

جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله و ظرفیت شکارگری سن *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از *Trialeurodes vaporariorum* روی سه محصول مهم گلخانه‌ای

محمدرضا باقری^۱، مهدی حسن پور^۱، علی گلی زاده^۱، شهرام فرخی^۲، محمدامین سمیع^۳

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۳- مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

۴- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر، رفسنجان

مسئول مکاتبات: محمدرضا باقری، پست الکترونیک: bagheri_mr@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۳

۹۶-۱۷۷(۲)

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۰۱

چکیده

سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* یکی از مهمترین دشمنان طبیعی سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* می‌باشد. در این تحقیق جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله و توانایی شکارگری این شکارگر در تغذیه از پوره‌های سن دوم سفیدبالک گلخانه در دمای 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری $16:8$ ساعت (تاریکی: روشنایی) روی سه گیاه بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. میانگین‌ها و خطای معیار براساس روش بوت‌استرپ با یک صد هزار تکرار محاسبه شد. براساس نتایج به‌دست آمده مدت زمان نشو و نمای مراحل نابالغ (از تخم تا ظهور حشرات بالغ) در سه گیاه میزبان یاد شده به ترتیب $23/94 \pm 0/12$ ، $22/94 \pm 0/27$ و $22/43 \pm 0/21$ روز، طول عمر حشرات بالغ ماده به ترتیب $21/2 \pm 0/49$ ، $25 \pm 0/24$ و $24/2 \pm 0/78$ روز و نرها $26/16 \pm 1/91$ ، $28/92 \pm 1/46$ و $29/25 \pm 1/43$ روز و میانگین تعداد تخم گذاشته شده توسط هر حشره‌ی ماده در طول زندگی به ترتیب $84/36 \pm 3/17$ ، $114/44 \pm 2/32$ و $122/73 \pm 4/92$ به‌دست آمد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) شکارگر روی بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب $0/111 \pm 0/054$ ، $0/102 \pm 0/052$ و $0/111 \pm 0/054$ (روز^{-۱}) و نرخ خالص تولید مثل (R_0) به ترتیب $30/13 \pm 4/94$ ، $40/87 \pm 6/6$ و $52/6 \pm 7/53$ (تخم) محاسبه شد. بالاترین نرخ خالص شکارگری (C_0) روی گیاه گوجه‌فرنگی ($1803/59 \pm 135/9$) پوره‌ی سفیدبالک/شکارگر ثبت شد که با دو تیمار دیگر ($1337/17 \pm 114/27$ در خیار و $1163/27 \pm 105/81$ در بادمجان) تفاوت معنی‌داری داشت. تفاوت در نرخ تبدیل جمعیت شکار به نتاج شکارگر (Q_p) در گیاهان میزبان معنی‌دار نبود و به ترتیب $34/29 \pm 3/12$ ، $32/72 \pm 3/97$ و $38/61 \pm 4/41$ پوره به ازای تولید یک عدد تخم شکارگر در گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان محاسبه شد. در مجموع، در این تحقیق گوجه‌فرنگی در مقایسه با دو گیاه دیگر میزبان مناسب‌تری برای نشو و نما و فعالیت شکارگری این سن شکارگر ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله، سفیدبالک گلخانه، کنترل بیولوژیک، نرخ شکارگری، *Nesidiocoris tenuis*

مقدمه

این سه محصول مهم است که به اغلب سموم رایج مقاوم شده است. تاکنون ۱۱۱ گزارش از مقاوم شدن آن به ۲۲ نوع ترکیب حشره‌کش در محصولات مهمی مانند خیار، گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی و گیاهان زینتی ثبت شده است (pesticideresistance.com) که آخرین آن‌ها ترکیبات نئونیکوتینوئیدی (ایمیداکلوپرید و استامی‌پرید)، تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات (بوپروفزین و اسپیرومزین) و

گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان سه محصول جالبی عمده‌ی کشور هستند. ایران در سال ۲۰۱۲ به ترتیب با تولید $6/8$ ، $1/8$ و $1/2$ میلیون تن از این محصولات در رتبه‌های ششم، دوم و سوم جهانی قرار داشت (faostat.org). سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) آفت خطرناک و مشترک

(2012 & 2009, *al.* به کار برده می شود. علاوه بر سفیدبالک ها، شکارگری روی پوره های تریپس غربی گل (Riudavets & Castane, 1998)، لاروهای مگس مینوز (*Liriomyza trifolii* (Agromyzidae) در ژربرا و گوجه فرنگی (Nucifora & Calaberta, 1986) و کدو سبز (*Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae) نیز گزارش شده است (Arzone *et al.*, 1990). کنه های تار عنکبوتی، تخم و لاروهای سنین اولیه ی بالپولکداران نیز مورد حمله ی این شکارگر قرار می گیرند (Vacante & Benuzzi 2002; Sanchez *et al.*, 2003; Calvo & Urbaneja 2003; Sanchez, 2008; Urbaneja *et al.*, 2005). گزارش شده است که این شکارگر قادر به تکمیل چرخه ی زندگی خود روی رژیم غذایی صرفاً گیاهی نیست (Urbaneja *et al.*, 2005) و صدمه ای هم که در اثر تغذیه به گیاه وارد می کند چندان معنی دار نمی باشد (Arno *et al.*, 2006 & 2010; Calvo *et al.*, 2012).

جدول زندگی یک گروه هم سن یک اصل پایه ای در مطالعات اکولوژی جمعیت بوده و توصیفی جامع از نشو و نما، زندهمانی و زادآوری یک جمعیت را به دست می دهد. شاخص های رشد جمعیت حشرات در مدیریت آفات و حفاظت از گونه های مفید کاربردی مهم و اساسی دارند (Chi & Yang, 2003; Farhadi *et al.*, 2011; Rounagh & Samih, 2014). جدول زندگی زادآوری با دنبال کردن زندهمانی گروهی از افراد هم سن و ثبت تمام رخدادهای زیستی آنها تا زمان مرگ آخرین فرد گروه ایجاد می شود (Carey, 1993). در روش مرسوم جدول زندگی زادآوری ویژه ی سنی (Birch, 1948) معمولاً ویژگی های افراد نر نادیده گرفته می شود که ممکن است منجر به بروز اشتباه در تجزیه و تحلیل داده های جدول زندگی و تصمیم های اتخاذ شده در مدیریت انبوهی آفات گردد (Chi, 1988; Chi & Yang, 2003). به نظر می رسد جدول زندگی دو جنسی سن - مرحله قادر است این اشکالات را برطرف کند.

در سیستم غذایی سه سطحی شامل گیاه، گیاه خوار و

پی متروزین می باشد (Garman, *et al.*, 2002; Bi & Toscano, 2007; Karatolos *et al.*, 2010 & 2012; Ovacarenko *et al.*, 2014). با توجه به این مسئله، اهمیت دشمنان طبیعی، به خصوص شکارگرها در کنترل بیولوژیک این آفت بیشتر آشکار می شود.

خانواده ی Miridae دارای بیش از ۹۸۰۰ گونه است. رژیم غذایی اغلب حشرات این خانواده گیاه خواری بوده و احتمالاً بیش از نیمی از آنها پوسیده خوار یا شکارگرهای اختیاری هستند، اما بعضی گونه ها صرفاً شکارگر می باشند (Wheeler, 2001). سن (*Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae) بومی کشورهای سواحل مدیترانه و خاورمیانه بوده که با حمل و نقل، تجارت و یا به صورت طبیعی به سایر نقاط جهان منتقل شده است (Wheeler & Henry, 1992). این حشره در ایران از استان های گیلان، تهران، اردبیل و زنجان گزارش شده است (Linnavuori 2007). با وجود گزارش هایی در مورد رفتار گیاه خواری این حشره (El-Dessouki *et al.*, 1976; Raman & Sanjayan, 1984; Vacante & Grazia, 1994) در سال های اخیر رفتار شکارگری این سن بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. به عنوان مثال Torreno & Magallona (1994) اطلاعاتی در مورد جفت گیری، دوره ی پیش از تخم گذاری، باروری، طول عمر، طول دوره ی پورگی، محل های تغذیه، توزیع فضایی، میزبان گیاهی جایگزین و دشمنان طبیعی سن ارائه کرده اند. ایشان متذکر شده اند که باروری، طول عمر و زندهمانی در یک رژیم غذایی متشکل از گیاه توتون و لارو نوکتوئید بیشتر از یک رژیم غذایی صرفاً گیاهی است. همچنین Libutan & Bernardo (1995) گزارش کرده اند که نشو و نما ی پوره ها روی رژیم غذایی جانوری (تخم نوکتوئید) سریع تر از رژیم غذایی گیاهی (گوجه فرنگی) است. این حشره دارای طیف شکار گسترده ای است و به صورت تجاری در قالب برنامه های کنترل بیولوژیک افزایشی (augmentative) برای کنترل آفات مهم گلخانه ای از جمله تخم و تمام سنین پورگی سفیدبالک ها (Kajita, 1978; Goula & Alomar, 1994; Malausa & Torthin-Caudal, 1996) و بید گوجه فرنگی (Calvo *et*

مواد و روش‌ها

پرورش گیاهان

بذور خیار (*Cucumis sativus* L.) رقم Ever green، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) رقم Hilario و بادمجان (*S. melongena* L.) رقم Lango در گلدان‌های پلاستیکی (۱۰×۵ سانتی‌متر) حاوی پیت ماس کاشته شد. گیاهچه‌ها تا زمان استفاده در آزمایش‌ها در اتاقک‌های رشد در دمای ۲۵±۲ درجه‌ی سلسیوس، دوره‌ی نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) و رطوبت نسبی ۶۵±۱۰ درصد، بدون استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی نگهداری شدند. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر هر ۳-۴ روز یک‌بار انجام و برای بهبود رشد بوته‌ها از محلول غذایی TE+(20-20-20) N.P.K استفاده شد. تعدادی از 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 از سایر گیاهچه‌ها برای انجام آزمایش استفاده شد.

ایجاد کلنی و پرورش حشرات

سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* از گلخانه‌های تجاری استان اصفهان جمع‌آوری و پس از اطمینان از صحت گونه‌ی مورد نظر، داخل قفس‌های فلزی به ابعاد ۶۰×۷۰×۱۱۰ سانتی‌متر که با پارچه‌ی توری ظریف پوشانده شده بودند در دمای ۲۵±۳ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰±۱۰ درصد و شرایط نوری طبیعی در گلخانه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان روی هر کدام از میزبان‌های گیاهی به‌طور جداگانه پرورش داده شد.

