نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران
۱۳۹۰ - ۳۱(۱): ۱۳-۲۴

ارزیابی حساسیت مراحل پوره‌ی سن اول و حشره‌ی بالغ سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)، به حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی در شرایط آزمایشگاهی

ندا پیرمرادی آموزگارفرد[۱و*]، عزیز شیخی گرجان[۲]، ولی‌اله بنی عامری[۲] و سهراب ایمانی[۱]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ۲- مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: neda_pirmoradi@yahoo.com

Evaluation of susceptibility of the first instar nymphs and adults of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) to neonicotinoid insecticides under laboratory conditions

N. Pirmoradi Amozegarfard[1&*], A. Sheikhigarjan[2], V. Baniameri[2] and S. Imani[1]

1. Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, 2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran.

*Corresponding author, E-mail: neda_pirmoradi@yahoo.com

چکیده

سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)، آفتی است که به‌خوبی در کشت‌های گلخانه‌ای گسترش پیدا کرده است و یکی از آفات مهم گلخانه‌ای در جهان می‌باشد. با توجه به تعداد نسل زیاد و پتانسیل مقاومت به آفت‌کش‌ها در سفیدبالک‌ها، بررسی و تحقیق در مورد حشره‌کش‌های پرکاربرد از جمله ترکیبات نئونیکوتینوئیدی برای یافتن حشره‌کش‌های مناسب‌تر ضرورت دارد. در این تحقیق، سفیدبالک‌ها از گلخانه‌ای در محلات از روی گیاه ژربرا جمع‌آوری و روی بوته‌های توتون در آزمایشگاه، در دمای حدود ۲ ± ۲۵ درجه‌ی سیلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد، دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. حساسیت سفیدبالک گلخانه به چند حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی شامل ایمیداکلوپرید SC35% (کنفیدور)، تیامتوکسام SC21.6% (آکتارا) و دینوتفوران SG20% (استارکل) روی حشرات بالغ و پوره‌ی سن اول به‌وسیله‌ی آزمایش‌های زیست‌سنجی از نوع غوطه‌ورکردن برگ‌های آلوده مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی حساسیت و درصد تلفات حشرات بالغ ۲۴ ساعت پس از تماس آن‌ها با برگ‌های تیمارشده انجام گردید. مقدار LC_{50} به‌دست‌آمده‌ی حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید، تیامتوکسام و دینوتفوران در آزمایش‌ها به‌ترتیب ۱۳۰/۴۸، ۵۲/۸۹ و ۹۳/۵۵ پی‌پی‌ام بر اساس ماده‌ی مؤثره تعیین گردید. نتایج نشان داد که حشرات بالغ بیشترین حساسیت را به تیومتوکسام دارند و پس از آن به‌ترتیب دینوتفوران و ایمیداکلوپرید قرار می‌گیرند. ارزیابی حساسیت و درصد تلفات پوره‌ی سن اول ۷۲ ساعت پس از تماس آن‌ها با برگ‌های تیمارشده انجام شد. مقدار LC_{50} حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید، تیامتوکسام و دینوتفوران در آزمایش‌ها به‌ترتیب ۲۶/۶۵، ۱۲/۶۲ و ۱۵/۴۸ پی‌پی‌ام بر اساس ماده‌ی مؤثره تعیین گردید. براساس نتایج به‌دست‌آمده، تمامی حشره‌کش‌های آزمایش‌شده روی پوره‌ی سن اول سفیدبالک گلخانه خاصیت سمی بیشتری نسبت به حشرات بالغ داشتند و

دریافت: ۱۳۸۷/۱۱/۲۹، پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۷.

Archive of SID

www.SID.ir

حشره‌کش تیامتوکسام در بین حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی، روی دو مرحله‌ی پوره‌ی سن اول و بالغ سفیدبالک گلخانه سمی‌ترین بود. همچنین، حشره‌کش‌های دینوتفوران و ایمیداکلوپرید نیز در کنترل پوره‌ی سن اول و حشره‌ی بالغ مؤثر بودند.
واژگان کلیدی: سفیدبالک گلخانه، ایمیداکلوپرید، دینوتفوران، تیامتوکسام، زیست‌سنجی

