واکنش تابعی پی برد (Juliano 1993, Messina et al. 1998). و اگر شیب مثبت بود، واکنش تابعی از نوع سوم خواهد بود.

مرحله دوم: پس از تعیین نوع واکنش تابعی، با استفاده از رگرسیون غیر خطی (روش Least Square و تکنیک DUD)، پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T_h) با استفاده از مدل Rogers II برآورد گردید. a میزان جستجوی انجام شده توسط شکارگر را نشان می‌دهد و در برخی منابع به صورت نسبتی از کل مساحتی که یک شکارگر در مدت زمان آزمایش به جستجو می‌پردازد، تعریف می‌شود (Gitonga et al.

چند عدد مهره شیشه‌ای نیز به لوله فالکون اضافه شد و لوله فالکون به مدت ۱۵ دقیقه روی ورتکس قرار داده شد. در این پژوهش، غلظت 10^6 کنیدی در میلی‌لیتر به عنوان LC_{50} به دست آمد. برای بررسی توان زنده مانی کنیدی‌ها مقدار کمی از این قارچ روی سطح ظروف پتری دارای محیط کشت PDA با استفاده از اسپاتیولا مثلثی پلاستیکی پخش گردید. سپس ظروف پتری در شرایط کنترل شده دمایی قرار داده شدند و پس از گذشت ۲۴ ساعت یک قطره cotton blue روی محیط قرار داده شد و تعداد کنیدی‌های تندش کرده شمارش و درصد تندش و توانایی زنده مانی کنیدی‌ها محاسبه گردید. این روند شمارش در ۵ ناحیه از ظرف پتری به طور تصادفی انجام شد و در تمامی موارد جوانه‌زنی کنیدی‌ها بیش از ۹۲ درصد بود.

نحوه طراحی آزمایش

از کلنی پرورش کنه شکارگر *A. swirskii*، کنه‌های ماده بالغ با عمر حداکثر ۲۴ ساعت انتخاب و به مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگه داشته شدند تا در آزمایش به کار گرفته شوند. آزمایش در ظروف پتری به قطر ۶ سانتی-متر انجام گرفت. در این آزمایش واکنش تابعی کنه شکارگر در چهار حالت بررسی شد. واکنش تابعی شکارگر با تغذیه از تریپس‌های سالم، بلافاصله آلوده شده، ۲۴ و ۳۶ ساعت قبل از انجام آزمایش به قارچ آلوده شده بودند انجام گرفت. تیماری نیز با پاشش Tween 80 ۰/۰۲ به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. از لاروهای سن دوم تریپس در تراکم‌های (۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و ۲۰) برای انجام آزمایش واکنش تابعی استفاده شد که به همراه یک عدد کنه ماده بالغ درون پتری رها شدند. پس از آماده کردن واحدهای آزمایش با تراکم‌های مختلف، در تیمارهای بلافاصله، ۲۴ و ۳۶ ساعت تیمار شده با قارچ، ظروف پتری در زیر برج پاشش کالیبره شده با فشار ۰/۷ کیلوگرم در سانتیمتر مربع و نازل با قطر ۰/۲۵ میلی‌متر از ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری مورد پاشش قرار گرفتند. آزمایش در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و به مدت ۲۴ ساعت و در ۱۰ تکرار صورت گرفت. پس از گذشت ۲۴

نتیجه زمان دستیابی بین دو جمعیت تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. تفاوت معنی‌دار D_{Th} با صفر نشان دهنده معنی‌دار بودن تفاوت زمان دستیابی بین دو جمعیت می‌باشد. قدرت جستجوگری بین دو جمعیت نیز با استفاده از پارامتر D_a و مشابه زمان دستیابی مقایسه می‌شود.

