دانش گیاهپزشکی ایران
دورۀ ۴۷، شمارۀ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵ (ص ۸۱-۷۱) DOI: 10.22059/ijpps.2016.59291

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

جواد خوشابی[۱]، قدرت‌اله صباحی[۲*] و ایمان شریفیان[۳]
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* به‌منظور 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 ۱±۲۵ درجۀ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دورۀ نوری ۱۶:۸ تاریکی:روشنایی) انجام گرفت. از غلظت زیرکشندۀ ترکیب‌ها به‌صورت نهشت خشک روی برگ در مدت‌زمان ۲۴ ساعت برای در معرض قرار گرفتن حشرۀ کامل شکارگر استفاده شد. مقادیر LC_{50} برای سه ترکیب آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب به ترتیب ۳۳/۴۰، ۳۶/۵۵ و ۲۰۴/۴۳ میلی‌گرم مادۀ مؤثره بر لیتر و مقادیر LC_{30} به ترتیب ۲۰/۴۲، ۳۰/۳۸ و ۱۸۱/۵۳ میلی‌گرم مادۀ مؤثره بر لیتر برآورد شد. همۀ ترکیب‌های موردبررسی، نرخ حملۀ شکارگر را به‌صورت 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 پایۀ شاخص تأثیر کل (E) در طبقه‌بندی IOBC، استامی‌پرید (۸۵درصد) و پس‌ازآن 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[1], Qodratollah Sabahi[2*] and Iman Sharifian[3]
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±1ºC, 60±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 µl a.i./L, respectively. All insecticides decreased attack rate of the predator; however, the most effective one was indoxacarb. On the other hand, indoxacrab and acetamiprid caused significact 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.

* Corresponding author E-mail: Sabahi@ut.ac.ir Tel: +98 912 5709573

www.SID.ir

مقدمه

شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* Meyrick. (Lep.: Gelechiidae) 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 (Baniameri & 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 پایهٔ 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 pygmaeus* Wagner. (Hem.: Miridae) و *Nesidiocoris tenuis* Reuter. (Hem.: Miridae)، سن شکارگر *Xylocoris* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) و کفشدوزک (Col.: Coccinelidae) *Cycloneda sanguine* Limbifer 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 ۳/۵-۳ 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 انحنا 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 زندهٔ غیرهدف داشته و باعث کاهش کارایی در کنترل زیستی (بیولوژیک) می‌شود؛ بنابراین، ارزیابی اثرگذاری بالقوهٔ 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 زیرکشندهٔ 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 باقی‌ماندهٔ برخی ترکیبات شیمیایی آفت‌کش بر میزان زنده‌مانی سن شکارگر*N. tenuis* ارزیابی شده است (Arno & Gabarra, 2011)؛ هرچند اثرگذاری‌های زیرکشندهٔ 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 پایهٔ شاخص E

Archive of SID

www.SID.ir

گروه‌بندی‌هایی ارائه کرده که آفت‌کش‌های ارزیابی‌شده روی دشمنان طبیعی را پس از آزمایش در هر یک از آن‌ها دسته‌بندی می‌کند (Stark & Banks, 2003). بر پایهٔ دسته‌بندی این سازمان برای بررسی‌های آزمایشگاهی اثرگذاری‌های باقی‌ماندهٔ آفت‌کش‌ها، میزان E کمتر از ۲۵درصد نشان‌دهندهٔ بی‌زیان بودن، بین ۵۰-۲۵درصد نشان‌دهندهٔ کم‌زیان بودن، بین ۷۵-۵۱درصد نشان‌دهندهٔ به نسبت زیانبار بودن و بیش از ۷۵درصد نشان‌دهندهٔ 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 دربرگیرندهٔ 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 زیرکشندهٔ ترکیبات آفت‌کش و امکان تأثیر بر قابلیت کنترل‌کنندگی عامل زیستی، محققان مختلف اثرگذاری‌های زیرکشندهٔ ترکیبات شیمیایی در یک برنامهٔ 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 استفادهٔ تلفیقی با عامل‌های زیستی کنترل‌کنندهٔ آفات، کمک شایانی کند.