Abstracts

The greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), has been well established in the greenhouse ecosystems and is one of the most important pests on various greenhouse crops worldwide. Because of its high fecundity and resistance to commonly used pesticides, a study was conducted to examine the effectiveness of conventional insecticides of neonicotinoid compounds. In this study, the whiteflies on the ornamental plant genus *Gerbera* were collected from a greenhouse in the city of Mahalat and reared on tobacco under laboratory conditions at 25 ± 2ºC and 60 ± 5% Rate of humidity (RH) and a photoperiod of 16: 8 h (L: D). The toxicity of three neonicotinoid insecticides including imidacloprid SC35% (Confidor), thiamethoxam SC21.6% (Actara) and dinotefuran SG20% (Starkle) on the adults and first instar nymphs of *T. vaporariorum*, was evaluated using leaf dipping bioassay method. The susceptibility of adults was assessed at 24 hour post-treatment. The LC_{50} values of imidacloprid, thiamethoxam and dinotefuran for adults were 130.48, 52.89 and 93.55 ppm (a. i.) respectively. The mortality of immature stages was assessed at 72 hour post-treatment. The LC_{50} values of imidacloprid, thiamethoxam and dinotefuran for the first instar nymph were 26.65, 12.62 and 15.48 ppm (a. i.) respectively. The results suggest that all insecticides are more toxic on first instar nymphs than adults while thiamethoxam has the highest toxicity. The insecticides dinotefuran and imidacloprid can effectively control the adults and first instar nymphs as well.
Key words: greenhouse whitefly, imidacloprid, dinotefuran, thiamethoxam, bioassay

مقدمه

امروزه محصولات گلخانه‌ای، به‌خصوص خیار و گوجه‌فرنگی، نه‌تنها در کشورهای توسعه‌یافته‌ی صنعتی با پیشرفته‌ترین امکانات، بلکه در کشورهای درحال‌توسعه نیز با تجهیزات ساده کشت می‌شود. سفیدبالک‌ها آفاتی با اهمیت اقتصادی زیاد و پراکنش وسیع هستند که در اکثر گلخانه‌ها، کشت‌های زیر پوشش، مزارع و باغ‌ها روی بسیاری از گیاهان زراعی و زینتی و نیز درختان مثمر و غیرمثمر وجود دارند. این آفات با تغذیه از شیره‌ی آوندی گیاهان میزبان و انتقال عوامل بیماری‌زای گیاهی، خسارت شدیدی به محصولات وارد می‌آورند. همچنین رشد و توسعه‌ی قارچ‌های ساپروفیت روی عسلک دفع‌شده توسط این گروه از حشرات، باعث کاهش شدید کیفیت محصول می‌شود. دو گونه از سفیدبالک به نام‌های سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)، و سفید بالک پنبه، *Bemisia tabaci* (Gennadius)، از آفات اقتصادی مهم در جهان، ازجمله ایران هستند (Bi & Tosccano, 2007).

امروزه، متأسفانه در بیشتر کشورهای جهان، کنترل شیمیایی به‌دلیل کنترل سریع جمعیت آفات در کوتاه‌مدت و اثر چشم‌گیر آن در جلوگیری از خسارت اقتصادی، دارا بودن ویژگی‌هایی از قبیل کاربرد وسیع آن در موقعیت‌های مختلف، و نیز پائین بودن نرخ هزینه به

Archive of SID

www.SID.ir

سود و حصول عایدات مالی فراوان در کنترل آفات برای حفاظت گیاهان نقش اصلی را ایفا می‌کند (Gorman *et al*., 2007). روش‌های کنترل شیمیایی، اغلب به‌دلیل عدم آشنایی کافی مصرف‌کنندگان به اصول صحیح مبارزه‌ی شیمیایی، به‌طور بی‌رویه انجام می‌گیرد. درنتیجه علاوه‌بر عدم حصول نتیجه‌ی مطلوب در درازمدت، موجب به‌هم خوردن تعادل طبیعی از جمله مقاوم شدن حشرات نسبت به آفت‌کش‌ها و ظهور آفات درجه‌ی دوم می‌شود. تکرار سم‌پاشی در گلخانه‌ها سبب افزایش فشار انتخابی روی آفات، و به‌نوبه‌ی‌خود، افزایش رشد مقاومت در بعضی از آفات مهم، ازجمله سفیدبالک گلخانه شده است. مقاومت این آفت به حشره‌کش‌های فسفره، نئونیکوتینوئیدی و غیره از بسیاری از نقاط جهان گزارش گردیده است. یکی از دلایل، بالا بودن دفعات سم‌پاشی، عدم کارآیی حشره‌کش‌ها و یا مقاومت سفیدبالک گلخانه به حشره‌کش‌های توصیه‌شده می‌باشد. برای حل مساله‌ی مقاومت این آفت، بررسی و تحقیق در مورد حشره‌کش‌های مختلف از جمله ترکیبات نئونیکوتینوئیدی که امروزه کاربرد زیادی درکنترل آفات مکنده دارند، ضروری به نظر می‌رسد (Bi & Tosccano, 2007). حشره‌کش ایمیداکلوپرید از زیرگروه کلرونیکوتینیل (cholornicotinyl) و همانند سایرنئونیکوتینوئیدها از حشره‌کش‌های سیستمیک و پس‌سیناپسی می‌باشد که امروزه حشره‌کش پرمصرفی در گلخانه‌ها است. این حشره‌کش دارای اثر گوارشی و تماسی است و برای حشرات مکنده مؤثر است و به روش‌های مختلف محلول‌دهی در خاک، ضدعفونی بذر و محلول‌پاشی اندام هوایی گیاه کاربرد دارد و از راه ریشه و شاخ و برگ جذب گیاه می‌شود (Bi & Tosccano, 2007).

