Archive of SID

JESI

DOI: 10.22117/JESI.2018.116591.1166

نامه انجمن حشره‌شناسی ایران۱۱۵-۹۹,(۱)۳۸, ۱۳۹۷

JOURNAL OF ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF IRAN
2018, 38 (1),99-115

واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) روی سه میزبان گیاهی

محمدرضا باقری[۱،۲و*]، مهدی حسن‌پور[۲]، علی گلی‌زاده[۲] و شهرام فرخی[۳]

۱- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران و ۳- مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mr.bagheri@areeo.ac.ir

چکیده

تأثیر سه گیاه میزبان خیار، گوجه‌فرنگی و بادمجان روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های ابتدای سن چهارم سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* در شرایط آزمایشگاهی (دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) مورد بررسی قرار گرفت. پوره‌های سفیدبالک در تراکم‌های ۲، ٤، ۸، ۱٦، ۳۲ و ٤۸ روی دیسک‌های برگی به مساحت تقریبی ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر مربع در ۱۲ تکرار در اختیار حشرات ماده‌ی پارازیتوئید قرار گرفت. پس از ۲٤ ساعت پارازیتوئیدها حذف و تعداد پوره‌های پارازیته شده و نیز کشته شده در اثر میزبان‌خواری به تفکیک شمارش و ثبت شد. نتایج رگرسیون لجستیک نشان داد که واکنش تابعی پارازیتوئید برای هر دو نوع فعالیت "پارازیتیسم" و " پارازیتیسم+ میزبان‌خواری" در هر سه گیاه میزبان از نوع دوّم است. برای هر دو فعالیت مورد مطالعه از نظر نرخ حمله بین سه میزبان گیاهی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما زمان دستیابی روی گوجه‌فرنگی به‌طور معنی داری از مقادیر محاسبه شده در خیار کوتاه‌تر بود. قدرت جستجوگری زنبور *E. formosa* در مرحله "پارازیتیسم" در میزبان‌های مذکور به ترتیب ۰/۰۹٦۳±۰/۲۵۸۰، ۰/۰±۳۸۹۵/۱۳۳۱ و ۰/۱۳٦۸±۰/۳۲۸۳ برساعت و زمان دستیابی ۰/٦۸۷۰±۰/۰۸۱۰، ۰/۳۳٦٤±۰/۰۳۹۹ و ۰/۰٦۹۲±۰/۵۵۸٤ ساعت محاسبه شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده به‌نظر می‌رسد در شرایط گلخانه‌ای، گوجه‌فرنگی مناسب‌ترین گیاه برای فعالیت‌های پارازیتیسم و میزبان‌خواری زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در کنترل سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* باشد.

واژه‌های کلیدی: رفتار جستجوگری، *Encarsia formosa*، سفیدبالک گلخانه، کنترل بیولوژیک

Functional Response of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) to different densities of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymphs on three host plants

Mohammad Reza Bagheri[1,2&*], Mahdi Hassanpour[2], Ali Golizadeh[2] & Shahram Farrokhi[3]

1- Plant Protection Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Isfahan, Iran, 2- Mohaghegh Ardabili University of Ardabil, Faculty of Agricultural and Natural Resources & 3- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

*Corresponding author, E-mail: mr.bagheri@areeo.ac.

دریافت: ۱۳۹٦/۰۹/۱۹، پذیرش: ۱۳۹۷/٦/۲۳.

دبیر تخصصی : یعقوب فتحی‌پور

www.SID.ir

Archive of SID

Abstract
The influence of three host plants, cucumber, tomato and eggplant on functional response of *Encarsia formosa* was investigated at different densities of early fourth nymphal instar of *Trialeurodes vaporariorum* under laboratory conditions at 25 ± 1°C, 65 ± 5% RH and a photoperiod of 16:8 (L: D) h. Whitefly nymphs were offered to the parasitoids in densities of 2, 4, 8, 16, 32, and 48 on leaf disks (8-10 cm^2) in 12 replicates. After 24 hours, the parasitoids were removed and the number of parasitized as well as the killed nymphs by host feeding activity was recorded. Logistic regression results showed a type II functional response for both types of "parasitism" and "parasitism + host feeding" activities in all three host plants. There were no significant differences between attack rates (*a*) across three host plants, but the handling time (T_h) estimated on tomato was significantly shorter than those estimated on cucumber. The attack rate of *E. formosa* in "parasitism" activity on cucumber, tomato and eggplant was 0.2580±0.0963, 0.3895±0.1331 and 0.3283±0.1368 h^{-1} and handling time was 0.6870±0.0810, 0.3364±0.0399 and 0.5584±0.0692 h, respectively. Based on the results, it seems that tomato is the most suitable plant for the parasitism and host feeding activities of *E. formosa* to control of the greenhouse whitefly *T. vaporariorum* in greenhouse conditions.
Keywords: foraging behavior, *Encarsia formosa*, greenhouse whitefly, biological control
Received: 10 December 2017, *Accepted*: 14 September 2018

مقدمه

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) آفتی پلی‌فاژ و همه‌جاگستر است که با تغذیه از شیره گیاه موجب ضعیف شدن، کاهش فتوسنتز، ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی، کاهش ۵۰درصدی عملکرد محصول (Byrne & Bellows, 1991)، انتقال ویروس‌های گیاهی (Hidayat & Rahmayani, 2007) و با تولید عسلک و رشد قارچ دوده سبب کاهش ارزش تجاری گیاه، فرآورده‌های گیاهی و میوه‌ها می‌شود (Perkins, 1983). برای کنترل این آفت سالیانه مقادیر متنابهی آفت‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تا سال ۲۰۱۵ تعداد ۱۱۱ گزارش از مقاوم شدن آن به ۲۲ نوع ترکیب حشره‌کش، ازجمله ترکیبات نئونیکوتینوئیدی (ایمیداکلوپرید و استامی‌پرید)، تنظیم کننده‌های رشد حشرات (بوپروفزین و اسپیرومزیفن) و پی‌متروزین در محصولات مهمی مانند خیار، گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی و گیاهان زینتی ثبت شده است (Gorman *et al*., 2002; Bi & Toscano, 2007; Karatolos *et al*., 2010; Ovčarenko, *et al*. 2014).

زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) در سراسر جهان به‌صورت تجاری برای کنترل سفیدبالک‌ها در محصولات گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده تجاری از این زنبور در اروپا از دهه ۱۹۲۰ آغاز شد. ولی از سال ۱۹٤۵ به دلیل توسعه‌ی آفت‌کش‌های شیمیایی استفاده تجاری از آن متوقف شد. با مشخص شدن عوارض آفت‌کش‌های شیمیایی، استفاده از آن پس از سال ۱۹۷۰ دوباره گسترش یافت (van Lenteren & Woets, 1988; Hoddle *et al.*, 1998). محصولات گلخانه‌ای اصلی که در آنها از *E. formosa* استفاده می‌شود شامل گوجه‌فرنگی، خیار و به میزان کمتری بادمجان، توت فرنگی، ژربرا، بنت‌قنسول و همیشه بهار است(Hoddle *et al*., 1998) . زنبور *E. formosa* حداقل ۱۵ میزبان متعلق به هشت جنس از سفیدبالک‌ها را پارازیته می‌کند (Schauff *et al*., 1996).