نتایج

با استفاده از مدل راجرز، واکنش تابعی کنه شکارگر *A. swirskii* نسبت به تراکم‌های مختلف تریپس‌های سالم و تریپس‌های تیمار شده از نوع دوم تعیین شد. نتایج حاصل از بخش خطی رگرسیون لجستیک برای همه تریپس‌ها منفی بود و با افزایش تراکم طعمه درصد طعمه مورد حمله کاهش یافت. این امر نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد. منحنی واکنش تابعی و درصد شکارگری کنه شکارگر *A. swirskii* نسبت به تراکم‌های مختلف لاروهای تریپس در شکل ۱ نشان داده شده است. مقادیر برآورد شده توسط رگرسیون لجستیک برای قسمت‌های مختلف منحنی درجه سه برای تعیین نوع واکنش تابعی کنه شکارگر *A. swirskii* نسبت به تراکم‌های مختلف تریپس سالم و تیمار شده با قارچ *B. bassiana* در جدول ۱ و همچنین مقادیر پارامترهای نرخ جستجوگری (a) و زمان دستیابی (T_h) با استفاده از مدل دوم راجرز در جدول ۲ آورده شده است. همچنین مقایسه بین پارامترهای واکنش تابعی *A. swirskii* روی تریپس غربی گل سالم و آلوده به قارچ در بازه‌های زمانی صفر، ۲۴ و ۳۶ ساعت پس از پاشش قارچ در جدول ۳ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کنه شکارگر روی تریپس‌های سالم پایین‌ترین زمان جستجو و بیشترین نرخ حمله را از نظر عددی به خود اختصاص داده است.

(2002). زمان دستیابی مدت زمانی است که یک شکارگر برای یافتن طعمه، شکار آن، تمیز کردن خود و استراحت صرف می‌کند (Holling 1959).

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

N_a : تعداد شکار مورد حمله قرار گرفته

a: قدرت جستجوگری

N_0 : تراکم شکار در شروع آزمایش

T: کل زمانی که شکار و شکارگرها در برابر هم قرار دارند

T_h : زمان دستیابی به شکار

مقایسه پارامترهای واکنش تابعی

برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی *A. swirskii* روی تریپس غربی گل سالم و آلوده به قارچ در بازه‌های زمانی صفر، ۲۴ و ۳۶ ساعت پس از پاشش قارچ از معادله زیر استفاده شد:

$$Na = N_0 \{1 - \exp[-(a + D_a J)(T - (T_h + DT_h)Na)]\}$$

با تخمین پارامترهای D_a و D_{Th} می‌توان تفاوت معنی‌دار در مقدار a و T_h را مشخص نمود. به عبارت دیگر هنگام مقایسه T_h دو جمعیت، زمان دستیابی جمعیت اول را T_h و زمان دستیابی جمعیت دوم را $T_h + D_{Th}$ در نظر گرفته شود. برای فهمیدن اینکه تفاوت بین زمان‌های دستیابی این دو جمعیت معنی‌دار است یا نه باید ثابت شود که D_{Th} مقدار معنی‌داری بوده و با صفر تفاوت معنی‌داری دارد. اگر D_{Th} با صفر تفاوت معنی‌دار نداشته باشد نتیجه این خواهد بود که T_h و $T_h + D_{Th}$ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند و در

جدول ۱- مقادیر برآورد شده توسط رگرسیون لجستیک برای قسمت‌های مختلف منحنی درجه سه برای تعیین نوع واکنش تابعی کنه

شکارگر *A. swirskii* نسبت به تراکم‌های مختلف تریپس سالم و تیمار شده با قارچ *B. bassiana*

Table 1. Parameters estimated by Logistic regression: Functional response of *A. swirskii* to different densities of untreated and *B. bassiana* treated of WFT

Parameter	Control	0	24	36
Intercept	2.2594 ± 0.7635	1.3066 ± 0.7210	-0.9022 ± 0.8112	0.2490 ± 0.7527
Linear	-0.6753 ± 0.2392	-0.4570 ± 0.2311	-0.0101 ± 0.2668	-0.3082 ± 0.2513
Quadratic	0.0498 ± 0.0224	0.0331 ± 0.0220	0.00771 ± 0.0258	0.0166 ± 0.0245
Cubic	-0.00126 ± 0.000628	-0.00087 ± 0.000623	0.000272 ± 0.000741	-0.00033 ± 0.000704

جدول ۲- نتایج حاصل از مدل Rogers II برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی روی تریپس سالم و تیمار شده با قارچ *B. bassiana*

Table 2. Parameters estimated by Rogers II model on untreated and *B. bassiana* treated of WFT.

Prey	Handling time (h) [*]	Searching efficiency (h ⁻¹) [*]
Control	4.7829 ± 0.4301 (3.9267-5.6391)	0.0521 ± 0.0105 (0.0311-0.0731)
0	5.2658 ± 0.5642 (4.1783-6.3532)	0.0486 ± 0.0166 (0.0255-0.0717)
24	7.6475 ± 0.8715 (5.9125-9.3825)	0.0191 ± 0.00332 (0.0125-0.0257)
36	7.6560 ± 0.7945 (6.0742-9.2378)	0.0236 ± 0.00439 (0.0149-0.0323)

* اعداد داخل پرانتز حدود اطمینان در سطح ۹۵٪ را نشان می‌دهد. * Numbers in parenthesis shows confidence interval in 95%.