سن شکارگر *N. tenuis* از مزارع گوجه‌فرنگی استان اصفهان جمع‌آوری و پس از تأیید گونه توسط مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، روی گیاه توتون *Nicotiana tabacum* L. (رقم Turkish) با استفاده از تخم شب‌پره‌ی آرد *Ephestia kuehniella* Zeller (Castane & Zapata, 2005) و محلول آب قند (Urbaneja-Bernat et al., 2013) در شرایط محیطی ذکر شده پرورش داده شد. برای حفظ تنوع ژنتیکی جمعیت

دشمن طبیعی، گیاهان دارای تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم روی دشمنان طبیعی هستند (Price et al., 1980). ویژگی‌های فیزیکی گیاه نظیر کرک، موم و ضخامت برگ (Shishehbor & Brennan, 1995; Madadi et al., 2007; Voigt et al., 2007; Gholami Moghaddam et al., 2013) و ویژگی‌های بیوشیمیایی آن مانند مواد مترشحه، شهد و بوها (Sarraf Moayeri et al., 2006) می‌تواند به‌صورت مستقیم با تأثیر بر جلب، استقرار، ایجاد پناهگاه، مدت زمان اقامت روی گیاه (Van Laerhoven et al., 2006) و قدرت جستجوگری دشمنان طبیعی (Gholami Moghaddam et al., 2013) ویژگی‌های زیستی آن‌ها را دستخوش تغییراتی نماید. تأثیرات غیر مستقیم گیاهان میزبان بر دشمنان طبیعی به‌صورت تأثیر بر نشو و نما، اندازه، وزن، زادآوری، زنده‌مانی، طول عمر، استقرار (Price et al., 1980; Kasaei-Faradonbeh et al., 2015) و هضم‌پذیری (Barkhordar et al., 2013) گیاه‌خوار می‌باشد. گیاه میزبان با تغییر دادن کیفیت و کمیت گیاه‌خوار، شایستگی و کارایی آن را برای دشمن طبیعی تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تاکنون جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله برای توصیف پارامترهای زیستی گونه‌های زیادی مورد استفاده قرار گرفته است (Yu et al., 2005; Atlghan & Chi, 2008; Kavousi et al., 2009; Schneider et al., 2009; Farhadi et al., 2011, Rounagh & Samih, 2014; Sarraf Moayeri et al., 2014). اما براساس بررسی منابع صورت گرفته، این تحقیق نخستین کاربرد جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله برای مطالعه‌ی پارامترهای زیستی و رشد جمعیت سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* است.

در تحقیق حاضر تأثیر سه میزبان گیاهی بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی روی پارامترهای زیستی و رشد جمعیت سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* مورد بررسی قرار گرفت تا با روشن شدن بخشی از برهمکنش‌های بین این عوامل، بتوان گام مؤثری در راستای کنترل بهتر این آفت با استفاده از سن شکارگر *N. tenuis* برداشت.

شکارگری حشره بر اساس روش (Perdikis 2002) از هر کدام از میزبان‌های گیاهی یک ساقه (به ارتفاع ۶-۷ سانتی‌متر و قطر ۳-۵ میلی‌متر) و یک برگ کامل یا قسمتی از آن که دارای تعداد معینی پوره‌ی سن دوم سفیدبالک گلخانه بود روی فوم قرار داده شد و به‌صورت روزانه تعداد طعمه‌ی خورده شده و تعداد تخم گذاشته شده شمارش و ثبت شد. از آنجا که این حشره تخم‌های خود را در بافت ساقه می‌گذارد شمارش دقیق آن‌ها، به‌خصوص هنگامی که ساقه از کرک پوشیده شده باشد امکان‌پذیر نیست (Sanchez *et al.*, 2009; Molla, *et al.*, 2014; Rozenberg *et al.*, 2015). لذا ساقه‌ها تا زمان ظهور پوره‌های سن اول نگهداری و با احتساب نرخ تفریح (به‌دست آمده از ۷۰ تخم اولیه) تعداد تخم گذاشته شده محاسبه شد (Hansen *et al.*, 1999; Perdikis, 2002). این عمل تا زمان مرگ همه‌ی افراد نر و ماده ادامه یافت. آزمایش در دمای 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

نرخ شکارگری هر یک از سنین پورگی و افراد نر و ماده‌ی بالغ سن *N. tenuis* هم‌زمان با بررسی جدول زندگی انجام شد. براساس آزمایش‌های مقدماتی برای تغذیه‌ی پوره‌های سنین اول تا پنجم شکارگر به‌ترتیب ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۴۰؛ افراد بالغ نر ۱۰۰ و افراد بالغ نر و ماده ۲۵۰ پوره‌ی سن دوم سفیدبالک گلخانه شمارش و در اختیار آن‌ها قرار داده شد. میزان تغذیه‌ی هر فرد پس از ۲۴ ساعت محاسبه و افراد به دیسک‌های برگ‌ی جدید منتقل می‌شدند. برای مشخص کردن نرخ شکارگری افراد ماده، نرخ شکارگری همان تعداد حشره‌ی نر به‌طور جداگانه محاسبه و میانگین روزانه‌ی آن‌ها از نرخ تغذیه‌ی روزانه‌ی هر جفت نر و ماده کسر شد (Farhadi *et al.*, 2011, Rounagh & Samih, 2014).

تجزیه‌ی داده‌ها

وقایع روزانه‌ی تمام افراد از تولد تا مرگ شامل زمان رشدی تمام مراحل (تخم، پوره و حشره‌ی کامل)، جنسیت افراد (نر، ماده و افرادی که قبل از بلوغ مرده بودند) و زادآوری روزانه‌ی ماده‌ها براساس تئوری جدول زندگی

اولیه، به‌طور مرتب افرادی از حشرات مورد مطالعه از طبیعت جمع‌آوری و پس از اطمینان از صحت گونه به کلنی اضافه می‌شد. سن شکارگر تا پیش از انجام آزمایش‌ها، روی خیار، یک نسل و روی گوجه‌فرنگی و بادمجان بیش از دو نسل با تغذیه از پوره‌ی سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* پرورش داده شد.

مطالعه‌ی جدول زندگی و نرخ شکارگری

برای به‌دست آوردن یک گروه هم‌سن از شکارگر، گلدان‌های کوچک حاوی گیاهچه‌های ۶ تا ۸ برگی از هر سه میزبان گیاهی مورد مطالعه، در اختیار ۱۰ تا ۱۵ جفت سن شکارگر *N. tenuis* قرار داده شد تا روی آن‌ها تخم‌ریزی کنند. پس از ۱۲ ساعت حشرات بالغ حذف و گیاهچه‌ها برای یافتن تخم حشره، که در بافت ساقه گیاه گذاشته شده بودند، زیر استریومیکروسکوپ با بزرگنمایی 40x به‌دقت بررسی شدند. از هر گیاه ۷۰ تخم انتخاب و به همراه قطعات ساقه حاوی تخم در ظروف پتری با قطر ۶ سانتی‌متر که دارای یک لایه محلول آگار ۲٪ به‌ضخامت تقریبی دو میلی‌متر بود منتقل شد. به منظور ایجاد تهویه، سوراخی به قطر ۱۵ میلی‌متر روی درپوش ظروف پتری ایجاد و با پارچه‌ی توری مناسب پوشانده شد. ظروف پتری هر سه روز یک‌بار تا زمان ظهور پوره‌های سن اول تعویض شد. هر ۲۴ ساعت یک‌بار تخم‌ها بازدید و دوره‌ی جنینی و درصد تفریح تخم محاسبه شد. پوره‌های سن اول پس از ظهور به‌طور جداگانه به ظروف پتری با مشخصات مذکور منتقل و با تعداد معینی پوره‌های سفیدبالک با طول عمر کمتر از ۷ روز که روی همان میزبان گیاهی پرورش یافته بودند، روی دیسک‌های برگ‌ی به مساحت تقریبی ۸ سانتی‌متر مربع تغذیه شدند. تعداد شکار خورده شده، روند نشو و نمای پوره‌ها، تعداد و طول هر یک از سنین پورگی و زمان مرگ سنین مختلف محاسبه و ثبت شد. پس از ظهور بالغین، حشرات نر و ماده با عمر کمتر از یک روز به‌صورت جفت به ظروف استوانه‌ای شفاف به قطر ۶ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر منتقل شدند. هر استوانه در قسمت‌های جانبی و فوقانی دارای دریچه‌های تهویه‌ی هوا و در قسمت تحتانی پوشیده شده با فوم مرطوب بود. برای محاسبه‌ی پارامترهای زیستی و نرخ

(Chi, 2015). منحنی‌ها و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot 12.0 (Systat software Inc.) رسم شد.

نتایج و بحث

زیست‌شناسی و پارامترهای جدول زندگی

میانگین طول دوره‌های مراحل مختلف زندگی حشره در جدول (۱) نشان داده شده است. تجزیه‌ی داده‌ها نشان داد که طول دوره‌ی رشد جنینی شکارگر تحت تأثیر گیاه میزبان قرار ندارد. (Sanchez et al. (2009) و De Puyssseleyr et al. (2013) طول دوره‌ی جنینی این حشره را در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، روی گیاه گوجه‌فرنگی و با تغذیه از تخم *E. kuehniella*، 214 ± 0.9 ساعت (تقریباً ۸/۹ روز) برآورد کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. (Hughes et al. (2009) نیز طول دوره‌ی رشد جنینی این حشره را در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، روی توتون 9.4 ± 0.1 روز برآورد کردند که چندان متفاوت از نتایج تحقیق حاضر نیست. طول دوره‌ی زندگی سنین اول، سوم و چهارم پورگی در سه میزبان مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نداشت، اما سن دوم پورگی در بادمجان به‌طور معنی‌داری از مقادیر متناظر در خیار (CI: 0.88 & 0.41) و گوجه‌فرنگی (CI: 0.9 & 0.48) طولانی‌تر و سن پنجم پورگی در گوجه‌فرنگی از مدت مشابه در خیار (CI: 0.47 & 6.67) و بادمجان (CI: 0.62 & 0.16) کوتاه‌تر بود. طبق یافته‌های Urbaneja et al. (2005) و Sanchez et al. (2009) سن دوم پورگی بیشترین زمان را به‌خود اختصاص داده است که با تحقیق حاضر نیز هم‌خوانی دارد. کل دوره‌ی پیش از بلوغ در بادمجان با تفاوت معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر بیشتر طول کشید. در تحقیق حاضر طول دوره‌ی پورگی در بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب عبارت بودند از: 15 ± 0.15 ، 15.74 ± 0.24 و 14.67 ± 0.16 و 14.29 ± 0.16 روز. (Urbaneja et al. (2005) طول دوره‌ی پورگی این حشره را روی گوجه‌فرنگی و بادمجان و با تغذیه از تخم *E. kuehniella*، 12.8 ± 0.2 روز و روی فلفل شیرین 14.3 ± 0.2 روز برآورد کردند. (Sanchez et al. (2009)

دوجنسی سن - مرحله (Chi, 1988) و با استفاده از نرم‌افزار TWosex-MSChart (version 2015.002) تجزیه شد (Chi, 2015).

نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن (l_x)، نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن - مرحله (s_{xj}) (که در آن x و j به‌ترتیب بیان‌گر سن و مرحله‌ی رشدی است)، باروری ویژه‌ی سن - مرحله (f_{xj})، زادآوری ویژه‌ی سن (m_x)، نرخ مصرف ویژه‌ی سن - مرحله (c_{xj}) (میانگین تعداد طعمه‌ی شکار شده به وسیله‌ی افراد شکارگر در سن x و مرحله‌ی j)، نرخ شکارگری ویژه‌ی سن (k_x)، نرخ خالص شکارگری ویژه‌ی سن ($l_x k_x$) و پارامترهای جمعیت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ خالص تولید مثل (R_0) و میانگین مدت زمان نسل (T) طبق روابط مربوطه محاسبه شدند (Chi & Liu, 1985; Chi, 1988). پارامتر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) براساس معادله‌ی اولبر - لوتکا، $\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$ برآورد شد (Goodman, 1982). برای تکراردار کردن پارامترها از روش Bootstrap با یک‌صدهزار تکرار استفاده و میانگین‌ها و خطای معیار (SE) محاسبه و با استفاده از آزمون Bootstrap جفت شده، اختلاف‌ها براساس فاصله‌ی اطمینان ۹۵٪ در برنامه TWosex-MSChart (version 2015.002) مقایسه شدند. چنانچه فاصله‌ی اطمینان در بردارنده‌ی صفر بود میانگین‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بودند (Smucker, et al., 2007).

نرخ شکارگری ویژه‌ی سن (k_x) که میانگین تعداد پوره‌های سفیدبالک خورده شده توسط سن شکارگر *N. tenuis* در سن x است، با استفاده از فرمول $k_x = \frac{\sum_{x=0}^{\infty} r_{xj} c_{xj}}{\sum_{x=0}^{\infty} s_{xj}}$ و نرخ خالص شکارگری (C_0) که میانگین تعداد شکار خورده شده توسط یک فرد شکارگر در کل دوره‌ی زندگی آن است از فرمول $C_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x k_x$ محاسبه شد. نرخ تبدیل جمعیت شکار به نتاج شکارگر (Qp) که نسبت شکارگری خالص به تولیدمثل خالص را نشان می‌دهد، از فرمول $Qp = \frac{C_0}{R_0}$ محاسبه شد (Chi & Yang, 2003). داده‌های نرخ شکارگری به کمک نرم‌افزار CONSUME-MSChart (version 2015.002) تجزیه شد

طول دوره‌ی قبل از تخم‌گذاری (APOP) افراد ماده‌ی *N. tenuis* در میزبان‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت (جدول ۲). (De Puyseleyn et al. (2013). دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری *N. tenuis* را $2/2 \pm 0/05$ روز محاسبه کردند. طول کل دوره‌ی قبل از تخم‌گذاری (از زمان تولد تا شروع تخم‌گذاری یا TPOP) در گوجه‌فرنگی و خیار بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر به ترتیب $26/5$ و 27 روز بود. طول این دوره در بادمجان $27/8$ روز بود که فقط با گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری داشت (CI: 0.53 & 2.07). این تفاوت می‌تواند ناشی از طولانی‌تر بودن طول دوره‌ی پیش از بلوغ حشره در بادمجان نسبت به دو میزبان دیگر باشد (جدول ۲).

طول دوره‌ی تخم‌گذاری سن شکارگر *N. tenuis* در بادمجان به صورت معنی‌داری از گوجه‌فرنگی (CI: 49.76 & 26.99) و خیار (CI: 37.72 & 22.42) کوتاه‌تر بود، اما طول این دوره در گوجه‌فرنگی و خیار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (CI: 18.89 & -2.27).

ارزش تولید مثلی (v_{ij}) تعداد نتاجی است که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن x و مرحله‌ی z تولید شود. به عبارت دیگر، سهم یک فرد در سن x و مرحله‌ی z جمعیت بعدی را به صورت کمی نشان می‌دهد (Fisher, 1930; Pianka, 1994). بنابراین، ارزش تولیدمثلی یک فرد تازه متولد شده (v_{01}) دقیقاً برابر نرخ متناهی افزایش جمعیت است (Yang & Chi, 2006). نتایج نشان داد که ارزش تولید مثلی سن شکارگر *N. tenuis* به طور معنی‌داری در زمان ظهور حشره‌ی کامل ماده افزایش می‌یابد. ارزش تولید مثلی این گونه در گوجه‌فرنگی از حداکثر ۲۳ برای پوره‌ی سن پنجم در روز بیست و چهارم، به بیش از ۵۷ در روز سی‌ام برای حشره‌ی ماده رسید و پس از آن به تدریج کاهش یافت. همین روند برای دو میزبان دیگر یعنی خیار و بادمجان نیز رخ داد (شکل ۲). مقادیر به دست آمده برای ارزش تولید مثلی نشان می‌دهد که افراد ماده در گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان به ترتیب در سنین ۳۰، ۲۹ و ۲۸ روزگی بیشترین مشارکت را در تشکیل نسل آینده دارند.

طول این دوره را در گوجه‌فرنگی $12/9 \pm 0/36$ روز و (Molla et al. (2014) طول این دوره را روی گوجه‌فرنگی و با تغذیه از تخم *T. absoluta* $13/07 \pm 0/13$ روز و با تغذیه از تخم *E. kuehniella* $12/82 \pm 0/12$ روز برآورد کردند که اندکی کوتاه‌تر از مدت زمان برآورد شده در بررسی حاضر می‌باشد. همچنین (De Puyseleyn et al. (2013) طول دوره‌ی پورگی این سن را در گوجه‌فرنگی $14/74 \pm 0/12$ روز برآورد کردند که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد. در تحقیقی دیگر (Hughes et al. (2009) طول دوره‌ی پیش از بلوغ این حشره را روی توتون، در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و با تغذیه از تخم *E. kuehniella* $23 \pm 0/2$ روز محاسبه کردند. در بررسی گونه‌های دیگری از همین خانواده، (Fauvel et al. (1987) خصوصیات زیستی سن *Macrolophus caliginosus* Wagner را روی گوجه‌فرنگی در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و با تغذیه از *T. vaporariorum* بررسی و طول دوره‌ی جنینی و پورگی را به ترتیب $11/4$ و $18/94$ روز برآورد کردند. (Perdikis & Lykouressis (2000) نیز طول دوره‌ی پورگی سن *Macrolophus pygmaeus* Rambur را در شرایط فوق‌الذکر $17/05 \pm 0/32$ روز ذکر کردند که از پارامترهای برآورد شده در این تحقیق برای *N. tenuis* طولانی‌تر است.

طول دوره‌ی زندگی حشره از زمان تولد (تخم) تا مرگ در میزبان‌های گیاهی مورد بررسی بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر متفاوت بود. بیشترین طول دوره‌ی زندگی *N. tenuis* در گوجه‌فرنگی و کمترین آن در بادمجان ثبت شد. اختلاف در طول دوره‌ی زندگی نرهای بالغ نیز در هر سه میزبان مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). اما تفاوت در طول عمر حشرات ماده‌ی بالغ در بادمجان با گوجه‌فرنگی (CI: 4.17 & 0.34) و خیار (CI: 2.8 & 0.69) معنی‌دار و از آن‌ها کوتاه‌تر بود. مقایسه‌ی میانگین طول عمر نرها در برابر ماده‌ها نشان داد که در هر سه میزبان گیاهی طول عمر نرها به طور معنی‌داری از ماده‌ها بیشتر است (خیار: CI: 1.05 & 6.79، گوجه‌فرنگی: CI: 8.24 & 1.87 و بادمجان: CI: 8.81 & 1.11).

نامناسب بودن میزان برای تخم گذاری می‌تواند باعث بروز چنین رفتاری از سوی حشره‌ی ماده شود.

امید به زندگی ویژه‌ی سن - مرحله‌ی رشد (e_{xj}) کل مدت زمانی را نشان می‌دهد که انتظار می‌رود هر فرد با سن x و مرحله‌ی رشدی z زنده بماند و با افزایش سن کاهش می‌یابد. جدول زندگی سن - مرحله‌ی دوجنسی تفاوت امید به زندگی بین مراحل رشد و حشرات بالغ نر و ماده را نیز مشخص می‌کند. امید به زندگی یک فرد تازه متولد شده‌ی سن شکارگر *N. tenuis* در بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۳۷/۹، ۳۸/۵ و ۴۲/۷ روز به دست آمد.

در این بررسی نسبت جنسی (ماده: جمعیت کل) سن *N. tenuis* در گوجه‌فرنگی ۰/۴۳، در خیار ۰/۳۶ و در بادمجان ۰/۳۵ بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. (Urbaneja et al., 2005) نسبت جنسی (نر: ماده) را در گوجه‌فرنگی ۱/۱/۲۹، در بادمجان ۱/۱/۵ و در فلفل شیرین ۱:۱ برآورد کردند. نسبت جنسی منشأ ژنتیکی ندارد و به احتمال زیاد مرتبط با نرخ تفریح، زنده‌مانی، جابجایی یا کیفیت غذا است (Shapiro et al., 2009). مشاهدات در مزارع و گلخانه‌ها نشان داد که درجه حرارت بالا و کمبود طعمه می‌تواند نسبت جنسی *N. tenuis* را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. البته طولانی‌تر بودن طول عمر نرها نسبت به ماده‌ها در تغییر نسبت جنسی جمعیت در طبیعت نیز مؤثر است.

نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن - مرحله (s_{xj})، یعنی احتمال این که یک تخم گذاشته شده تا سن x و مرحله‌ی z زنده بماند، در سه میزان مورد بررسی در شکل (۱) نشان داده شده است. منحنی‌های نرخ زنده‌مانی نشان می‌دهد که در مجموع، جمعیت سن شکارگر پرورش یافته روی گوجه‌فرنگی نسبت به دو میزان دیگر نرخ زنده‌مانی بالاتری دارد. این اختلاف ناشی از دوره‌ی زندگی طولانی‌تر بالغین و درصد مرگ و میر پایین‌تر مراحل پیش از بلوغ در گوجه‌فرنگی است. نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن (l_x)، زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) و باروری ویژه‌ی سن ($l_x m_x$) شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* نیز در شکل (۲) نشان داده شده است.