یافتن دشمنان طبیعی مؤثر برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک نیازمند شناخت ویژگی‌های مطلوب آنهاست. یکی از ویژگی‌های مهم دشمنان طبیعی که در انتخاب آنها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک نقش به‌سزایی دارد، واکنش تابعی آنهاست (Fernández-arhex & Corley, 2003). اصطلاح واکنش تابعی اولین بار توسط Solomon (1949) برای توصیف واکنش رفتاری یک دشمن طبیعی نسبت به تغییرات تراکم طعمه به‌کار

www.SID.ir

Archive of SID

برده شد. وی اظهار داشت که شکارگر/ پارازیتوئید نسبت به تغییرات تعداد شکار/ طعمه‌ی خود واکنش نشان می‌دهد و چون این واکنش، تابعی از تراکم میزبان یا طعمه است، به این نام خوانده می‌شود. هولینگ (Holling, 1959 & 1966) مفهوم واکنش تابعی را توسعه داد و آن را به صورت تغییر در تعداد طعمه‌های خورده شده یا پارازیته شده در یک فاصله‌ی زمانی معین در واکنش به تغییر تراکم طعمه/میزبان تعریف کرد. میزان کارایی یک پارازیتوئید یا شکارگر را می‌توان از طریق تعیین نوع واکنش تابعی و مقایسه‌ی پارامترهای آن یعنی قدرت جستجو (میزان جستجوی انجام شده توسط شکارگر/ پارازیتوئید برای یافتن طعمه/ میزبان) و زمان دستیابی (مدت زمان صرف شده توسط شکارگر/ پارازیتوئید برای حمله کردن، خوردن/ پارازیته کردن و استراحت) مشخص کرد. بدین نحو که هرچه قدرت جستجو بیشتر و زمان دستیابی کوتاه‌تر باشد کارایی شکارگر/ پارازیتوئید بالاتر خواهد بود (Atlihan and Bora Kaydan, 2010). تحقیقات نشان داده است که واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به تغییر تراکم سفیدبالک گلخانه (Perera, 1982; Fransen & van Montfort, 1987; van Roermund *et al.*, 1997)، عسلک پنبه (*Bemisia tabaci* Gennadius) (Enkegaard, 1994)، سفیدبالک برگ‌نقره‌ای (*B. argentifolii* Bellows & Perring) (Hoddle *et al.*, 1998) و سفیدبالک کرچک (*T. ricini* Misra) (Shishehbor & Brennan, 1996) از نوع دوم است.

مشخص شده است که گیاهان میزبان بر طول عمر (van Lenteren *et al.*, 1987) و مدت زمان رشد (Shishehbor & Brennan, 1996) زنبور پارازیتوئید *E. formosa* تأثیر دارند. همچنین گزارش شده است که موانع فیزیکی مانند تریکوم‌های برگ خیار توانایی *E. formosa* برای مهار سفیدبالک گلخانه را کاهش می‌دهند (van Lenteren *et al.*, 1995)، امّا تا کنون تحقیقی در مورد تأثیر گیاهان میزبان بر واکنش تابعی این زنبور پارازیتوئید نسبت به سفیدبالک گلخانه صورت نگرفته است. با هدف تعیین تأثیر گیاهان میزبان بر نوع و پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به تغییر تراکم پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* تحقیق حاضر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان انجام شد. پرورش گیاهان میزبان در گلخانه‌های تحقیقاتی در دمای ۲۵±۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰±۱۰ درصد و شرایط نوری طبیعی، بدون کاربرد هیچ‌گونه حشره‌کشی صورت گرفت. پرورش حشرات و انجام آزمایش‌ها در دمای ۲۵±۱ درجه‌ی سلسیوس، دوره‌ی نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) و رطوبت نسبی ۶۵±۱۰ درصد داخل اتاقک‌های رشد انجام شد.

کشت گیاهان

بذور خیار (*Cucumis sativus* L.) رقم Ever green، گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) رقم Hilario و بادمجان (*Solanum melongena* L.) رقم Lango در گلدان‌های پلاستیکی کوچک (۵ ×۱۰ سانتی‌متر) حاوی پیت ماس کشت شده و گیاهچه‌ها تا زمان استفاده در آزمایش‌ها در اتاقک‌های رشد، بدون کاربرد هیچ‌گونه آفت‌کشی نگهداری شدند. آبیاری گلدان‌ها هر ۳-۴ روز یک‌بار انجام شد. تعدادی از

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهچه‌ها برای ایجاد کلنی حشرات به گلدان‌های بزرگتر (۱۲×۲۰ سانتی‌متر) حاوی خاک استریل مخلوط با خاک برگ در قفس‌های توری با مش ۵۰ به ابعاد ۶۰×۷۰×۱۱۰ سانتی‌متر منتقل و برای بهبود رشد بوته‌ها از محلول غذایی (Kristalon™)(N.P.K (18-18-18+TE به نسبت یک در هزار استفاده شد. همچنین برای افزایش سطح برگ گیاه میزبان زمانی‌که ارتفاع بوته‌ها به حدود ۲۵ سانتی‌متری رسید، جوانه‌ی انتهایی آنها قطع شد.

جمع‌آوری و پرورش حشرات

سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum*، از گلخانه‌های تجاری استان اصفهان جمع‌آوری و پس از تأیید گونه در مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و اطمینان از صحت گونه‌ی مورد نظر، در قفس‌های فلزی به ابعاد ۶۰×۷۰×۱۱۰ سانتی‌متر که با پارچه‌ی توری ظریف پوشانده شده بودند، روی هرکدام از میزبان‌های گیاهی به‌طور جداگانه پرورش داده شد. برای ایجاد کلنی زنبور پارازیتوئید، نمونه‌هایی از زنبور *E. formosa* (نژاد Dutch) از شرکت Koppert تهیه و در قفس‌های فلزی به ابعاد ۶۰×۷۰×۱۱۰ سانتی‌متر که با پارچه‌ی توری ظریف پوشانده شده بودند، روی گیاه توتون (*Nicotiana tabacum* L.) واریته‌ی Turkish آلوده به سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* تکثیر شد.

