

واکنش تابعی سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* به تراکم‌های مختلف تخم‌های بید آرد *Ephestia kuehniella* وبید گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta*سید حسن ملکشی<sup>۱</sup>، جعفر محقق نیشابوری<sup>۲</sup>✉، رضا طلایی حسنلویی<sup>۳</sup> و حسین اللهیاری<sup>۳</sup>

۱- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه گیاه‌پزشکی دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران؛ ۲- استاد بخش تحقیقات سن گندم، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۷؛ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۷)

## چکیده

واکنش تابعی رابطه بین تعداد شکار مصرف‌شده به ازای هر شکارگر در تراکم‌های مختلف شکار را بیان می‌کند و یکی از روش‌های تعیین کارایی دشمنان طبیعی در کنترل آفات است. واکنش تابعی سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* با تغذیه از تراکم‌های مختلف تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی (۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۹۶) در شرایط آزمایشگاه در هفت تکرار بررسی شد. تراکم‌ها به مدت ۲۴ ساعت به‌طور جداگانه در اختیار یک حشره بالغ ماده و یا نر که قبلاً به مدت ۲۴ ساعت گرسنه بود، قرار گرفتند. واکنش تابعی براساس رگرسیون لجستیک در همه آزمایش‌ها از نوع سوم (III) بود. ضریب نرخ یورش (*b*) حشره بالغ ماده با تغذیه از تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی به‌ترتیب  $0.0061 \pm 0.0018$  و  $0.0048 \pm 0.0009$  و ضریب نرخ یورش (*b*) حشره بالغ نر نیز با تغذیه از تخم‌های یادشده به‌ترتیب  $0.0093 \pm 0.0037$  و  $0.0042 \pm 0.001$  برآورد شد. پراسنجه زمان دستیابی ( $T_h$ ) در طعمه‌های یادشده برای حشره ماده به‌ترتیب  $0.3598 \pm 0.0193$  و  $0.2905 \pm 0.0136$  و  $0.9032 \pm 0.0511$  و  $0.5859 \pm 0.0303$  ساعت و زمان دستیابی برای حشره نر نیز به‌ترتیب  $0.9032 \pm 0.0511$  و  $0.5859 \pm 0.0303$  ساعت تخمین زده شد. بنابراین حشرات ماده *N. tenuis* با زمان دستیابی کمتر و نرخ یورش بیشتر نسبت به نرها و با میانگین بیشترین میزان تغذیه روزانه ( $V_0$ ) از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی (۷۳/۸۶ عدد) می‌توانند نقش مؤثری در مهار جمعیت آفت داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: بید گوجه‌فرنگی، سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis*، زمان دستیابی، نرخ یورش، مهار زیستی

Functional response of *Nesidiocoris tenuis* on different densities of *Ephestia kuehniella* and *Tuta absoluta* eggsS. H. MALKESHI<sup>1</sup>, J. MOHAGHEGH<sup>2</sup>✉, R. TALAEI HASSANLOUI<sup>3</sup> and H. ALLAHYARI<sup>3</sup>

1 and 3- PhD student and professors, respectively, Department of Plant Protection, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran; 2- Professor, Sunn Pest Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

## Abstract

The response of a natural enemy to its host' densities has been defined as "functional response". It has been considered a feasible technique to measure the efficacy of biocontrol agents. We employed the concept to evaluate the functional response of adult female and male of *Nesidiocoris tenuis* under laboratory conditions by feeding on different densities (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, and 96) of *Ephestia kuehniella* and *Tuta absoluta* eggs in 7 replicates. The predators were kept unfed for 24 hours. Then the number of eaten prey was recorded after 24 hours. The results showed type III functional response for all tests based on logistic regression. The attack constants (*b*) of females and males fed on *E. kuehniella* and *T. absoluta* eggs were  $0.0061 \pm 0.0018$ ,  $0.0048 \pm 0.0009$ , and  $0.0093 \pm 0.0037$ ,  $0.0042 \pm 0.001$ , respectively. The estimated handling times ( $T_h$ ) for females and males on the respective preys were  $0.3598 \pm 0.0193$ ,  $0.2905 \pm 0.0136$ , and  $0.9032 \pm 0.0511$  and  $0.5859 \pm 0.0303$  h. In conclusion, *N. tenuis* females had shorter handling time, greater attack rate and maximum daily consumption (73.86 eggs) compared with those of males. Therefore, results strongly support that female predators could be more effective in controlling *T. absoluta*.

**Key words:** Attack rate, biological control, handling time, *Nesidiocoris tenuis*, *Tuta absoluta*

## مقدمه

بید گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) یکی از آفات مهم گیاه گوجه‌فرنگی در سال‌های اخیر می‌باشد که در اوایل ورود به کشور (۱۳۸۹) بیشترین خسارت را به گیاه گوجه‌فرنگی در فضای آزاد و گلخانه‌ای وارد کرد (Desneux et al., 2010; Baniameri and Cheraghian, 2012). سن‌های خانواده Miridae عموماً به‌عنوان حشرات گیاه‌خوار شناخته می‌شوند و تعداد بسیاری از آن‌ها در زمرة آفات کشاورزی هستند، ولی برخی نیز به‌عنوان حشرات گوشت‌خوار گیاه‌خوار مهم بوده و برای مهار آفات از آن‌ها استفاده می‌شود (Castane et al., 2011). از این خانواده دو گونه *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) و *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) از شکارگرهای مهم آفات در منطقه پالئارکتیک بوده و در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) گوجه‌فرنگی به‌کار گرفته می‌شوند (Carnero, 2000; Calvo et al., 2009; Urbaneja et al., 2012). گونه‌های یادشده از مناطق مختلف ایران نیز گزارش شده است (Linnavuori, 2007). سهرابی و حسینی با جمع‌آوری برگ‌های گوجه‌فرنگی آلوده به بید گوجه‌فرنگی از برازجان بوشهر، سن *N. tenuis* را به‌عنوان شکارگر بید گوجه‌فرنگی از ایران نیز معرفی کرده‌اند (Sohrabi and Hosseini, 2015). شکارگر یادشده از قدرت جستجوگری و توانایی تکثیر سریع برخوردار بوده و توسط شرکت‌های اروپایی برای کنترل بید گوجه‌فرنگی و سفیدبالک گیاهان گلخانه‌ای با نام‌های تجاری Nesipak® و Nesibug® تولید و رهاسازی می‌شود (Urbaneja et al., 2009; Molla et al., 2009; Sharifian et al., 2016). در ایران نیز تولید نیمه انبوه شکارگر یادشده در قالب پروژه تحقیقاتی در بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور در حال انجام است و سن‌های تولیدشده با نام تجاری نزیران (Nesiran®) برای مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی ارسال می‌شود (Malkeshi et al., 2017). رژیم غذایی گیاه‌خواری شکارگر یاد

شده، در تراکم زیاد شکارگر و کم شکار، موجب تغذیه از شیره گیاهی شده و به برگ و ساقه گیاهان گوجه‌فرنگی خسارت وارد می‌کند یا موجب معیوب شدن میوه‌ها می‌شود، ولی این آسیب‌ها در مقایسه با سود ناشی از کنترل آفات قابل توجه نیست (Perdikis et al., 2009). هم‌چنین تغذیه از شیره گیاهی برای حشره یک مزیت محسوب می‌شود، زیرا جمعیت شکارگر در نبود شکار از نابودی نجات پیدا می‌کند و می‌تواند با رهاسازی پیش از مشاهده آفت در گلخانه جمعیت شکارگر را قبل از افزایش جمعیت آفت بالا نگه داشت (Sanchez and Lacasa, 2008; Castane et al., 2011). در برنامه‌های کنترل بیولوژیک، قبل از کاربرد دشمن طبیعی، بررسی کارایی آن در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی ضروری است. یک روش مطمئن برای ارزیابی کارایی دشمن طبیعی، بررسی ویژگی‌های رفتاری از جمله واکنش تابعی شکارگر یا پارازیتوئید با تغذیه از میزبان یا شکار است (Holling, 1966). سولومون واکنش تابعی را به‌صورت رابطه بین تعداد شکارهای مصرف شده با تراکم اولیه شکار تعریف کرده است (Solomon, 1949). هولینگ از زمینه واکنش تابعی مطالعات گسترده‌ای انجام داده است، به‌طوری که نوع واکنش تابعی و پتانسیل شکارگری را بیانگر کارایی یک شکارگر دانسته است (Holling, 1959, 1966). تعداد شکاری که توسط یک فرد شکارگر کشته می‌شود، تابعی از تراکم اولیه شکار است و به‌عنوان واکنش تابعی شناخته می‌شود. معمولاً تعداد شکار کشته شده در یک زمان ثابت با افزایش تراکم شکار به شکل یک منحنی به خط مجانب نزدیک می‌شود. در تراکم‌های کم شکار، شکارگرها بیشتر زمان را صرف جستجوی شکار می‌کنند، در صورتی که در تراکم‌های زیاد، بیشتر زمان شکارگرها صرف تغذیه از شکار می‌شود. در حقیقت واکنش تابعی رابطه بین نرخ یورش یک شکارگر را با تراکم شکار توصیف می‌کند.