جدول ۳- مقایسه بین پارامترهای واکنش تابعی *A. swirskii* روی تریپس غربی گل سالم و آلوده به قارچ در بازه‌های زمانی صفر، ۲۴ و ۳۶ ساعت پس از پاشش قارچ

Table 3. Comparison between functional response parameters of *A. swirskii* on untreated and *B. bassiana* treated of WFT

Treatment	Parameter	Estimate	SE	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Control-0	D_a	0.00351	0.0157	-0.0274	0.0344
	D_m	-0.4829	0.6908	-1.8473	0.8816
Control-24	D_a	-0.0330	0.00980	-0.0524	-0.0136*
	D_m	2.8646	1.2884	0.3196	5.4095*
Control-36	D_a	-0.0285	0.0106	-0.0494	-0.00767*
	D_m	2.8730	1.1254	0.6499	5.0961
0-24	D_a	-0.0295	0.0106	-0.0503	-0.00866*
	D_m	2.3817	1.3937	-0.3712	5.1346
0-36	D_a	-0.0250	0.0113	-0.0474	-0.00264*
	D_m	2.3902	1.2201	-0.0200	4.8003
24-36	D_a	0.00448	0.00546	-0.00631	0.0153
	D_m	0.00854	1.1871	-2.3364	2.3534

علامت "*"، "°"، معنی دار بودن اختلاف را میان پارامترهای واکنش تابعی در بازه‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد.

*** Sign Shows significant difference between functional response parameters.

بنابراین با کاهش زمان دستیابی، ظرفیت شکارگری در مدت ۲۴ ساعت افزایش خواهد داشت. بزرگی واکنش تابعی توسط ضرایب قدرت جستجو و زمان دستیابی تعیین می‌شود (Pervez and Omkar 2005). در این مطالعه، کنه شکارگر زمان بیشتری (۷/۶۵۶۰/hr) را برای تغذیه از لاروهای تریپس تیمار شده ۳۶ ساعت پس از آلودگی با قارچ نسبت به تریپس‌های سالم (۴/۷۸۲۹/hr) سپری کرده است.

جنبه‌های مختلفی از بیولوژی و ویژگی‌های رفتاری شامل باروری (Nomikou et al. 2001, Wimmwer et al. 2008)، ظرفیت شکارگری (Tal et al. 2007)، نیازهای دمایی (Lee and Giles 2011)، ترجیح طعمه (Xu and Enkegaard, 2010, Soleymani et al. 2016)، واکنش تابعی مراحل سنی مختلف و نرخ تغذیه (Fathipour et al. 2017) کنه‌های فیتوزییده مطالعه شده است. نتایج اغلب مطالعات نشان می‌دهد که کنه‌های فیتوزییده واکنش تابعی نوع II نسبت به تراکم‌های