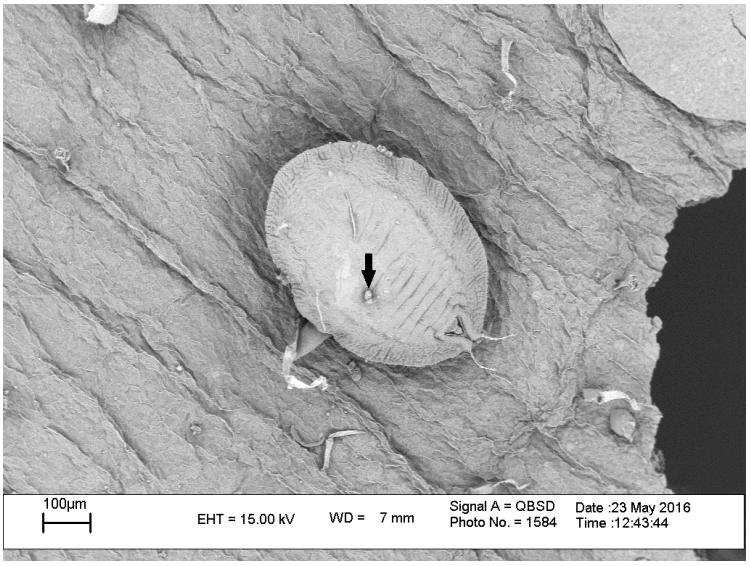
آزمایش واکنش تابعی

زنبور پارازیتوئید *E. formosa* حداقل برای دو نسل روی سه میزبان گیاهی مورد نظر، روی پوره‌های سفیدبالک گلخانه تکثیر شد. سفیدبالک گلخانه نیز روی سه میزبان گیاهی مذکور برای حداقل دو نسل پرورش داده شد. برای به‌دست آوردن پوره‌های هم‌سن سفیدبالک، گیاهان مورد آزمایش در مرحله ٦ تا ٨ برگی به مدت ٢٤ ساعت در اختیار کلنی سفیدبالک قرار داده شد و پس از این مدت حشرات بالغ حذف و گیاهان میزبان تا زمان رسیدن پوره‌ها به سن چهارم (بسته به نوع گیاه میزبان، ٨ تا ١١ روز پس از تفریخ تخم) در شرایط آزمایش در اتاقک رشد قرار داده شدند. سپس پوره‌های سفیدبالک گلخانه روی برگ‌های گیاهان مورد آزمایش (با مساحت تقریبی ٨ تا ١٠ سانتی‌مترمربع) در ظروف پتری (با قطر شش سانتی‌متر)، حاوی یک لایه سوسپانسیون آگار دو درصد به ضخامت حدود دو میلی‌متر در اختیار زنبورهای پارازیتوئید با سن ٢٤ تا ٧٢ ساعت (Fransen & van Montfort, 1987) قرار داده شد. تراکم‌های مورد آزمایش عبارت بودند از: ٢، ٤، ٨، ١٦، ٣٢ و ٤٨ عدد پوره‌ی سفیدبالک گلخانه در ابتدای سن چهارم (Enkegaard, 1994) که در این سن، بدن پوره پس از سه بار پوست‌اندازی شروع به متورم شدن کرده و زوائد خارمانند اطراف آن تولید می‌شود (Nechols & Tauber, 1977). برای به‌دست آوردن تراکم‌های مورد نیاز، قطعات برگی حاوی پوره‌های سن چهارم انتخاب و پوره‌های مازاد با استفاده از سوزن ظریف حذف شدند. از آنجا که پوره‌های سفیدبالک گلخانه در سطح زیرین برگ گیاهان میزبان مستقر می‌شوند، پس از وارد کردن زنبور پارازیتوئید به ظروف حاوی تراکم‌های مورد آزمایش، برای آنکه شرایطی مشابه با شرایط طبیعی فراهم شود، ظروف پتری به‌صورت معکوس در اتاقک رشد قرار داده شدند. بعد از ٢٤ ساعت، پارازیتوئیدها حذف و پس از شمارش تعداد پوره‌های دارای سوراخ ناشی از تخمریز زنبور (شکل ١)، ظروف پتری به مدت یک هفته در شرایط محیطی آزمایش نگهداری شدند. از آنجا که دوره‌ی جنینی تخم زنبور *E. formosa* چهار روز است (Hu *et al.*, 2002) پس از کسر میانگین تلفات پوره‌های سفیدبالک در ظروف پتری شاهد(van Lenteren *et al.*, 1987; Shishehbor & Brennan, 1995)،

www.SID.ir

Archive of SID

تمام پوره‌های سفیدبالکی که تا قبل از روز چهارم مردند به عنوان تلفات ناشی از میزبان خواری در نظر گرفته شد. بدن سایر پوره‌های سفیدبالک در زیر استریومیکروسکوپ برای یافتن لارو زنبور شکافته شد. از آنجا که زنبور *E. formosa* یک پارازیتوئید انفرادی است که در بدن هر میزبان یک تخم می‌گذارد (Kajita & van Lenteren, 1982) و با کارایی ۱۰۰٪ از "خود- سوپرپارازیتیسم" اجتناب می‌کند (van Roermund & van Lenteren, 1995)، برای تمام تیمارها وجود هر لارو زنبور به‌عنوان یک تخم در نظر گرفته شد. آزمایش برای هر یک از گیاهان مورد مطالعه و هر تراکم میزبان در ۱۲ تکرار انجام شد.



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی از پوره‌ی پارازیته شده‌ی سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* توسط *Encarsia formosa* (اصل) (محل پارازیته شدن با فلش مشخص شده است).

Fig. 2. Electronic microscope image of parasitized nymph of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia formosa* (original) (The point of parasitism is indicated by the arrow).

تعداد تریکوم‌های موجود در سطح زیرین برگ‌های گیاهان میزبان در ۲۰ نمونه یک میلی‌متر مربعی با استفاده از استریومیکروسکوپ با بزرگ‌نمایی 40X شمارش و طول آنها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد.

تجزیه داده‌ها

نوع واکنش تابعی با استفاده از رگرسیون لجستیک نسبت تعداد شکار خورده شده / میزبان پارازیته شده به تعداد شکار / میزبان موجود در تراکم اولیه بر اساس معادله ۱ تعیین شد:

$$\frac{N_a}{N_0} = \frac{\exp(P_0+P_1N_0+P_2N_0^2+P_3N_0^3)}{1+\exp(P_0+P_1N_0+P_2N_0^2+P_3N_0^3)} \quad \text{(معادله ۱)}$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در این معادله $\frac{N_a}{N_0}$ احتمال پارازیته شدن یک پوره توسط پارازیتوئید است. پارامترهای P_0، P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب عرض از مبدأ، ضرایب بخش خطی، درجه‌ی دو و درجه‌ی سه منحنی هستند. ضرایب فوق با استفاده از رویه‌ی CATMOD نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 تخمین زده شدند. رگرسیون لجستیک، مقدار و جهت شیب سه قسمت اصلی منحنی درجه‌ی سه یعنی قسمت‌های خطی، درجه‌ی دو و درجه‌ی سه را نشان می‌دهد. علامت منفی و مثبت شیب قسمت خطی، به ترتیب نشانگر واکنش تابعی نوع دوم و سوم است. در واکنش تابعی نوع دوم با افزایش تراکم میزبان، نسبت میزبان پارازیته شده کاهش می‌یابد (وابسته به تراکم معکوس میزبان)، لذا شیب قسمت خطی (P_1) منحنی منفی است. در واکنش تابعی نوع سوم با افزایش تراکم میزبان، ابتدا نسبت میزبان پارازیته شده افزایش یافته (وابسته به تراکم طعمه) و سپس کاهش می‌یابد. به همین دلیل شیب قسمت خطی (P_1) منحنی مثبت و بخش درجه‌ی دو (P_2) منفی است. پس از تعیین نوع واکنش تابعی از مدل تصادفی راجرز برای پارازیتوئیدها (معادله ۲)، برای تعیین قدرت جستجوگری (a) و زمان دستیابی (T_h) استفاده شد (Juliano, 2001).

$$N_a = N_0\left[1-\exp\left(-\frac{aT}{1+aT_hN_0}\right)\right] \quad \text{(معادله ۲)}$$

که در این معادله، N_a تعداد میزبان پارازیته شده توسط پارازیتوئید، N_0 تراکم اولیه‌ی میزبان و T مدت زمانی است که میزبان و پارازیتوئید در معرض همدیگر قرار می‌گیرند (در این آزمایش ۲٤ ساعت). زمان دستیابی (T_h) مدت زمانی است که پارازیتوئید برای گرفتن، غلبه، کشتن و خوردن هر میزبان، تمیز کردن خود و استراحت تا شروع جستجو برای میزبان بعدی صرف می‌کند. پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی، با استفاده از رگرسیون غیرخطی، روش حداقل مربعات و تکنیک DUD برآورد شدند (SAS Institute Inc., 2004). از شاخص ضریب تبیین $\left(1-\frac{SS_{error}}{SS_{corrected\ total}}\right)$ برای تعیین درجه‌ی برازش مدل روی داده‌ها استفاده شد. برای مقایسه‌ی پارامترهای واکنش تابعی پارازیتوئید بین میزبان‌های گیاهی مختلف از معادله‌ی ۳ استفاده شد:

$$N_e = N_0\{1-\exp[-(a+D_a(J))(T-(T_h+D_{Th}(J))N_e]\} \quad \text{(معادله ۳)}$$

که در این معادله J متغیری است که برای داده‌های تیمار اول عدد صفر و برای داده‌های تیمار دوم عدد یک برای آن درنظر گرفته می‌شود. پارامترهای D_a و D_{Th} وجود اختلاف معنی‌دار در مقادیر a و T_h را بین دو تیمار مورد بررسی مشخص می‌کند. به‌عبارت دیگر، نرخ حمله برای یک تیمار a و برای تیمار دیگر $a+D_a$ در نظر گرفته می‌شود. تفاوت معنی‌دار D_a با صفر نشان‌دهنده‌ی وجود تفاوت معنی‌دار بین a و $a+D_a$ بوده، بنابراین اختلاف در نرخ حمله پارازیتوئید بین دو تیمار معنی‌دار خواهد بود. زمان دستیابی بین تیمارها نیز با همین روش مقایسه شد (Juliano, 2001).

