

## ارزیابی اثرگذاری میزان کشندگی ترکیبات آبامکتین، استامی پرید و ایندوکساکارب بر سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* با تغذیه از تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta*

جواد خوشایب<sup>۱</sup>، قدرت‌اله صباحی<sup>۲\*</sup> و ایمان شریفیان<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی سابق دکتری، گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۵)

### چکیده

تغییرپذیری رفتاری عامل‌های زیست (بیو)کنترل پس از در معرض ماندن آن‌ها با ترکیب‌های آفت‌کش، باعث عدم موفقیت کنترل تلفیقی آفات در بسیاری از موارد شده است. در این بررسی ضمن انجام زیست‌سنجی روی حشره‌های کامل سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* به منظور تعیین سطح زیانبار بودن سه آفت‌کش آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب، اثرگذاری‌های جانبی این ترکیبات بر رفتار شکارگری سن شکارگر با تغذیه از تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* ارزیابی شد. آزمایش‌ها در شرایط آزمایشگاهی (دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 10$  درصد و دوره نوری ۱۶:۸ تاریکی:روشنایی) انجام گرفت. از غلظت زیرکشنده ترکیب‌ها به صورت نهشت خشک روی برگ در مدت‌زمان ۲۴ ساعت برای در معرض قرار گرفتن حشره کامل شکارگر استفاده شد. مقادیر  $LC_{50}$  برای سه ترکیب آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب به ترتیب ۳۳/۴۰، ۳۶/۵۵ و ۲۰۴/۴۳ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر و مقادیر  $LC_{30}$  به ترتیب ۲۰/۴۲، ۳۰/۳۸ و ۱۸۱/۵۳ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر برآورد شد. همه ترکیب‌های موردبررسی، نرخ حمله شکارگر را به صورت معنی‌داری کاهش دادند، هرچند بیشترین تأثیر در تیمار ایندوکساکارب مشاهده شد. همچنین دو ترکیب ایندوکساکارب و استامی‌پرید سبب افزایش معنی‌دار زمان دستیابی شکارگر در مقایسه با شاهد شدند که میزان افزایش حاصله در تیمار حشره‌کش ایندوکساکارب بیشتر از دیگر ترکیبات بوده است. آبامکتین با کمترین تأثیر رفتاری را در بین ترکیبات مورد آزمایش داشته است. بر پایه شاخص تأثیر کل (E) در طبقه‌بندی IOBC، استامی‌پرید (۸۵درصد) و پس‌از آن ایندوکساکارب (۷۷درصد) برای سن شکارگر *N. tenuis* زیان‌آور بوده و آبامکتین (۳۸درصد) کم‌زیان ارزیابی شد.

**واژه‌های کلیدی:** اثرگذاری کشنده و زیرکشنده، زمان دستیابی، طبقه‌بندی IOBC، مدیریت تلفیقی آفات، نرخ حمله.

## Lethal and sublethal effects of abamectin, acetamiprid and indoxacarb on predatory bug, *Nesidiocoris tenuis* feeding on tomato leafminer, *Tuta absoluta*

Javad Khoshabi<sup>1</sup>, Qodratollah Sabahi<sup>2\*</sup> and Iman Sharifian<sup>3</sup>

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Associate Professor and Former Ph. D. Student, Department of Plant Protection, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Feb. 23. 2016 - Accepted: Jun. 25. 2016)

### ABSTRACT

Behavioral changes of biocontrol agents after exposing to pesticides have an important role in success of IPM programs. In the current study lethal and sublethal effects of abamectin, acetamiprid and indoxacarb as the widely used insecticides were investigated on adults of mirid bug, *Nesidiocoris tenuis* and its behavior on *Tuta absoluta* eggs. Experiments were performed in the laboratory conditions ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  R.H. and 16:8 (L:D) photoperiod). Effects of sublethal concentration of insecticides were evaluated during 24 h period using dried residues of insecticides on tomato leaf. The values of  $LC_{50}$  for abamectin, acetamiprid and indoxacarb against *N. tenuis* were 33.40, 36.55 and 204.43 and of  $LC_{30}$  were 20.42, 30.38 and 181.53  $\mu\text{l a.i./L}$ , respectively. All insecticides decreased attack rate of the predator; however, the most effective one was indoxacarb. On the other hand, indoxacarb and acetamiprid caused significant increase in handling time of predator while the most effective was indoxacarb. Abamectin showed the lower behavioral effects among the tested insecticides. According to total effect index (E) in IOBC category, acetamiprid (85%) and indoxacarb (77%) were harmful against *N. tenuis* predatory bug, while, abamectin (38%) was considered as slightly harmful.

**Keywords:** attack rate, handling time, IOBC category, IPM, lethal and sublethal effects.

## مقدمه

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* Meyrick. به تهدیدی جهانی برای محصول گوجه‌فرنگی در جنوب آمریکا، اروپا، شمال آفریقا و در سال‌های اخیر در خاورمیانه تبدیل شده است (Desneux et al., 2010; Guedes & Picanco, 2012). این آفت در سال ۱۳۸۹ برای نخستین بار در ایران گزارش شد و در استان‌های غربی و جنوب‌غربی گسترش یافت (Baniamერი & Cheraghian, 2012). این آفت هم‌اکنون در بیشتر مناطق زیر کشت گوجه‌فرنگی در کشور وجود دارد و در زمره مهم‌ترین و زیانبارترین آفات این محصول به شمار می‌آید. برای مهار این آفت، کنترل تلفیقی بر پایه کاربرد ترکیبات شیمیایی و دشمنان طبیعی توصیه شده است (Desneux et al., 2010).

دشمنان طبیعی زیادی اعم از انگلواره‌ها، شکارگرها و بیمارگرها روی مینوز گوجه‌فرنگی فعالیت دارند که در بین آن‌ها موفقیت شکارگرها در مهار آفت بیشتر بوده است (Boualem et al., 2012). گونه‌های شکارگر فراوانی روی مینوز گوجه‌فرنگی مشاهده شده‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها سن‌های شکارگر *Macrolophus* (Hem.: Miridae) *pygmaeus* Wagner. *Nesidiocoris tenuis* Reuter. (Hem.: Miridae) سن شکارگر *Xylocoris* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) و کفشدوزک (Col.: *Cycloneda sanguine* Limbifer (Coccinellidae) Casey. و همچنین گونه‌هایی از خانواده‌های Formicidae و Phalaeotripidae را می‌توان نام برد (Miranda et al., 2005).