در زمینه‌ی ارزیابی حساسیت چند حشره‌کش، ازجمله ایمیداکلوپرید، روی مراحل بالغ و نابالغ سفیدبالک گلخانه، Wang *et al*. (2003) آزمایش‌های مشابهی را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که ایمیداکلوپرید روی پوره‌ی سن یک از سایر مراحل رشدی مؤثرتر بود و تأثیر بالایی نیز روی حشره‌ی بالغ از خود نشان داد. حشره‌کش تیامتوکسام نیز مانند ایمیداکلوپرید به‌علت فعالیت سیستمیک، اثر طولانی‌مدتی روی بسیاری از آفات مکنده‌ی گیاهی دارد. Bi & Toscano (2007) در آزمایش‌های خود روی سفیدبالک گلخانه بر روی گیاه توت‌فرنگی، میزان LD_{50} حشره‌کش ایمیداکلوپرید، تیامتوکسام و دینوتفوران را به‌شیوه‌ی کاربرد سم در خاک روی حشرات بالغ، به‌ترتیب ۷۸/٤، ۱۰/۳٦ و ۱٦/۳ پی‌پی‌ام بیان کردند. نتایج آزمایش‌های

Archive of SID

www.SID.ir

آنان نشان داد که حشرات بالغ سفیدبالک گلخانه حساسیت بیشتری را به تیامتوکسام و دینوتفوران دارند. همچنین، طبق تحقیقات Mason *et al*. (2000)، تیامتوکسام از انتقال ویروس TYLCV (tomato yellow leaf curl virus) توسط سفیدبالک پنبه جلوگیری می‌کند، بنابراین علیه سفیدبالک‌ها می‌تواند کاربرد خوبی داشته باشد. نحوه‌ی عمل آن نیز بدین‌صورت است که این حشره‌کش با خواص ضدتغذیه‌ای و دورکنندگی خود به‌طور چشم‌گیری مانع از تغذیه‌ی سفیدبالک‌های آلوده به ویروس، و درنتیجه، موجب کاهش انتقال این ویروس می‌شود. دینوتفوران نیز حشره‌کش جدیدی از گروه نئونیکوتینوئیدها و زیرگروه فورانیکوتینیل‌ها (furanicotinyl) می‌باشد. این حشره‌کش، نسل سوم حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی محسوب می‌شود (Wakita *et al*., 2003). طبق گزارش‌های Li *et al*. (2000)، کاربرد متوالی حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید، تیامتوکسام و استامی‌پراید می‌تواند مقاومت تقاطعی (cross-resistance) در سفیدبالک گلخانه ایجاد کند.

حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی طی چند سال اخیر نقش بسیار مهمی در مدیریت کنترل تلفیقی آفات مکنده، ازجمله سفیدبالک‌ها، داشته‌اند (Lagalante & Greenbacker, 2007). در تحقیق حاضر، اثر چند حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی روی مراحل پوره‌ی سن اول و حشره‌ی بالغ سفیدبالک گلخانه بررسی و میزان حساسیت این مراحل زیستی به هر یک از حشره‌کش‌ها در شرایط آزمایشگاهی تعیین شده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش حشرات