داده‌های به‌دست آمده از میزان پارازیتیسم و پارازیتیسم + میزبان‌خواری زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در بالاترین تراکم پوره‌های *T. vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مورد بررسی، در قالب طرح کاملاً تصادفی در بسته‌ی نرم‌افزاری SAS v. 9.1 (SAS Institute Inc.2004) تجزیه و میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی با یکدیگر مقایسه شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

رگرسیون لجستیک واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به تغییر تراکم *T. vaporariorum* روی سه گیاه میزبان در جدول ۱ ارائه شده است. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود علامت پارامتر خطی (P_1) منفی بود و این بدان معنی است که واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید نسبت به سفیدبالک گلخانه روی هر سه گیاه میزبان از نوع دوّم است (شکل ۲).

جدول ۱- رگرسیون لجستیک واکنش تابعی زنبور *Encarsia formosa* نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مختلف.

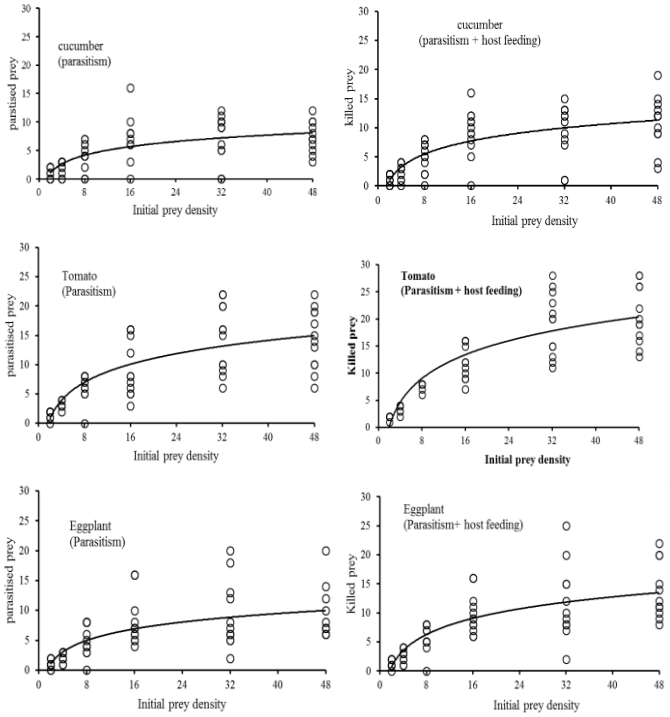
Table 1. Maximum likelihood estimates from logistic regression of the proportion of *Trialeurodes vaporariorum* nymphs consumed by *Encarsia formosa* as a function of initial prey density offered on different host plants.

Host Plant	Activity	Coefficient	Estimate	S.E.	χ^2	df	*P*
Cucumber	Parasitism	Intercept	0.5132	0.2254	5.18	1	0.0228
		Linear	-0.0614	0.0192	10.22	1	0.0014
		Quadratic	0.000301	0.000336	0.8	1	0.3703
		Likelihood Ratio			196.82	69	0.0001
	Parasitism + Host Feeding	Intercept	1.3596	0.2398	32.15	1	<0.0001
		Linear	-0.0883	0.0192	21.15	1	<0.0001
		Quadratic	0.000709	0.000325	4.75	1	0.0293
		Likelihood Ratio			224.92	69	<0.0001
Tomato	Parasitism	Intercept	2.11903	0.4574	21.47	1	<0.0001
		Linear	-0.1484	0.0692	4.60	1	0.0320
		Quadratic	0.00350	0.00283	1.52	1	0.2172
		Cubic	-0.00004	0.000033	1.10	1	0.2938
		Likelihood Ratio			246.92	68	<0.0001
	Parasitism + Host Feeding	Intercept	4.0768	0.8089	25.40	1	<0.0001
		Linear	-0.2524	0.1098	5.29	1	0.0215
		Quadratic	0.00609	0.00421	2.09	1	0.1481
		Cubic	-0.0006	0.000048	1.43	1	0.2325
		Likelihood Ratio			166.27	68	<0.0001
Eggplant	Parasitism	Intercept	0.8471	0.2279	13.82	1	0.0002
		Linear	-0.0631	0.0188	11.29	1	0.0008
		Quadratic	0.000310	0.000324	0.92	1	0.3385
		Likelihood Ratio			209.99	69	<0.0001
	Parasitism + Host Feeding	Intercept	1.3911	0.2413	33.24	1	<0.0001
		Linear	-0.0773	0.0189	16.70	1	<0.0001
		Quadratic	0.000594	0.000317	3.5	1	0.0614
		Likelihood Ratio			213.1	69	<0.0001

مقادیر نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) محاسبه شده برای زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در جدول۲ نشان داده شده‌است. با توجه به مشابه بودن نوع واکنش تابعی در میزبان‌های گیاهی مورد بررسی، معادله‌ی ترکیبی جهت مقایسه پارامترهای واکنش تابعی سن شکارگر بین این گیاهان و بین دو نوع فعالیت پارازیتیسم و پارازیتیسم + میزبان‌خواری مورد استفاده قرار گرفت که نتایج آن در جدول‌های ۳ تا ۵ ارائه شده است. به‌طوریکه مشاهده می‌شود در هر سه میزبان گیاهی از نظر نرخ حمله بین فعایت‌های"پارازیتیسم" و "پارازیتیسم + میزبان‌خواری" اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما از نظر زمان دستیابی، در گوجه‌فرنگی و بادمجان بین فعالیت‌های مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- واکنش تابعی زنبور *Encarsia formosa* نسبت به تغییرات تراکم پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* در خیار،گوجه‌فرنگی و بادمجان. نقاط و خطوط به‌ترتیب نشانگر مقادیر مشاهده شده و مورد انتظار از برازش داده‌ها با مدل راجرز (برای پارازیتوئیدها) می‌باشند.

Fig. 1. Functional response of *Encarsia formosa* to different density of *Trialeurodes vaporariorum* nymphs on cucumber, tomato and eggplant. The symbols and lines represent observed response and fitted to Rogers model (for parasitoids), respectively.

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* نسبت به پوره‌های سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مختلف.

Table 2. Parameters estimated by the random predator equation, evaluating functional response of *Encarsia formosa* to *Trialeurodes vaporariorum* nymphs on different host plants.

Host plant	Activity	Functional Response Type	a (h^{-1})		T_h (h)		r^2
			Estimate± SE	(95% CI)	Estimate± SE	(95% CI)	
Cucumber	Parasitism	II	0.2580±0.0963	0.0660-0.4501	0.6870±0.0810	0.5254-0.8485	0.80
	Parasitism + Host Feeding	II	0.3398±0.1229	0.0945-0.5850	0.4798±0.0544	0.3713-0.5883	0.84
Tomato	Parasitism	II	0.3895±0.1331	0.1241-0.6548	0.3364±0.0399	0.2569-0.4159	0.87
	Parasitism + Host Feeding	II	0.5633±0.1671	0.2300-0.8967	0.2386±0.0228	0.1931-0.2842	0.94
Eggplant	Parasitism	II	0.3283±0.1368	0.0555-0.6011	0.5584±0.0692	0.4203-0.6964	0.79
	Parasitism + Host Feeding	II	0.3470±0.1171	0.1134-0.5805	0.3798±0.0451	0.2898-0.4698	0.86

www.SID.ir

Archive of SID

در فعالیت "پارازیتیسم" مشاهده شد که از نظر نرخ حمله بین سه میزبان گیاهی مذکور اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اگرچه نرخ حمله‌ی پارازیتوئید در خیار و بادمجان کمتر از مقدار محاسبه شده در گوجه‌فرنگی بود. از نظر زمان دستیابی، اختلاف بین خیار و گوجه‌فرنگی معنی‌دار بود، ولی بادمجان از این نظر با دو میزبان دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. (جدول٤).