حشره‌ی ماده *N. tenuis* در طول زندگی خود در گوجه‌فرنگی $۱۲۲/۷۳ \pm ۴/۹۲$ تخم، در خیار $۲/۳۲ \pm ۱۱۴/۴۴$ و در بادمجان $۸۴/۳۶ \pm ۳/۱۷$ تخم تولید کرد. در این بررسی، حداکثر نرخ زادآوری ویژه‌ی سنی *N. tenuis* در هر سه گیاه میزان در سن ۳۰ روزگی (روز هفتم بلوغ) با تولید حدود ۹ عدد تخم رخ داد. به‌طور کلی، حشره‌ی ماده حدود ۷۰ درصد تخم‌های خود را در نیمه‌ی اول زندگی خود گذاشت و از سن ۳۵ روزگی به بعد میزان تخم‌ریزی به شدت کاهش یافت (شکل ۳). (Sanchez et al. (2009) تعداد تخم گذاشته شده توسط این حشره را روی گیاه گوجه‌فرنگی و با تغذیه از تخم شب‌پره‌ی آرد ۶۰ ± ۵ عدد برآورد کردند. این محققین متذکر شدند که داده‌ی ارائه شده در حقیقت ترکیبی از جفت‌گیری‌های موفق، تخم‌گذاری و زنده‌مانی تخم تا پوره‌ی سن اول است. آن‌ها برای برآورد تعداد تخم گذاشته شده به‌جای ساقه از برگ گوجه‌فرنگی استفاده کردند و علاوه بر آن فقط تعداد پوره‌های متولد شده را شمارش کردند. (Molla et al. (2014) نیز تعداد کل نتاج تولید شده توسط حشره‌ی ماده‌ی *N. tenuis* را با تغذیه از تخم *E. kuehniella* و تخم *T. absoluta* روی گوجه‌فرنگی و در دمای ۲۵ ± ۱ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب $۸۳/۷ \pm ۱۵/۰$ و $۳۸/۹ \pm ۶/۹$ عدد برآورد کردند که با مقادیر به دست آمده در این تحقیق تفاوت دارد. تفاوت در جمعیت‌های مورد بررسی، محتوای بیوشیمیایی و ساختمان فیزیکی گیاه میزبان، نوع طعمه و نحوه‌ی محاسبه زادآوری می‌تواند از دلایل متفاوت بودن نتایج به دست آمده در این بررسی‌ها باشد.

عوامل متعددی می‌تواند سبب کاهش نرخ زادآوری در بادمجان نسبت به میزان‌های دیگر باشد. از آن‌جا که سن شکارگر *N. tenuis* یک حشره گوشت‌خوار - گیاه‌خوار است، ترکیبات بیوشیمیایی گیاه میزبان و وجود بافت سفت و خشبی ساقه گیاه و کرک‌های متراکم به‌خصوص در ساقه‌های جوان می‌تواند از دلایل پایین بودن زادآوری حشره در این میزان باشد. مشاهده شد که در بادمجان حشره‌ی ماده تعدادی از تخم‌های خود را خارج از بافت ساقه، روی سطح گیاه و حتی ظرف پرورش می‌گذارد.

جدول ۱- طول دوره‌ی نشو و نمای مراحل مختلف زیستی سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف برحسب روز (n : تعداد افراد).

Table 1. Developmental time (day) of different stages of *Nesidiocoris tenuis* fed upon the nymph of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants (n : number of individuals).

| Developmental stage | Eggplant | | | Cucumber | | | Tomato | | |
|------------------------|----------|--------------------|------|----------|--------------------|------|--------|--------------------|------|
| | n | Mean | SE | n | Mean | SE | n | Mean | SE |
| Egg | 65 | 8.26 ^a | 0.08 | 65 | 8.29 ^a | 0.11 | 67 | 8.12 ^a | 0.1 |
| 1 st instar | 60 | 2.53 ^a | 0.07 | 59 | 2.53 ^a | 0.07 | 64 | 2.62 ^a | 0.06 |
| 2 nd instar | 58 | 4.38 ^a | 0.08 | 53 | 3.74 ^b | 0.09 | 61 | 3.69 ^b | 0.07 |
| 3 rd instar | 55 | 2.95 ^a | 0.1 | 51 | 2.67 ^a | 0.1 | 60 | 2.77 ^a | 0.06 |
| 4 th instar | 52 | 2.88 ^a | 0.11 | 50 | 2.72 ^a | 0.1 | 59 | 2.54 ^a | 0.07 |
| 5 th instar | 50 | 3.08 ^a | 0.09 | 49 | 2.96 ^a | 0.08 | 58 | 2.69 ^b | 0.07 |
| Total pre-adult | 50 | 23.94 ^a | 0.12 | 49 | 22.94 ^b | 0.27 | 58 | 22.43 ^b | 0.21 |
| Adult male | 25 | 26.16 ^a | 1.91 | 24 | 28.92 ^a | 1.46 | 28 | 29.25 ^a | 1.43 |
| Adult female | 25 | 21.2 ^b | 0.49 | 25 | 25 ^a | 0.24 | 30 | 24.2 ^a | 0.78 |

Means followed by the same letters in each row are not significantly different. The SEs were estimated using 100,000 bootstraps and compared by paired bootstrap test (comparison of 95% CI).

جدول ۲- طول دوره‌ی زندگی و پارامترهای تولیدمثلی افراد بالغ سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف (n : تعداد افراد).

Table 2. Adult longevity and reproductive parameters of *Nesidiocoris tenuis* fed upon the nymphs of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants (n : number of individuals).

| Parameters | Eggplant | | | Cucumber | | | Tomato | | |
|-----------------------------------|----------|--------------------|------|----------|---------------------|------|--------|---------------------|------|
| | n | Mean | SE | n | Mean | SE | n | Mean | SE |
| Adult longevity (day) | 70 | 37.93 ^a | 1.99 | 70 | 38.47 ^a | 2.16 | 70 | 42.71 ^a | 1.82 |
| Adult female longevity (day) | 25 | 45.08 ^b | 0.48 | 25 | 47.96 ^a | 0.5 | 30 | 46.83 ^a | 0.9 |
| Adult male longevity (day) | 25 | 50.16 ^a | 1.89 | 24 | 51.83 ^a | 1.47 | 28 | 51.46 ^a | 1.33 |
| Fecundity (egg/female) | 25 | 84.36 ^b | 3.17 | 25 | 114.44 ^a | 2.32 | 30 | 122.73 ^a | 4.92 |
| Adult preoviposition period (day) | 25 | 3.92 ^a | 0.18 | 25 | 4.04 ^a | 0.12 | 30 | 3.87 ^a | 0.11 |
| Total preoviposition period (day) | 25 | 27.8 ^a | 0.24 | 25 | 27 ^b | 0.48 | 30 | 26.5 ^b | 0.31 |
| Oviposition period (day) | 25 | 14.32 ^b | 0.4 | 25 | 17.48 ^a | 0.34 | 30 | 16.57 ^a | 0.68 |

Means followed by the same letters in each row are not significantly different. The SEs were estimated using 100,000 bootstraps and compared by paired bootstrap test (comparison of 95% CI).

Hughes et al. (2009) این نرخ را روی توتون ۹۴/۲٪ و De

Puyseleyr et al. (2013) و Mallo et al. (2014) آن را

روی گوجه‌فرنگی و با تغذیه از تخم *E. kuehniella*

به ترتیب ۹۳±۴٪ و ۸۹٪ برآورد کردند که از نرخ زنده‌مانی

محاسبه شده در این تحقیق کمی بیشتر است. علاوه بر

تفاوت در بیوتیپ شکارگر؛ نوع طعمه، میزبان گیاهی و

محیط آزمایش نیز می‌تواند در متفاوت بودن نرخ زنده‌مانی

مراحل پیش از بلوغ شکارگر مؤثر باشد.

پارامترهای رشد جمعیت

مقادیر تخمین زده شده برای نرخ ذاتی افزایش

جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ خالص

درصد مرگ و میر مراحل نابالغ *N. tenuis* روی سه

گیاه میزبان در جدول (۳) نشان داده شده است. بیشترین

درصد مرگ و میر در هر سه میزبان در مرحله‌ی تخم و

پوره‌ی سن اول رخ داد. کمترین مرگ و میر در گیاه

گوجه‌فرنگی (۱۷/۱ درصد) و بیشترین در خیار (۳۰ درصد)

و بادمجان (۲۸/۶ درصد) اتفاق افتاد. برهمن اساس، نرخ

زنده‌مانی مراحل پیش از بلوغ در سه میزبان مورد بررسی

به ترتیب عبارت بودند از: ۸۲/۹٪، ۷۰٪ و ۷۱/۴٪.

Urbaneja et al. (2005) نرخ زنده‌مانی مراحل پیش از بلوغ

N. tenuis را با تغذیه از تخم *E. kuehniella* روی

گوجه‌فرنگی ۷۳/۷٪ و روی بادمجان ۷۲/۷٪ برآورد کردند.

سن *N. tenuis* را روی گوجه‌فرنگی و با تغذیه از تخم *T. absoluta* و تخم *E. kuehniella* به ترتیب $0/089 \pm 0/001$ و $0/112 \pm 0/001$ و نرخ خالص تولیدمثل (R_0) آن را $15/28 \pm 0/42$ و $32/21 \pm 1/20$ تخم برآورد کرده که با مقادیر به دست آمده در تحقیق حاضر متفاوت است.

جدول ۳- نرخ مرگ و میر مرحله‌ای و نرخ زنده‌مانی مرحله‌ی پیش از بلوغ سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف.

Table 3. Immature stage mortality and pre-adult survival rates of *Nesidiocoris tenuis* fed upon the nymphs of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants.

| Stage | Mortality (%) | | |
|-------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | Eggplant | Cucumber | Tomato |
| Egg | 7.1 | 7.14 | 4.3 |
| 1 st instar | 7.1 | 8.57 | 4.3 |
| 2 nd instar | 2.8 | 8.57 | 4.3 |
| 3 rd instar | 4.2 | 2.86 | 1.4 |
| 4 th instar | 4.2 | 1.43 | 1.4 |
| 5 th instar | 2.8 | 1.43 | 1.4 |
| Total | 28.2 ^a | 30 ^a | 17.1 ^b |
| Pre-adult survival rate | 0.714 ± 0.054^b | 0.7 ± 0.057^b | 0.829 ± 0.048^a |

Means followed by the same letters in each row are not significantly different. The SEs were estimated using 100,000 bootstraps and compared by paired bootstrap test (comparison of 95% CI).

بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین مدت زمان نسل (T)، یا به عبارت دیگر مدت زمان لازم برای R_0 برابر شدن جمعیت، فقط بین گوجه‌فرنگی و بادمجان معنی دار است (جدول ۴). (Molla et al., 2014). میانگین مدت زمان نسل *N. tenuis* در گوجه‌فرنگی با تغذیه از تخم *T. absoluta* و تخم *E. kuehniella* را به ترتیب $30/57 \pm 0/11$ و $31/77 \pm 0/07$ روز گزارش کردند.

نرخ شکارگری سن *N. tenuis* در تغذیه از

پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum*

بالاترین نرخ خالص شکارگری (C_0) سن *N. tenuis* در گوجه‌فرنگی به دست آمد که به طور معنی داری از نرخ خالص شکارگری در خیار (CI: 815.75 & 118.9) و

تولید مثل (R_0) و میانگین طول یک نسل (T) در جدول (۴) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) سن شکارگر *N. tenuis* تحت تأثیر میزبان گیاهی قرار داشته و بین گوجه‌فرنگی و بادمجان از این نظر تفاوت معنی دار وجود دارد (CI: 3.04 & 3.15). اگرچه اختلاف در نرخ ذاتی افزایش جمعیت *N. tenuis* روی خیار با مقدار متناظر روی بادمجان (CI: 0.02 & -5.67) و گوجه‌فرنگی (CI: 2.18 & -6.21) معنی دار نیست. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) سن شکارگر در بادمجان از دو تیمار دیگر پایین تر است اما فقط با گوجه فرنگی تفاوت معنی دار دارد (CI: 3.39 & 3.53). تفاوت در مقدار این پارامتر در گوجه فرنگی و خیار معنی دار نبود (جدول ۴).