سفیدبالک گلخانه از روی بوته‌های ژربرا در گلخانه‌ای در محلات جمع‌آوری شد و توسط بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور مورد شناسایی و تأیید قرار گرفت. این حشره روی بوته‌های توتون در اتاق پرورش با دمای حدود ۲ ± ۲۵ درجه‌ی سیلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شد. به‌منظور انجام آزمایش‌ها روی سفیدبالک گلخانه، از برگ‌های جوان خیار گلخانه‌ای (رقم سلطان) استفاده گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایش‌های زیست‌سنجی

حشره‌کش‌های آزمایشی شامل ایمیداکلوپرید (کنفیدور) SC35%، تیامتوکسام (آکتارا) SC21.6% و دینوتفوران (استارکل) SG20% بودند که هر سه از گروه حشره‌کش‌های نئونیکوتینوییدی و ساخت شرکت بایر (Bayer crop science) می‌باشند.

برای زیست‌سنجی سفیدبالک گلخانه از روش غوطه‌ور کردن برگ‌ها در محلول سمی استفاده شد (Horowitz *et al*., 2004). جهت انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی، برگ‌های لازم از بوته‌های خیار چیده شدند و پس از پیچیدن پنبه دور دمبرگ آن‌ها، در لوله‌های کوچک حاوی آب روی پایه قرار گرفتند. ماده‌ی Triton X-100 به میزان ۰/۰۱ درصد به عنوان ماده‌ی سورفکتانت (surfactant) جهت خیس شدن بهتر برگ‌های خیار به تمام غلظت‌ها اضافه گردید. برای تهیه‌ی محلول‌های سمی با غلظت مشخص از فرمولاسیون تجاری سموم استفاده شد. برای این منظور در هر نوبت یک محلول مادری از حشره‌کش تهیه شد و سایر غلظت‌ها از این محلول مادری به‌دست آمد. آزمایش‌های زیست‌سنجی برای تعیین غلظت‌های کشنده با دو سری آزمایش‌های مقدماتی و اصلی انجام شد. آزمایش‌های مقدماتی برای تعیین دو غلظتی که کشندگی ۲۰٪ و ۸۰٪ را ایجاد می‌کردند، با تعداد زیادی از غلظت‌ها صورت پذیرفت. این دو غلظت، غلظت‌های کشنده‌ی بالا و پائین بودند. در آزمایش نهایی با استفاده از فرمول فاصله‌ی لگاریتمی، ۵ غلظت در فاصله‌ی بالا و پایین انتخاب شد و آزمایش درطول زمان، ۳ بار تکرار گردید (Robertson *et al*., 2003). غلظت‌های استفاده‌شده بر مبنای فرمولاسیون تجاری حشره‌کش‌ها در آزمایش‌های حشره‌ی بالغ، برای کنفیدور ۳۵۰، ۸۷/۵، ۵۲/۵، ۲۱ و ۵/۲۵ پی‌پی‌ام، آکتارا ۱۰۸، ۵٤، ۳۲/٤، ۱٦/٤ و ٤/۳۲ پی‌پی‌ام و استارکل ۲۰۰، ۱۵۰، ۵۰، ۲۰ و ۱۰ پی‌پی‌ام؛ و در آزمایش‌های پوره‌ی سن اول، برای کنفیدور ۸۷/۵، ۳۵، ۱۷/۵، ۸/۷۵ و ۱/۷۵ پی‌پی‌ام، آکتارا ٤۳/۲، ۲۱/٦، ۱۰/۸، ۵/٤ و ۱/۰۸ پی‌پی‌ام و استارکل ٤۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰ و ۵ پی‌پی‌ام بود.

برای زیست‌سنجی حشره‌ی بالغ، برگ‌های خیار به‌طور کامل در غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌ها به مدت ۲۰ ثانیه غوطه‌ور شدند. تیمار شاهد شامل آب + ماده‌ی Triton X-100 به‌میزان ۰/۰۱ درصد بود. سپس اجازه داده شد تا برگ‌ها کاملاً خشک شوند. پس از بی‌هوش

Archive of SID

www.SID.ir

نمودن سفیدبالک‌های بالغ با گاز دی‌اکسیدکربن، حدود ۳۰-۲۰ عدد سفیدبالک داخل هر قفس برگی قرار داده شد و قبل از به‌هوش آمدن آن‌ها، قفس‌ها طوری به برگ‌های خیار متصل گردید که سفیدبالک‌ها در پشت برگ قرار گیرند. برای نگه داشتن بهتر برگ‌ها به‌صورت افقی، از نی‌های پلاستیکی به‌عنوان تکیه‌گاه استفاده شد. سپس میزان مرگ و میر حشرات بالغ بعد از ۲٤ ساعت شمارش گردید.