جدول۳- پارامترهای تخمین زده شده با معادله‌ی ترکیبی برای مقایسه‌ی نرخ حمله و زمان دستیابی بین دو نوع فعالیت "پارازیتیسم" و "پارازیتیسم + میزبان‌خواری" *Encarsia formosa* نسبت به سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* در سه میزبان گیاهی.

Table 3. The estimated parameters using combined equation for comparison of attack rate and handling time among "parasitism" and "parasitism+ host feeding" of *Encarsia forma* to the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* in three host plants

Host plant	Activity	Parameter	Estimate± SE	Approximate 95% Confidence Limits	
Cucumber	Parasitism vs Parasitism+ Host feeding	D_a	-0.0364± 0.0445	-0.1242	0.0515
		D_{th}	0.7679±0.4026	-0.0281	1.5640
Tomato	Parasitism vs Parasitism+ Host feeding	D_a	-0.0209± 0.0420	-0.1039	0.0621
		D_{th}	0.6265± 0.2566	0.1193	1.1338
Eggplant	Parasitism vs Parasitism+ Host feeding	D_a	-0.0047± 0.0452	-0.0941	0.0847
		D_{th}	0.7142± 0.3339	0.0541	1.3743

جدول ٤- پارامترهای تخمین زده شده با معادله‌ی ترکیبی برای مقایسه‌ی نرخ حمله و زمان دستیابی بین سه میزبان گیاهی در فعالیت "پارازیتیسم" *Encarsia formosa* نسبت به سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* .

Table 4. The estimated parameters using combined equation for comparison of attack rate and handling time among three host plants in "parasitism" activity of *Encarsia formosa* to the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*

Activity	Host plant	Parameter	Estimate± SE	Approximate 95% Confidence Limits	
Parasitism	Cucumber vs Eggplant	D_a	-0.0176± 0.0412	-0.0991	0.0640
		D_{th}	0.5144±0.4438	-0.3629	1.3917
	Cucumber vs Tomato	D_a	-0.0156± 0.0379	-0.0906	0.0594
		D_{th}	0.9641± 0.4208	0.1322	1.7961
	Eggplant vs Tomato	D_a	-0.0020± 0.0449	-0.0907	0.0868
		D_{th}	0.4497± 0.3542	-1.1501	0.2506

www.SID.ir

Archive of SID

در فعالیت "پارازیتیسم + میزبان‌خواری" نرخ حمله‌ی پارازیتوئید بین سه میزبان گیاهی فاقد اختلاف معنی‌دار بود. زمان دستیابی پارازیتوئید روی گوجه‌فرنگی از مقادیر محاسبه شده در خیار و بادمجان کوتاه‌تر و اختلاف آن با خیار معنی‌دار بود. زمان دستیابی پارازیتوئید در گیاه بادمجان از مقدار متناظر در خیار کوتاه‌تر بود، امّا این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۵).

جدول ۵- پارامترهای تخمین زده شده با معادله ترکیبی برای مقایسه نرخ حمله و زمان دستیابی بین سه میزبان گیاهی در فعالیت "پارازیتیسم + میزبان‌خواری" *Encarsia formosa* نسبت به سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* .

Table 5. The estimated parameters using combined equation for comparison of attack rate and handling time among three host plants in "parasitism + host feeding" activity of *Encarsia forma* to the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum.*

Activity	Host plant	Parameter	Estimate± SE	Approximate 95% Confidence Limits	
Parasitism+ Host feeding	Cucumber vs Egplant	D_a	0.0141± 0.0494	-0.0835	0.1118
		D_{th}	0.4607±0.2776	-0.0882	1.0095
	Cucumber vs Tomato	D_a	-0.0001± 0.0501	-0.0992	0.0989
		D_{th}	0.8227± 0.2512	0.3261	1.3194
	Eggplant vs Tomato	D_a	0.0143± 0.0422	-0.0692	0.0977
		D_{th}	-0.3621± 0.2226	-0.8022	0.0781

مقادیر ضریب تبیین (r^2) و خطاهای استاندارد پارامترهای محاسبه شده نشان داد که معادله‌ی پارازیتیسم تصادفی استفاده شده در این تحقیق می‌تواند به‌خوبی واکنش تابعی زنبور *E. formosa* نسبت به تغییرات تراکم سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* روی سه گونه گیاه میزبان و در هر دو مرحله "پارازیتیسم" و "پارازیتیسم+ میزبان‌خواری" را توصیف کند.

میزان "پارازیتیسم" و "پارازیتیسم + میزبان‌خواری" زنبور *E. formosa* در سه میزبان گیاهی مورد بررسی در بالاترین تراکم پوره‌های سفیدبالک گلخانه در جدول ٦ نشان داده شده است. بین تعداد میزبان پارازیته شده در گوجه‌فرنگی با مقدار متناظر در خیار و بادمجان اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($F_{2,33}$=9.44; P=0.0006) . اختلاف بین مقادیر محاسبه شده روی خیار و بادمجان معنی‌دار نبود. همین روند در مورد مجموع پوره‌های کشته شده به‌وسیله‌ی پارازیتیسم و میزبان‌خواری نیز مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد پوره‌های سفیدبالک کشته شده در گوجه‌فرنگی ثبت شد و از این نظر گوجه‌فرنگی با دو میزبان دیگردارای اختلاف معنی‌دار بود ($F_{2,33}$=12.86; P<0.0001). تلفات آفت مذکور هر چند در خیار از بادمجان کمتر بود، امّا این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول٦).

مقدار منفی پارامتر خطی (P_1) محاسبه شده برای *E. formosa* روی هر سه میزبان گیاهی با واکنش تابعی نوع دوم منطبق است که نشان می‌دهد درصد پارازیتیسم و پارازیتیسم + میزبان‌خواری پارازیتوئید در حالتی که تراکم میزبان پایین است بیشتر از حالتی است که تراکم طعمه بالا باشد. این نتیجه با نتایج سایر محققین در مورد

www.SID.ir

Archive of SID

نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* منطبق است. واکنش تابعی *E. formosa* در لوبیا (Perera, 1982; Fransen & van Montfort, 1987) و گوجه‌فرنگی (van Roermund *et al.*, 1997) نسبت به پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* و در بنت‌قنسول نسبت به عسلک پنبه *B. tabaci* (Enkegaard, 1994) و سفیدبالک برگ‌نقره‌ای *B. argentifolii* (Hoddle, *et al.*, 1998)، و نیز در کرچک نسبت به سفیدبالک کرچک *T. ricini* (Shishehbor & Brennan, 1996) همگی از نوع دوم تشخیص داده شدند. واکنش تابعی نوع دوم در میان پارازیتوئیدها (از جمله افراد خانواده Aphelinidae) عمومیت بیشتری دارد. به‌عنوان مثال، واکنش تابعی زنبورهای پارازیتوئید *Encarsia pergendiella* Howard و(Mercer) *Eretmocerus mundus* نسبت به سفیدبالک برگ‌نقره‌ای *B. argentifolii* (Greenberg *et al.*, 2001)؛ زنبور *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) نسبت به شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L.(Fathipour *et al.*, 2006)؛ زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenko نسبت به تخم بید غلات *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Farrokhi *et al.*, 2010)؛ زنبور *Encarsia acaudaleyrodis* Hayat نسبت به *B. tabaci* در خیار(Shishehbor & Zandi-Sohani, 2011)؛ واکنش تابعی زنبورهای پارازیتوئید *Encarsia sophia* Girault & Dodd و *Eretmocerus hayati* Zolnerowich & Rose نسبت به *B. tabaci* در توتون(Xu *et al.*, 2016) و واکنش تابعی زنبور *Psyllaephagus zdeneki* Noyes & Fallahzadeh (Encyrtidae: Hymenoptera) نسبت به پسیل *Euphyllura pakistanica* Loginova در زیتون (Asadi *et al*., 2012) از نوع دوم گزارش شده است.