واکنش تابعی دشمنان طبیعی می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف مانند: درجه حرارت (Mohaghegh et al., 2001; Castane et al., 2011).

(2016). حسن‌پور و همکاران نیز واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* را با تغذیه از شفیره سفیدبالک گلخانه را از نوع دوم به‌دست آوردند (Hassanpor et al., 2016). گاوکار و همکاران واکنش تابعی سن *N. tenuis* را به کنه تارتن *Tetranychus urticae* Koch از نوع دوم به‌دست آوردند (Gavkare et al., 2017). فوگلار و همکاران واکنش تابعی سن شکارگر *Macrolophus caliginosus* Wagner را با تغذیه از شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer) و کنه تارتن *T. urticae* از نوع دوم گزارش کردند (Foglar et al., 1990). در شرایطی نیز واکنش تابعی سن‌های شکارگر *Miridae* از نوع سوم پیروی کرده است. برای مثال، در مطالعات مدبونی و همکاران واکنش تابعی سن *N. tenuis* با تغذیه از سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci* (Gennadius) در دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سلسیوس از نوع دوم ولی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس از نوع سوم گزارش شد (Madbouni et al., 2017). انکگارد و همکاران واکنش تابعی سن ماده *M. pygmaeus* را نسبت به پوره‌های سن اول سفیدبالک گلخانه از نوع سوم گزارش کردند (Enkegaard et al., 2001). میکائیلیدس و همکاران، واکنش تابعی پوره سن پنجم سن‌های شکارگر *N. tenuis* و *M. pygmaeus* را به تخم‌های بید گوجه‌فرنگی از نوع سوم گزارش کردند (Michaelides et al., 2017). بنابراین دما، گونه و مرحله شکار و شکارگر می‌توانند در نوع واکنش تابعی مؤثر باشند.

در طراحی و اجرای آزمایش‌های واکنش تابعی برای کسب نتایج مطلوب و عدم تأثیر عوامل جانبی، ضروری است تا استانداردهایی را که هوک و استروس با عنوان‌های زیر اعلام کرده است رعایت شود: (۱) کل زمانی که در اختیار شکارگر ( $T_t$ ) گذاشته می‌شود برای همه آزمایش‌ها ثابت در نظر گرفته شود. (۲) تراکمی از شکار که از لحاظ تعداد، شکل و اندازه یکسان است در اختیار شکارگر قرار گیرد. (۳) تراکم‌های کم با دقت انتخاب شوند تا شکل صحیح از منحنی به‌دست آید. (۴) با انتخاب تراکم‌های زیاد می‌توان تخمین درستی از بیشترین نرخ تغذیه شکارگر داشت.

(Madbouni et al., 2017)، اندازه و نوع شکار و شکارگر (Milonaz et al., 2011; Zarghami et al., 2015; Noruzi et al., 2015)، گیاه میزبان (Messina et al., 1998; De Clercq et al., 2000) و جنسیت و مرحله شکارگر (Farhadi et al., 2010) قرار گیرد.

پراسنجه‌های واکنش تابعی از شاخص‌های اندازه‌گیری کارایی یک شکارگر محسوب می‌شوند. پراسنجه نرخ یورش یا نرخ آنی جستجو ( $T_h$ )، میزان واکنش شکارگر در مقابل تراکم شکار را مشخص می‌کند، به عبارتی میزان جستجوی شکارگر و سرعت رسیدن منحنی واکنش تابعی به بالاترین قسمت خود را نشان می‌دهد (Van Alphen and Jervis, 1996)، هر قدر مقدار این پراسنجه بیشتر باشد کارایی شکارگر در یورش به شکار افزایش می‌یابد. در زمانی که تراکم جمعیت شکار کم باشد این پراسنجه بسیار مهم است.

پراسنجه زمان دستیابی ( $T_h$ )، مدت زمانی است که یک شکارگر برای جستجو، شکار، تمیز کردن و استراحت خود صرف می‌کند. هر قدر مقدار این پراسنجه کمتر باشد، کارایی دشمن طبیعی بیشتر است (Van Alfen and Jervis, 1996). از پراسنجه‌های واکنش تابعی می‌توان برای مقایسه شکارگرهای مختلف و یا مراحل یک شکارگر روی یک شکار نیز استفاده کرد.

گونه، اندازه شکار و شکارگر، دما و ... بر واکنش رفتاری سن‌های شکارگر *Miridae* نیز مؤثر هستند و اغلب موجب تغییر در نوع واکنش تابعی و مقادیر پراسنجه‌های آن شده‌اند. در مطالعات مونتسرات و همکاران، واکنش تابعی سن *M. pygmaeus* با تغذیه از سفیدبالک گلخانه و تریپس غربی گل از نوع دوم گزارش شد (Montserrat, et al., 2000). خوشابی نیز واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* را با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی از نوع دوم گزارش کرد (Khoshabi, 2015). شریفیان و همکاران نیز واکنش تابعی دو گونه سن شکارگر *N. tenuis* و *M. pygmaeus* را با تغذیه از تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی از نوع دوم گزارش کردند (Sharifian et al.,

بید آرد *E. kuehniella* (Castane and Zapata, 2005) و محلول آب قد ده درصد (Urbaneja-Bernat et al., 2013) پرورش داده شد. جمعیت بید گوجه‌فرنگی *T. absoluta* نیز در اتاق رشد با شرایط دمایی  $1 \pm 25$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $5 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (روشنایی: تاریکی) روی گیاه گوجه‌فرنگی رقم فلات در داخل قفس‌های آلومینیومی به ابعاد  $75 \times 110 \times 75$  سانتی‌متر (ارتفاع، عرض، طول) پرورش داده شدند.

بید آرد *E. kuehniella* به‌عنوان میزبان واسط و شکار جایگزین برای پرورش انبوه زنبورهای پارازیتوید و سن‌های شکارگر در انسکتاریوم بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک در شرایط دمایی  $1 \pm 25$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $5 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (روشنایی: تاریکی) روی ترکیبی از آرد کامل گندم (۹۷۰ گرم) و مخمر (۳۰ گرم) پرورش داده شد (Attaran, 1996). از تخم‌های تازه بید آرد برای تغذیه سن‌های شکارگر، تجدید چرخه پرورش و آزمون واکنش تابعی استفاده شد.

### ب) آزمون واکنش تابعی

مطالعه واکنش تابعی حشره بالغ سن شکارگر *N. tenuis* نسبت به تراکم‌های مختلف شکارها که با آزمایش‌های مقدماتی و تحقیقات ملکشی و همکاران میزان شکارگری آن تعیین شده بود (Malkeshi et al., 2017)، در دمای  $1 \pm 25$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $5 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (روشنایی: تاریکی) در داخل ظروف پتری به قطر ۸/۵ سانتی‌متر و عمق ۲ سانتی‌متر انجام شد. برگچه‌های گیاه گوجه‌فرنگی که از ناحیه دمبرگ در داخل میکروتیوب حاوی آب قرار داده شده بودند به تعداد تکرارها آماده شدند. هر یک از برگچه‌ها در داخل یک ظرف پتری قرار داده شدند، سپس تراکم‌های ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۹۶ عدد از تخم تازه بید آرد در ۷ تکرار روی برگچه قرار داده شد. یک عدد حشره

(۵) برای آزمایش‌ها تکرار در نظر گرفته شود تا اشتباه آزمایش مشخص شود. ۶) فضای آزمایش در اندازه مناسب انتخاب شود تا تأثیر تراکم شکار تغییر معنی‌داری در آزمایش نداشته باشد. ۷) همه شکارگرها و شکارها در شرایط استاندارد شده قرار داشته باشند (Houck and Strauss, 1985).