برای زیست‌سنجی پوره‌ی سن اول، برگ‌های خیار آلوده به تخم در داخل پتری‌های پلاستیکی در اتاق مخصوص پرورش قرارگرفت و اجازه داده شد که تخم‌ها تفریخ شوند. شمارش پوره‌های سن اول (پوره‌ی خزنده‌ی یک‌روزه)، ۹ روز بعد از تخم‌گذاری و قبل از انجام آزمایش با غلظت‌های مختلف سموم صورت گرفت. برگ‌های خیار در تیمار شاهد داخل آب مقطر غوطه‌ور شدند. هر آزمایش در طول زمان ۳ بار تکرار شد. ارزیابی مرگ و میر، ۷۲ ساعت بعد از فرو بردن برگ در محلول سم، با شمردن پوره‌های زنده صورت گرفت. پوره‌هایی که خشک شده بودند و یا به‌آسانی از برگ جدا می‌شدند، مرده تلقی شدند.

برای ارزیابی خطوط زیست‌سنجی حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی آفت هدف، از دو روش lethal dose ratio (LDR) و toxicity ratio (TR) استفاده شد (Robertson *et al*., 2003).

تجزیه و تحلیل اطلاعات

برای ارزیابی میزان حساسیت آفت به حشره‌کش‌های مختلف و تعیین خط دز- تلفات حشره‌کش‌ها در مرحله‌ی حشره‌ی کامل و پوره‌ی سن یک از برنامه‌ی پروبیت و نرم‌افزار SAS 6.2، و برای محاسبه‌ی TR و LDR از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

نتایج و بحث

مقدار LC_{50} حشره‌کش‌های مختلف روی حشرات بالغ سفیدبالک گلخانه

ارزیابی حساسیت و درصد تلفات حشرات بالغ سفیدبالک گلخانه، ۲٤ ساعت پس از تماس آن‌ها با برگ‌های تیمارشده نشان داد که مقدار LC_{50} به‌دست‌آمده برای حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید، دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۱۳۰/٤۸، ۹۳/۵۵، ۵۲/۸۹ پی‌پی‌ام براساس

Archive of SID

www.SID.ir

ماده‌ی مؤثره می‌باشد (جدول ۱). این مقادیر بیانگر این است که این حشره نسبت به حشره‌کش تیامتوکسام بیشترین حساسیت را دارد و دینوتفوران و ایمیداکلوپرید در ردیف‌های بعدی قرار می‌گیرند (شکل A–۱). مقادیر حاصل از نتایج TR و LDR نشان داد که بین خطوط دز– تلفات حشره‌کش دینوتفوران و تیامتوکسام در مقایسه با ایمیداکلوپرید اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول۳).

جدول ۱. حساسیت حشرات بالغ سفیدبالک گلخانه به سه حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی در آزمایش‌های زیست‌سنجی از نوع غوطه‌وری برگ.

Table 1. Susceptibility of greenhouse whitefly adults to three neonicotinoid insecticides, using leaf dipping bioassay system.

Insecticide	N. C.	N. I.	Slope (± SE)	Intercept (± SE)	LC_{50}* (CL95%)	*Pr*	x^2
Imidacloprid	5	352	1.31 ± 0.27	-2.78 ± 0.55	130.48 (84.54-221.94)	0.93	0.42
Dinotefuran	5	394	1.47 ± 0.24	-2.91 ± 0.45	93.55 (66.59-145.72)	0.99	0.10
Thiamethoxam	5	364	1.25 ± 0.29	-2.16 ± 0.45	52.89 (34.94-103.53)	0.94	0.36

N.C. = Number of concentrations. N. I. = Number of insects.
* LC values are mg a.i./l.

جدول ۲. حساسیت پوره‌های سن اول سفیدبالک گلخانه به سه حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی در آزمایش‌های زیست‌سنجی از نوع غوطه‌وری برگ.

Table 2. Susceptibility of greenhouse whitefly first instar nymphs to three neonicotinoid insecticides, using leaf dipping bioassay system.

Insecticide	N. C.	N. I.	Slope (± SE)	Intercept (± SE)	LC_{50}* (CL95%)	*Pr*	x^2
Imidacloprid	5	318	1.31 ± 0.18	-1.87 ± 0.26	26.65 (20.65-36.75)	0.73	1.28
Dinotefuran	5	339	1.90 ± 0.28	-2.26 ± 0.36	15.48 (12.20-19.43)	0.81	0.95
Thiamethoxam	5	375	2.55 ± 0.29	-2.81 ± 0.34	12.62(10.77-14.64)	0.85	0.77

N.C. = Number of concentrations. N. I. = Number of insects.
* LC values are mg a.i./l.