جدول ٦- میانگین (±SE) پارازیتیسم و پارازیتیسم+ میزبان‌خواری زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* در بالاترین تراکم پوره‌های *Trialeurodes vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مختلف.

Table 6. Parasitism and parasitism+ host feeding (mean ± SE) of *Encarsia formosa* at highest density of *Trialeurodes vaporariorum* nymphs on different host plants.

	Host plant		
Activity	**Cucumber**	**Tomato**	**Eggplant**
Parasitism	7.34± 0.76 b	14.42± 1.48 a	9.17±1.23 b
Parasitism+ Host feeding	11.0±1.28 b	20.67± 1.53 a	13.58± 1.36 b

Means followed by different letters within a row are significantly different (Tukey; $P<0.05$).

اگر چه گزارش هایی مبنی بر واکنش تابعی نوع سوم برای بعضی زنبور های پارازیتوئید وجود دارد (Fathipour *et al*., 2001; Allahyari *et al.*, 2004; Moezipour *et al.*, 2009; Farazmand & Iranipour, 2006; Mostaghimi *et al.*, 2010; Byeon *et al.*, 2011; Mahdavi *et al.*, 2013; Kasraee *et al.*, 2017)، ولی به‌طور کلی واکنش تابعی نوع سوم در میان پارازیتوئیدها خیلی معمول نیست (Fernández-arhex & Corley, 2003).

تحقیقات نشان داده است که سن میزبان (Yazdani Badabi *et al.*, 2015)، سن پارازیتوئید (Nikbin *et al.*, 2014; Pasandideh *et al.*, 2015; Tazerouni *et al.*, 2016)، مدت زمان در معرض بودن میزبان، اندازه منطقه‌ی جستجو یا تجربه‌ی قبلی پارازیتوئید(van Steenis & El-khawass, 1995)،

www.SID.ir

Archive of SID

دما (Wang & Ferro, 1998)، کاربرد آفت‌کش‌ها (Perera, 1982) و میزبان گیاهی(Fathipour *et al*., 2001) از جمله عواملی هستند که می‌توانند سبب تغییر نوع واکنش تابعی پارازیتوئیدها شوند.

در تحقیق حاضر، نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید با تغییر میزبان گیاهی تغییر نکرد. مشابه با چنین نتیجه‌ای، در تحقیقات دیگری نشان داده شد که واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *A. colemani* نسبت به شته جالیز روی ارقام مختلف خیار (در تمام تیمارهای با مقادیر متفاوت ورمی کمپوست) (Mottaghinia *et al.*, 2016) و واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Platytelenomus hylas* Nixon نسبت به تراکم‌های مختلف تخم *S. nonagrioides* در ارقام مختلف نیشکر (Askarianzadeh *et al.*, 2008) با تغییر میزبان تغییر نکرد. امّا Fathipour *et al.*, (2001) گزارش کردند که واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trissolcus grandis* Thom. نسبت به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم در رقم مقاوم فلات از نوع دوم و در رقم حساس سرداری از نوع سوم است.

در تحقیق حاضر، میزبان‌های گیاهی نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به تغییرات جمعیّت پوره‌های *T. vaporariorum* را تغییر ندادند، امّا نرخ حمله‌ی محاسبه شده برای پارازیتوئید در گوجه‌فرنگی بیشتر از مقادیر متناظر در دو میزبان دیگر بود، هرچند این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول۲). زمان دستیابی محاسبه شده برای پارازیتوئید درگوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری کمتر از مقادیر متناظر در دو گیاه میزبان دیگر بود. با توجه به تعداد تریکوم‌های موجود در یک میلی‌متر مربع از سطح زیرین برگ‌های خیار، گوجه‌فرنگی و بادمجان که به‌ترتیب ۰/٦٥±۲۸/۲، ۱/۹±۵۵/۵ و ۳/۳±۹٤/٤ عدد بود، همچنین شکل و اندازه تریکوم‌ها (تریکوم‌های خیار نیزه‌ای شکل به‌طول ۰/۰۵±۱/۲میلی‌متر، تریکوم‌های گوجه‌فرنگی عصایی شکل به‌طول ۰/۰۲±۰/۱٦ میلی‌متر و تریکوم‌های بادمجان منشعب (ستاره‌ای شکل) به‌طول ۰/۰٤±۰/۸ میلی‌متر) به‌نظر می‌رسد شکل، تراکم و اندازه‌ی تریکوم‌ها در بادمجان و خیار در مقایسه با برگ‌های گوجه‌فرنگی می‌تواند دلیل کوتاه‌تر بودن زمان دستیابی پارازیتوئید در گوجه‌فرنگی نسبت به دو میزبان دیگر باشد. ذکر این نکته ضروری است که گیاهان جنس *Lycopersicon* دارای هشت نوع تریکوم غده‌ای و غیرغده‌ای هستند که در گوجه‌فرنگی اهلی *L. esculentum* فقط تریکوم‌های غیر غده‌ای نوع III و V و تریکوم غده‌ای نوع VI (با تراکم پایین) وجود دارد، ولی تریکوم غده‌ای نوع IV که تولید کننده‌ی توکسین آسیل‌شوگر است، در گوجه‌فرنگی اهلی وجود ندارد (Channarayappa *et al.*, 1992). این توکسین نقش اصلی را در مقاومت گونه‌های مختلف *Lycopersicon* به تعداد زیادی از آفات بندپا مانند کنه‌ی تارتن، شته‌ها، مگس مینوز برگ و سفیدبالک‌های *B. tabaci* و *T. vaporariorum* ایفا می‌کند (Kennedy, 2003). فقدان تریکوم غده‌ای نوع IV در گوجه‌فرنگی اهلی می‌تواند دلیل احتمالی بالاتر بودن نرخ حمله و کوتاه‌تر بودن زمان دستیابی پارازیتوئید در گوجه‌فرنگی در مقایسه با دو میزبان دیگر باشد.

تریکوم‌ها می‌توانند با کاهش سرعت حرکت و یا وادار کردن دشمنان طبیعی به تغییر جهت مکرر، روی رفتار جستجوگری آنها تأثیر بگذارند. اثر خصوصیات فیزیکی گیاهان بر دشمنان طبیعی، امری شناخته شده است(Price *et al.*, 1980; van Lenteren *et al.*, 1995). تاثیر منفی تریکوم‌های گیاه میزبان روی سرعت حرکت *E. formosa* اولین بار توسط Hulspas-Jordan & van Lenteren (1989) مطرح شد. از سوی دیگر Hua *et al.*, (1987) گزارش کردند که در ارقام خیار کرک‌دار، زمان دستیابی زنبور *E. formosa* به پوره‌های سفیدبالک *T. vaporariorum* به‌طور معنی‌داری کوتاهتر از ارقام با کرک‌های کمتر است. امّا van Lenteren *et*