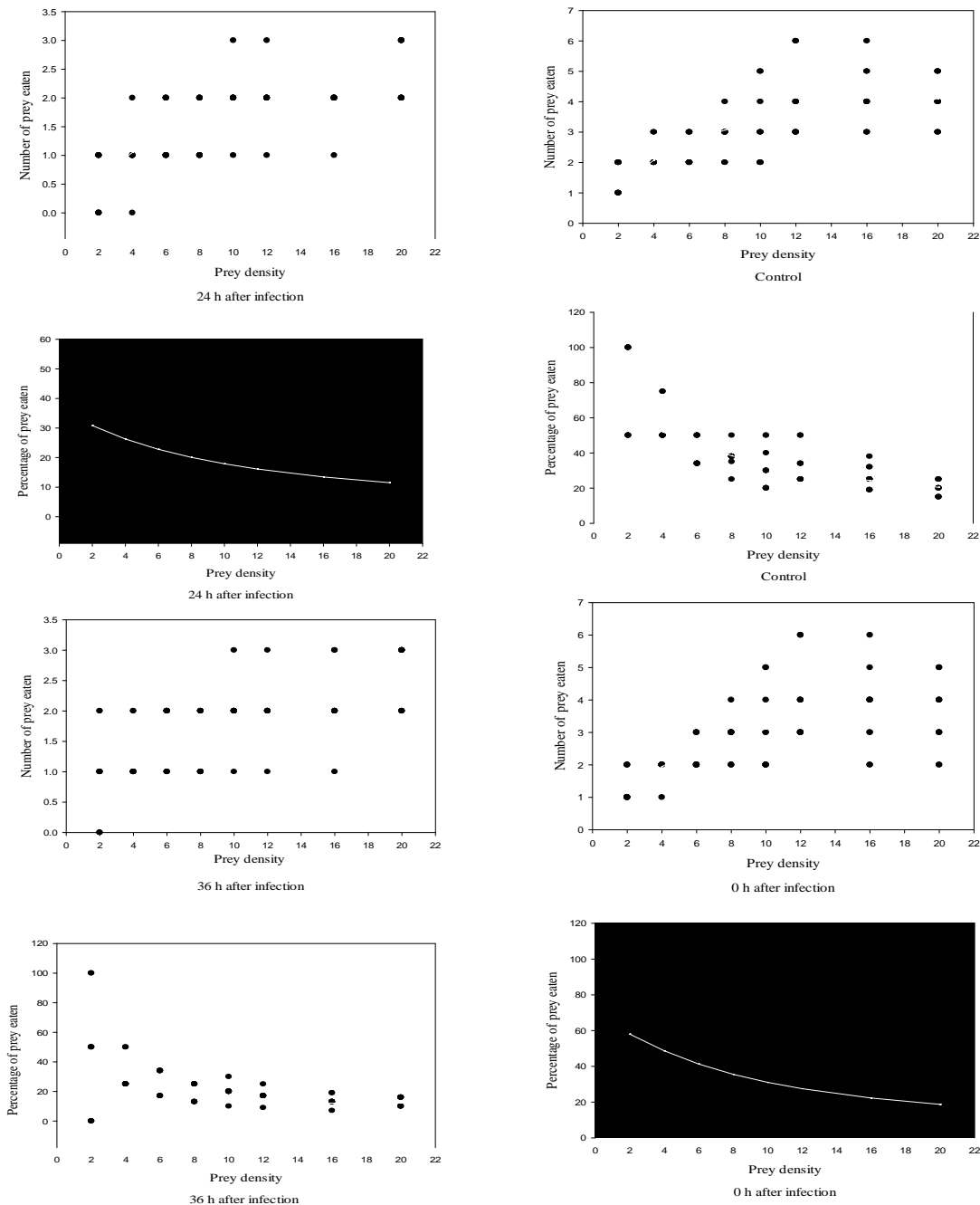
بحث

نتایج مطالعه حاضر بر پایه برهم کنش بین قارچ، طعمه و شکارگر در شرایط آزمایشگاه است. عوامل کنترل قارچی دارای توانایی تأثیر منفی روی سایر دشمنان طبیعی حشرات از طریق آلودگی مستقیم هستند (Roy and Pell 2000). نتایج مطالعه ما نشان داد طعمه‌های تیمار شده توسط قارچ می‌تواند روی پارامترهای واکنش تابعی *A. swirskii* با افزایش آشکار در زمان دستیابی (شناسایی طعمه، گرفتن، حمله، تغذیه و هضم) تأثیر داشته باشد.

زمان دستیابی نشان می‌دهد کنه شکارگر *A. swirskii* زمان زیادی برای فعالیت‌های غیرجستجوگری مانند استراحت صرف می‌کند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که چگونه زمان دستیابی نقش قابل توجهی در کارایی کنه شکارگر دارد. این بدان معنی است که با تقسیم مدت زمان انجام آزمایش (۲۴ ساعت) به زمان دستیابی (T/T_h)، ظرفیت شکارگری محاسبه می‌شود.

شکارگر *A. swirskii* نسبت به تخم‌های کنه *T. urticae* از نوع دوم برآورد شده است (Xiao *et al.* 2013).

طعمه خود نشان می‌دهند (Cedola *et al.* 2001, Gotoh *et al.* 2004, Gorji *et al.* 2009, Ahn *et al.* 2010, Xiao and Fadamiro 2010). واکنش تابعی کنه



شکل ۱- منحنی واکنش تابعی (الف) و درصد شکارگری (ب) کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* نسبت به تراکم‌های مختلف تریپس غربی گل

Figure 1. Functional response curve (A) and Percent predation (B) of *Amblyseius swirskii* to different densities of WFT.