در برخی تحقیقات آزمایشگاهی، سن شکارگر *N. tenuis* کنترل مطلوبی روی تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی داشته است (Arno et al., 2009; Urbaneja et al., 2009). تحقیقات نیمه‌مزرعه‌ای نیز نشان از توان این شکارگر برای کنترل تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی داشته‌اند (Molla et al., 2009). این شکارگر، بومی مناطق مدیترانه‌ای، آسیا و آفریقا است. حشره‌های کامل آن طولی برابر ۳-۳/۵ میلی‌متر دارند. به دلیل داشتن پاهای بلند، این شکارگر قادر به

حرکت سریع روی سطح برگ‌هایی با پرز بلند است. تخم‌ریز حشره‌های ماده به‌طور کامل نمایان است. تخم‌های این حشره اندکی انحنای داشته و به رنگ سبز-زرد یا سبز-خاکستری دیده می‌شوند (Hughes et al., 2010).

استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی علیه آفات اثرگذاری‌های منفی بر موجودهای زنده غیرهدف داشته و باعث کاهش کارایی در کنترل زیستی (بیولوژیک) می‌شود؛ بنابراین، ارزیابی اثرگذاری بالقوه آن‌ها بر زنده‌مانی و کارایی دشمنان طبیعی ضروری است تا حشره‌کش‌های مناسب‌تری برای استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) شناسایی شوند (Desneux et al., 2007). با بررسی اثرگذاری‌های زیرکشنده آفت‌کش‌ها، می‌توان جنبه‌های بوم‌شناختی (اکولوژیک) کاربرد آفت‌کش‌ها را به‌طور کامل‌تری ارزیابی کرد که این یک موضوع مهم در کاربرد انتخابی حشره‌کش‌ها و تدوین دقیق‌تر برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات است. یکی از اثرگذاری‌های جانبی ترکیبات شیمیایی، اثرگذاری نامطلوب آن‌ها بر ویژگی‌های رفتاری شکارگرها است (Desneux et al., 2007). اثرگذاری‌های باقی‌مانده برخی ترکیبات شیمیایی آفت‌کش بر میزان زنده‌مانی سن شکارگر *N. tenuis* ارزیابی شده است (Arno & Gabarra, 2011)؛ هرچند اثرگذاری‌های زیرکشنده ترکیبات شیمیایی روی آن بسیار کم بررسی شده است (Wanumen et al., 2016).

محققان روشی را معرفی کردند که در آن مرگ‌ومیر و اثرگذاری‌های جانبی ناشی از آفت‌کش‌ها بر زادآوری دشمنان طبیعی با یک شاخص اندازه‌گیری می‌شود و آن را "شاخص اثرگذاری کل" (Total Effect Index) یا "E" نامیدند (Overmeer & Van Zon, 1982). این روش که در آزمون‌های اثرگذاری‌های جانبی آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی استفاده می‌شود و توسط سازمان بین‌المللی کنترل زیستی (IOBC) پذیرفته شده، معیاری اولیه برای غربالگری آفت‌کش‌ها در آزمایشگاه است که با آزمون‌های نیمه‌مزرعه‌ای و مزرعه‌ای تکمیل می‌شود. سازمان بین‌المللی کنترل زیستی بر پایه شاخص E

۱۰±۶۵ درصد) به منظور پرورش انبوه *T. absoluta* و انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی استفاده شد. جمعیت اولیه *T. absoluta* از گروه گیاه‌پزشکی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تهیه شد و در اتاقک رشد با شرایط دمایی ۱±۲۵ درجه سلسیوس، دوره نوری ۱۶:۸ (روشنایی: تاریکی) و در شرایط رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ درصد روی گیاه گوجه‌فرنگی پرورش داده شد. گیاه گوجه‌فرنگی به ارتفاع ۳۰-۲۰ سانتی‌متر درون ظرف‌های پلاستیکی شفاف قرار داده شده و شمار بیست جفت شب‌پره آفت در هر ظرف رهاسازی شد. پس از ۴-۳ روز حشره‌ها از روی گیاهان برداشته و به مراحل مختلف حشره اجازه رشد و نمو داده شد. پس از تبدیل لاروهای کامل به شفیره، آن‌ها از خاک کف گلدان‌ها گردآوری و برای پرورش نسل بعد استفاده شدند.

جمعیت اولیه سن شکارگر *N. tenuis* از گلخانه کشت ارگانیک گوجه‌فرنگی واقع در حومه شهرستان شهرضا (استان اصفهان) گردآوری شد که در آن هیچ‌گونه آفت‌کشی استفاده نشده است. تأیید شناسایی نمونه‌ها توسط دکتر Michael Schwartz از مجموعه ملی حشره‌ها، عنکبوت‌ها و نماتودها در کشور کانادا<sup>۱</sup> صورت گرفت. جمعیت اصلی مورد آزمایش تا پایان تحقیقات از برخورد با هرگونه آفت‌کش به دور ماند. سن شکارگر یادشده در اتاقک رشد با شرایط یادشده در بالا به مدت دو سال برای استفاده در همه آزمایش‌ها پرورش داده شد. برای رشد و نمو بهتر و افزایش بیشتر سن شکارگر، توده تخم بید آرد برای تغذیه سن روی برگ‌های گوجه‌فرنگی قرار گرفت. پرورش شب‌پره آرد در این تحقیق، بر پایه روش Ebadollahi et al. (2010) صورت پذیرفت.

#### آفت‌کش‌های مورد آزمایش

فرمولاسیون تجاری آبامکتین (۱.۸٪ EC، شرکت هزاره سوم، ایران)، استامی پرید (۲۰٪ SP، شرکت آریا شیمی، ایران) و ایندوکساکارب (۱۵٪ SC، شرکت کاوش کیمیا، ایران) استفاده شد.

گروه‌بندی‌هایی ارائه کرده که آفت‌کش‌های ارزیابی شده روی دشمنان طبیعی را پس از آزمایش در هر یک از آن‌ها دسته‌بندی می‌کند (Stark & Banks, 2003). بر پایه دسته‌بندی این سازمان برای بررسی‌های آزمایشگاهی اثرگذاری‌های باقی‌مانده آفت‌کش‌ها، میزان E کمتر از ۲۵ درصد نشان‌دهنده بی‌زیان بودن، بین ۲۵-۵۰ درصد نشان‌دهنده کم‌زیان بودن، بین ۵۱-۷۵ درصد نشان‌دهنده به نسبت زیانبار بودن و بیش از ۷۵ درصد نشان‌دهنده زیانبار بودن یک آفت‌کش هستند (Sterk et al., 1999).