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ رشد سرانه‌ی جمعیت بوده و به عنوان یک پارامتر مقایسه‌ای برای مشخص کردن اثر تیمارهای مختلف از جمله کیفیت و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گیاه میزبان روی ظرفیت تولیدمثل حشره استفاده می‌شود (Southwood & Henderson, 2000). پارامترهای جدول زندگی حشره در بادمجان از جمله زادآوری پایین، طول دوره‌ی پیش از بلوغ طولانی تر و طول عمر کوتاه تر بالغین می‌تواند در پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) روی این گیاه نسبت به دو گیاه میزبان دیگر مؤثر باشد. در این بررسی با ثابت بودن گونه‌ی شکار، شرایط آزمایش و روش محاسبه، تنها میزبان گیاهی می‌تواند عامل تفاوت در پارامترهای محاسبه شده باشد.

مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که بر اساس نرخ خالص تولید مثل (R_0) سن شکارگر، سه گیاه میزبان در دو گروه مجزا قرار دارند. بالاترین نرخ خالص تولید مثل در گوجه‌فرنگی و پایین ترین آن در بادمجان به دست آمد که با یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند (CI: 4.77 & 40.23). نرخ خالص تولید مثل *N. tenuis* در خیار با مقدار متناظر روی گوجه‌فرنگی (CI: -7.87 & 31.41) و بادمجان (CI: -5.43 & 26.9) معنی دار نبود (جدول ۴). در تحقیقی دیگر (Molla et al., 2014) نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)

تخمین این پارامتر بسیار مهم است. انجام آزمایش با پوره‌های سنین بالاتر می‌تواند به درک بهتر تأثیر کمیّت و کیفیت طعمه بر تغییرات جمعیت شکارگر کمک کند.

در هر سه گیاه میزبان، تعداد پوره‌های شکارشده توسط سنین مختلف پورگی *N. tenuis* با افزایش سن افزایش یافت، اما به علت طولانی‌تر بودن سن دوم پورگی نسبت به سنین دیگر، تعداد کل طعمه‌ی شکار شده و نرخ خالص مصرف ویژه‌ی مرحله در سن دوم با سن سوم تفاوت زیادی ندارد، اما از تعداد طعمه‌ی خورده شده در سنین چهارم و پنجم کمتر و نرخ خالص مصرف ویژه‌ی آن از سنین مذکور پایین‌تر است (شکل ۴ و جدول ۵). میزان شکار حشرات ماده‌ی بالغ روی هر گیاه بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۲/۱۶، ۱/۷۸ و ۲/۵۹ برابر بیشتر از میزان شکار افراد بالغ نر است، که علت آن می‌تواند جثه‌ی بزرگتر حشرات ماده نسبت به حشرات نر (Sanchez et al., 2009) و نیاز آن‌ها به انرژی بیشتر برای تخم‌گذاری و توالی نسل باشد (جدول ۵). شکارگری افراد نر و ماده تا پایان عمر ادامه داشت، اما با افزایش سن و کاهش میزان تخم‌گذاری میزان آن به تدریج کاهش یافت (شکل ۵).

نرخ میانگین مصرف روزانه‌ی هر فرد در هر مرحله‌ی زندگی درک بهتری از میزان تغذیه‌ی روزانه‌ی افراد شکارگر به دست می‌دهد. بر اساس جدول (۶) پوره‌های سن اول شکارگر در گوجه‌فرنگی و خیار قادرند روزانه حدود ۱۰ عدد پوره‌ی سن دوم سفیدبالک را شکار کنند، اما میزان شکار در بادمجان کمی بیشتر از ۵ پوره بود. همچنین مشاهدات نشان داد که در این سن پورگی تقریباً هیچکدام از طعمه‌ها به طور کامل خورده نشدند. وجود موانع فیزیکی مانند کرک‌های بلند و متراکم در بادمجان می‌تواند یک عامل مهم در پایین بودن نرخ شکارگری در سن اول پورگی باشد. با بزرگتر شدن پوره‌ها اختلاف در میانگین تعداد شکار در میزبان‌های مختلف کمتر شد اما همچنان کمترین میزان طعمه‌ی شکار شده در بادمجان مشاهده شد (جدول ۶).

پارامتر ضریب وزنی (Weighting Coefficient) تأثیر مراحل مختلف زندگی شکارگر در کنترل جمعیت شکار را به صورت کمی بیان می‌کند. چنانچه ضریب وزنی حشرات

بادمجان (CI: 979.75 & 303.16) بیشتر بود (جدول ۵). با این حال، تفاوت در این پارامتر بین خیار و بادمجان معنی‌دار نبود (CI: 478.72 & -130.46). نرخ خالص شکارگری در حقیقت معادل سطح زیر منحنی $l_x k_x$ در شکل (۴) است. به دلیل طول عمر بالای حشرات بالغ نر و طولانی‌تر بودن مجموع سنین پورگی در بادمجان، علی‌رغم طول عمر کوتاه‌تر حشرات ماده و نرخ مصرف روزانه‌ی پایین‌تر، نرخ خالص شکارگری در بادمجان و خیار با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند.

جدول ۴- پارامترهای رشد جمعیت (میانگین \pm خطای معیار) سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف ($n=70$).

Table 4. Population growth parameters (Mean \pm SE) of *Nesidiocoris tenuis* fed upon the nymphs of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants ($n=70$).

| Parameters | Eggplant | | Cucumber | | Tomato | |
|------------|--------------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|
| | Mean | SE | Mean | SE | Mean | SE |
| r | 0.102 ^b | 0.0052 | 0.11 ^{ab} | 0.0054 | 0.11 ^a | 0.0046 |
| λ | 1.107 ^b | 0.006 | 1.11 ^{ab} | 0.006 | 1.122 ^a | 0.005 |
| R_0 | 30.13 ^b | 4.94 | 40.87 ^{ab} | 6.6 | 52.6 ^a | 7.53 |
| T | 33.5 ^b | 0.246 | 33.5 ^{ab} | 0.49 | 34.0 ^a | 0.468 |

Means followed by the same letters in each row are not significantly different. The SEs were estimated using 100,000 bootstraps and compared by paired bootstrap test (comparison of 95% CI).

نرخ تبدیل جمعیت شکار به نتاج شکارگر (Q_p) در خیار، بدون تفاوت معنی‌دار بیشتر از گوجه‌فرنگی بود (CI: 11.3 & -8.5). مقدار متناظر در بادمجان هر چند از خیار و گوجه‌فرنگی کمتر بود، اما این تفاوت نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود (به ترتیب CI: 17.57 & -5.68 و 15.13 & -6.05). این پارامتر که از تقسیم نرخ خالص شکارگر (C_0) بر نرخ خالص تولید مثل (R_0) به دست می‌آید، در حقیقت نشان می‌دهد که برای تولید یک عدد تخم توسط سن ماده، باید در گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان به ترتیب ۳۸/۶۱ \pm ۴/۴۱ و ۳۲/۷۲ \pm ۳/۹۷ و ۳۴/۲۹ \pm ۳/۱۲ پوره‌ی سن دوم سفیدبالک شکار شود. مسلماً اندازه و کیفیت طعمه در

گیاهان میزبان روی گیاه‌خواران و دشمنان طبیعی آن‌ها دارای اثرات مستقیم یا غیر مستقیم مثبت یا منفی هستند. دشمنان طبیعی در حقیقت بخشی از زرادخانه‌ی گیاهان در برابر هجوم گیاه‌خواران هستند. گیاهان بستر مناسبی برای تخم‌گذاری دشمنان طبیعی و منبع رطوبت لازم برای زنده‌مانی تخم هستند.

بالغ ماده، که دارای بالاترین نرخ شکارگری در سه میزبان مورد بررسی هستند، معادل یک در نظر گرفته شود، ضریب وزنی پوره‌های سن پنجم حدود ۰/۶، سن چهارم حدود ۰/۵ و حشرات بالغ نر بین ۰/۳ تا ۰/۵ به دست می‌آید. این پارامتر تأثیر مهم پوره‌های سنین چهارم و پنجم را در کنترل بیولوژیک سفیدبالک گلخانه مشخص می‌کند (جدول ۶ و شکل ۵).

جدول ۵- میانگین \pm خطای معیار تعداد پوره‌ی سفیدبالک *Trialeurodes vaporariorum* شکارشده در مراحل مختلف زندگی سن *Nesidiocoris tenuis* روی سه میزبان گیاهی مختلف. C_0 : نرخ خالص شکارگری، Q_p : نرخ تبدیل جمعیت شکار به نتاج شکارگر.

Table 5. Mean number (\pm SE) of nymphs of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* eaten by different stage/sex of *Nesidiocoris tenuis* on three different host plants. C_0 , net predation rate, Q_p , transformation rate from prey population to predator offspring.

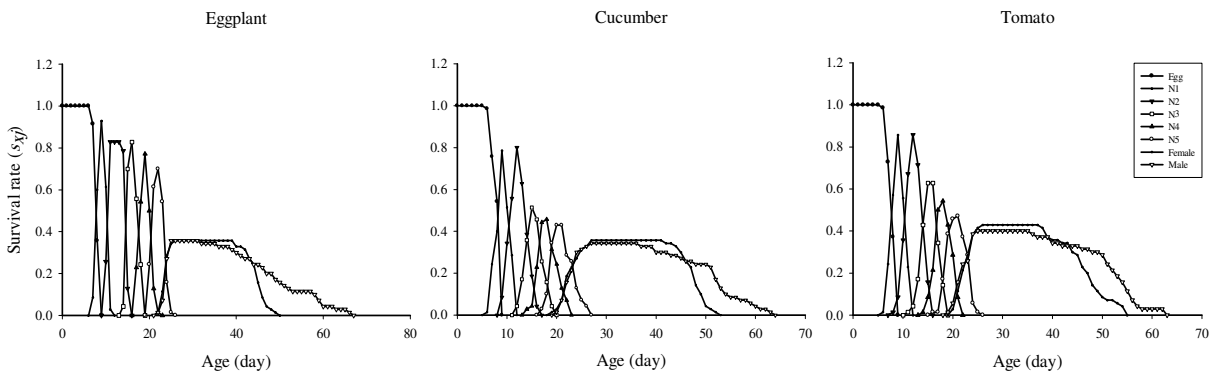
| Stage | Eggplant | | Cucumber | | Tomato | |
|------------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|-------|
| | Mean | SE | Mean | SE | Mean | SE |
| 1 st instar | 14.34 | 0.73 | 27.2 | 1.15 | 29.71 | 1.11 |
| 2 nd instar | 52.21 | 2.96 | 82.69 | 3.6 | 93.82 | 3.32 |
| 3 rd instar | 65.92 | 3.65 | 81.75 | 3.29 | 90.12 | 3.62 |
| 4 th instar | 105.9 | 9.57 | 92.66 | 4.1 | 111.03 | 5.94 |
| 5 th instar | 130.86 | 7.78 | 130.98 | 5.52 | 155 | 8.49 |
| Adult female | 1690.64 | 48.93 | 1825.72 | 46.27 | 2401 | 38.6 |
| Adult male | 781.8 | 52.32 | 1026 | 37.41 | 927.21 | 30.99 |
| C_0 | 1163.27 ^b | 105.81 | 1337.17 ^b | 114.27 | 1803.59 ^a | 135.9 |
| Q_p | 38.61 ^a | 4.41 | 32.72 ^a | 3.97 | 34.29 ^a | 3.12 |

Means followed by the same letters in each row are not significantly different. The SEs were estimated using 100,000 bootstraps and compared by paired bootstrap test (comparison of 95% CI).