هدف از این تحقیق بررسی اثرگذاری‌های کشندگی و زیرکشندگی ترکیبات آبامکتین، استامی‌پرید 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 درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ درصد) به‌منظور 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 درجهٔ سلسیوس، دورهٔ نوری ۸:۱۶ (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 طلقی شفاف قرار داده شده و شمار بیست جفت شب‌پرهٔ آفت در هر ظرف رهاسازی شد. پس از ۴-۳ روز حشره‌ها از روی گیاهان برداشته و به مراحل مختلف حشره اجازهٔ 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 اولیهٔ سن شکارگر *N. tenuis* از گلخانهٔ کشت ارگانیک گوجه‌فرنگی واقع در حومهٔ شهرستان شهرضا (استان اصفهان) گردآوری شد که در آن هیچ‌گونه آفت‌کشی استفاده نشده است. تأیید شناسایی نمونه‌ها توسط دکتر Michael Schwartz از مجموعهٔ ملی حشره‌ها، عنکبوت‌ها و نماتودها در کشور کانادا[1] 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 همهٔ آزمایش‌ها پرورش داده شد. برای رشد و نمو بهتر و افزایش بیشتر سن شکارگر، تودهٔ تخم بید آرد برای تغذیهٔ سن روی برگ‌های گوجه‌فرنگی قرار گرفت. پرورش شب‌پرهٔ آرد در این تحقیق، بر پایهٔ روش Ebadollahi *et al.* (2010) صورت پذیرفت.

آفت‌کش‌های مورد آزمایش

فرمولاسیون تجاری آبامکتین (EC, 1.8%، شرکت هزارهٔ سوم، ایران)، استامی‌پرید (SP, %20، شرکت آریا شیمی، ایران) و ایندوکساکارب (SC, %15، شرکت کاوش کیمیا، ایران) استفاده شد.

1. Canadian National Collection of Insects, Arachnids & Nematodes

Archive of SID

www.SID.ir

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 حشرهٔ 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 پتری دیش‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متر به همراه یک نوار طلقی به عرض ۳ سانتی‌متر (به‌منظور افزایش ارتفاع پتری‌دیش‌ها) که به کمک چسب نواری به‌صورت یک استوانه در می‌آمد، انجام گرفت. دریچهٔ 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 پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی به روش Molla و همکاران (2014) به‌عنوان غذا برای سن‌ها در نظر گرفته شد. تیمارها در اتاقک رشد در شرایط مورداشاره در بالا نگهداری شد. اثر ترکیبات طی ۲۴ ساعت ارزیابی شد. پس از مراحل پیش‌آزمون، پنج غلظت اصلی از هر آفت‌کش با رعایت فاصلهٔ 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 باوجود 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 درمجموع سه تکرار برای هر آفت‌کش انجام گرفت. غلظت‌های توصیه‌شدهٔ مزرعه برای هر سه آفت‌کش در آزمایش تعیین شاخص اثرگذاری کل به کار رفت (آبامکتین ۳۸۵، استامی‌پرید ۱۰۰ و ایندوکساکارب ۶۵ میلی‌گرم مادهٔ فرموله بر لیتر). سن‌های مادهٔ 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 ۳-۲ روز به گلدان جدیدی (به‌منظور تهیهٔ 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[1] پوره‌های ظاهرشده از روی گیاه حذف می‌شدند. معادلهٔ زیر برای ارزیابی درصد E استفاده شد:

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

که در این معادله M درصد مرگ‌ومیر اصلاح‌شده بر پایهٔ فرمول Abbott (1925) و R میانگین نتاج 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 شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی پس از شمارش در تراکم‌های مختلف روی سه برگچهٔ انتهایی گوجه‌فرنگی قرار گرفتند. تخم‌های شکار مورداستفاده 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

1. Cannibalism

Archive of SID

www.SID.ir

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.