بررسی‌های رفتاری شکارگری از جمله بررسی‌های کاربردی در برنامه‌های کنترل زیستی و مدیریت تلفیقی آفات به‌شمار می‌آید. این بررسی‌های دربرگیرنده پدیده‌های مرتبط با نرخ حمله و زمان دستیابی به شکار توسط شکارگر است (Holling, 1966). با توجه به تغییر رفتار عامل‌های کنترل‌کننده در اثر تماس با دزهای زیرکشنده ترکیبات آفت‌کش و امکان تأثیر بر قابلیت کنترل‌کنندگی عامل زیستی، محققان مختلف اثرگذاری‌های زیرکشنده ترکیبات شیمیایی در یک برنامه مدیریت تلفیقی را بر رفتار دشمنان طبیعی بررسی کرده‌اند (Li et al., 2006; Claver et al., 2003; He et al., 2012). این نوع بررسی‌ها می‌تواند به کشاورزان در انتخاب مناسب‌ترین ترکیب آفت‌کش برای استفاده تلفیقی با عامل‌های زیستی کنترل‌کننده آفات، کمک شایانی کند.

هدف از این تحقیق بررسی اثرگذاری‌های کشندگی و زیرکشندگی ترکیبات آبامکتین، استامی پرید و ایندوکساکارب، به‌عنوان سه آفت‌کشی که توسط سازمان حفظ نباتات برای کنترل آفات گوجه‌فرنگی در گلخانه توصیه شده‌اند، روی سن شکارگر *N. tenuis* با تأکید بر تغییرپذیری رفتاری شکارگر بوده و امید است در برنامه‌های تلفیقی کنترل آفت مینوز گوجه‌فرنگی کاربرد عملی داشته باشد.

## مواد و روش‌ها

### پرورش گیاه و حشره‌ها

در این تحقیق از گوجه‌فرنگی رقم کومودورو در شرایط گلخانه (دمای ۵±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی

1. Canadian National Collection of Insects, Arachnids & Nematodes

## آزمایش‌های زیست‌سنجی

به‌منظور هم‌سن کردن، پوره‌های سن آخر شکارگر درون محفظه‌های استوانه‌ای شکل (عرض ۷ و ارتفاع ۲۱ سانتی‌متر دارای تهویه در دیواره و سقف محفظه) حاوی گیاه گوجه‌فرنگی منتقل و در اتاقک رشد در شرایط یادشده در بالا نگهداری شد. پس از ۲۴ ساعت به‌طور منظم از ظرف‌های یادشده بازدید کرده و پوره‌هایی که به حشره کامل تبدیل شده بود جدا و برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی آماده شدند. برای آزمایش‌های رفتاری نیز همین روش به کار رفت. آزمایش‌های زیست‌سنجی به‌منظور تعیین دزهای کشنده ۵۰ و ۳۰ درصد جمعیت سن شکارگر، در پتری‌دیش‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متر به همراه یک نوار طلایی به عرض ۳ سانتی‌متر (به‌منظور افزایش ارتفاع پتری‌دیش‌ها) که به کمک چسب نواری به‌صورت یک استوانه در می‌آمد، انجام گرفت. دریچه تهویه به عرض تقریبی ۳ سانتی‌متر در بالای پتری‌دیش‌ها ایجاد و برای جلوگیری از خروج سن‌های بالغ، با توری مش ۴۰ پوشیده شد (Arno & Gabarra, 2011).

در آزمایش‌ها از سمیت تماسی ترکیبات آفت‌کش به‌صورت نهشت خشک روی برگ استفاده شد. به این منظور برگ‌ها به مدت سی ثانیه در محلول هر یک از آفت‌کش‌ها غوطه‌ور و به مدت یک ساعت در زیر هود خشک شد. برای جلوگیری از گرسنگی و همخواری، میزان کافی تخم پروانه مینوز گوجه‌فرنگی به روش Molla و همکاران (2014) به‌عنوان غذا برای سن‌ها در نظر گرفته شد. تیمارها در اتاقک رشد در شرایط مورد اشاره در بالا نگهداری شد. اثر ترکیبات طی ۲۴ ساعت ارزیابی شد. پس از مراحل پیش‌آزمون، پنج غلظت اصلی از هر آفت‌کش با رعایت فاصله لگاریتمی مشخص و در آزمایش‌ها استفاده شد. برای هر آزمایش سه تکرار و در هر تکرار سی سن بالغ در نظر گرفته شد. در تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. سن‌هایی که با وجود تحریک با قلم‌موی نرم قادر به حرکت دادن خود نبودند، مرده تلقی شدند.

## آزمایش‌های تعیین شاخص اثر کل (E)

ظرف‌های همسان آزمایش‌های زیست‌سنجی برای

ارزیابی شاخص اثرگذاری کل (E) آفت‌کش‌های موردبررسی روی سن شکارگر جنس ماده *N. tenuis* استفاده قرار گرفت. شمار سی عدد سن ماده در هر تکرار و در مجموع سه تکرار برای هر آفت‌کش انجام گرفت. غلظت‌های توصیه‌شده مزرعه برای هر سه آفت‌کش در آزمایش تعیین شاخص اثرگذاری کل به کار رفت (آبامکتین ۳۸۵، استامی‌پرید ۱۰۰ و ایندوکساکارب ۶۵ میلی‌گرم ماده فرموله بر لیتر). سن‌های ماده یک‌روزه و هم‌سنی که پس از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در معرض هر یک از آفت‌کش‌های موردبررسی زنده مانده بودند، به‌طور جداگانه روی گلدان‌های گوجه‌فرنگی تیمارنشده منتقل شدند. به شمار ماده‌ها، نر تیمارنشده از کلونی اصلی به‌منظور جفت‌گیری به مدت ۷۲ ساعت در مجاورت ماده‌های یادشده قرار گرفت. هر ماده پس از ۲-۳ روز به گلدان جدیدی (به‌منظور تهیه بستر تازه برای تخم‌ریزی و جلوگیری از همخواری پوره‌های یک‌روزه توسط بالغین) منتقل می‌شد و این کار تا مرگ آخرین ماده ادامه یافت. شمار پوره‌های سن اول خارج‌شده از تخم‌های گذاشته‌شده، به‌طور روزانه شمارش شد و به‌منظور جلوگیری از همخواری<sup>۱</sup> پوره‌های ظاهرشده از روی گیاه حذف می‌شدند. معادله زیر برای ارزیابی درصد E استفاده شد:

$$E(\%) = 100 - (100 - M) \times R$$

که در این معادله M درصد مرگ‌ومیر اصلاح‌شده بر پایه فرمول Abbott (1925) و R میانگین نتایج به‌جامانده در نسل بعد بود (Overmeer & Van Zon, 1982).