مقدار LC_{50} حشره‌کش‌های مختلف روی پوره‌های سن اول بالغ سفیدبالک گلخانه

ارزیابی حساسیت پوره‌ی سن اول سفیدبالک گلخانه، ۷۲ ساعت پس از تماس آن‌ها با برگ‌های تیمارشده نشان داد که مقدار LC_{50} به‌دست‌آمده برای حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید، دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۲۶/۶۵، ۱۵/۴۸ و ۱۲/۶۲، پی‌پی‌ام بر اساس ماده‌ی مؤثره

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد (جدول ۲). این مقادیر بیانگر این است که حشره‌کش تیامتوکسام بیشترین تـأثیر را در کنترل پوره‌ی سن اول دارد و دینوتفوران و ایمیداکلوپرید در ردیف‌های بعدی قرار مـی‌گیرنـد (شکل B–۱). مقادیر حاصل از نتایج LDR حشره‌کش‌ها در مرحله‌ی پوره‌ی سن اول نشـان داد که در خطوط غلظت– تلفات حشره‌کش‌ها بین مراحل پوره‌ی سن اول و حشره‌ی بالغ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول۳).

جدول ۳. مقایسه‌ی حساسیت دو مرحله‌ی زندگی سفیدبالک گلخانه (حشره‌ی بـالغ و پـوره‌ی سن اول) به سه حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی بر اساس LDR و TR.

Table 3. Comparison of susceptibility of first instar nymphs and adults of greenhouse whitefly to three neonicotinoid insecticides based on LDR and TR.

Insecticide	θi	LDR	TR
Imidacloprid (adult)†	2.12	1(0.01-92.2)	1
Dinotefuran (adult)	1.97	1.38(0.01-122)	1.39
Thiamethoxam (adult)	1.72	2.47(0.02-215.53)	2.46
Imidacloprid (nymph)	1.42	4.95(2.83-8.64)*	4.89
Dinotefuran (nymph)	1.18	8.56(4.79-15.30)*	8.42
Thiamethoxam (nymph)	1.24	7.46(4.28-13.01)*	10.33

† Concentration-mortality line of imidacloprid (adults) as an index compared with other treatments, using TR and LDR.
* There is a significant difference between concentration-mortality line of imidacloprid (adults) and other lines.

همچنین مقادیر به‌دست‌آمده از TR نشان داد که حشره‌کش‌های تیامتوکسام و دینوتفـوران در مرحله‌ی پورگی به‌ترتیب ۱۰ و ۸ برابر سمی‌تر از حشـره‌کـش ایمیداکلوپریـد در مرحلـه‌ی حشره‌ی کامل است. بنابراین، بررسی نتایج دو روش زیست‌سنجی نشـان داد کـه سـفیدبالـک گلخانه، به‌ویـژه پـوره‌ی سـن اول، بـه حشـره‌کـش تیامتوکسـام و دینوتفـوران حسـاس‌تـر از ایمیداکلوپرید می‌باشد. (جدول ۳).

نتایج تحقیقات حاضر نشان داد که حشرات بالغ سفیدبالک گلخانه حساسیت بیشتری بـه تیامتوکسـام و دینوتفـوران دارنـد. همچنـین تـأثیر حشـره‌کـش تیامتوکسـام در مقایسـه بـا دو حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی دیگر روی پوره‌ی سن اول و حشرات بالغ بیشتر اسـت، و پـوره‌ی سن اول نیز حساسیت بیشتری را در برابر این حشره‌کش‌ها نسبت به حشرات بـالغ دارد. ایـن نتایج با نتایج تحقیقات Bi & Toscano (2007) مطابقت دارد. طبق مطالعات محققـین اخیـر، در