تجزیه‌وتحلیل ارزیابی رفتاری

برای تعیین نوع واکنش از رگرسیون لوجستیک و مدل چندجمله‌ای با استفاده از نرم‌افزار SAS استفاده شد (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 پدیدهٔ 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 موردحمله قرارگرفته؛ a، نرخ حمله؛ N_0، 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.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیهٔ پروبیت و محاسبهٔ عامل‌های خطوط غلظت-پاسخ و مقایسهٔ بین قدرت کشندگی آفت‌کش‌ها با نرم‌افزار POLO-Plus 1.0 (LeOra Software, 2002) انجام گرفت. تجزیه‌وتحلیل 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 تیمارشده با شاهد توسط رویهٔ NLIN انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار MS Excel 2007 استفاده شد.

نتایج

زیست‌سنجی

نتایج تجزیهٔ پروبیت داده‌های حاصل از سمیت تماسی باقی‌ماندهٔ خشک سه حشره‌کش آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب روی حشره‌های کامل سن شکارگر *N. tenuis* در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، آبامکتین بیشترین سمیت را علیه سن شکارگر نشان داد (LC_{50}=۳۳/۴۰mg/l) و ترکیبات استامی‌پرید (LC_{50}=۳۶/۵۵mg/l) و ایندوکساکارب (LC_{50}=۲۰۴/۴۳mg/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 (جدول۱). مقادیر شیب منحنی‌های دز-پاسخ نیز نشان می‌دهد که مرگ‌ومیر سن شکارگر در تیمار با ترکیب استامی‌پرید بیشتر از دیگر ترکیبات، وابسته به دز بوده است. از سوی دیگر بیشترین میزان شاخص اثرگذاری کل (E) برای استامی‌پرید (۸۵درصد) و پس‌ازآن در تیمار با ایندوکساکارب (۷۷درصد) مشاهده شد که بر پایهٔ طبقه‌بندی IOBC در ردهٔ زیان‌آور قرار گرفتند. کمترین میزان شاخص E نیز در تیمار آبامکتین (۳۸درصد) مشاهده شد که در گروه کم‌زیان قرار گرفت (جدول ۱).

با توجه به میزان نرخ کشندهٔ ۵۰ درصد[1] (۰/۹۱۳) و فاصله‌های اطمینان آن در سطح ۹۵ درصد (۱/۰۹۶-۰/۷۶) بین LC_{50} دو ترکیب آبامکتین و استامی‌پرید تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است. بااین‌وجود، نرخ کشندهٔ ۵۰ درصد بین استامی‌پرید و ایندوکساکارب (۰/۱۷۹) با توجه به فاصله‌های اطمینان آن (۰/۱۹۳-۰/۱۶۶) معنی‌دار بوده است. همچنین اختلاف بین غلظت کشندهٔ ۵۰ درصد دو ترکیب آبامکتین و ایندوکساکارب (فاصله‌های اطمینان ۰/۱۹۵-۰/۱۳۷) نیز به همین دلیل معنی‌دار است (رجوع شود به Robertson *et al.*, 2007) (جدول ۲).

1. LC_{50} ratio

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. نام عمومی، نام تجاری و غلظت مادهٔ مؤثرهٔ 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 تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان داد که سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از تخم شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی، در حشره‌های شاهد و تحت تأثیر دز زیرکشندهٔ آفت‌کش‌های آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب، وابسته به معکوس تراکم عمل می‌کند و واکنش نوع II را نشان می‌دهد. میزان کاهش در شمار طعمهٔ شکارشده و همچنین منحنی‌های واکنش سن شکارگر *N. tenuis* در حشره‌های شاهد و تیمارشده در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود بیشترین میزان کاهش در شکار سن‌ها در تیمار با دز زیرکشندهٔ آبامکتین بوده است.