## آزمایش‌های رفتاری

حشره‌های کامل یک‌روزه پس از تحمل یک روز گرسنگی در آزمایش‌های رفتاری به کار رفتند. تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی پس از شمارش در تراکم‌های مختلف روی سه برگچه انتهایی گوجه‌فرنگی قرار گرفتند. تخم‌های شکار مورد استفاده هم‌سن بوده که برای این کار به مدت ۲۴ ساعت گیاه گوجه‌فرنگی با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در اختیار مینوز قرار گرفت، سپس در زیر استریومیکروسکوپ با برس

شاهد توسط رویه NLIN انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار MS Excel 2007 استفاده شد.

## نتایج

### زیست‌سنجی

نتایج تجزیه پروبیت داده‌های حاصل از سمیت تماسی باقی‌مانده خشک سه حشره‌کش آلامکتین، استامی پرید و ایندوکساکارب روی حشره‌های کامل سن شکارگر *N. tenuis* در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، آلامکتین بیشترین سمیت را علیه سن شکارگر نشان داد ( $LC_{50}=33/40 \text{ mg/l}$ ) و ترکیبات استامی پرید ( $LC_{50}=36/55 \text{ mg/l}$ ) و ایندوکساکارب ( $LC_{50}=20/43 \text{ mg/l}$ ) به ترتیب سمیت کمتری نسبت به این حشره نشان دادند. مقادیر دز زیرکشنده ( $LC_{30}$ ) برای این ترکیب‌ها به ترتیب ۲۰/۴۲، ۳۰/۳۸ و ۱۸۱/۵۳ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد (جدول ۱). مقادیر شیب منحنی‌های دز-پاسخ نیز نشان می‌دهد که مرگ‌ومیر سن شکارگر در تیمار با ترکیب استامی پرید بیشتر از دیگر ترکیبات، وابسته به دز بوده است. از سوی دیگر بیشترین میزان شاخص اثرگذاری کل (E) برای استامی پرید (۸۵ درصد) و پس‌از آن در تیمار با ایندوکساکارب (۷۷ درصد) مشاهده شد که بر پایه طبقه‌بندی IOBC در ردهٔ زیان‌آور قرار گرفتند. کمترین میزان شاخص E نیز در تیمار آلامکتین (۳۸ درصد) مشاهده شد که در گروه کم‌زیان قرار گرفت (جدول ۱). با توجه به میزان نرخ کشنده ۵۰ درصد<sup>۱</sup> (۰/۹۱۳) و فاصله‌های اطمینان آن در سطح ۹۵ درصد (۱/۰۹۶-۰/۷۶) بین  $LC_{50}$  دو ترکیب آلامکتین و استامی پرید تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است. با این وجود، نرخ کشنده ۵۰ درصد بین استامی پرید و ایندوکساکارب (۰/۱۷۹) با توجه به فاصله‌های اطمینان آن (۰/۱۹۳-۰/۱۶۶) معنی‌دار بوده است. همچنین اختلاف بین غلظت کشنده ۵۰ درصد دو ترکیب آلامکتین و ایندوکساکارب (فاصله‌های اطمینان ۰/۱۳۷-۰/۱۹۵) نیز به همین دلیل معنی‌دار است (رجوع شود به Robertson *et al.*, 2007) (جدول ۲).

نرم اقدام به جداسازی تخم و شمارش آن‌ها برای انجام آزمایش رفتاری شد. آزمایش‌های رفتاری با تراکم ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۸، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ عدد تخم مینوز گوجه‌فرنگی به‌عنوان شکار در زمان ۲۴ ساعت انجام پذیرفت. برای شش تراکم اول، پانزده تکرار (به دلیل اهمیت بخش خطی معادله در تعیین نوع واکنش تابعی) و برای چهار تراکم پایانی، ده تکرار در نظر گرفته شد. از شرایط آزمایشگاهی برابر با آزمایش‌های زیست‌سنجی استفاده شد.

### تجزیه و تحلیل ارزیابی رفتاری

برای تعیین نوع واکنش از رگرسیون لوجستیک و مدل چندجمله‌ای با استفاده از نرم‌افزار SAS (Farhadi *et al.*, 2010) مدل مناسب برای برآورد فراسنجه‌های واکنش، مدل Rogers (1972) در نظر گرفته شد. فراسنجه‌های  $T_h$  (زمان دستیابی) و  $a$  (نرخ حمله) برآورد شدند. در این مرحله با توجه به وجود پدیده کاهش شکار در طی آزمایش (عدم جایگزینی شکار)، از مدل شکارگر تصادفی Rogers (1972) استفاده شد.

داده‌ها به مدل نوع دوم راجرز برازش داده شد که عبارت است از:

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

در این معادله  $N_e$ ، شمار شکار مورد حمله قرار گرفته؛  $a$ ، نرخ حمله؛  $N_o$ ، تراکم شکار در آغاز آزمایش؛  $T$ ، کل زمانی که شکار در برابر شکارگر قرار دارد و  $T_h$ ، زمان دستیابی به شکار در نظر گرفته شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه پروبیت و محاسبهٔ عامل‌های خطوط غلظت-پاسخ و مقایسهٔ بین قدرت کشندگی آفت‌کش‌ها با نرم‌افزار POLO-Plus 1.0 (LeOra Software, 2002) انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش‌های رفتاری توسط نرم‌افزار SAS 9.0 (SAS Institute, 2003) و از رویه‌های CATMOD و NLIN به ترتیب برای ارزیابی نوع واکنش و برآورد فراسنجه‌های نرخ حمله و زمان دستیابی استفاده شد. همچنین مقایسهٔ داده‌ها در حشره‌های تیمار شده با

1.  $LC_{50}$  ratio

مقادیر شاخص Da (و حدود بالا و پایین آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد) نشان داد که آبامکتین ((۰/۰۲۳۹- -۰/۲۶۳۶) (-۰/۱۴۳۸)، استامی‌پرید ((۰/۰۹۴۲- -۰/۳۶۹۵) (-۰/۲۳۱۹) و ایندوکساکارب ((۰/۱۲۵۶- -۰/۳۵۰۲) (-۰/۲۵۷۶) هر سه نرخ حمله شکارگر را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. این میزان کاهش در حشره‌کش ایندوکساکارب بیشتر از دیگر ترکیبات بوده است. ترکیبات استامی‌پرید و آبامکتین پس از ایندوکساکارب به ترتیب بیشترین تأثیر را در کاهش نرخ حمله سن شکارگر نشان دادند.