www.SID.ir

Archive of SID

al., (1995) دریافتند که پارازیتوئید هنگام حرکت در برگ‌های دارای تریکوم انبوه، بیشتر تغییر جهت می‌دهد و به همین دلیل با طعمه‌هایی که قبلاً پارازیته شده‌اند بیشتر برخورد می‌کند. بعلاوه از آنجا که عسلک تولید شده توسط سفیدبالک‌ها، در گیاهان دارای تریکوم انبوه نسبت به گیاهان فاقد تریکوم مدت زمان بیشتری روی برگ می‌ماند، احتمال گیرافتادن و مرگ پارازیتوئید در آنها بیشتر است. در چنین مواردی پارازیتوئید مدت زمان بیشتری را صرف تمیز کردن خود می‌کند که باعث افزایش مدت زمان دستیابی آن به میزبان در گیاهان دارای تریکوم انبوه‌تر می‌شود. نکته قابل ذکر این است که طبق مشاهدات، طول و انبوهی تریکوم در نزدیکی رگبرگ اصلی، بخصوص محل اتصال برگ به دمبرگ بیشتر از پهنک برگ است. سفیدبالک گلخانه این ناحیه از برگ را برای تغذیه و تخم‌گذاری به پهنک برگ ترجیح می‌دهد(Noldus *et al.*, 1986; van Vianen *et al.*, 1988). درحالی‌که زنبور *E. formosa* برای فعالیت‌های پارازیتیسم و میزبان‌خواری، قسمت‌های دارای تریکوم کمتر را به نواحی متراکم‌تر ترجیح می‌دهد(Hua *et al.*, 1987; van Roermund *et al.*, 1997) . بنابراین بی‌توجهی به این نکته که کدام قسمت برگ برای انجام آزمایش‌های واکنش تابعی استفاده شود، ممکن است در نتایج آزمایش و تحلیل نهایی داده‌ها تأثیرگذار باشد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمایش واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به تغییرات جمعیّت سفیدبالک گلخانه و با توجه به بالاتر بودن نرخ حمله و کوتاه‌تر بودن زمان دستیابی پارازیتوئید در گوجه‌فرنگی و با توجه به میانگین تعداد طعمه‌های کشته‌شده در اثر پارازیتیسم و پارازیتیسم+میزبان‌خواری در گیاهان مورد بررسی، به‌نظر می‌رسد در شرایط گلخانه، گوجه‌فرنگی مناسب‌ترین گیاه برای فعالیت پارازیتیسم و میزبان‌خواری این پارازیتوئید است. به عبارت دیگر، این پارازیتوئید ممکن است در کنترل آفت در گوجه‌فرنگی نسبت به خیار و بادمجان موفق‌تر باشد. با این‌حال، از آنجا که انجام آزمایش در محیط‌های کوچک می‌تواند روی نتایج حاصله تأثیر بگذارد، لازم است آزمایش‌ها در محیط بزرگتر (گلخانه‌های تجاری) و روی گیاهان کامل نیز انجام شود.

سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از رساله دکتری نویسنده‌ی اول در دانشگاه محقق اردبیلی است. بدینوسیله از این دانشگاه و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به‌خاطر در اختیار گذاشتن امکانات لازم برای اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Allahyari, H., Fard, P. A. & Nozari, J. (2004) Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the sunn pest. *Journal of Applied Entomology*, 128(1): 39-43.

Asadi, R., Talebi, A. A., Khalghani, J., Fathipour, Y., Moharramipour, S., & Askari Siahooei, M. (2012) Age-specific functional response of *Psyllaephagus zdeneki* (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoid of *Euphyllura pakistanica* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Crop Protection*, 1(1): 1-15.

www.SID.ir

Archive of SID

Askarianzadeh, A. R.; Moharramipour, S.; Fathipour, A. & Narrei, A. (2008) Effects of Different Cultivars of Sugarcane on Parasitism and Functional Response of *Platytelenomus hylas* (Hym., Scelionidae) to Different Egg Densities of Stem Borer, *Sesamia nonagrioides* (Lef., Noctuidae). *Journal of science and technology of agriculture and natural resources*, 12(45): 275-284.

Atlihan, R., & Bora Kaydan, M. (2010) Functional response of the coccinellid predator, *Adalia fasciatopunctata* Revelierei to walnut aphid (*Callaphis juglandis*). *Phytoparasitica*, 38: 23-29

Bi, J. L. & Toscano, N. C. (2007) Current status of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, susceptibility to neonicotinoid and conventional insecticides on strawberries in Southern California. *Pest Management Science*, 63(8): 747-752.

Byeon, Y. W., Tuda, M., Kim, J. H. & Choi, M. Y. (2011) Functional responses of aphid parasitoids, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) and *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biocontrol Science and Technology*, 21(1): 57-70.

Byrne, D. N. & Bellows Jr., T. S. (1991) Whitefly biology. *Annual Review of Entomology*, 36(1): 431-457.

Channarayappa, C., Shivashankar, G., Muniyappa, V. & Frist, R. H. (1992) Resistance of *Lycopersicon* species to *Bemisia tabaci*, a tomato leaf curl virus vector. *Canadian Journal of Botany*, 70(11): 2184-2192.

Enkegaard, A. (1994) Temperature dependent functional response of *Encarsia Formosa* parasitizing the poinsetia-strain of the cotton whitefly, *Bemisiatabaci* on poinsetia. *EntomologiaExperimentalisetApplicata*, 73: 19-29.

Farazmand, A. & Iranipour, S. (2006) Functional response of *Trichogramma brassicae* Bez. (Hym.: Trichogrammatidae) to different densities of *Anagasta kuehniella* and *Plodia interpunctella* Hub. in laboratory condition. *Iranian Journal of Plant Protection Science.* 39(1): 67-72

Farrokhi, S., Ashouri, A., Shirazi, J., Allahyari, H. & Huigens, M. E. (2010) A comparative study on the functional response of *Wolbachia*-infected and uninfected forms of the parasitoid wasp *Trichogramma brassicae*. *Journal of Insect Science*, 10(167): 1-11.

Fathipour, Y., Kamali, K., Khalghani, J. & Abdollahi, G. (2001) Functional response of *Trissolcus grandis* (Hym., Scelionidae) to different egg densities of *Eurygaster integriceps* (Het., Scutelleridae) and effects of wheat genotypes on it. *Applied Entomology and Phytopathology*, 68(1): 123-136.

Fathipour, Y., Hosseini, A., Talebi, A. A. & Moharramipour, S. (2006) Functional response and mutual interference of *Diaeretiellarapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) on *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). *Entomologica Fennica*, 17(2): 90-97.

Fernández-arhex, V. & Corley, J. C. (2003) The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology*, 13(4): 403-413.

Fransen, J. J. & van Montfort, M. A. J. (1987) Functional response and host preference of *Encarsia formosa* Gahan (Hym.,Aphelinidae), a parasitoid of greenhouse whitefly *T. vaporariorum* (Westwood) (Hom., Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology*, 103(1-5): 55-69.

Gorman, K., Hewitt, F., Denholm, I., & Devine, G. J. (2002) New developments in insecticide resistance in the glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in the UK. *Pest Management Science*, 58: 123-130.

www.SID.ir

Archive of SID

Greenberg, S. M., Legaspi Jr., B. C. & Jones, W. A. (2001) Comparison of functional response and mutual interference between two aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Entomological Science*, 36(1): 1-8.

Hidayat, S. & Rahmayani, E. (2007) Transmission of tomato leaf curl begomo virus by two different species of whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae). *Plant Pathology*, 23: 57–61.

Hoddle, M. S., van Driesche, R. G. & Sanderson, J. P. (1998) Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annual Review of Entomology*, 43: 645-669.

Holling, C. S. (1959) Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, 91: 385-398.

Holling, C. S. (1966) The functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 98(S48): 5-86.

Hu, J. S., Gelman, D. B. & Blackburn, M. B. (2002) Growth and development of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae): Effect of host age. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 49(3), 125-136.