مقایسهٔ نرخ حملهٔ حشره‌های تیمارشده توسط دز زیرکشندهٔ آفت‌کش‌های یادشده با حشره‌های شاهد و مقادیر شاخص Dα (و حدود بالا و پایین آن در سطح اطمینان ۹۵درصد) 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 حملهٔ 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.

درحالی‌که، به گواه مقادیر شاخص D_{Th} و حدود اطمینان ۹۵درصد آن‌ها همهٔ آفت‌کش‌های بالا به‌جز آبامکتین [آبامکتین (۰/۳۸۸۰–۰/۰۷۰۲-)، ۰/۱۵۸۹، استامی‌پرید (۰/۱۵۷۲–۰/۷۴۰۰) ۰/۴۴۸۶ و ایندوکساکارب (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 ۲. نتایج زیست‌سنجی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی حشرهٔ کامل سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis*

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

Insecticide	LC_{30}* (Lower-Upper)	LC_{50}* (Lower-Upper)	Slope ± SE	χ^2 (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 مادهٔ مؤثره بر لیتر (mg a.i./l)

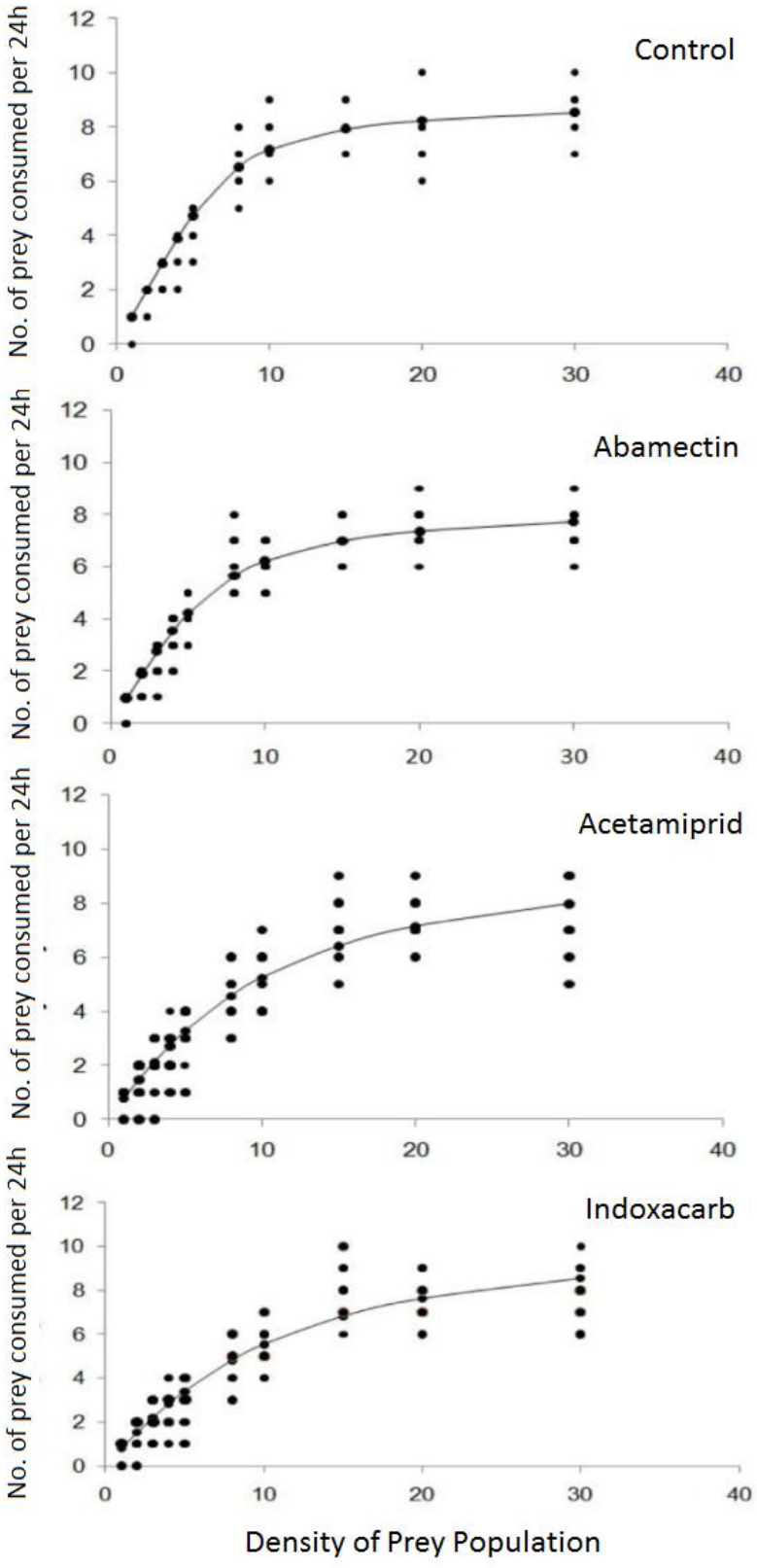
جدول ۳. فراسنجه‌های واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* در تیمار با حشره‌کش های مختلف