Archive of SID

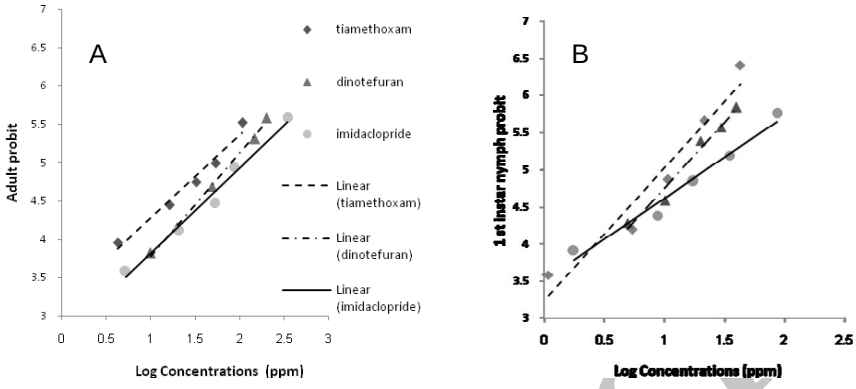
www.SID.ir

کاربرد به‌صورت محلول‌پاشی در خاک (سیستمیک)، تیامتوکسام، دینوتفوران و ایمیداکلوپرید به‌ترتیب تأثیر بهتری داشتند. در آزمایش‌های ما مقایسه‌ی مقادیر LC_{50} این سه حشره‌کش در مراحل پوره‌ی سن اول و حشرات بالغ نشان داد که سفیدبالک‌های جمع‌آوری‌شده از محلات در هر دو مرحله نسبت به ایمیداکلوپرید در مقایسه با دو حشره‌کش دیگر حساسیت کمتری دارند. همچنین میزان LC_{50} ایمیداکلوپرید به‌صورت محلول‌پاشی روی گیاه که توسط Bi & Toscano (2007)، ۲۹۸ پی‌پی‌ام گزارش گردیده است، در مقایسه با آزمایش ما (۱۳۰/٤۸ پی‌پی‌ام) بسیار بالاتر می‌باشد. نتایج آزمایش‌های آنان به‌روشنی نشان‌دهنده‌ی میزان تأثیر بالای حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی به شیوه‌ی کاربرد در خاک در مقایسه با محلول‌پاشی گیاه می‌باشد، درحالی‌که در آزمایش‌های ما کاربرد این حشره‌کش‌ها روی برگ گیاه و به شیوه‌ی غوطه‌وری برگ گیاه بوده است. طبق مطالعات Nauen *et al.* (1999)، در کاربرد سیستمیک این حشره‌کش‌ها پس از جذب توسط گیاه مولکول‌های سم به‌طور کامل (بسته به نوع گیاه و زمان) متابولیزه شده و می‌تواند به ترکیبات بسیار سمی تبدیل شود، و تأثیر بیشتری را روی حشره بگذارد، درحالی‌که معمولاً آفت‌کش‌های باقی‌مانده روی برگ به‌صورت ترکیبات دست‌نخورده باقی می‌مانند. در گلخانه‌ها از حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی جهت کنترل سفیدبالک‌ها به میزان زیاد استفاده می‌شود و مقاومت نسبت به آن‌ها، مانند تیامتوکسام، ایمیداکلوپرید، استامی‌پراید و سایر حشره‌کش‌ها از این دسته، در حال افزایش است. در گلخانه‌های محلات نیز از حشره‌کش ایمیداکلوپرید به‌عنوان یک حشره‌کش رایج برای کنترل سفیدبالک گلخانه به میزان زیاد استفاده می‌شود، بنابراین لازم است که در استفاده از این دسته از حشره‌کش‌ها دقت لازم را به‌کار برد و از استفاده‌ی این ترکیبات به‌صورت مداوم اجتناب ورزید و جهت جلوگیری از بروز مقاومت، در تناوب با سایر گروه‌های شیمیایی استفاده کرد.

طبق بررسی‌های Bi & Toscano (2007)، در مورد اثر سه حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی (ایمیداکلوپرید، تیامتوکسام و دینوتفوران) روی پوره‌ی سن اول سفیدبالک گلخانه، پوره‌ی سن اول نسبت به ایمیداکلوپرید در مقایسه با تیامتوکسام چهار برابر کمتر حساس بود. نتایج آزمایش‌های ما روی پوره‌ی سن اول نیز نشان داد که تأثیر حشره‌کش تیامتوکسام نه برابر نسبت به ایمیداکلوپرید بالاتر می‌باشد و با نتایج این محققان هم‌خوانی دارد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. مقایسه‌ی خطوط غلظت- تلفات سه حشره‌کش آزمایشی روی مرحله‌ی (A) حشره‌ی بالغ و (B) پوره‌ی سن اول سفیدبالک گلخانه، جمع‌آوری‌شده از گلخانه‌ی ژربرا در محلات، ایران.