همچنین نتایج حاصل از بررسی (Fathipour *et al.* 2017) نشان داد که نوع واکنش تابعی کنه شکارگر

همچنین نتایج حاصل از بررسی (Fathipour *et al.* 2017) نشان داد که نوع واکنش تابعی کنه شکارگر

روی تراکم‌های تخم کنه‌تارتن دو لکه‌ای در بیشتر مراحل عمرش از نوع دوم است. فتیحی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) واکنش تابعی سنین مختلف کنه شکارگر *A. swirskii* روی تخم کنه تارتن دولکه‌ای بررسی کردند. نتایج حاصل از بررسی آن‌ها نشان داد که به غیر از روز دوازدهم از سن کنه شکارگر ماده، ضریب قسمت خطی این کنه شکارگر منفی بوده و درصد کنه‌های تارتن خورده شده با افزایش تراکم طعمه کاهش می‌یابد. نتایج آن‌ها نشان داد در روز دوازدهم از سن کنه شکارگر، شکارگری روی تخم‌های کنه تارتن دولکه‌ای تا تراکم حدود ۳۲ افزایش یافته (وابسته به تراکم) و سپس کاهش می‌یابد که منجر به واکنش تابعی نوع سوم گردیده است. حداکثر نرخ حمله (T/T_h) و کوتاه‌ترین زمان دستیابی برای روز هفتم کنه شکارگر ماده بالغ ماده ثبت شد.

همچنین نتایج حاصل از مقایسه پارامترهای برآورد شده که در جدول ۳ نشان داده شده است مشخص می‌کند که زمان دستیابی کنه شکارگر روی لاروهای تریپس غربی گل که در بازه زمانی ۲۴ ساعت پس از آلودگی در معرض کنه شکارگر قرار گرفته بودند با شاهد اختلاف معنی‌دار دارد اما این اختلاف بین تیمارهای شاهد و بازه زمانی صفر ساعت و ۳۶ ساعت پس از پاشش قارچ مشاهده نشد. همچنین لازم به ذکر است که قدرت جستجوی کنه شکارگر مابین تیمارهای شاهد و بازه‌های مختلف زمانی به غیر از صفر ساعت پس از پاشش قارچ اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان داد. همچنین مقایسه پارامترهای a و Th مابین بازه‌های زمانی پس از پاشش قارچ نشان می‌دهد که نرخ حمله و زمان جستجوگری کنه‌ی شکارگر در بازه‌های زمانی مختلف متفاوت بوده و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده می‌شود. واکنش تابعی نوع دوم برای جمعیت‌های مختلف *Orius majusculus* Reuter و *O. laevigatus* Fieber روی تریپس غربی گل نیز گزارش شده است (Montserrat et al., 2000). نتایج واکنش تابعی کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* که از کنه‌های دولکه‌ای ماده سالم و یا تیمار شده با قارچ *B. bassiana* با چهار بازه زمانی (۰، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) تغذیه می‌کند نشان داد که در تمام بازه‌های زمانی

واکنش تابعی از نوع دوم است ولی زمان دستیابی نسبت به بازه‌های مختلف آلودگی کنه تارتن دولکه‌ای به طور معنی‌داری متفاوت بوده است (Seiedy et al., 2012). زمان دستیابی کنه ماده شکارگر *P. persimilis* نسبت به کنه تارتن دو لکه‌ای که ۷۲ ساعت از زمان آلودگی آن به قارچ *B. bassiana* گذشته نسبت به سایر بازه‌های زمانی آلودگی بالاترین میزان است. سیدی و همکاران (۲۰۱۲) عنوان کرده‌اند که احتمالاً دلیل افزایش زمان دستیابی در بازه زمانی ۷۲ ساعت این است که قارچ زمان کافی برای رشد داشته و حتی آثاری از رشد قارچ روی بدن کنه شکار ظاهر شده است و در نتیجه کنه شکارگر در تغذیه از این کنه دچار مشکل می‌شود و باید زمان بیشتری را صرف پاک کردن سطح بدن کنه شکارگر کند تا از آن تغذیه کند و همچنین بعد از تغذیه نیز باید سطح بدن خود را که اسپورهای قارچ به آن چسبیده‌اند تمیز کند یا کنه مرده در اثر حمله قارچ مطلوبیت لازم را برای تغذیه شکارگر ندارد و این باعث افزایش زمان دستیابی در بازه‌ی زمانی ۷۲ ساعت می‌شود. به نظر می‌رسد دلیل افزایش زمان دستیابی در بازه زمانی ۳۶ ساعت در مطالعه ما نیز به همین دلیل بوده و با یافته‌های سیدی و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد.