جدول ۶- نرخ خالص مصرف ویژه‌ی مرحله، نرخ میانگین مصرف روزانه و ضریب وزنی مراحل مختلف زندگی سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* در سه میزبان گیاهی مختلف.

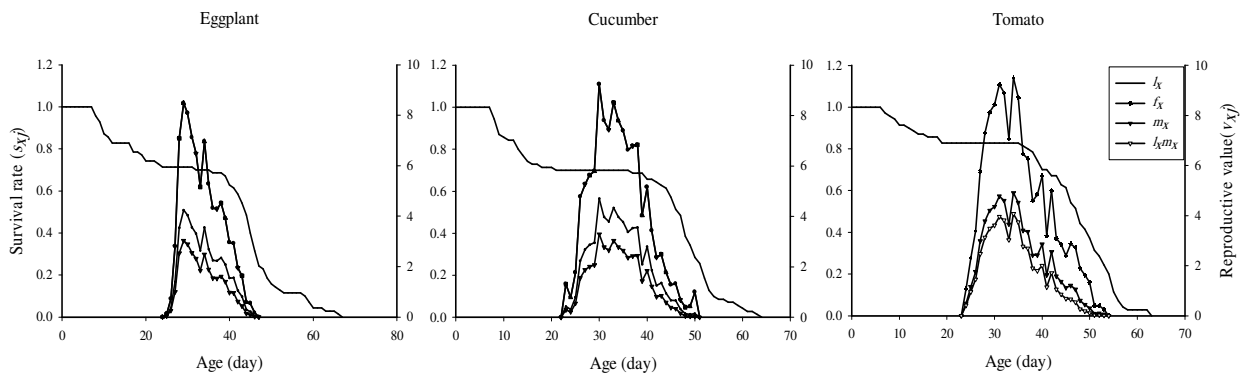
Table 6. Stage-specific net consumption rate, daily mean consumption rate and weighting coefficient of different stage/sex of *Nesidiocoris tenuis* in feeding on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants.

| Parameters | Host plant | 1st instar | 2nd instar | 3rd instar | 4th instar | 5th instar | Female | Male |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|--------|
| Stage-Specific Net Consumption Rate | Eggplant | 12.06 | 46.8 | 49.76 | 78.11 | 93.61 | 603.8 | 279.13 |
| | Cucumber | 22.86 | 54.34 | 66.31 | 74.21 | 101.51 | 655.9 | 361.99 |
| | Tomato | 26.77 | 81.84 | 77.24 | 92.6 | 128.43 | 1014.7 | 382 |
| Daily Mean Consumption Rate | Eggplant | 5.62 | 13.29 | 22.7 | 36.74 | 42.49 | 74.28 | 30.72 |
| | Cucumber | 10.19 | 18.47 | 30.34 | 37.92 | 48.01 | 73.47 | 37.05 |
| | Tomato | 10.90 | 21.3 | 32.18 | 43.8 | 59.14 | 99.23 | 32.65 |
| Weighting Coefficient | Eggplant | 0.076 | 0.179 | 0.306 | 0.495 | 0.572 | 1 | 0.414 |
| | Cucumber | 0.139 | 0.251 | 0.413 | 0.516 | 0.653 | 1 | 0.504 |
| | Tomato | 0.110 | 0.215 | 0.324 | 0.442 | 0.596 | 1 | 0.329 |



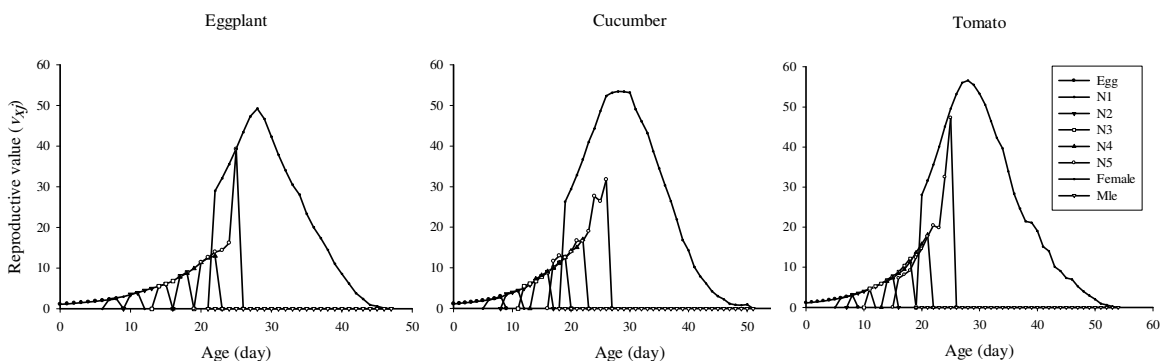
شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن - مرحله‌ی سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه میزبان گیاهی مختلف.

Fig. 1. Age-stage survival rate (s_{xj}) of *Nesidiocoris tenuis* in feeding on *Trialeurodes vaporariorum* nymphs on three different host plants.



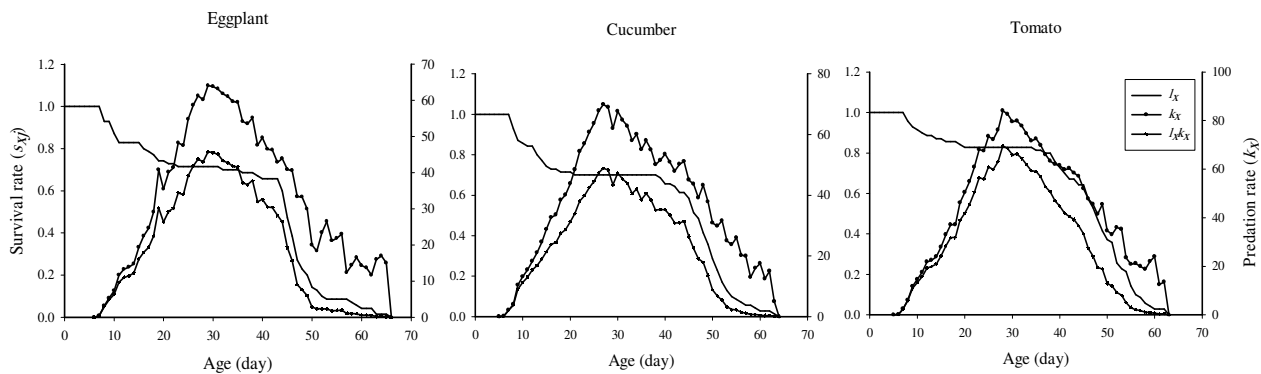
شکل ۲- نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن (l_x), باروری ویژه‌ی سن - مرحله‌ی (f_x), زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) و باروری ویژه‌ی سنی ($l_x m_x$) سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* در سه میزبان گیاهی مختلف.

Fig. 2. Age- specific survival rate (l_x), age- stage specific fecundity (f_x), age- specific fecundity (m_x) and age- specific maternity ($l_x m_x$) of *Nesidiocoris tenuis* in feeding on *Trialeurodes vaporariorum* nymphs on three different host plants.



شکل ۳- ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه میزبان گیاهی مختلف.

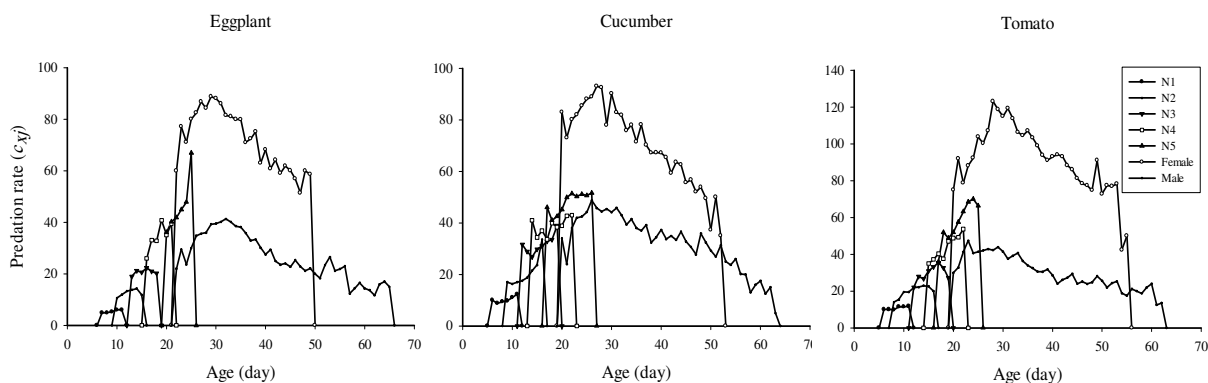
Fig. 3. The reproductive value (v_{xj}) of *Nesidiocoris tenuis* in feeding on *Trialeurodes vaporariorum* nymphs on three different host plants.



شکل ۴- نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن (l_x)، نرخ شکارگری ویژه‌ی سن (k_x) و نرخ خالص شکارگری ویژه‌ی سن ($l_x k_x$) سن شکارگر

Nesidiocoris tenuis در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه میزبان گیاهی مختلف.

Fig. 4. Age-specific survival rate (l_x), age-specific predation rate (k_x) and age-specific net predation rate ($l_x k_x$) of *Nesidiocoris tenuis* in feeding on *Trialeurodes vaporariorum* nymphs on three different host plants.



شکل ۵- نرخ شکارگری ویژه‌ی سن (c_{xj}) مراحل مختلف زندگی سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* در تغذیه از پوره‌های

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه میزبان گیاهی مختلف.

Fig. 5. Age-stage predation rate (c_{xj}) of different life stages of *Nesidiocoris tenuis* in feeding on *Trialeurodes vaporariorum* nymphs on three different host plants.