شناخت نوع واکنش تابعی دشمنان طبیعی می‌تواند در تنظیم جمعیت آفات کمک قابل توجهی نماید. به عبارتی اگر دشمن طبیعی به‌صورت وابسته به انبوهی جمعیت آفت عمل کند، می‌تواند در برنامه‌های کنترل بیولوژیک مؤثر واقع شود (Murdoch and Oaten, 1975). در این پژوهش باتوجه به گستردگی فعالیت سن شکارگر *N. tenuis* در مناطق مختلف ایران (Linnavuori, 2007) و تغذیه آن از چند آفت مهم و اقتصادی (Urbaneja et al., 2009) و همچنین به دلیل استفاده از تخم‌های بید آرد به‌عنوان شکار جایگزین (بید گوجه‌فرنگی) برای پرورش انبوه شکارگر (De Puyseleir et al., 2013; Molla et al., 2014)، ارزیابی کارایی حشرات بالغ ماده و نر سن شکارگر یادشده، با تغذیه از تراکم‌های مختلف تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی در قالب آزمایش‌های واکنش تابعی در شرایط آزمایشگاه بررسی شد، تا از پتانسیل شکارگر در مهار جمعیت بید گوجه‌فرنگی آگاهی یافته و در برنامه‌های تولید انبوه شکارگر، با استفاده از تخم‌های بید آرد در مدیریت تلفیقی (IPM) بید گوجه‌فرنگی استفاده کرد.

### روش بررسی

#### الف) پرورش شکارگر و شکارها

جمعیت سن شکارگر *N. tenuis* از کلنی موجود در یک واحد گلخانه بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، به مساحت ۲۴ مترمربع با شرایط دمایی  $3 \pm 25$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $5 \pm 65$  درصد و روشنایی و تاریکی طبیعی (اردیبهشت تا تیرماه) روی گیاه توتون (*Nicotiana tabacum* L.) رقم بارلی با استفاده از تخم

پراسنجه‌هایی که با روش حداکثر احتمال تخمین زده می‌شوند.

تعیین پراسنجه‌های  $P_2, P_1, P_0$  با استفاده از نرم افزار آماری SAS, Version, 9.1 و رویه CATMOD انجام شد. علامت  $P_2$  و  $P_1$  در تعیین شکل منحنی و نوع واکنش تابعی استفاده شد. علامت منفی  $P_1$  (بخش خطی منحنی واکنش تابعی) نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع دوم (II) است و علامت مثبت  $P_1$  نشانگر واکنش تابعی نوع سوم (III) می‌باشد.

در گام دوم، با استفاده از رگرسیون غیرخطی (NLIN)، باتوجه به تعیین نوع واکنش تابعی روی هر دو شکار، پراسنجه‌های نرخ یورش ( $\alpha$ ) و مدت زمان دستیابی ( $T_h$ ) برآورد شد. باتوجه به این‌که واکنش تابعی حشرات بالغ نر و ماده از هر دو شکار از نوع سوم (III) بود و در طول انجام آزمایش تراکم شکار ثابت بود و شکار تغذیه شده جایگزین نشد، مدل مناسب برای برآزش داده‌ها، مدل شکارگری تصادفی راجرز (معادله ۲) بود که برای واکنش تابعی نوع سوم شکارگرها استفاده می‌شود (Juliano, 2001).

$$N_a = N_0 \{1 - \exp[d + bN_0(T_h N_a - T)(1 + cN_0)]\} \quad (2)$$
 در این معادله  $N_a$ ، تعداد شکار مورد یورش،  $N_0$ ، تراکم اولیه شکار،  $T$ ، کل زمانی که شکار و شکارگر در برابر هم قرار دارند،  $T_h$ ، مدت زمان دستیابی به شکار و  $b$ ،  $c$  و  $d$  مقادیر ثابت که باید محاسبه شوند.

در واکنش تابعی نوع سوم، نرخ یورش تابعی از تراکم شکار می‌باشد و با میزان رویارویی شکارگر با شکار مرتبط است، لذا نرخ یورش به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (Hassell, 1978).

$$\alpha = \frac{d + bN_0}{1 + cN_0} \quad (3)$$

باتوجه به حذف پراسنجه‌های  $d$  و  $c$  به دلیل عدم اختلاف معنی دار با صفر، از مدل کاهش یافته زیر برای محاسبه مقدار نرخ یورش در تراکم‌های مختلف شکار استفاده شد.

$$a = b N_0 \quad (4)$$

بالغ ماده و یا نر که به مدت ۲۴ ساعت گرسنگی داده شده بود برای هر تراکم و در هر ظرف پتری رهاسازی شد.

در آزمون واکنش تابعی حشره بالغ سن شکارگر *N. tenuis* نسبت به تراکم‌های مختلف تخم بید گوجه‌فرنگی نیز مطابق آزمایش قبل، برگچه‌های گوجه‌فرنگی در داخل میکروتیوب‌های حاوی آب قرار داده شدند. برای تهیه تخم‌های هم‌زاد بیدگوجه‌فرنگی، میکروتیوب‌های حاوی برگچه داخل ظروف استوانه‌ای به ابعاد  $21 \times 18$  سانتی‌متر (ارتفاع  $\times$  قطر) در اختیار حشرات بالغ بید گوجه‌فرنگی قرار داده شدند. حشرات بالغ بید گوجه‌فرنگی روی برگچه‌ها به تعداد متفاوت تخم گذاشتند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، برگچه‌ها از ظروف استوانه‌ای خارج و باتوجه به تراکم مورد نظر، تعداد تخم لازم روی برگچه‌ها نگه‌داری و تخم‌های اضافه حذف شدند. در این آزمایش برای هر تراکم نیز هفت تکرار در نظر گرفته شد. برای هر تکرار، یک سن شکارگر بالغ نر و یا ماده جفت‌گیری کرده که بین سه تا پنج روز از عمر آن گذشته بود قرار داده شد. در هر دو آزمون تعداد تخم‌های تغذیه شده توسط سن شکارگر پس از گذشت ۲۴ ساعت در زیر استریومیکروسکوپ، شمارش و ثبت شد. بررسی واکنش تابعی سن شکارگر پرورش یافته روی کلنی‌هایی که از تخم بید آرد تغذیه و بلافاصله علیه آفت اصلی (بید گوجه‌فرنگی) رهاسازی شده بودند مورد آزمون قرار گرفت.

### ج) تجزیه داده‌ها

داده‌ها براساس روش دو مرحله‌ای (Juliano 2001) تجزیه شدند. در ابتدا داده‌ها به یک تابع چند جمله‌ای به شرح زیر برآزش داده شدند تا نوع واکنش تابعی مشخص شود (De Clercq et al., 2000; Mohaghegh, et al., 2001).

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(R_0 + R_1 \cdot N_0 + R_2 \cdot N_0^2 + R_3 \cdot N_0^3)}{1 + \exp(R_0 + R_1 \cdot N_0 + R_2 \cdot N_0^2 + R_3 \cdot N_0^3)} \quad (5)$$

در این معادله  $N_e$ ، تعداد شکار مصرف شده توسط شکارگر،  $N_0$ ، تراکم شکار در شروع آزمایش،  $P_0, P_1, P_2$  و  $P_3$

#### د) آزمون‌های بیشترین میزان شکارگری

بیشترین میزان تغذیه روزانه حشرات نر و ماده ( $V_0$ ) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Soares et al., 2003).

$$V_0 = (A - a_{24}) \text{ra}_{24} \quad (5)$$

در این معادله  $V_0$ ، تعداد شکار خورده‌شده،  $A$ ، تعداد شکار در دسترس،  $a_{24}$ ، تعداد شکار زنده بعد از ۲۴ ساعت و  $\text{ra}_{24}$  نسبت شکار زنده بعد از ۲۴ ساعت در ظروف پتری شاهد است.