تأثیر قارچ *B. bassiana* بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Aphidius matricariae* نسبت به سن سه شته سبز هلو روی گیاه بادمجان مورد بررسی قرار گرفته است (Rashki et al., 2009). نتایج نشان داد در هر ۴ بازه زمانی انجام شده واکنش تابعی از نوع سوم بوده و بین زمان دستیابی تیمارهای مورد مطالعه اختلافی مشاهده نشد و تقریباً برابر بود. بین ۴ بازه زمانی بیشترین مقدار زمان دستیابی در تیماری بود که زنبور پارازیتوئید و شته سبز هلو هر دو تحت تأثیر قارچ قرار گرفتند.

A. cucumeris نیز یکی از شکارگران تریپس غربی گل بوده که روی فلفل شیرین نسبت به برگ‌های خیار کارایی بالاتری دارد (Shipp and Whitfield, 1991). زمان دستیابی پایین برای *A. cucumeris* روی فلفل شیرین نشان داد که برگ‌های این گیاه برای شکار کردن و کشتن تریپس‌ها مناسب‌تر می‌باشند. زمان دستیابی ماده‌های بالغ روی دیسک‌های برگ‌ی خیار در مقایسه با

رفتاری دیگر همچون میزان جستجوگری اثر می‌گذارد و این دلیل مهمی برای کاهش میزان شکارگری کنه شکارگر در مواجهه با کاپلیوکنیدی این قارچ است. از آنجایی که هر چقدر زمان دستیابی یک مرحله از شکار کوتاه‌تر باشد، دشمن طبیعی تعداد بیشتری از میزبان را در دوره زمانی مشخص می‌تواند مصرف یا انگلی نماید و برعکس اگر زمان دستیابی به یک مرحله میزبان طولانی‌تر باشد، دشمن طبیعی تعداد کمتری از طعمه را در آن دوره مشخص می‌تواند انگلی کند. این مطالعه، برهم کنش شکارگر- شکار و قارچ را در شرایط آزمایشگاهی نشان می‌دهد که در اینجا وجود قارچ به عنوان عامل محدود کننده عملکرد کنه شکارگر *A. swirskii* بوده است و زمان دستیابی را تحت تأثیر قرار داد که با افزایش میزان آلودگی تریپس غربی گل به قارچ میزان تغذیه شکارگر از این شکارها کاهش پیدا کرد. اما به نظر می‌رسد بررسی این مساله که کنه شکارگر در شرایط گلخانه که همزمان شکار سالم و تیمار شده با قارچ وجود دارد، چه عکس العملی نشان می‌دهد نیز بسیار حائز اهمیت است.

دیسک‌های برگ‌گی فلفل شیرین دو برابر بود. اختلاف بین تراکم‌های روی سطح دو گیاه میزبان احتمالاً عاملی برای کوچکتر بودن زمان دستیابی روی فلفل شیرین است. بنابراین، تراکم‌های تریکوم بالا روی برگ خیار احتمالاً تحرک *A. cucumeris* را زمانیکه به دنبال *F. occidentalis* می‌گردد کاهش می‌دهد. همچنین گزارش شده است که واکنش تابعی و پارامترهای آن تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های گیاه میزبان، دما، مرحله‌ی طعمه، واحد آزمایشی و سن دشمن طبیعی قرار می‌گیرند (Farazmand et al. 2012).

(Wekesa et al. (2007 در پژوهش‌هایشان به این نتیجه رسیدند که وجود کاپلیوکنیدی‌های قارچ *Neozygites floridana* روی رفتار کنه شکارگر *Phytoseiulus longipes* اثر می‌گذارد و اتصال کنیدی‌ها به سطح بدن شکارگر موجب افزایش زمان جستجوگری در نتیجه‌ی تمیز کردن کنه شکارگر می‌شود و به این علت فعالیت‌های جستجوگری این کنه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگرچه این تغییر در رفتار ظاهراً روی توانایی این کنه در یافتن تخم کنه‌های شکارگر و یا تغذیه از آن‌ها تأثیر نمی‌گذارد ولی احتمالاً روی ویژگی‌های