Hua, L. Z., Lammes, F., van Lenteren, J. C., Huisman, P. W. T., Vianen, A. V. & De Ponti, O. M. B. (1987) The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera, Aleyrodidae).XXV. Influence of leaf structure on the searching activity of *Encarsia formosa*. *Journal of Applied Entomology*, 104(1-5): 297-304.

Hulspas-Jordan, P. & van Lenteren, J. (1989) The parasite – host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). XXX. Modeling population growth of greenhouse whitefly on tomato. *Wageningen Agricultural University papers*, 89(2): 1-54.

Juliano, S. A. (2001) Non-linear curve fitting: predation and functional response curves. In: *Scheiner,S.M. and Gurevitch, J. (eds.). Design and analysis of ecological experiments*. New York: Chapman and Hall. pp: 178–196.

Kajita, H. & van Lenteren, J. C. (1982) The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera, Aleyrodidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 93(1-5): 430-439.

Karatolos, N., Denholm, I., Williamson, M., Nauen, R. & Gorman, K. (2010) Incidence and characterisation of resistance to neonicotinoid insecticides and pymetrozine in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*; 66: 1304-1307.

Kasraee, N., Asgari, S., Zamani, A. A., Moeeny Naghadeh, N. & Mahjoob, M. (2017) Functional response of Sunn pest egg parasitoid, *Trissolcus vassilievi* (Hym., Scelionidae) in response to thermal traits. *Journal of Crop Protection*; 6(2): 215-223.

Kennedy, G. G. (2003) Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Annual Review of Entomology*, 48(1): 51-72.

Mahdavi, V., Saber, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Mehrvar, A. & Hassanpour, M. (2013) Efficacy of pesticides on the functional response on larval ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46(7): 841-848.

Moezipour, M.; Kafil, M. & Allahyari, H. (2009) Effect of temperature on functional response of carob moth egg parasitoid, *Trichogramma brassicae* Bezdenko. (Hym.:Trichogrammatidae), collected from pomegranate orchards of Yazd. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 39(1): 73-79 [In Persian with English summary].

Mostaghimi, N.; Fathi, S. A. F. & Nouri Ganbalani, G. (2010) Functional response of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hym.:Braconidae) to various densities of two hosts,

www.SID.ir

Archive of SID

Ephestia kuehniella Zeller and *Plodia interpunctella* Hubner (Lepidoptera: Pyralidae). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 41(1): 1-8 [In Persian with English summary].

Mottaghinia, L., Hassanpour, M., Razmjou, J., Hosseini, M. & Chamani, E. (2016) Functional Response of *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) to *Aphisgossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae): Effects of vermicompost and host plant cultivar. *Neotropical Entomology*, 45(1): 88-95.

Nechols, J. R. & Tauber, M. J. (1977) Age-specific interaction between the greenhouse whitefly and *Encarsia formosa*: influence of host on the parasite's oviposition and development. *Environmental Entomology*, 6(1): 143-149.

Nikbin, R., Sahragard, A., & Hosseini, M. (2014). Age-specific functional response of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitizing different egg densities of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, *16*(6), 1217-1227.

Noldus, L. P., Rumei, X. & van Lenteren, J. (1986) The parasite-host relationship between *Encarsia formosa*Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Trialeurodesvaporariorum* (Westwood) (Homoptera, Aleyrodidae) XIX. Feeding site-selection by the greenhouse whitefly. *Journal of Applied Entomology*, 101(1-5): 492-507.

Ovčarenko, I., Lindström, L., Saikkonen, K. & Vänninen, I. (2014) Variation in mortality among populations is higher for pymetrozine than for imidacloprid and spiromesifen in *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouses in Finland. *Pest Management Science*, 70(10): 1524-1530.

Pasandideh, A.; Talebi, A.A.; Hajighanbar, H. & Tazerouni, Z. (2015) Host stage preferenceand age- specific functional response of *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) a parasitoid of *Acyrthosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of crop protection*, 4(4), 563-575.

Perera, P. A. C. R. (1982) Some effects of insecticide deposit patterns on the parasitism of *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia formosa*. *Annals of Applied Biology*, 101(2): 239-244.

Perkins, H. H. (1983) Identification and processing of honeydew-contaminated cottons. *Textile Research Journal*, 53(8): 508-512.

Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., Mc Pheron, B. A., Thompson, J. N., & Weis, A. E. (1980) Interaction among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematic*s, 11:41-65.

Schauff, M., Evans, G. & Heraty, J. (1996) A pictorial guide to the species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitic on whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). In: *North America Proceeding of Entomology. Entomological Society of Washington*, 98: 1-35.

Shishehbor, P. & Brennan, P. (1995) Parasitism of *Trialeurodes ricini* by *Encarsia formosa*: level of parasitism, development time and mortality on different host plants. *Entomophaga*, 40(3/4): 299-305.

Shishehbor, P. & Brennan, P. (1996) Functional response of *Encarsia formosa* (Gahan) parasitizing castor whitefly, *Trialeurodes ricini*Misra (Hom.,Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology*, 120(1-5): 297-299.

Shishehbor, P. & Zandi-Sohani, N. (2011) Investigation on functional and numerical responsesof *Encarsia acaudaleyrodis* parasitizing *Bemisia tabaci* on cucumber. *Biocontrol Science and Technology*, 21(3): 271-280.

www.SID.ir

Archive of SID

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

Tazerouni, Z., Talebi, A. A., Fathipour, Y., & Soufbaf, M. (2016). Age-specific functional response of *Aphidius matricariae* and *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae) on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical entomology*, 45(6), 642-651.

van Lenteren, J. & Woets, J. (1988) Biological and integrated control in greenhouses. *Annual Review of Entomology*, 33: 239-269.

van Lenteren, J., Hua, L. Z., Kamerman, J. W. & Rumei, X. (1995) The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hym., Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Hom., Aleyrodidae) leaf hairs reduce capacity of *Encarsia* to control greenhouse whitefly on cucumber. *Journal of Applied Entomology*, 119: 553-559.

van Lenteren, J., van Vianen, A., Gast, H.F. & Kortenhoff, A. (1987) The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)(Homoptera: Aleyrodidae).XVI. Food effects on oogenesis, ovipositin, life-span and fecundity of *Encarsia formosa* and other hymenopterous parasites. *Journal of Applied Entomology*, 103(1-5): 69-84.

van Roermund, H. & van Lenteren, J. (1995) Foraging behavior of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* on tomato leaflets. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 76(3): 313-324.

van Roermund, H., van Lenteren, J. & Rabbinge, R. (1997) Analysis of foraging behavior of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* on a plant: a simulation study. *Biocontrol Science and Technology*, 7(1): 131-152.

van Steenis, M. J. & El-Khawass, K. A. M. H. (1995) Behavior of *Aphidius colemani* searching for *Aphis gossypii*: functional response and reaction to previously searched aphid colonies. *Biocontrol Science and Technology*, 5(3): 339-348.

van Vianen, A., Rumei, X. & van Lenteren, J. C. (1988) The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera, Aleyrodidae).XXVII. Feeding-site selection by the greenhouse whitefly on different host-plant species. *Journal of Applied Entomology*, 105(1-5): 149-153.

Wang, B. & Ferro, D. N. (1998) Functional responses of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory and field conditions. *Environmental Entomology*, 27(3): 752-758.

Xu, H. Y., Yang, N. W., Duan, M. & Wan, F. H. (2016) Functional response, host stage preference and interference of two whitefly parasitoids. *Insect science*, 23(1): 134-144.

Yazdani Badabi, S. E.; Sahragard, A. & Karimi-Malati, A. (2015) Functional response of *Prospaltella berlesei* Howard (Hym.:Aphelinidae) on varying densities of different instars of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hem.:Diaspididae). *Plant pest research*, 4(4): 49-60 [In Persian with English summary]

www.SID.ir