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

Treatment	N_0	Parameter	Estimate	Standard Error	95% Confidence Limit	
					Lower level	Upper level
Control	-0.0162	*a*	0.2514	0.0427	0.1669	0.3359
		Th	2.6576	0.0774	2.5044	2.8108
Abamectin	-0.1637	*a*	0.1562	0.0179	0.1207	0.1917
		Th	2.86	0.084	2.6931	3.0269
		D_a	-0.1438	0.0609	-0.2636	-0.0239
		D_{Th}	0.1589	0.1163	-0.0702	0.3880
Acetamiprid	-0.0832	*a*	0.0653	0.0065	0.0523	0.4370
		Th	2.4183	0.1332	2.1546	2.6821
		D_a	-0.2319	0.0699	-0.3695	-0.0942
		D_{Th}	0.4486	0.1479	0.1572	0.7400
Indoxacarb	-0.0695	*a*	0.0695	0.00719	0.0552	0.0837
		Th	2.2470	0.1270	1.9957	2.4983
		D_a	-0.2576	0.0731	-0.3502	-0.1256
		D_{Th}	0.4671	0.1592	0.1783	0.6830

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. منحنی‌های واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* در تیمار با دز زیرکشندهٔ (LC_{30}) ترکیبات آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب

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

www.SID.ir

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 درنهایت امکان موفقیت آن در قالب یک برنامهٔ 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 موردتوجه بوده و تفسیر آن نقش بسیار مهمی در درک صحیح مراحل شکارگری دشمنان طبیعی ایفا می‌کند (Holling, 1966).

در این بررسی، زیست‌سنجی به روش باقی‌ماندهٔ خشک نشان‌دهندهٔ سمیت بالای حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی سن شکارگر بود. اثر کشندگی حشره‌کش‌های آبامکتین و دو آفت‌کش دیگر (اسپینوساد و کلرپایریفوس) روی سن شکارگر *Orius albidipennis* Reuter. (Hem.: Anthocoridae) نیز در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای بررسی شده است (Yarahmadi *et al.*, 2010). در آزمایش یادشده نیز آبامکتین سمیت کمتری نسبت به کلرپایریفوس 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 توصیه‌شدهٔ مزرعه (۰/۰۲۷ گرم مادهٔ مؤثره بر لیتر) ارزیابی کردند. این حشره‌کش بر پایهٔ طبقه‌بندی IOBC در ردهٔ ترکیبات زیان‌آور (مرگ‌ومیر بیش از ۷۵درصد) 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 موردبررسی و تفاوت ذاتی مقاومت در گونه‌های مختلف مربوط است. در بررسی Bostanian و Akalach (2006) آبامکتین با غلظت ۰/۰۰۸ گرم مادهٔ مؤثره بر لیتر روی پوره‌های *Orius insidiosus* Say. (Hem.: Anthocoridae) مرگ‌ومیر ۱۰۰درصد (بسیار زیان‌آور) ایجاد کرده است. نتایج این تحقیق ازلحاظ 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، گونهٔ شکارگر موردبررسی و نحوهٔ تجزیه‌وتحلیل نتایج مربوط هستند.