بیشترین نرخ شکارگری نظری ( $T/T_h$ ) نیز با استفاده از زمان دستیابی حشرات شکارگر ماده و نر در طی ۲۴ ساعت محاسبه شد (Hassall, 2000).

$$k = T/T_h \quad (6)$$

#### نتیجه و بحث

براساس برآزش داده‌ها و باتوجه به این‌که در هر دو شکار بخش خطی معادله مثبت بود، واکنش تابعی حشرات

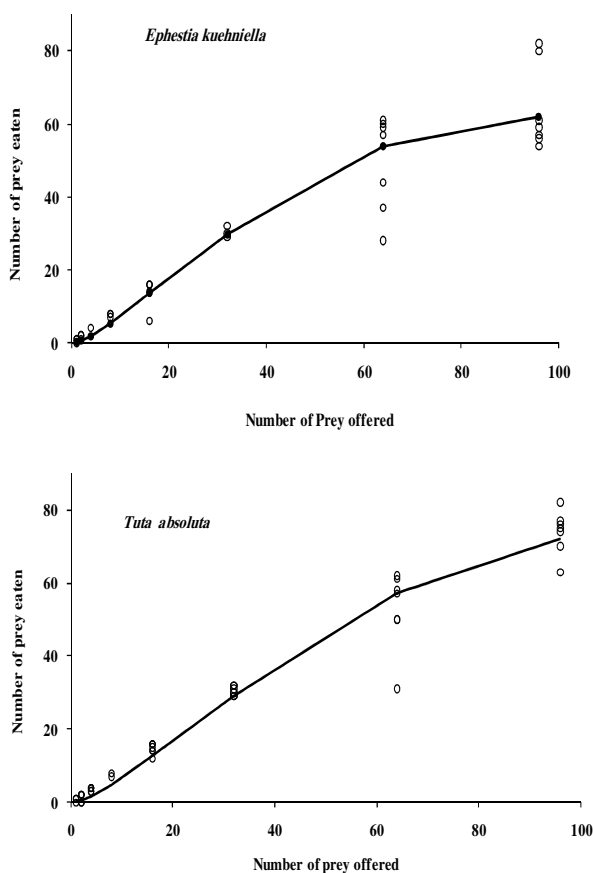
بالغ ماده و نر *N. tenuis* با تغذیه از تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی از نوع سوم (III) تبعیت کرد (جدول ۱). در بین شکارگرها واکنش تابعی نوع دوم در مقایسه با نوع سوم رایج‌تر است. به عقیده بیشتر بوم‌شناسان، شکارگرهایی با واکنش تابعی نوع سوم (III) با پایدار کردن پویایی جمعیت شکارگر-شکار سهم بیشتری در تنظیم جمعیت شکار نسبت به گونه‌هایی با واکنش تابعی نوع دوم (II) دارند (Murdouch and Oaten, 1975). از این رو حشرات شکارگر ماده و نر *N. tenuis* نیز با واکنش تابعی نوع سوم نقش مؤثری در کنترل جمعیت بید گوجه‌فرنگی در تراکم پایین آفت دارند. البته در گذشته تصور می‌شد، واکنش تابعی نوع سوم تنها منحصر به مهره‌داران شکارگر است، ولی بسیاری از پارازیتوئیدها و شکارگرها چنانچه در برابر میزبان یا شکاری قرار گیرند که از نظر غذایی نسبت به آن ترجیح داشته باشند، می‌توانند واکنش تابعی نوع سوم را نشان دهند. دلیل این مورد را می‌توان به کاهش جستجوگری شکارگر در اثر کاهش تراکم شکار به کمتر از یک آستانه حداقل برخورد نسبت داد (Hassall, 1978).

جدول ۱- مقادیر (میانگین  $\pm$  اشتباه استاندارد) حاصل از تجزیه رگرسیون لجستیک نسبت تخم‌های تغذیه شده بید آرد و بید گوجه‌فرنگی در برابر تراکم اولیه شکار توسط حشرات بالغ ماده و نر *Nesidiocoris tenuis* در شرایط دمایی  $1 \pm 25^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی  $5 \pm 65\%$  درصد و روشنایی به تاریکی ۱۶:۸ ساعت.

**Table 1.** Logistic regression analysis (Mean  $\pm$  SE) of *Ephestia kuehniella* and *Tuta absoluta* eggs ratio fed by female and male *Nesidiocoris tenuis* at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH, 16:8 L:D h..

Sex	Prey	Parameter	Estimate	Standard Error	Chi- square	Pr > ChiSq
Female	<i>E. kuehniella</i>	Intercept	1.9895	0.5194	14.67	0.0001
		p1	0.1236	0.0476	6.75	0.0094
		p2	-0.00349	0.00104	11.35	0.0008
		p3	0.000021	6.172E-6	12.09	0.0005
	<i>T. absoluta</i>	Intercept	1.4328	0.4324	10.98	0.0009
		P1	0.1331	0.0419	10.10	0.0015
		P2	-0.00334	0.00462	12.88	0.0003
Male	<i>E. kuehniella</i>	P3	0.000020	5.614E-6	12.79	0.0003
		Intercept	0.6703	0.3004	4.98	0.0257
		P1	0.0579	0.0254	5.18	0.0229
	<i>T. absoluta</i>	P2	-0.00198	0.000553	12.78	0.0004
		P3	0.000012	3.356E-6	13.74	0.0002
		Intercept	0.3829	0.2860	1.79	0.1806
		P1	0.0435	0.0247	3.11	0.0780
<i>T. absoluta</i>	P2	-0.00105	0.000539	3.79	0.0517	
	P3	5.309E-6	3.278E-6	2.62	0.1054	

(2015). یکی از عوامل مؤثر، جنسیت شکارگر و نوع شکار مورد استفاده در آزمایش ها می باشد. شناخت نوع واکنش تابعی دشمنان طبیعی نیز می تواند در تنظیم جمعیت آفات کمک قابل توجهی نماید. به عبارتی اگر دشمن طبیعی به صورت وابسته به انبوهی جمعیت آفت عمل کند (واکنش تابعی نوع سوم)، می تواند در برنامه های کنترل بیولوژیک مؤثر واقع شود (Murdough and Oaten, 1975).



شکل ۱- منحنی واکنش تابعی سن شکارگر ماده *Nesidiocoris tenuis* با تغذیه از تراکم های مختلف تخم های بید آرد (بالا) و بید گوجه فرنگی (پایین).

**Fig. 1.** Functional response curves of female *Nesidiocoris tenuis* to *Ephestia kuehniella* (top) and *Tuta absoluta* (down) eggs.

در واکنش تابعی نوع سوم وقتی شکارگر با شکار نامناسب مواجه شود وقت خود را صرف فعالیت هایی غیر از یورش و جستجوگری می کند، یا این که در تراکم های زیاد شکار، مدت زمان دستیابی شکارگر کاهش می یابد. در واقع شکارگر از هر شکار مقدار کمی خورده و مجدداً سراغ شکار بعدی می رود، به این ترتیب مدت زمان دستیابی کم می شود و بیشترین زمان صرف جستجوی شکار بعدی می شود (Noruzi et al., 2015).

در واکنش تابعی نوع سوم، منحنی تعداد شکارهای مورد یورش تقریباً سیگموئیدی است (شکل ۱ و ۲). در ابتدا شیب منحنی افزایش و سپس کاهش می یابد. درصد شکار مورد یورش، ابتدا افزایش (وابسته به تراکم شکار) و سپس کاهش دارد. در این نوع واکنش تابعی، دشمن طبیعی قادر به تشخیص تراکم شکار بوده و جستجوگری خود را براساس تراکم جمعیت آن تغییر می دهد و وابستگی به تراکم در محدوده معینی از انبوهی اولیه شکار مشاهده می شود.

شکل های فوق، سن های ماده و نر در تراکم های پایین تر شکار، وابسته به تراکم شکار عمل کردند و با افزایش تراکم از ۲ تا ۳۰ شکار برای حشرات بالغ ماده (شکل ۱) و از تراکم ۲ تا ۱۶ شکار برای حشرات بالغ نر (شکل ۲)، نسبت شکارهای تغذیه شده افزایش یافت، اما در تراکم های بالاتر وابسته به تراکم وارونه عمل کردند، به طوری که از تراکم حدود ۳۰ شکار برای حشرات بالغ ماده و تعداد ۱۶ شکار برای حشرات بالغ نر به تدریج از میزان تغذیه کاسته شد.