در حالی که، به گواه مقادیر شاخص  $D_{Th}$  و حدود اطمینان ۹۵ درصد آن‌ها همه آفت‌کش‌های بالا به‌جز آبامکتین [آبامکتین (۰/۱۵۷۲-۰/۷۴۰۰) (۰/۴۴۸۶ و استامی‌پرید (۰/۱۷۸۳-۰/۶۸۳۰) (۰/۴۶۷۱)]، باعث افزایش معنی‌دار زمان دستیابی شکارگر در مقایسه با شاهد شدند. همچنین با توجه به نتایج جدول ۳ می‌توان مشاهده کرد که این میزان افزایش نیز در حشره‌کش ایندوکساکارب بیشتر از دیگر ترکیبات بوده است. ترکیبات ایندوکساکارب، استامی‌پرید و آبامکتین به ترتیب باعث بیشترین افزایش در زمان دستیابی سن شکارگر شدند.

جدول ۱. نام عمومی، نام تجاری و غلظت ماده مؤثره حشره‌کش‌های مورد آزمایش برای تعیین شاخص اثرگذاری کل (E)

Table 1. Generic and trade name, formulation and applied dose of tested insecticides for determining total effects

Insecticide	Trade name and Formulation	Applied Dose (AI)
Abamectin	Vertimec 1.8 EC	385 mg/l
Acetamiprid	Mospilan 20 SP	100 mg/l
Indoxacarb	Avaunt 150 SC	65 mg/l

### ارزیابی رفتاری

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از تخم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، در حشره‌های شاهد و تحت تأثیر دز زیرکشنده آفت‌کش‌های آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب، وابسته به معکوس تراکم عمل می‌کند و واکنش نوع II را نشان می‌دهد. میزان کاهش در شمار طعمه شکار شده و همچنین منحنی‌های واکنش سن شکارگر *N. tenuis* در حشره‌های شاهد و تیمار شده در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود بیشترین میزان کاهش در شکار سن‌ها در تیمار با دز زیرکشنده آبامکتین بوده است. مقایسه نرخ حمله حشره‌های تیمار شده توسط دز زیرکشنده آفت‌کش‌های یاد شده با حشره‌های شاهد و

جدول ۲. نتایج زیست‌سنجی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی حشره کامل سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis*

Table 2. Results of bioassay tests of selected insecticides against adult *Nesidiocoris tenuis*

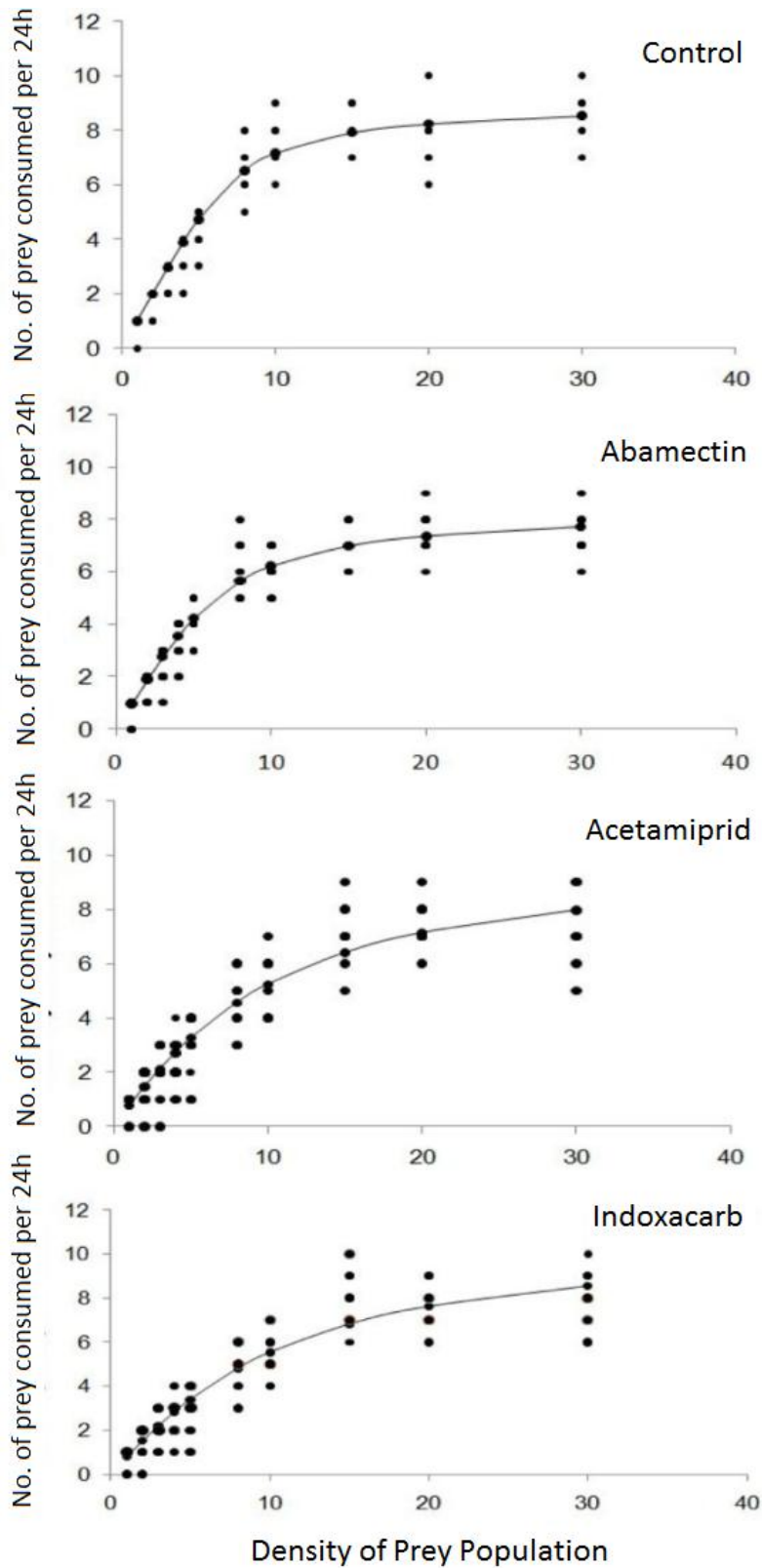
Insecticide	LC <sub>50</sub> * (Lower-Upper)	LC <sub>50</sub> * (Lower-Upper)	Slope ± SE	χ <sup>2</sup> (df)	Total effects (E)
Abamectin	20.422 (15.619-24.228)	33.396 (28.690-39.360)	0.397±2.455	1.978 (13)	>38%
Acetamiprid	30.385 (27.495-32.664)	36.553 (34.164-38.942)	0.812±6.533	3.752 (13)	85%
Indoxacarb	181.528 (169.723-189.602)	204.432 (196.493-213.250)	0.397±2.455	2.455 (13)	77%

میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر\* (mg a.i./l)

جدول ۳. فراسنجه‌های واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* در تیمار با حشره‌کش‌های مختلف