شکارگر *N. tenuis* از جمله مهم‌ترین دشمنان طبیعی آفات گلخانه‌ای است که تا سال‌های اخیر نقش آن در کنترل آفات، به ویژه سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* چندان واضح نبود (Urbaneja et al., 2005). تحقیقات اخیر نشان داده است که سودمندی این شکارگر در کنترل بیولوژیک آفات، به خصوص زمانی که طعمه‌ی جانوری در اختیار داشته باشد، بسیار بیشتر از میزان صدمه‌ای است که در اثر تخم‌گذاری یا تغذیه از بافت گیاه به آن وارد می‌کند (Sanchez et al., 2009; Calvo et al., 2012; Perez-Hedo et al., 2015). بادمجان، گوجه‌فرنگی، خیار، فلفل و لوبیا سبز می‌توانند به‌عنوان منابع مهم در افزایش نرخ زنده‌مانی و نشو و نمو افراد خانواده *Miridae*، از جمله

مراحل نابالغ و بالغین می‌توانند با تغذیه از گرده، شهد گل‌ها یا محتویات سلولی برگ و ساقه، مواد غذایی مورد نیاز خود را تأمین کنند. از سوی دیگر، بعضی از گیاه‌خواران می‌توانند ترکیبات سمی موجود در گیاهان میزبان را خنثی و در بدن خود ذخیره کنند که منجر به بروز اثرات سمی روی دشمنان طبیعی خواهد شد. به‌همین دلیل گیاهان می‌توانند پارامترهای زیستی، رشدی و فعالیت شکارگری حشرات شکارگر را تحت تأثیر قرار دهند (Price et al., 1980). حشرات خانواده‌ی *Miridae* که دارای رفتار گوشتخوار-گیاه‌خواری (zoophytophagy) هستند از این نظر بیشتر تحت تأثیر میزبان گیاهی خود قرار می‌گیرند. سن

تأثیر قرار می‌دهند. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی مختلف گیاهان میزبان باشد که به‌طور مستقیم (با تأثیر بر ویژگی‌های حشره‌ی گیاه‌خوار) و غیرمستقیم (با تأثیر بر استقرار دشمن طبیعی) روی پارامترهای اندازه‌گیری شده‌ی سن شکارگر اثر می‌گذارد. پارامترهای زیستی و تولیدمثلی این شکارگر در خیار نیز نشان‌دهنده‌ی ظرفیت بالای آن در کنترل سفیدبالک گلخانه در این محصول است. براساس بررسی منابع صورت گرفته تاکنون تحقیق جامعی در مورد استفاده از سن شکارگر *N. tenuis* در کنترل سفیدبالک گلخانه روی خیار به‌عمل نیامده است و تحقیق حاضر احتمالاً اولین بررسی در این زمینه بوده و نتایج آن می‌تواند در تحقیقات تکمیلی بعدی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به تغذیه‌ی پوره‌ها و حشرات بالغ *N. tenuis* از برگ و گل خیار (مشاهدات شخصی و Arno et al., 2010) توصیه می‌شود قبل از تصمیم‌گیری در مورد استفاده از این عامل بیولوژیک در این محصول، سایر جنبه‌های رفتاری و تغذیه‌ای آن روی خیار، از جمله میزان خسارت در شرایط با و بدون طعمه‌ی جانوری مورد بررسی قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد که بدین وسیله قدردانی می‌شود. همچنین از پروفیسور Hsin Chi از دانشگاه ملی Chung Hsing تایوان، دکتر Juan Ortiz Cortez از مؤسسه‌ی Entomotech اسپانیا، دکتر اورنگ کاوسی از دانشگاه زنجان و دکتر شهرام شاهرخی خانقاه از مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور به‌خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان، از دکتر علی‌مراد سرافرازی به‌خاطر شناسایی گونه‌ی *N. tenuis*، از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به‌خاطر مساعدت‌ها و تأمین امکانات مورد نیاز و از سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان به‌خاطر تأمین بخشی از هزینه‌های این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

N. tenuis مطرح باشند (Perdikis & Lykouressis, 2000) حشرات شکارگر این خانواده واکنش‌های متفاوتی به نوع گیاه میزبان نشان می‌دهند. در یک تحقیق نشان داده شد که سن شکارگر *M. pygmaeus* زمانی که طعمه‌ی جانوری در اختیار نداشت، روی بادمجان در مقایسه با گوجه‌فرنگی دارای نرخ ذاتی افزایش جمعیت بالاتر و باروری و طول عمر بیشتری بود (Perdikis & Lykouressis, 2004). در آزمایشی دیگر همین گونه وقتی روی بادمجان از *Myzus persicae* (Sulzer) تغذیه کرد در مقایسه با تغذیه از *T. vaporariorum* در گوجه‌فرنگی دارای پارامترهای زیستی مطلوب‌تری بود (Perdikis & Lykouressis, 2002). با این حال Urbaneja et al. (2005) نشان دادند که گوجه‌فرنگی در مقایسه با فلفل شیرین و بادمجان در هر دو شرایط با و بدون طعمه‌ی جانوری میزبان مطلوب‌تری برای *N. tenuis* است. در تحقیق دیگری Perdakis & Lykouressis (2003) گزارش کردند که *M. caliginosus* قادر به استقرار در خیار آلوده به شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glover نیست و آفت به‌دلیل ترشح بسیار زیاد عسلک از زنده‌مانی و افزایش جمعیت شکارگر ممانعت می‌کند. همچنین Gabara et al. (1995) استفاده از *Dicyphus tamaninii* Wagner را در خیار، با توجه به صدمه‌ی ناچیز آن به میوه و کنترل مناسب سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* قابل توجه می‌دانند. تحقیق حاضر نیز نشان داد که *N. tenuis* بین سه گیاه میزبان مورد بررسی، روی گوجه‌فرنگی دارای بالاترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولیدمثل، کمترین میزان تلفات پیش از بلوغ و بالاترین نرخ باروری و نرخ خالص شکارگری است. با این حال، قضاوت نهایی در مورد استفاده‌ی موفق از این شکارگر در کنترل سفیدبالک گلخانه روی این محصول نیازمند مطالعات تکمیلی بیشتری است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزبان‌های گیاهی مختلف نرخ شکارگری و پارامترهای زیستی و تولیدمثلی این شکارگر را به‌طور معنی‌داری تحت

References

- Arno, J., Castane, C., Riudavets, J., Roig, J. & Gabarra, R. 2006. Characterization of damage to tomato plants produced by the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*. IOBC/WPRS Bull, 29: 249-254.
- Arno, J., Castane, C., Riudavets, J. & Gabarra, R. 2010. Risk of damage to tomato crops by the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). Bulletin of Entomological Research, 100: 105-115.
- Arzone, A., Alma, A. & Tavella, L. 1990. Ruolo dei Miridi (Rhynchota, Heteroptera) nella limitazione di *Trialeurodea vaporariorum* Westw. (Rhynchota Aleyrodidae): nota preliminare. Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura, 22: 43-52.
- Atlihan, R. & Chi, H. 2008. Temperature-dependent development and demography of *Scymnus subvillosus* (Coleoptera: Coccinellidae) reared on *Hyalopterus pruni* (Homoptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology, 101(2): 325-333.
- Barkhordar, B., Khalghani, J., Salehi Jouzani, G., Nouri Ghanbalani, G., Shojaii, M., Boustani, M., Karimi, E., Soheilvand, S. & Hosseini, B. 2013. Impact of host plant resistance on the tritrophic interactions between wheat Genotypes, *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae), and *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) using molecular methods. Environmental Entomology, 42(5): 1118-1122.
- 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: 747-752.
- Birch, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. Journal of Animal Ecology, 17: 15-26.
- Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P. & Urbaneja, A. 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. Biocontrol, 54: 237-246.
- Calvo, F., Lorente, M., Stansly, P. & Belda, J. 2012. Preplant release of *Nesidiocoris tenuis* and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisia tabaci* in greenhouse tomato. Entomologia Experimentalis et Applicata, 143: 111-119.
- Calvo, J. & Urbaneja, A. 2003. *Nesidiocoris tenuis* Reu. (Het.: Miridae) en tomate. Almeria Verde, 4: 21-23.
- Carey, J.R. 1993. Applied demography for biologists. Oxford University Press, New York.
- Castane, C., Alomar, O. & Riudavets, J. 1996. Management of western flower thrips on cucumber with *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae). Biological control, 7: 114-120.
- Castane C. & Zapata, R. 2005. Rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus* on a meat-based diet. Biological Control, 34: 66-72.
- Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology, 17: 26-34.
- Chi, H. 2015. TWSEX-MSChart: A computer program for the population projection based on age-stage, two sex life table (<http://quarantine.entomol.nchu.edu.tw/ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar>)
- Chi, H., & Su, H. 2006. Age-Stage, Two-Sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of

- the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology*, 35: 10-21.
- Chi, H. & Yang, T. 2003. Two-sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 32(2): 327- 333.
- De Puyseleir, V., De Man, S., Hofte, M. & De Clercq, P. 2013. Plantless rearing of the zoophytophagous bug *Nesidiocoris tenuis*. *Biocontrol*, 58: 205-213.
- Efron, B. & Tibshirani, R. 1993. *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman & Hall, New York, USA.
- El-Dessouki, S., El-Kiff, A. & Helal, H. 1976. Life cycle, host plant and symptoms of damage of the tomato bug, *Nesidiocoris tenuis* Reut. (Hemiptera: Miridae) in Egypt. *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 83: 204-220.
- Farhadi, R., Allahyari, H. & Chi, H. 2011. Life table and predation capacity of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). *Biological Control*, 59: 83-89.
- Fauvel, G., Malausa, J. & Kaspar, B. 1987. Etude en Laboratoire des principales caracteristiques biologiques de *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae). *Entomophaga*, 32: 529-543.
- Fisher, R. 1930. *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press, Oxford, England. 272pp.
- Gabara, R., Castane, C & Albajes, R. 1995. The mirid bug *Dicyphus tamaninii* as a greenhouse whitefly and western flower thrips predator on cucumber. *Biocontrol Science and Technology*, 5(4): 475-488
- Gerling, D. 1990. *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Andover, Hants, UK: Intercept, pp. xvi, 348 pp.
- Gholami Moghaddam, S., Hosseini, M., Modarres Awal, M. & Allahyari, H. 2013. Effect of leaf surface characteristics of wheat cultivars on functional response of *Orius albidipennis* (Reuter) to barely aphid *Sipha maydis* (Passerini). *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 1(2): 73-85.
- 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.
- Goula, M. & Alomar, O. 1994. Miridos (Heteroptera: Miridae) de interes en el control integrado de plagas en el tomate. Guia para su identification. *Boletin de Sanidad Vegetal Plagas*, 20: 131-143.
- Hansen, D., Brodsgaard, H. & Enkegaard, A. 1999. Life table characteristics of *Macrolophus caliginosus* preying upon *Tetranychus urticae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93(3): 267-273.
- Huang, Yu-Bing, & Chi, H. 2012. Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): with an invalidation of the jackknife technique. *Journal of Applied Entomology*, 137: 327-339.
- Hughes, G., Bale, J. & Sterk, G. 2009. Thermal biology and establishment potential in temperate climates of the predatory mirid *Nesidiocoris tenuis*. *Biocontrol*, 54: 785-795.
- Kajita, H. 1978. The feeding behavior of *Cyrtopeltis tenuis* Reuter on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). *Rostria Trans Hemip Soc Jap*, 29: 235-238.
- 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.