در مطالعات رفتارشناسی حشرات، نوع واکنش تابعی و پراسنجه های مربوط به آن می تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند نوع و رقم گیاهی، گونه شکار و شکارگر، اندازه شکار و شکارگر، دما و رطوبت نسبی و محیط آزمایش قرار گیرند که این عوامل اغلب موجب تغییر در نوع واکنش تابعی و مقادیر پراسنجه های آن شده اند (Messina et al., 1998; Mohaghegh et al., 2001; Farhadi et al., 2010; Zarghami et al., 2015; Noruzi et al.,

مقاله حاضر می‌باشند. برای نمونه مدبونی و همکاران، تأثیر دما را در توع واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* با تغذیه از سفیدبالک پنبه *B. tabaci* مطالعه کردند. در دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سلسیوس، واکنش تابعی سن‌های ماده از توع دوم برآورد شد، ولی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس، از نوع سوم گزارش شد (Madbouni et al., 2017). انگگارد و همکاران، واکنش تابعی سن ماده *M. pygmaeus* را نسبت به پوره‌های سن اول سفیدبالک گلخانه از نوع سوم گزارش کردند (Enkegaard et al., 2001). میکائیلیدس و همکاران، واکنش تابعی پوره سن پنجم سن‌های شکارگر *N. tenuis* و *M. pygmaeus* را به تخم‌های بید گوجه‌فرنگی از نوع سوم گزارش کردند. بیشترین نرخ شکارگری روزانه برای سن‌های شکارگر مذکور به ترتیب ۵۰ و ۳۵ عدد تخم بید گوجه‌فرنگی گزارش شد. (Michaelides et al., 2017). بنابراین شرایط آزمایش، دما، نوع شکار و شکارگر می‌توانند در نوع واکنش تابعی مؤثر باشند.

در تحقیق حاضر، با استفاده از معادله تصادفی شکارگری راجرز و نوع واکنش تابعی (III)، ضریب نرخ یورش (b) سن‌های شکارگر ماده با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی ( $0/0009 \pm 0/0048$ ) در مقایسه با تخم بید آرد ( $0/0018 \pm 0/0061$ ) برآورد شد (جدول ۲). هم‌چنین براساس معادله  $a = bN_0$  مقدار نرخ یورش برای سن ماده در تراکم ۹۶ عدد با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی برابر با  $0/6708$  بر ساعت برآورد شد، در حالی که در تراکم یاد شده از تخم بید آرد، نرخ یورش برابر با  $0/5856$  بر ساعت برآورد گردید. در آزمایش میکائیلیدس و همکاران، که با سن پنجم یورگی *N. tenuis* با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی انجام شد، مقدار ضریب نرخ یورش  $0/0038$  برآورد شد (Michaelides et al., 2017). مدبونی و همکاران نیز میزان ضریب *b* سن شکارگر یاد شده را با تغذیه از سفیدبالک پنبه در دمای ۳۵ درجه سلسیوس نیز  $0/0098$  برآورد کردند (Madbouni et al., 2017). دلیل تفاوت با مقدار ضریب نرخ

در مطالعات متعددی در مورد رفتار شکارگری و واکنش تابعی سن‌های شکارگر Miridae با تغذیه از شکارهای مختلف انجام شده است که در بیشتر موارد واکنش تابعی نوع II برای گونه‌های این خانواده گزارش شده است. برای مثال در مطالعات مونتسرات و همکاران، واکنش تابعی سن *M. pygmaeus* با تغذیه از سفیدبالک گلخانه و تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis* (Pergande)، از نوع دوم گزارش شد (Montserrat, et al., 2000). خوشابی نیز واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* را با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی قبل و بعد از تیمار با حشره‌کش‌ها، از نوع دوم گزارش کرد (Khoshabi, 2015). شریفیان و همکاران نیز برای بررسی واکنش تابعی دو گونه سن شکارگر *N. tenuis* و *M. pygmaeus* با تغذیه از تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی، یازده تراکم از یک تا ۴۰ عدد تخم از شکارهای یاد شده را انتخاب کردند. برای هر دو شکارگر با تغذیه از هر دو شکار، واکنش نوع دوم گزارش کردند (Sharifian et al., 2016). حسن‌پور و همکاران واکنش تابعی سن‌های نر، ماده باکره و ماده جفتگیری کرده را روی سه گیاه خیار، گوجه‌فرنگی و بادمجان از نوع دوم به دست آوردند. سن‌های ماده جفت‌گیری کرده با تغذیه از  $35/15$  عدد سفیدبالک، بیشترین نرخ شکارگری نظری را روی گوجه‌فرنگی داشتند (Hassanpor et al., 2016). گاوکار و همکاران واکنش تابعی *N. tenuis* را به کنه تارتین *T. urticae* از نوع دوم به دست آوردند. با افزایش سن پورگی، نرخ یورش افزایش داشت. نرخ یورش برای حشره ماده  $0/130$  بر ساعت و مدت زمان دستیابی نیز برای پوره سن پنج  $0/182$  ساعت برآورد شد (Gavkare et al., 2017). فوگلار و همکاران، واکنش تابعی سن شکارگر *M. caliginosus* را با تغذیه از شته سبز هلو *M. persicae* و کنه تارتین *T. urticae* از نوع دوم گزارش کردند (Foglar et al., 1990).

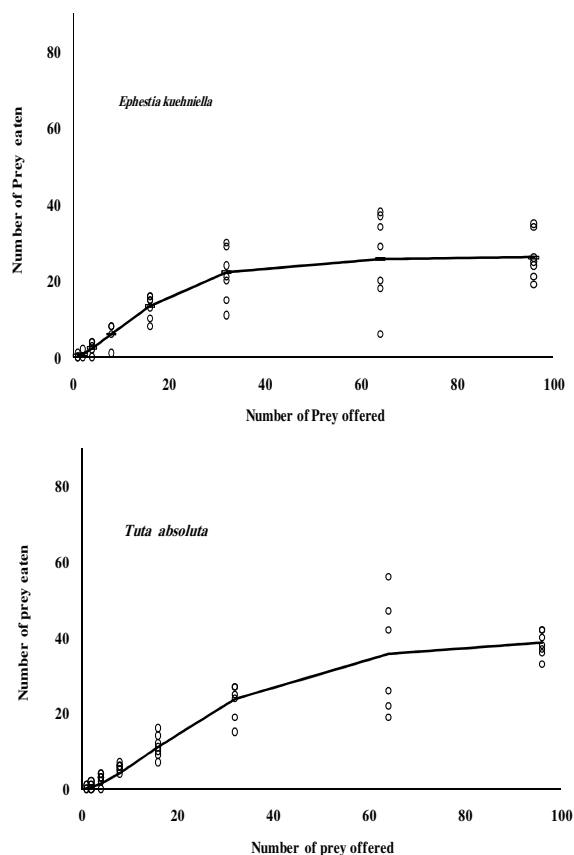
در برخی تحقیقات نیز واکنش تابعی سن‌های شکارگر Miridae از نوع سوم گزارش شده است که مشابه



۰/۴۰۳۲ بر ساعت و با تغذیه از تخم بید آرد برابر با ۰/۸۹۲۸ بر ساعت برآورد گردید. به دلیل بزرگی تخم‌های بید آرد و سهولت در جستجوی تخم‌ها، میزان نرخ یورش سن‌های ماده و نر به تخم‌های بید آرد نسبت به تخم‌های بید گوجه‌فرنگی بیشتر بود. مطابق این تحقیق، شریفیان و همکاران نیز برای هر دو شکارگر یادشده، نرخ شکارگری و ترجیح بیشتر به تخم‌های بید آرد را گزارش کرده‌اند (Sharifian *et al.*, 2016). لذا از نتایج این قسمت می‌توان برای استفاده کاربردی از تخم‌های بید آرد برای استقرار و ماندگاری سن‌های شکارگر در گلخانه‌ها استفاده کرد.