Table 3. Functional response parameters of *Nesidiocoris tenuis* treated with different insecticides

Treatment	N <sub>0</sub>	Parameter	Estimate	Standard Error	95% Confidence Limit	
					Lower level	Upper level
Control	-0.0162	<i>a</i>	0.2514	0.0427	0.1669	0.3359
		<i>Th</i>	2.6576	0.0774	2.5044	2.8108
Abamectin	-0.1637	<i>a</i>	0.1562	0.0179	0.1207	0.1917
		<i>Th</i>	2.86	0.084	2.6931	3.0269
		<i>D<sub>a</sub></i>	-0.1438	0.0609	-0.2636	-0.0239
		<i>D<sub>Th</sub></i>	0.1589	0.1163	-0.0702	0.3880
Acetamiprid	-0.0832	<i>a</i>	0.0653	0.0065	0.0523	0.4370
		<i>Th</i>	2.4183	0.1332	2.1546	2.6821
		<i>D<sub>a</sub></i>	-0.2319	0.0699	-0.3695	-0.0942
		<i>D<sub>Th</sub></i>	0.4486	0.1479	0.1572	0.7400
Indoxacarb	-0.0695	<i>a</i>	0.0695	0.00719	0.0552	0.0837
		<i>Th</i>	2.2470	0.1270	1.9957	2.4983
		<i>D<sub>a</sub></i>	-0.2576	0.0731	-0.3502	-0.1256
		<i>D<sub>Th</sub></i>	0.4671	0.1592	0.1783	0.6830



شکل ۱. منحنی‌های واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* در تیمار با دز زیر کشنده (LC<sub>30</sub>) ترکیبات آبامکتین، استامی پرید و ایندوکساکارب

Figure 1. Functional response curves of the predatory bug *N. tenuis* after treatment with sublethal doses of abamectin, acetamiprid and indoxacarb

## بحث

بندپایان سودمند می‌توانند با تماس مستقیم، غیرمستقیم و یا تغذیه از شکار یا میزبان آلوده در معرض آفت‌کش‌ها قرار گیرند (Jepson, 1989). قرار گرفتن یک دشمن طبیعی در معرض ترکیبات آفت‌کش شیمیایی، می‌تواند بر عامل‌های مؤثر در قدرت شکارگری یا انگلی آن موجود و در نهایت امکان موفقیت آن در قالب یک برنامه مدیریت تلفیقی، اثرگذاری‌های نامطلوبی به‌جای بگذارد (Desneux et al., 2007). ارزیابی این اثرگذاری‌ها می‌تواند به کمک بررسی‌های رفتاری انجام گیرد که در برنامه‌های کنترل زیستی کلاسیک و کاربردی و نیز مدیریت تلفیقی آفات مورد توجه بوده و تفسیر آن نقش بسیار مهمی در درک صحیح مراحل شکارگری دشمنان طبیعی ایفا می‌کند (Holling, 1966).

در این بررسی، زیست‌سنجی به روش باقی‌مانده خشک نشان‌دهنده سمیت بالای حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی سن شکارگر بود. اثر کشندگی حشره‌کش‌های آبامکتین و دو آفت‌کش دیگر (اسپینوساد و کلرپایرفوس) روی سن شکارگر (*Orius* (Hem.: Anthocoridae) *albidipennis* Reuter. در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای بررسی شده است (Yarahmadi et al., 2010). در آزمایش یادشده نیز آبامکتین سمیت کمتری نسبت به کلرپایرفوس داشته که تا حدودی با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین Broughton et al. (2014) سمیت آبامکتین روی پوره‌ها و بالغین سن شکارگر (*Orius armatus* (Hem.: Anthocoridae) را در دز توصیه‌شده مزرعه (۰/۰۲۷ گرم ماده مؤثره بر لیتر) ارزیابی کردند. این حشره‌کش بر پایه طبقه‌بندی IOBC در رده ترکیبات زیان‌آور (مرگ‌ومیر بیش از ۷۵ درصد) علیه این شکارگر قرار گرفت که با نتایج این تحقیق (کم‌زیان بودن آبامکتین) مغایرت دارد. این اختلاف در نتایج، به‌احتمال به دلیل تفاوت در گونه‌های مورد بررسی و تفاوت ذاتی مقاومت در گونه‌های مختلف مربوط است. در بررسی Bostanian و Akalach (2006) آبامکتین با غلظت ۰/۰۰۸ گرم ماده مؤثره بر لیتر روی پوره‌های *Orius insidiosus* Say. (Hem.: Anthocoridae)

مرگ‌ومیر ۱۰۰ درصد (بسیار زیان‌آور) ایجاد کرده است. نتایج این تحقیق از لحاظ اثرگذاری‌های کشندگی حاد آبامکتین روی سن شکارگر با تحقیقات یادشده همخوانی داشته است. لیکن، شاخص اثرگذاری کل (E) آبامکتین و میزان کاهش نتاج نسل بعد در این تحقیق بسیار کمتر ارزیابی شده است. این تفاوت‌ها به‌احتمال به شرایط آزمایش، گونه شکارگر مورد بررسی و نحوه تجزیه و تحلیل نتایج مربوط هستند. در بررسی اثرگذاری‌های باقی‌مانده خشک آزادپراختین، اسپینوساد و ایندوکساکارب روی سن شکارگر *N. tenuis* بررسی شده است (Arno & Gabarra, 2011). در تحقیق یادشده نیز همانند این تحقیق، انتخاب سموم برای اندازه‌گیری اثرگذاری‌های جانبی آن‌ها علیه سن شکارگر بر پایه میزان کاربرد آن‌ها علیه مینوز گوجه‌فرنگی و قابلیت کاربرد آن‌ها در قالب مدیریت تلفیقی آفات صورت گرفته است. در تحقیق یادشده سمیت باقی‌مانده یک و هفت روزه ایندوکساکارب با دز توصیه‌شده مزرعه بررسی شده است. درصد مرگ‌ومیر حشره‌های کامل سن شکارگر *N. tenuis* در اثر باقی‌مانده هفت روزه ایندوکساکارب ۲۸ درصد بوده که به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو آفت‌کش دیگر بوده است. در تحقیق یادشده به دلیل مقایسه ایندوکساکارب با ترکیبات گیاهی و میکروبی (آزادپراختین و اسپینوساد) سمیت این ترکیب روی شکارگر بیشتر ارزیابی شده است، درحالی‌که در این تحقیق سمیت ایندوکساکارب کمتر از دو ترکیب آبامکتین (به‌عنوان یک آفت‌کش زیستی) و استامی‌پرید (به‌عنوان یک ترکیب نئونیکوتینوئیدی) بوده است.