در بررسی اثرگذاری‌های باقی‌ماندهٔ خشک آزادیراختین، 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 پایهٔ میزان کاربرد آن‌ها علیه مینوز گوجه‌فرنگی و قابلیت کاربرد آن‌ها در قالب مدیریت تلفیقی آفات صورت گرفته است. در تحقیق یادشده سمیت باقی‌ماندهٔ یک و هفت روزهٔ ایندوکساکارب با دز توصیه‌شدهٔ مزرعه بررسی شده است. درصد مرگ‌ومیر حشره‌های کامل سن شکارگر *N. tenuis* در اثر باقی‌ماندهٔ هفت روزهٔ ایندوکساکارب ۲۸ درصد بوده که به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو آفت‌کش دیگر بوده است. در تحقیق یادشده به دلیل مقایسهٔ ایندوکساکارب با ترکیبات گیاهی و میکروبی (آزادیراختین و اسپینوساد) سمیت این ترکیب روی شکارگر بیشتر ارزیابی شده است، درحالی‌که در این تحقیق سمیت ایندوکساکارب کمتر از دو ترکیب آبامکتین (به‌عنوان یک افت‌کش زیستی) و استامی‌پرید (به‌عنوان یک ترکیب نئونیکوتینوییدی) بوده است.

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

Archive of SID

www.SID.ir

نمی‌کنند. دلیل تفاوت در حساسیت شکارگر به آفت‌کش یادشده به‌احتمال تفاوت فیزیولوژیک جمعیت‌های موردبررسی و سطح مقاومت آن‌ها به آفت‌کش‌های اکسادی‌آزینی همچون ایندوکساکارب و یا تفاوت در کیفیت آفت‌کش فرموله‌شدهٔ مورداستفاده در دو تحقیق است.

این تحقیق نشان داد که سن شکارگر *N. tenuis* در آزمون‌های رفتاری پس از تیمار با ترکیبات آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب واکنش نوع دوم را نشان می‌دهد که بیان‌کنندهٔ این نکته است که سن‌های تیمارشده و شاهد نسبت به تراکم‌های مختلف مینوز گوجه‌فرنگی *T. absoluta* وابستگی معکوس به تراکم نشان می‌دهند. دشمنان طبیعی با این نوع از واکنش در تراکم‌های پایین میزبان (در آغاز آلودگی به آفت) کارایی بالاتری نسبت به دشمنان طبیعی با واکنش نوع سوم از خود نشان می‌دهند (Farhadi *et al.*, 2010). عدم تغییر در نوع واکنش سن شکارگر تحت تأثیر دز زیرکشندهٔ آفت‌کش‌های موردبررسی در این آزمایش، می‌تواند به‌عنوان نکته‌ای مثبت در کاربرد همزمان این ترکیبات با سن شکارگر *N. tenuis* در بررسی‌های آینده در سطح نیمه‌مزرعه‌ای یا مزرعه‌ای موردتوجه قرار گیرد. بررسی دال بر اثر دز زیرکشندهٔ ترکیبات آفت‌کش روی سن شکارگر *N. tenuis* در منابع یافت نشد. یافته‌های این تحقیق درزمینهٔ عدم تغییر نوع رفتار سن‌های شکارگر با یافته‌های Nojoumian *et al.* (2015) در مورد عدم تأثیر دز زیرکشندهٔ اسپیرودیکلوفن بر رفتار سن شکارگر *Orius niger* Wolff. (Hem.: Anthocoridae) و همچنین Gholamzadeh-Chitgar *et al.* (2014) در مورد عدم تأثیر دز زیرکشندهٔ کلرپایریفوس، فنیتروتیون و دیازینون بر سن شکارگر *Andrallus spinidens* (F.) (Hem.: Pentatomidae) همخوانی دارد. عدم تأثیر آفت‌کش‌های شیمیایی بر سن‌های شکارگر می‌تواند به دلیل مقاومت بیوشیمیایی، فیزیولوژیک یا رفتاری آن‌ها به ترکیب موردنظر باشد.