مدت زمان دستیابی سن شکارگر ماده با تغذیه از تخم بید آرد ۰/۳۶ ساعت و با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی ۰/۲۹ ساعت برآورد شد (جدول ۲). مشابه این تحقیق، میکائیلیدس و همکاران نیز مدت زمان دستیابی پوره‌های سن پنجم شکارگر *N. tenuis* را با تغذیه از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی به مقدار ۰/۲۶ ساعت برآورد کردند (Michaelides *et al.*, 2017). مدبونی و همکاران نیز مدت زمان دستیابی سن شکارگر یادشده را با تغذیه از سفیدبالک پنبه ۰/۵۳ ساعت برآورد کردند (Madbouni *et al.*, 2017). در تحقیق اول تفاوت اندک نتیجه، می‌تواند به دلیل کاربرد مرحله پنجم پورگی شکارگر مذکور باشد و در تحقیق دوم تفاوت بیشتر می‌تواند به شرایط دمایی و تفاوت در نوع شکار باشد. البته تخم‌های بید گوجه‌فرنگی به دلیل اندازه کوچک و زیست‌توده (biomass) کمتر برای سن‌های ماده دارای مدت زمان دستیابی کمتری نسبت به تخم‌های بید آرد بودند. به عبارتی از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی بیشتری تغذیه کردند. در مقابل مدت زمان دستیابی سن‌های نر با تغذیه از تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۵۹ ساعت بود (جدول ۲). برای جنس نر نیز تخم‌های بید آرد به دلیل اندازه بزرگتر نسبت به تخم‌های بید گوجه‌فرنگی دارای مدت زمان دستیابی بیشتری بودند. با مقایسه آماری مقادیر مدت زمان دستیابی سن‌های شکارگر ماده و نر به دو شکار یادشده براساس دامنه

یورش در تحقیق حاضر، می‌تواند به قدرت یورش بیشتر حشرات بالغ نسبت به پوره‌های سن پنجم حشره و شرایط متفاوت دمایی و نوع شکار باشد.



شکل ۲- منحنی واکنش تابعی سن شکارگر نر *Nesidiocoris tenuis* با تغذیه از تراکم‌های مختلف تخم‌های بید آرد (بالا) و بید گوجه‌فرنگی (پایین).

Fig. 2. Functional response curves of male *Nesidiocoris tenuis* to *Ephestia kuehniella* (top) and *Tuta absoluta* (down) eggs.

برای سن‌های نر نیز ضریب نرخ یورش با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی (۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۴۲) در مقایسه با تخم بید آرد (۰/۰۰۳۷ ± ۰/۰۰۹۳) کمتر برآورد شد (جدول ۲). همچنین بر اساس معادله بالا مقدار نرخ یورش برای سن نر در تراکم ۹۶ عدد با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی برابر با

پایین و بالای فاصله اطمینان ۹۵ درصد (جدول ۲)، اختلاف معنی‌داری در مدت زمانی دستیابی، بین دو شکار یادشده و دو جنس ماده و نر وجود دارد.

در مقایسه تأثیر جنسیت در مدت زمان دستیابی حشرات بالغ شکارگر، مقادیر زمان دستیابی سن‌های شکارگر ماده با تغذیه از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی (۰/۲۹ ساعت) در حالی که در سن‌های نر از همان تخم‌ها (۰/۵۹ ساعت) بسیار کم بود. به عبارتی سن‌های ماده، زمان کمتری صرف تغذیه از شکار کردند و لذا از شکارهای بیشتری نسبت به نرها تغذیه کردند. مدت زمان دستیابی سن‌های ماده با تغذیه از تخم‌های بید آرد (۰/۳۶ ساعت) بود در حالی که برای سن‌های نر زمان دستیابی با تغذیه از همان تخم‌ها ۰/۹۰ ساعت بود که مشابه نتایج بالا است. مقادیر پایین زمان دستیابی سن‌های ماده را می‌توان به قدرت شکارگری بیشتر برای تأمین مواد غذایی لازم برای فعالیت‌های تولیدمثلی مرتبط دانست. هم‌چنین می‌توان به اندازه کوچکتر تخم‌های بید گوجه‌فرنگی (طول ۰/۳۳ میلی‌متر و قطر ۰/۲۲ میلی‌متر) به تخم‌های بید آرد (طول ۰/۵۰ میلی‌متر و قطر ۰/۳۰ میلی‌متر)، ارتباط داد (Molla et al., 2014). شریفیان و همکاران، نیز برای سن شکارگر *N. tenuis*، پراسنجه نرخ یورش را با تغذیه از تخم بید آرد و تخم بید گوجه‌فرنگی به ترتیب ۰/۰۸۷۱ و ۰/۲۵۱۴ بر ساعت و زمان دستیابی از شکارهای یادشده را نیز به ترتیب ۱/۸۷۲۵ و ۲/۶۵۷۶ ساعت برآورد کردند. برخلاف تحقیق حاضر، در تحقیق آن‌ها سن شکارگر یادشده وقتی از تخم بید گوجه‌فرنگی تغذیه کرد، زمان دستیابی بیشتری داشت، دلیل این افزایش را جستجوی دشوار و نامناسب بودن تخم‌های بید گوجه‌فرنگی نسبت به تخم‌های بید آرد مرتبط دانستند. البته این محققین برای هر دو شکارگری که تحقیق کردند، نرخ شکارگری و ترجیح بیشتر به تخم‌های بزرگتر (بید آرد) را گزارش کردند (Sharifian et al., 2016). در حالی که مطابق تحقیق حاضر، فانتینو و همکاران نیز شکارگری بیشتر *M. pygmaeus* را از شکارهای کوچکتر گزارش کرده‌اند (Fantinou et al., 2008; 2009).

ضرغامی و همکاران نیز ارتباط اندازه شکارگر و شکار بر واکنش تابعی کفشدوزک (*Nephus includence* (Kirsch) با تغذیه از پوره و حشرات بالغ شپشک‌های آردآلود (*Planococcus ficus* Signoret و *Planococcus citri* (Risso) مطالعه کردند. زمان دستیابی شکارگر با افزایش اندازه شکار، افزایش داشت و بیشترین نرخ شکارگری نظری نیز با افزایش اندازه شکارگر و کاهش اندازه شکار افزایش داشت (Zharghami et al., 2015).

بیشترین نرخ شکارگری نظری ( $k = TIT_n$ )، با استفاده از مدت زمان دستیابی حشرات بالغ شکارگر ماده و نر به شکارها در طی ۲۴ ساعت در جدول دو آورده شده است. حشرات ماده با تغذیه از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی از بیشترین مقدار نرخ شکارگری نظری برخوردار بودند (۸۲/۶۲). به طوری که حشرات ماده بیش از دو برابر حشرات نر (۴۰/۷۱) از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی تغذیه کردند. در حالی که میکائیلیدس و همکاران، بیشترین نرخ شکارگری نظری برای پوره سن پنجم شکارگر *N. tenuis* را با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی ۵۰ عدد گزارش کردند (Michaelides et al., 2017). شریفیان و همکاران نیز بیشترین نرخ شکارگری نظری شکارگر یادشده را با تغذیه از تخم بید گوجه‌فرنگی ۸ تا ۹ عدد تخم به دست آوردند (Sharifian et al., 2016). دلیل این تفاوت‌ها را می‌توان به جمعیت و مرحله شکارگر، اندازه شکار و شکارگر، شرایط آزمایش، تراکم‌ها و عدم استفاده از تراکم‌های بیشتر (حداکثر تراکم ۳۰ تخم) ارتباط داد.

نرخ شکارگری نظری حشرات بالغ ماده و نر با تغذیه از تخم‌های بید آرد نیز شرایط مشابه بید گوجه‌فرنگی را داشت. حشرات ماده بیش از دو برابر (۶۶/۷۰) حشرات نر (۲۶/۵۷) از تخم‌های بید آرد تغذیه کردند. دلیل این مورد می‌تواند به جثه بزرگتر و توان تغذیه‌ای بیشتر حشرات بالغ ماده *N. tenuis* برای تأمین فعالیت‌های تولیدمثلی و همچنین اندازه کوچک تخم‌های بید گوجه‌فرنگی نسبت به تخم‌های بید آرد مرتبط باشد. در حالی که شریفیان و همکاران، بیشترین نرخ شکارگری

شکار جایگزین در نبود آفت اصلی (بید گوجه‌فرنگی) در گلخانه‌ها برای تغذیه و استقرار حشرات بالغ شکارگر می‌توان استفاده کرد.