میزان شاخص E در بررسی Arno & Gabarra (2011) روی سن شکارگر *N. tenuis* تحت تأثیر ایندوکساکارب بین ۷۵-۵۱ درصد محاسبه شده است. تحقیق یادشده ایندوکساکارب را در دسته زیان متوسط در طبقه‌بندی IOBC قرار داده که با نتایج این تحقیق که ایندوکساکارب را در گروه زیان‌آور (بیش از ۷۵ درصد) ارزیابی کرده است، تا حدودی مغایرت نشان می‌دهد. به‌هرحال هر دو بررسی استفاده همزمان از ایندوکساکارب و سن شکارگر *N. tenuis* را توصیه



Pentatomidae) را به طور معنی داری کاهش داده است که با این تحقیق همخوانی دارد. همچنین در بررسی Gholamzadeh-Chitgar *et al.* (2014) که اثر کلرپایریفوس، فنیتروتیون و دیازینون بر رفتار سن شکارگر *A. spinidens* بررسی شده و نتایج تحقیق یادشده نشان داد که کلرپایریفوس بیش از فنیتروتیون و دیازینون باعث افزایش زمان دستیابی سن شکارگر شده است. همچنین نتایج آن بررسی از لحاظ تأثیر ترکیبات بالا بر زمان دستیابی و نرخ حمله سن شکارگر بالا با نتایج این تحقیق همخوانی کامل دارد.

این تحقیق نشان داد که ترکیبات آلامکتین، استامی پرید و ایندوکساکارب حتی در صورت استفاده در دز زیرکشنده، نرخ حمله سن شکار *N. tenuis* را کاهش و زمان دستیابی آن را افزایش می دهند. این کاهش در نرخ حمله در همه موارد معنی دار بوده ولی افزایش در زمان دستیابی تنها در مورد تیمار آلامکتین اختلاف معنی دار نداشته است. لازم به یادآوری است که یک ترکیب مطلوب برای یافتن امکان کاربرد همزمان با دشمنان طبیعی به عنوان بخشی از برنامه های تلفیقی کنترل آفات، باید کمترین کاهش را در نرخ حمله و کمترین افزایش را بر زمان دستیابی دشمن طبیعی اعمال کند (Desneux *et al.*, 2007).

#### نتیجه گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، ترکیب آلامکتین از میان ترکیبات مورد آزمایش در دز زیرکشنده LC<sub>30</sub> کمترین کاهش را در نرخ حمله و کمترین افزایش را در زمان دستیابی سن شکارگر *N. tenuis* نشان داد، هرچند تأثیر سمیت حاد این ترکیب از دیگر ترکیب های مورد آزمایش بیشتر بود. بنابراین در صورتی که فاصله بین سمپاشی و رهاسازی سن شکارگر *N. tenuis* طوری انتخاب شود که میزان باقی مانده در حد LC<sub>30</sub> کاهش یابد، می توان از آن در بررسی های تکمیلی به منظور کاربرد در برنامه کنترل تلفیقی شب پرده مینوز گوجه فرنگی *T. absoluta* بهره برداری کرد. با این وجود انجام آزمایش های تکمیلی به ویژه در شرایط مزرعه ای همچنان قابل توصیه خواهد بود.

نمی کنند. دلیل تفاوت در حساسیت شکارگر به آفت کش یادشده به احتمال تفاوت فیزیولوژیک جمعیت های مورد بررسی و سطح مقاومت آن ها به آفت کش های اکسادی آزینی همچون ایندوکساکارب و یا تفاوت در کیفیت آفت کش فرموله شده مورد استفاده در دو تحقیق است.

این تحقیق نشان داد که سن شکارگر *N. tenuis* در آزمون های رفتاری پس از تیمار با ترکیبات آلامکتین، استامی پرید و ایندوکساکارب واکنش نوع دوم را نشان می دهد که بیان کننده این نکته است که سن های تیمار شده و شاهد نسبت به تراکم های مختلف مینوز گوجه فرنگی *T. absoluta* وابستگی معکوس به تراکم نشان می دهند. دشمنان طبیعی با این نوع از واکنش در تراکم های پایین میزبان (در آغاز آلودگی به آفت) کارایی بالاتری نسبت به دشمنان طبیعی با واکنش نوع سوم از خود نشان می دهند (Farhadi *et al.*, 2010). عدم تغییر در نوع واکنش سن شکارگر تحت تأثیر دز زیرکشنده آفت کش های مورد بررسی در این آزمایش، می تواند به عنوان نکته ای مثبت در کاربرد همزمان این ترکیبات با سن شکارگر *N. tenuis* در بررسی های آینده در سطح نیمه مزرعه ای یا مزرعه ای مورد توجه قرار گیرد. بررسی دال بر اثر دز زیرکشنده ترکیبات آفت کش روی سن شکارگر *N. tenuis* در منابع یافت نشد. یافته های این تحقیق در زمینه عدم تغییر نوع رفتار سن های شکارگر با یافته های Nojournian *et al.* (2015) در مورد عدم تأثیر دز زیرکشنده اسپیرودیکلوفن بر رفتار سن شکارگر *Orius niger* Wolff. (Hem.: Anthocoridae) و همچنین Gholamzadeh-Chitgar *et al.* (2014) در مورد عدم تأثیر دز زیرکشنده کلرپایریفوس، فنیتروتیون و دیازینون بر سن شکارگر *Andrallus spinidens* (F.) (Hem.: Pentatomidae) دارد. عدم تأثیر آفت کش های شیمیایی بر سن های شکارگر می تواند به دلیل مقاومت بیوشیمیایی، فیزیولوژیک یا رفتاری آن ها به ترکیب مورد نظر باشد. نتایج Malaquias *et al.* (2014) نشان داد که ایمیداکلوپرید (آفت کش نئونیکوتینوئیدی) نرخ حمله سن شکارگر *Podisus nigrispinus* Dallas. (Hem.:)

## سپاسگزاری

کنترل بیولوژیک آفات کشور تأمین شده که  
بدینوسیله از مسئولان مربوطه تشکر و قدردانی  
می‌گردد.