- Karatolos, N., Gorman, K., Williamson, M.S., & Denholm, I. 2012. Mutations in the sodium channel associated with pyrethroid resistance in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Pest Management Science*, 68: 834-838.
- Kasaei- Faradonbeh, S., Hassanpour, M., Razmjou, J., Golizadeh, A. & Esmaeilpour, B. 2015. Biological and population growth parameters of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover on cucumber plants grown at different vermicompost: soil ratios. *Plant Pests Research*, 4(4): 35-48.
- Kavousi, A., Chi, H., Talebi, K., Bandani, A., Ashouri, A. & Hosseini Naveh, V. 2009. Demographic traits of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on leaf discs and whole leaves. *Ecology and Behavior*, 102(2): 595-601.
- Libutan, M. & Bernardo, N. 1995. The host preference of the capsid bug *Cyrtopeltis tens* [Sic] Reuter (Hemiptera: Miridae). *Philippine Entomology*, 9: 567-586.
- Linnavuori, R. 2007. Studies on the Miridae (Heteroptera) of Gilan and the adjacent provinces in Northern Iran. II. List of species. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 47: 17-56.
- Madadi, H., Enkegaard, A., Brodsaaard, H., Kharrazi-Pakdel, A., Mohaghegh, J. & Ashouri, A. 2007. Host plant effects on the functional response of *Neoseiulus cucumeris* to onion thrips larvae. *Journal of Applied Entomology*, 131: 728-733.
- Malausa, J. & Torttin-Caudal, Y. 1996. Advances in strategy of use of predaceous bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) in glasshouse crops. pp. 178-189. In: Alomar, O. & Wiedenmann, R.N. (eds.), *Zoophytophagus Heteroptera: Implications for Life History and Integrated Pest management*. Proceedings Entomological Society of America, Lanham, Maryland, USA. 202 pp.
- Molla, O., Biondi, A., Alonso-Valiente, M. & Urbaneja, A. 2014. A comparative life history study of two mirid bugs preying on *Tuta absoluta* and *Ephestia kuehniella* eggs on tomato crops: implications for biological control. *Biocontrol*, 59: 175-183.
- Nucifora, A. & Calabretta, C. 1986. Advances in integrated control of gerbera protected crops. *Acta Horticulture*, 176: 191-197.
- Ovcarenko, I., Lindstrom, L., Saikkonen, K., & Vanninen, 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*, Wiley Online Library.
- Perdikis, D. 2002. A method for laboratory studies on the polyphagous predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). *Journal of Economic Entomology*, 95(1): 44-49.
- Perdikis, D. & Lykouressis, D. 2000. Effects of Various item, host plants and temperatures on the development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *Biological Control*, 17:55-60.
- Perdikis, D. & Lykouressis, D. 2003. *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) as a factor inhibiting the survival and population increase of the predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) on cucumber. *European Journal of Entomology*, 100: 501-508.
- Perdikis, D. & Lykouressis, D. 2004. *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) population parameters and biological characteristics when feeding on eggplant and tomato without prey. *Journal of Economic Entomology*, 97(4): 1291-1298.

- Perez-Hedo, M., Urbaneja-Bernat, P., Jaques J., Flors, V. & Urbaneja, A. 2015. Defensive plant responses induced by *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) on tomato plants. *Journal of Pest Science*, 88: 543-554.
- Pianka, E. 1994. *Evolutionary Ecology*. 5th Edition. Harper Colins College Publishers, New York.
- Price, P.W., Bouton, C.E., Gross, P., McPherson, B.A., Thompson, J.N. & Weise, A.E. 1980. Interaction among three trophic levels: Influence of plants on Interactions between insect herbivores and Natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 41-65.
- Raman, K. & Sanjayan, K. 1984. Host plant relationships and population dynamics of the mirid, *Cyrtopeltis tenuis* Reut. (Hemiptera: Miridae). *Proceedings of Indian Academy of Science (Animal Science)*, 50(4): 355-361.
- Riudavetes, J. & Castane, C. 1998. Identification and evaluation of native predators of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in the Mediterranean. *Environmental Entomology*, 27: 86-93.
- Rounagh, H. & Samih, M. 2014. The two sex life table and predation rate of *Oenopia conglobata contaminata* (Col.: Coccinellidae) feeding on pomegranate green aphid, *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae), under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran*, 34(1): 59-72.
- Rozenberg, T., Shaltiel-Harpaz, L. & Coll, M. 2015. Visualizing eggs of *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera: Miridae) embedded in tomato plant tissues. *Entomological Science*, 18: 400-402.
- Sanchez, J. 2008. Zoophytophagy in the plant bug *Nesidiocoris tenuis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 10: 75-80.
- Sanchez, A., Lacasa, A., Arno, J., Castane, C. & Alomar, A. 2009. Life history parameters for *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het., Miridae) under different temperature regimes. *Journal of Applied Entomology*, 133: 125-132.
- Sanchez, J., Martinez, J. & Lacasa, A. 2003. Distribution and abundance of mirids in horticultural crops in the region of Murcia (Spain). 3rd International *Bemisia* workshop, Barcelona, Spain.
- Sarraf Moayeri, H., Ashouri, A., Brodsgaard, H.F. & Enkegaard, A. 2006. Odour-mediated preference and prey preference of *Macrolophus caliginosus* between spider mites and green peach aphids. *Journal of Applied Entomology*, 130(9-10): 504-508.
- Sarraf Moayeri, H., Pourasgari, H. & Kavousi, A. 2014. Demographic parameters of dried fruit mite *Carpoglyphus lactis* (Acari: Carpoglyphidae) on baker's yeast in two different temperatures. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 45(2): 329-336.
- Shapiro, J., Shirk, P., Reitz, S. & Koenig, R. 2009. Sympatry of *Orius insidiosus* and *O. pumilio* (Hemiptera: Anthocoridae) in north central Florida. *Florida Entomologist*, 92(2): 362-366.
- 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.
- Smucker, M., Allan, J. & Cartette, B. 2007. A comparison of statistical significance tests for information retrieval evaluation. *Proceedings of the sixteenth ACM conference on information and knowledge management*, Lisbon, Portugal, 623-632.
- Southwood, T. & Henderson, A. 2000. *Ecological Methods*. 3rd ed. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK, 575 pp.

- Torreno, S. & Magallona, D. (1994) Biological relationships of the bug *Cyrtopeltis tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae) with tobacco. *Philippine Entomologist*, 9(4): 406–425.
- Urbaneja, A. Tapia, G. & Stansly, P. 2005. Influence of host plant and prey availability on developmental time and survivorship of *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae). *Biocontrol Science and Technology*, 15: 513-518.
- Urbaneja-Bernat, P., Alonso, M., Tena, A., Bolckmans, K. & Urbaneja, A. 2013. Sugar as nutritional supplement for the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*. *Biocontrol*, 58: 57-64.
- Van Laerhoven, S., Gillespie, D. & Roitberg, B. 2006. Patch Retention Time in an Omnivore, *Dicyphus Hesperus* is dependent on both host plant and prey type. *Journal of Insect Behavior*, 19(5): 613-621.
- Vacante, V. & Benuzzi, M. 2002. Pomodoro, la difesa biologica e integrate. *Colture Protette*, 31: 27-33.
- Vacante, V. & Garzia, G. 1994. Investigations on the role of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae) on tomato in unheated greenhouses in the Ragusa area. *Informatore Fitopatologico*, 44: 45-48.
- Voigt, D., Gorb, E. & Gorb, S. 2007. Plant surface-bug interactions: *Dicyphus errans* stalking along trichomes. *Arthropod-Plant Interactions*, 1: 221-243.
- Wheeler, A. 2001. *Biology of the Plant Bugs (Hemiptera: Miridae): Pests, Predators, Opportunists*. Cornell University Press, Ithaca, USA.
- Wheeler, A. & Henry, T. 1992. *A Synthesis of the Holarctic Miridae (Heteroptera): Distribution, Biology and Origin, with Emphasis on North America*. Entomological Society of America, Lanham, MD.
- Yang, T. & Chi, H. 2006. Life tables and development of *Bemisia argentifolli* (Homoptera, Aleyrodidae) at different temperatures. *Journal of Economic Entomology*, 99 (3): 691-698.
- Yu, Z., Chi, H. & Chen, B. 2005. Life table and predation of *Lemnia biplagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) with a proof on relationship among gross reproduction rate, net reproduction rate and preadult survivorship. *Annual Entomological Society of America*, 98: 475-482.

Age-stage two-sex life table and predation capacity of *Nesidiocoris tenuis* feeding on *Trialeurodes vaporariorum* on three important greenhouse crops

Mohammad Reza Bagheri^{1&2}, Mahdi Hassanpour¹, Ali Golizadeh¹, Shahram Farrokhi³, Mohammad Amin Samih⁴

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2. Isfahan Center for Research and Education for Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran

3. Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Vali-e-Asr, Rafsanjan, Iran

Corresponding author: Mohammad Reza Bagheri, email: bagheri_mr@yahoo.com

Received: Mar. 26, 2015

3 (2) 77-96

Accepted: Jan. 13, 2016

Abstract

The predatory bug *Nesidiocoris tenuis* Reuter is one of the most important natural enemies of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood. In this research, age-stage two-sex life table and predation rate of this predator by feeding on second instar nymphs of *T. vaporariorum* were studied at 25 ± 2 °C, $65\pm 10\%$ RH and a photoperiod of 16:8 h (L:D) on eggplant, cucumber and tomato plants. The means and SEs were estimated using 100,000 bootstrap replications. Pre-adult developmental time of the predator on eggplant, cucumber and tomato were 23.94 ± 0.12 , 22.94 ± 0.27 and 22.43 ± 0.21 days; female longevity were 21.2 ± 0.49 , 25 ± 0.24 and 24.2 ± 0.78 days, male longevity were 26.16 ± 1.91 , 28.92 ± 1.46 and 29.25 ± 1.43 days, and fecundity of the predator were estimated to be 84.36 ± 3.17 , 114.44 ± 2.32 and 122.73 ± 4.92 eggs, respectively. The intrinsic rate of increase (r) and net reproduction rate (R_0) of the predator were 0.102 ± 0.0052 , 0.111 ± 0.0054 and 0.117 ± 0.0046 (d^{-1}), and 30.13 ± 4.94 , 40.87 ± 6.6 and 52.6 ± 7.53 (eggs), respectively. The highest net predation rate (C_0) of the predator was obtained on tomato (1803.59 ± 135.9 whitefly nymphs/ predator) which was significantly higher than those estimated on two other host plants (1337.17 ± 114.27 on cucumber and 1163.27 ± 105.81 on eggplant). Difference in transformation rate from prey population to predator offspring (Q_p) were not significant between three host plants and were estimated to be 34.29 ± 3.12 , 32.72 ± 3.97 and 38.61 ± 4.41 for tomato, cucumber and eggplant, respectively. Overall, in the current study, compared with two other host plants, tomato was more appropriate plant for developing and predatory activity of this predator.

Keywords: age-stage two-sex life table, biological control, greenhouse whitefly, *Nesidiocoris tenuis*, predation rate