پرخوری روزانه نیز یکی از فاکتورهایی است که برای بررسی کارایی حشرات شکارگر در برنامه‌های کنترل بیولوژیک مورد تحقیق قرار می‌گیرد. براساس معادله سوارز و همکاران (۲۰۰۳) بیشترین میزان تغذیه روزانه ( $V_0$ ) سن‌های شکارگر بالغ ماده و نر با تغذیه از دو نوع شکار در بالاترین تراکم از تخم‌ها (۹۶ تخم بید آرد و تخم بید گوجه‌فرنگی) در مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاه اختلاف زیادی از نظر جنسیت شکارگر و نوع شکارها داشت. میانگین بیشترین میزان تغذیه حشرات ماده از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی برابر با  $73/86$  عدد و با تغذیه از تخم‌های بید آرد برابر با  $64/14$  عدد تخم بود. درحالی‌که میانگین بیشترین میزان پرخوری حشرات نر از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی برابر با  $38/28$  عدد تخم و با تغذیه از تخم‌های بید آرد برابر با  $26/28$  عدد به‌دست آمد. بنابراین از نظر جنسیت، حشرات ماده تقریباً دو برابر حشرات نر از تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی تغذیه کردند. از نظر نوع شکار نیز، تخم‌های بید گوجه‌فرنگی نسبت به تخم‌های بید آرد، بیشتر مورد تغذیه سن‌های ماده و نر قرار گرفتند.

نظری سن شکارگر بالغ ماده *N. tenuis* را از تخم بید آرد تعداد ۱۲ تا ۱۳ عدد تخم به‌دست آوردند (Sharifian et al., 2016). گاوکار و همکاران نیز بیشترین نرخ شکارگری نظری سن شکارگر ماده *N. tenuis* را با تغذیه از کنه تارتن تعداد  $104/1$  عدد کنه به‌دست آوردند (Gavkare et al., 2017). در این قسمت نیز بین نتایج این تحقیق با نتایج شریفیان و همکاران و گاوکار و همکاران تفاوت وجود دارد که می‌تواند به دلایل فوق‌الذکر باشد. از نتایج تحقیق حاضر چنین برداشت می‌شود که تخم‌های بید آرد می‌توانند شکار مطلوبی برای پرورش سن شکارگر *N. tenuis* باشند (Molla et al., 2014). برای تأیید این یافته، سن‌های شکارگر *N. tenuis* علی‌رغم داشتن رژیم غذایی گوشت‌خواری-گیاه‌خواری، وابستگی شدیدی به شکار جانوری دارند. نقش شکار جانوری (تخم بید آرد) در زنده‌مانی شکارگر یادشده به‌قدری حیاتی است که با آزمایش اوربانیجا و همکاران اهمیت وجود آن در رژیم غذایی سن‌ها اثبات شده است. درصد زنده‌مانی سن‌های شکارگر روی فلفل شیرین، بادمجان و گوجه‌فرنگی در حضور شکار جانوری (تخم بید آرد) به ترتیب  $64/3$ ،  $72/7$  و  $73/7$  درصد برآورد شد، درحالی‌که در حالت فقدان شکار جانوری، روی هیچ‌یک از گیاهان یادشده چرخه زندگی سن شکارگر کامل نشد (Urbaneja, et al., 2005). بنابراین از تخم‌های بید آرد به‌عنوان

**جدول ۲-** مقادیر برآورد شده (میانگین  $\pm$  اشتباه استاندارد) پراسنجه‌های واکنش تابعی حشرات ماده و نر سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* با تغذیه از تخم‌های بید آرد و بید گوجه‌فرنگی در شرایط دمایی  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و روشنایی به تاریکی  $16:8$  ساعت.

**Table 2.** Estimated values (Mean  $\pm$  SE) by Rogers's model for functional response of female and male *Nesidiocoris tenuis* feeding on *Ephestia kuehniella* and *Tuta absoluta* eggs at  $25 \pm 1$  °C,  $65 \pm 5\%$  RH, 16:8 L:D h.

Sex	Prey	Type	Parameter	Estimate	S E	95% Confidence Interval		T/T <sub>h</sub>
						Lower	Upper	
Female	<i>E. kuehniella</i>	III	b	0.0061	0.0018	0.0025	0.0097	-
			T <sub>h</sub>	0.3598	0.0193	0.3210	0.3986	66.7037
	<i>T. absoluta</i>	III	b	0.0048	0.0009	0.0030	0.0066	-
			T <sub>h</sub>	0.2905	0.0136	0.2632	0.3177	82.6162
Male	<i>E. kuehniella</i>	III	b	0.0093	0.0037	0.0020	0.0167	-
			T <sub>h</sub>	0.9032	0.0511	0.8008	1.0056	26.5722
	<i>T. absoluta</i>	III	b	0.0042	0.0010	0.0021	0.0062	-
			T <sub>h</sub>	0.5895	0.0303	0.5287	0.6503	40.7125

و استقرار سن‌های شکارگر در گلخانه‌های گوجه‌فرنگی استفاده شوند.

### سپاسگزاری

این مقاله بخشی از رساله دکتری نگارنده اول، تحت راهنمایی نگارندگان دوم و سوم و مشاوره نگارنده چهارم در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران می‌باشد. از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور برای تأمین هزینه‌های این تحقیق و از آقای دکتر جلال شیرازی برای کمک‌ها و مساعدت در استفاده از گلخانه‌های بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک و از آقای مسعود گلبنی برای نگهداری کلنی‌های سن شکارگر و آفات تقدیر و تشکر می‌گردد.

برای توسعه عوامل کنترل بیولوژیک روی آفات مهم گوجه‌فرنگی (بید گوجه‌فرنگی، سفیدبالک گلخانه و کنه‌های تار عنکبوتی و حنایی) باید رفتار شکارگری، جستجوگری، پراکنش و پویایی و به عبارت کلی‌تر کارایی سن شکارگر یاد شده در شرایط گلخانه‌ای نیز بررسی شود.

نتایج این پژوهش نشان داد که حشرات بالغ ماده و نر *N. tenuis* با واکنش تابعی نوع سوم و حشره بالغ ماده با زمان دستیابی کمتر و بیشترین نرخ شکارگری نظری و بیشترین میزان تغذیه روزانه از تخم‌های بید گوجه‌فرنگی، می‌تواند در اوایل حضور آفت در گلخانه‌های گوجه‌فرنگی در مهار بید گوجه فرنگی *T. absoluta* نقش مؤثری داشته باشد و هم‌چنین تخم‌های بید آرد *E. kuehniella* می‌توانند به‌عنوان شکار مطلوب و جایگزین در نبود شکار اصلی برای تغذیه، پرورش

### References

- ATTARAN, M. R. 1996. Effect of laboratory hosts on biological attributes of parasitoid wasp *Bracon hebetor* Say. M.S. thesis, Tarbiat Modarres University, Iran (in Persian with English summary).
- BANIAMERI, V. and A. CHRAGHIAN, 2012. The first report and control strategies of *Tuta absoluta* in Iran, Eppo bulletin 42, 322-324.
- CALVO, J., BOLACKMANS, K. STANSLY, P.A. and URBANEJA, A. 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato, BioControl 54:237-246.
- CARNERO, A., DIAZ, S., AMADOR, S., HERNANDEZ, M. and HERNANDEZ, E. 2000, Impact of *Nesidiocoris tenuis* on whitefly populations in protected tomato crops, IOBC/WPRS Bulletin 23: 259.
- CASTANE, C. and ZAPATA, R. 2005. Rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus* on a meat-based diet, Biological Control, 34: 66 – 72.
- CASTANE, C., J., ARNO, R. GABARRA and ALOMAR, O. 2011. Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators, Biological Control, 59(1): 22-29.
- DE CLERCQ, P., MOHAGHEGH, J. and TIRRY, L. 2000. Effect of host plant on the functional response of the predators *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae), Biological Control, 18, 65-70.
- DE PUYSSSELEYR, V., DE MAN, S., HÖFTE, M. and DE CLERCQ, P. 2013. Plantless rearing of the zoophytophagous bug *Nesidiocoris tenuis*. BioControl 58: 205-213
- DESNEUX, N., WAJENBERG, E., WYCKHUYS, KAG., BURGIO, G., ARPAIA, S., NARVAEZ-VASQUEZ, CA., GONZALEZ- CABRERA, J., RUESCAS, DC., TABONE, E. and FRANDON, J. 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control, Journal Pest Science. 83:197-215.
- ENKEGAARD, A., BRODSGAARD H. F. and HANSEN, D.L. 2001. *Macrolophus caliginosus*: Functional response to whiteflies and preference and switching