REFERENCES

- Ahn JJ, Kim KW, Lee JH (2010) Functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry leaves. Journal of Applied Entomology 134: 98–104.
- Allahyari H, Fard PA, Nozari, J (2004) Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandison* the sunn pest. Journal of Applied Entomology 128: 39-43.
- Alves SB, Tamai MA, Rossi LS, Castiglioni E (2005) *Beauveria bassiana* pathogenicity to the citrus rust mite *Phyllocoptruta olivora*. Experimental and Applied Acarology 37:117–122.
- Buitenhuis R, Shipp L, Scott-Dupree C (2010) Dispersal of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on potted greenhouse chrysanthemum. Biological Control 52: 110-114.
- Cédola CV, Sánchez NE, Liljesthröm GG (2001) Effect of tomato leaf hairiness on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology 25 819–831.
- Emami M, Shishehbor P Karimzadeh Esfahani J (2014) Functional response of *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae) to the pear *psylla*, *Cacopsylla pyricola* Hemiptera: Psyllidae): effect of pear varieties. Journal of Crop Protection 3 (Supplementary): 597-609.
- Espinosa PJ, Bielza P, Contreras J, Lacasa, A (2002) Field and laboratory selection of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) for resistance to insecticides. Pest Management. Science 58: 920–927.
- Farazmand A, Fathipour Y, Kamali K (2012) Functional response and mutual interference of *Neoseiulus californicus* and *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). International Journal of Acarology 38(5): 369-376.
- Fathipour Y, Karimi M, Farazmand A, Talebi AA (2017) Age-specific functional response and predation rate of *Amblyseius swirskii* (Phytoseiidae) on two-spotted spider mite. Systematic & Applied Acarology 22(2): 159–169.
- Fathipour Y, Hosseini A, Talebi AA, Moharramipour S (2006) Functional response and mutual interference of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) on *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). Entomologica Fennica 17: 90–97.

- Gitonga LM, Overholt WA, Lohr B, Magambo JK, Mueke JM** (2002) Functional response of *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae). *Biological Control* 24: 1-6.
- Gorji MK, Fathipour Y, Kamali K** (2009) The effect of temperature on the functional response and prey consumption of *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) on the two-spotted spider mite. *Acarina*, 17: 231–237.
- Gotoh T, Nozawa, M, Yamaguchi K** (2004) Prey consumption and functional response of three acarophagous species to eggs of the two-spotted spider mite in the laboratory. *Applied Entomology and Zoology* 39(1): 97–105.
- Hassell MP** (1978) The dynamics of arthropod predator-prey system. Princeton University, Princeton, New Jersey. 237 pp.
- Holling CS** (1959) Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, 91: 385-398.
- Jacobson RJ, Chandler D, Fenlon J, Russell KM** (2001) Compatibility of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin with *Amblyseius cucumeris* Oudemans (Acarina: Phytoseiidae) to control *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber plants. *Biocontrol Science and Technology* 11:391-400.
- Jalalipour R, Sahragard, A, Karimi-Malati A** (2014) Effect of different foraging periods on the functional response of *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) at different densities of *Aphis craccivora*. *Journal of Crop Protection* 3(2): 283-293.
- Jamshidnia A, Kharazi-Pakdel A, Allahyari H, Soleymannejadian E** (2010). Functional response of *Telenomus busseolae* (Hymenoptera: Scelionidae) an egg parasitoid of the sugarcane stem borer, *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) at different temperatures. *Biocontrol Science and Technology* 20: 631-640.
- Juliano SA** (1993). Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. In *Design and Analysis of Ecological Experiments*, S.M. Scheiner, and J. Gurevitch, (Eds), Chapman and Hall, New York. 159-182 pp.
- Lee HS, Gillespie DR** (2011) Life tables development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology* 53(1): 17–27.
- Lewis T** (1997) Major crops infested by thrips with main symptoms and predominant injurious species (Appendix II), pp. 675–709 In T. Lewis [ed.], *Thrips as crop pests*. CAB International, New York.
- Messelink GJ, Van Steenpaal EF, Ramakers PMJ** (2006) Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. *BioControl* 51: 753-768.
- Messina FJ, Hanks JB** (1998) Host plant alters the shape of the functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology* 27: 1196-1202.
- Midthassel, A, Leather SR, Wright DJ, Baxter IH** (2016). Compatibility of *Amblyseius swirskii* and *Beauveria bassiana*: two potentially complimentary biocontrol agents. *Biocontrol* 61: 437-447.
- Nguyen DT, Vangansbeke D, Lü X, De Clercq P** (2013) Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* on artificial diets. *BioControl* 58: 369–377.
- Nomikou M, Janssen, A, Schraag R, Sabelis, M.W** (2001) Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. *Experimental and Applied Acarology* 25(4): 271–291.
- Omoto C, Dennehy TJ, McCoy CW, Crane SE, Long JW** (1994) Detection and characterization of the interpopulation variation of citrus rust mite (Acari: Eriophyidae) resistance to dicofol in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* 87:566–572.
- Pervez A, Omkar** (2005) Functional response of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. *Journal of Insect Science* 5: 1-5.
- Rashki M, Kharazi-pakdel A, Allahyari H, van Alphen JJM** (2009) Interaction among the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales), the parasitoid, *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Braconidae), and its host, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Biological Control* 50:324–328
- Robb KL, Parrella MP** (1991) Western flower thrips, a serious pest of floricultural crops. General Technical Report NE-147: 343-358.
- Roy HE, Pell JK** (2000) Interactions between entomopathogenic fungi and other natural enemies: implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology* 10:737–752.
- Seiedy M, Saboori A, Allahyari H, Talaei-Hassanloui R, Tork M** (2012). Functional Response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on Untreated and *Beauveria bassiana*- Treated Adults of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Insect Behavior* 25:543–553.
- Seiedy M, Tork M, Deyhim, F** (2015) Effect of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as a non-target organism. *Systematic and*