نتایج Malaquias *et al.* (2014) نشان داد که ایمیداکلوپرید (آفت‌کش نئونیکوتینوییدی) نرخ حملهٔ سن شکارگر *Podisus nigrispinus* Dallas. (Hem.: Pentatomidae) را به‌طور معنی‌داری 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 ازلحاظ تأثیر ترکیبات بالا بر زمان دستیابی و نرخ حملهٔ سن شکارگر بالا با نتایج این تحقیق همخوانی کامل دارد.

این تحقیق نشان داد که ترکیبات آبامکتین، استامی‌پرید و ایندوکساکارب حتی در صورت استفاده در دز زیرکشنده، نرخ حملهٔ سن شکار *N. tenuis* را کاهش و زمان دستیابی آن را افزایش می‌دهند. این کاهش در نرخ حمله در همهٔ موارد معنی‌دار بوده ولی افزایش در زمان دستیابی تنها در مورد تیمار آبامکتین اختلاف معنی‌دار نداشته است. لازم به یادآوری است که یک ترکیب مطلوب برای یافتن امکان کاربرد همزمان با دشمنان طبیعی به‌عنوان بخشی از برنامه‌های 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).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، ترکیب آبامکتین از میان ترکیبات مورد آزمایش در دز زیرکشندهٔ LC_{30} 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 ترکیب‌های مورد آزمایش بیشتر بود. بنابراین درصورتی‌که فاصلهٔ بین سم‌پاشی و رهاسازی سن شکارگر *N. tenuis* طوری انتخاب شود که میزان باقی‌مانده در حد LC_{30} کاهش یابد، می‌توان از آن در بررسی‌های تکمیلی به‌منظور کاربرد در برنامهٔ کنترل تلفیقی شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی *T. absoluta* بهره‌برداری کرد. بااین‌وجود انجام آزمایش‌های تکمیلی به‌ویژه در شرایط مزرعه‌ای همچنان قابل توصیه خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

سپاسگزاری

بخشی از هزینهٔ انجام این آزمایش توسط معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و بخشی دیگر از طریق قطب کنترل بیولوژیک آفات کشور تأمین شده که بدینوسیله از مسئولان مربوطه تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abbott, W.S. (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
2. 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.
3. 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.
4. Baniameri, V. & Cheraghian, A. (2012). The first report and control strategies of *Tuta absoluta* in Iran. *EPPO Bulletin*, 42(2), 322-324.
5. 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.
6. 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.
7. Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106.
8. Desneux, N., Wajnberg, E., Wyskhuys, 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.
9. Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M. H., Hoseini, S. A., Ashouri, S. & Sharifian, I. (2010). Insecticidal activity of essential oil of Agastache foeniculum against Ephestia kuehniella and Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae). *Munis Entomology & Zoology*, 5(2), 785-791.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Holling, C. S. (1966). Functional response of invertbrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 48, 1-86.
15. 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.
16. 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.
17. LeOra Software. (2002-2009). *POLO-Plus 1.0 Probit and Logit analysis*. LeOra Software, Petaluma, California.
18. 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.
19. 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.
20. 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.

www.SID.ir

21. Miranda, M. M. M., Picanco, M. C., Zanuncio, 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 spirodiclofen on life table parameters of minute pirate bug *Orius niger* Wolff (Hemiptera: Anthocoridae). *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, Nourth 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)

Archive of SID

www.SID.ir