- capacity between whiteflies and spider mites, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101, 81-88.
- FANTINOU, A.A., PERDIKIS, D. C., MASELOU, D. A. and LAMBEROPOULOS, P.D. 2008. Prey killing without consumption: does *Macrolophus pygmaeus* show adaptive foraging behavior? *Biological Control*, 47: 187-193.
- FANTINOU, A. A., PERDIKIS, D. C., MASELOU, D. A. and LAMBEROPOULOS, P. D. 2009. Preference and consumption of *Macrolophus pygmaeus* preying on mixed instar assemblages of *Myzus persicae*, *Biological Control*, 51: 76-80.
- FARHADI, R., ALLAHYARI, H. and JULIANO, S. A. 2010. Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae), *Environmental Entomological*, 39:1586-1592.
- FARHADI, R., ALLAHYARI, H., AZMAYESHFARD, P., FATAHHOSEINI, S. and HEYDARI, S. 2010. Functional response of adult male and female *Hippodamia variegata* Goeze (Col.: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* Scopoli, Iranian Journal Plant Protection Science, 41, 1: 143-150, (in Persian with English summary).
- FOGLAR, H., MALAUSA, J. C. and WAJNBERG, E. 1990. The functional response and preference of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) for two of its prey: *Myzus persicae* and *Tetranychus urticae*, *Entomophaga*, 35:465-474.
- GAVKARE, O., SHARMA, P. L., SANCHEZ J. A. and SHAH, M. A. 2017. Functional response of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, *Biocontrol Science and Technology*, 27 (9): 1118-1122.
- HASSANPOR, M., BAGHERI, M. R., GOLIZADEH, A. and FARROKHI, SH. 2016. Functional response of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) to *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae), effect of different host plants, *Biocontrol Science and Technology*,
- HASSELL, M. P. 2000. The spatial and temporal dynamics of host parasitoid interactions. Oxford University Press, London, UK. 200 pp.
- HASSELL, M. P. 1978. The dynamics of Arthropod predator-prey System Princeton University Press.
- HASSELL, M. P., LAWTON, J. H. and BEDDINGTON, JR. 1977. Sigmoid functional response by invertebrate predators and parasitoids, *Journal Animal Ecology*, 46:249-262.
- HOLLING, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism, *Canadian Entomology*, 91: 385- 398.
- HOLLING, C. S. 1966. Functional response of invertebrate predators to prey density, *Entomological*
- HOUCK, M. A. and R. E. STRAUSS, 1985. The comparative study of functional responses: experimental design and statistical interpretation, *Canadian Entomologist*, 117: 617-629
- JULIANO, S. A. 2001. Non-linear curve fitting: predation and functional response curves, In: S.M., SCHEINER, and J., GUREVITCH (Eds.), Design and analysis of ecological experiments, (pp. 178-196), New York: Chapman and Hall.
- KHOSHABI, J. 2015. Investigation on the effects of abamectin, acetamiprid and indoxacarb on some biological traits of predatory bug *Nesidiocoris tenuis* (Reuter), Thesis for the MSc. Degree, College of Agriculture and Natural Resources University of Tehran, 128 pp., (in Persian with English summary).
- LINNVUORI, 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.
- MADBOUNI, M. A. Z., SAMIH, M. A., NAMVAR, P. and BIONDI, A. 2017. Temperature-dependent functional response of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) to different densities of pupae of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *European Journal Entomology*, 114: 325-331.
- MALKESHI, S. H., TALAEI HASSANLOUI, R., MOHAGHEGH, J. and ALLAHYARI, H. 2017.

- Predation rate and prey preference of *Nesidiocoris tenuis* on *Ephestia kuehniella* and *Tuta absoluta* eggs in laboratory, *Biocontrol in Plant Protection*, 5 (1): 31-43, (in Persian with English summary).
- MESSINA, F. J. and HANKS, J. B. 1998. Host plants alters the shape of the functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae), *Environmental Entomology*, 27, 1196- 1202.
- MICHAELIDES, G., SFENTHOURAKIS, S., PITSILLOU, M. and SERAPHIDES, N. 2017. Functional response and multiple predator effects of two generalist predators preying on *Tuta absoluta* eggs, *Pest management science*, 74: 332-339.
- MILONAS, P. G., KONTODIMAS, D. CH. and MARTINO, A. F. 2011. A predator's functional response: Influence of prey species and size, *Biological Control*, 59: 141-146.
- MOHAGHEGH, J., DE CLERCQ, P. and TIRRY, L. 2001. Functional response of the predators *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het.: Pentatomidae) to the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (lep: Noctuidae): effect of temperature, *Journal of applied entomology* 125:131-134.
- MOLLA, O., BIONDI, A., ALONSO-VALIENTE, M. and URBANEGA, 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(2): 175-183.
- MOLLA, O., MONTON, H., VANACLOCHA, P., BEITIA F. and URBANEGA, A. 2009. Predation by the mirids *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus* on the tomato borer *Tuta absoluta*, *IOBC/WPRS Bulletin*, 49:209-214.
- MONTERRAT, M., ALBAJES, R. and CASTANE, C. 2000. Functional response of four heteropteran predators preying on greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and western flower thrips (Tysanoptera: Thripidae), *Environmental Entomology*, 29:1075-1082.
- MURDOUH, W.W. and OATEN, A. 1975. Predation and population stability, *Advances in Ecological Research*, 9:2- 131.
- NORUZI, F., MADADI, H. and TALAEI-HASSANLOUI, R. 2015. Functional Response of Predatory Bug, *Orius albidipennis* (Reuter) to Melon Aphid, *Aphis gossypii* (Glover) and Two Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch, *Journal of Applied Researches in Plant Protection*, 3 (2): 69-77, (in Persian with English summary).
- PERDIKIS, D., FANTINO, A., GARANTONAKIS, N., PAVLOS, K. P., MASELOU, D. and Panagakis, S. 2009. Studies on the damage potential of the predator *Nesidiocoris tenuis* on tomato plants, *Bulletin of Insectology*, 62, 41-46.
- ROGERS, D. 1972. Random search and insect population models, *Journal of Animal Ecology*, 41, 369-383.
- SANCHEZ, J. A. and LACAIZA, A. 2008. Impact of the zoophytophagous plant bug *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae) on tomato yield, *Journal Economic Entomological*, 101:1864-1870.
- SHARIFIAN, I., SABAHI, Q. and KHOSHABI, J. 2016. Functional response of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) and *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) feeding on two different prey species, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48: 910-920.
- SOARES, A. O., CODERRE, D. and SCHANDERL, H. 2003. Effect of temperature and intraspecific allometry on predation by two phenotypes of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 32: 939-944.
- SOHRABI, F. and HOSSEINI, R. 2015. *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Heteroptera: Miridae), a predatory species of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Iran, *Journal of plant protection research*, 55, No. 3: 322-323, (in Persian with English summary).
- SOLOMON, M. E. 1949. The natural control of animal populations, *Journal Animal Ecological*, 18: 1-35.

- URBANEJA, A., TAPIA, G. and STANSLY, P. A. 2005. Influence of host plant and prey availability on the developmental time and survival of *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Heteroptera: Miridae), *Biocontrol Science Technological*, 15:513–518.
- URBANEJA, A., MONTON, H. and MOLLA, O. 2009. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus caliginosus* and *Nesidiocoris tenuis*, *Journal of Applied Entomology*, 133:292–296.
- URBANEJA, A., GONZALEZ-CABRERA, J., ARNO, J. and ABARRA, R. 2012. Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin, *Pest Manage Science*, 68:1215–1222.
- URBANEJA-BERNAT, P., ALONSO, M., TENA, A., BOLCKMANS, K. and URBANEJA, A. 2013. Sugar as nutritional supplement for the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*, *Biocontrol*, 58:57–64.
- VAN ALPHEN, J. J. M. and JERVIS, M. A. 1996. Foraging behavior, In JERVIS M.A. and KIDD, N. (Eds): *Insect Natural Enemies: Practical Approaches to their Study and Evaluation*, Chapman & Hall, London, pp. 1–62.
- ZARGHAMI, S., MOSSADEGH, M. S., KOICHELI, F., H., ALLAHYARI and A. RASEKH, 2015. Functional and numerical responses of *Nephus arcuatus* Kapur feeding on *Nipaeococcus viridis* (Newstead), *Agricultural Pest Management*, 2(1): 48-59, (in Persian with English summary).