بخشی از هزینه انجام این آزمایش توسط معاونت  
پژوهشی دانشگاه تهران و بخشی دیگر از طریق قطب

## REFERENCES

- Abbott, W.S. (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Arnó, J. & Gabarra, R. (2011). Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *Journal of Pest Science*, 84(4), 513-520.
- Arno, J., Gabarra, R., Estopa, M., Gorman, K., Peterschmitt, M., Bonato, O., Vosman, B., Hommes, M. & Albajes, R. (2009). *Implementation of IPM programs in European greenhouse tomato production areas. Tools and constraints*. Edicions i publicacions de la UdL, Lleida, Spain.
- Baniameri, V. & Cheraghian, A. (2012). The first report and control strategies of *Tuta absoluta* in Iran. *EPPO Bulletin*, 42(2), 322-324.
- Boualem, M. Allaoui, H. Hamadi, R. & Megahed, M. (2012). Biology and complex of natural enemies of *Tuta absoluta* in Mostaganem (Algeria). *EPPO Bulletin*, 42(2), 268-274.
- Claver, M.A., Ravichandran, B., Khan, M. M. & Ambrose, D. P. (2003). Impact of cypermethrin on the functional response, predatory and mating behaviour of a non-target potential biological control agent *Acanthaspis pedestris* Stal (Hem.: Reduviidae). *Journal of Applied Entomology*, 127(1), 18-22.
- Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyskuhs, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vazquez, C.A., Cabrera, J.G., Ruescas, D.C., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83, 197-215.
- Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M. H., Hoseini, S. A., Ashouri, S. & Sharifian, I. (2010). Insecticidal activity of essential oil of *Agastache foeniculum* against *Epehestia kuehniella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Munis Entomology & Zoology*, 5(2), 785-791.
- Farhadi, R., Allahyari, H. & 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 Entomology*, 39(5), 1586-1592.
- Gholamzadeh-Chitgar, M., Hajizadeh, J., Ghadamyari, M., Karimi-Malati, A., Sharifi, M. & Hoda, H. (2014). Cellular energy allocation in the predatory bug, *Andrallus spinidens* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae), following sublethal exposure to diazinon, fenitrothion, and chlorpyrifos. *Journal of Plant Protection Research*, 54(1), 78-84.
- Guedes, R. N. C. & Picanço, M. C. (2012). The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. *EPPO Bulletin*, 42, 211-216.
- He, Y., Zhao, J., Zheng, Y., Desneux, N. & Wu, K. (2012). Lethal effect of imidacloprid on the coccinellid predator *Serangium japonicum* and sublethal effects on predator voracity and on functional response to the whitefly *Bemisia tabaci*. *Ecotoxicology*, 21(5), 1291-1300.
- Holling, C. S. (1966). Functional response of invertbrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 48, 1-86.
- Hughes, G. E., Alford, L., Sterk, G. & Bale, J. S. (2010). Thermal activity thresholds of the predatory mirid *Nesidiocoris tenuis*: implications for its efficacy as a biological control agent. *BioControl*, 55(4), 493-501.
- Jepson, P.C. (1989). *The temporal and spatial dynamics of pesticide side-effects on non-target invertebrates*. In "Pesticides and Non-target Invertebrates" (P.C. Jepson, Ed.), pp. 95-128. Intercept, Wimborne, UK.
- LeOra Software. (2002-2009). *POLO-Plus 1.0 Probit and Logit analysis*. LeOra Software, Petaluma, California.
- Li, D. X., Tian, J. & Shen, Z. R. (2006). Effects of pesticides on the functional response of predatory thrips, *Scolothrips takahashii* to *Tetranychus viennensis*. *Journal of Applied Entomology*, 130(5), 314-322.
- Lifeng, M., JunRui, Z. & Zhang, C. R. (2012). Effect of host plants on predatory of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis*. *Guizhou Agricultural Sciences*, 9, 136-139.
- Malaquias, J. B., Ramalho, F. S., Omoto, C., Godoy, W. A. C. & Silveira, R.F. (2014). Imidacloprid affects the functional response of predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to strains of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) on Bt cotton. *Ecotoxicology*, 23(2), 192-200.

21. Miranda, M. M. M., Picanco, M. C., Zanoncio, J. C., Bacci, L. & daSilva, E. M. (2005). Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. *Cienc Rural*, 35, 204-208.
22. Mollá, 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(2), 175-183.
23. Molla, O., Monton, H., Vanaclocha, P., Beitia, F. & Urbaneja, A. (2009). Predation by the mirids *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus* on the tomato borer *Tuta absoluta*. *IOBC/wprs Bulletin*, 49, 203-208.
24. Nojumian, F., Sabahi, Q., Talaei-Hassanloui, R. & Darvishzadeh, A. (2015). Sublethal effects of spiroticlofen on life table parameters of minute pirate bug *Orius niger* Wolff (Hemiptera: Anthoridae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(1), 227-232.
25. Overmeer, W. P. J. & Van Zon, A. Q. (1982). A standardized method for testing the side effects of pesticides on the predacious mite, *Amblyseius potentillae* [Acarina: Phytoseiidae]. *Entomophaga*, 27(4), 357-363.
26. Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. & Savin, N. E. (2007). Bioassay with Arthropods POLO Computer Programme for Analysis of Bioassay Data.: pp. 224.
27. Rogers, D. (1972). Random search and insect population models. *The Journal of Animal Ecology*. 369-383.
28. SAS Institute. (2003). *The SAS system for Windows*, Release 9.0. SAS Institute, Cary, North Carolina. USA.
29. Stark, J. D. & Banks J. E. (2003). Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48, 505-519.
30. Sterk, G., Hassan, S. A., Baillod, M., Bakker, F., Bigler, F., Blümel, S. & Calis, J. N. M. (1999). Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. *BioControl*, 44(1), 99-117.
31. Tedeschi, R., Alma, A. & Tavella, L. (2001). Side-effects of three neem (*Azadirachta indica* Juss) products on the predator *Macrolophus caliginosus* Wagner (Het: Miridae). *Journal of Applied Entomology*, 125, 397-402.
32. Tedeschi, R., Tirry, L., van de Veire, M. & de Clerck, P. (2002). Toxicity of different pesticides to the predatory bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) under laboratory conditions. *IOBC/wprs Bulletin*, 25(11), 71-80.
33. Urbaneja, A., Monton, H. & Molla, O. (2009). Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Applied Entomology*, 133, 292-296.
34. Overmeer, W.P.J. & Van Zon, A.Q. (1982). A standardized method for testing the side effects of pesticides on the predacious mite, *Amblyseius potentillae* [Acarina: Phytoseiidae]. *Entomophaga*, 27(4), 357-363.
35. Wanumen, A.C., Carvalho, G.A., Medina, P., Viñuela, E. & Adán, Á. (2016). Residual Acute Toxicity of Some Modern Insecticides toward Two Mirid Predators of Tomato Pests. *Journal of Economic Entomology*, tow059.
36. Yarahmadi, F., Mosadegh, S., Saber, M. & Shishehbor, P. (2010). Toxicity effects of abamectin, spinosad and chlorpyrifos on predatory bug *Orius albidipennis* Reuter in laboratory and greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 33(1), 11-20. (in Farsi)