- Applied Acarology 20(3):241-250.
- Shipp JL, whitfield GH** (1991). Functional response of the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Environmental Entomology 20 (2): 694-699.
- Soleymani S, Hakimitabar, M, Seiedy M** (2016) Prey preference of predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Biocontrol Science and Technology 26(4): 562-569.
- Solomon ME** (1949) The natural control of animal population. Journal of Animal Ecology 18: 1-35.
- Tal C, Coll M, Weibtraub P** (2007) Biological control of *Polyphagotarsonemus latus* by the predaceous mite *Amblyseius swirskii*. IOBC/wprs Bulletin 30(5): 111-115.
- Tommasini MG, Maini S** (1995) *Frankliniella occidentalis* and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe. Wageningen Agricultural University Papers 95-1:1-42.
- Ugine TA, Wraight SP, Brownbridge M, Sanderson JP** (2005a). Development of a novel bioassay for estimation of median lethal concentrations (LC50) and doses (LD50) of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Journal of Invertebrate Pathology 89:210-218.
- Ugine TA, Wraight SP, Sanderson JP** (2005b) Acquisition of lethal doses of *Beauveria bassiana* conidia by western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, exposed to foliar spray residues of formulated and unformulated conidia. Journal of Invertebrate Pathology 90:10-23.
- Van Houten, Y. M., Van Stratum P** (1995). Control of western flower thrips on sweet pepper in winter with *Amblyseius cucumeris* and *A. degeerensis*. In: Thrips biology and management, (eds.) Parker, B. L., Skinner, M. and Lewis, T., pp: 245-248, New York: Plenum Press, U.S.A.
- Wekesa VW, Maniania NK, Knapp M, Boga HL** (2005) pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium* to the tobacco spider mite, *Tetranychus evansi*. Experimental and Applied Acarology 36: 41-50.
- Wimmer D, Hoffmann D, Schausberger P** (2008) Prey suitability of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* and onion thrips, *Thrips tabaci*, for the predatory mite, *Amblyseius swirskii*. Biocontrol Science and Technology 18(6): 541-550.
- Wright JE, Kennedy GG** (1996) A new biological product for control of major greenhouse pests. In: Proceeding of Brighton Crop Protection Conference- Pest & Diseases. 3: 885-892.
- Xiao Y, Fadamiro HY** (2010) Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). Biological Control 53: 345-352.
- Xiao Y, Osborne LS, Chen J, McKenzie CL** (2013) Functional responses and prey-stage preferences of a predatory gall midge and two predacious mites with two spotted spider mites, *Tetranychus urticae*, as host. Journal of Insect Science 13: 1-12.
- Xu X, Enkegaard A** (2010) Prey preference of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* between First Instar Western Flower Thrips *Frankliniella occidentalis* and nymphs of the twospotted Spider Mite *Tetranychus urticae*. Journal of Insect Science 10(149): 1-11.
- Zamani AA, Talebi AA, Fathipour Y, Baniamiri V** (2006) Temperature-dependent functional response of two aphid parasitoids, *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae), on the cotton Aphid. Journal of Pest Science 79: 183-188.
- Zhao GY, Liu W, Knowles CO** (1994) Mechanisms associated with diazinon resistance in western flower thrips. Pesticide Biochemistry and Physiology 49: 13-23.