Fig. 1. Comparison of concentration-mortality lines for the three insecticides on (A) adults and (B) first instar nymphs of *T. vaporariorum* collected on *Gerbera* in the greenhouse in Mahalat, Iran.

حشره‌کش دینوتفوران تأثیر مطلوبی در کنترل حشرات بالغ و پوره‌ی سن اول از خود نشان داد. این ترکیب، تأثیر بالایی روی حشرات مکنده‌ی راسته‌ی Hemiptera مشتمل بر سن‌ها، شته‌ها، سفیدبالک‌ها و سایر آفات از این راسته دارد. همچنین تأثیر سوء بسیار کمی روی پستانداران و آبزیان و پرندگان دارد (Wakita *et al*., 2005). این حشره‌کش در مقایسه با ایمیداکلوپرید تأثیر بالاتری را در کنترل حشرات بالغ و پوره‌ی سن اول سفیدبالک گلخانه از خود نشان داد.

در آزمایش‌های زیست‌سنجی انجام‌شده، خاصیت سمی تمامی حشره‌کش‌های آزمایشی روی پوره‌ی سن اول یک‌روزه‌ی سفیدبالک گلخانه بیشتر از مرحله‌ی حشرات بالغ می‌باشد. به بیان دیگر، پوره‌ی سن اول حساس‌ترین مرحله در برابر این حشره‌کش‌ها بود؛ زیرا مقدار و فعالیت آنزیم P-450 در حشرات بالغ بیشتر است (Gorman *et al*., 2007). همچنین، نتایج نشان داد که می‌توان این حشره‌کش‌ها را در دو مرحله‌ی پوره و حشره‌ی بالغ استفاده کرد. در بین

Archive of SID

www.SID.ir

حشره‌کش‌های تیامتوکسام، ایمیداکلوپرید و دینوتفوران، حشره‌کش تیامتوکسام روی حشرات بالغ و پوره‌ی سن اول از همه مؤثرتر بود. بنابراین ضروری است در ارتباط با مدیریت مقاومت به حشره‌کش‌ها، به‌ویژه ترکیبات نئونیکوتینوئیدی، که امروزه کاربرد وسیعی خصوصاً در کنترل آفات مکنده دارند، برنامه‌ای تدوین و جدولی از حشره‌کش‌های مختلف برای مصرف آن‌ها در مزرعه یا گلخانه ارایه گردد، تا از افزایش مقاومت به یک نوع حشره‌کش خاص جلوگیری شود.

با توجه به بالا بودن غلظت و دفعات سم‌پاشی حشره‌کش‌ها علیه سفیدبالک گلخانه و چندنسلی بودن و پتانسیل بالای مقاومت آن به حشره‌کش‌ها (Bi & Toscano, 2007)، ضروری است حتی‌الامکان از کاربرد مکرر یک نوع حشره‌کش در غلظت‌های بالاتر از غلظت توصیه‌شده خودداری گردد و در کاربرد متناوب حشره‌کش‌ها نیز سعی شود از حشره‌کش‌هایی که محل و نحوه‌ی تأثیر متفاوتی دارند، استفاده شود تا مانع از افزایش مقاومت در سفیدبالک گلخانه گردند. برای داشتن حشره‌کش‌های متنوع ضروری است که تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه داشته باشد. البته در کنار این مطالعات، بررسی اثر سوء آن‌ها روی حشرات مفید و کلیدی گلخانه (Gorman *et al*., 2007)، اختلاط آفت‌کش‌ها و استفاده از مواد همراه در جهت بالا بردن کارآیی آن‌ها ضروری است. امید است روند تحقیقات دراین‌زمینه از روند سازگاری سفیدبالک گلخانه با روش‌های کنترل، عقب نماند.

سپاسگزاری

این تحقیق در بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور انجام شد که بدین‌وسیله از تمامی اساتید و پرسنل محترم آن قدردانی می‌شود.

منابع

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

Archive of SID

www.SID.ir

Gorman, K., Devine, G. J., Bennison, J., Coussons, P., Punchard, N. & Denholm, I. (2007) Report of resistance to the neonicotinoid insecticide imidacloprid in *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science* 63(6), 555-558.

Horowitz, A. R., Kontsedalov, S. & Ishaaya, I. (2004) Dynamics of resistance to the neonicotinoids actamiprid and thiamethoxam in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Insecticides Resistance and Resistance Management* 97(6), 2051-2056.

Lagalante, A. F. &. Greenbacker, P. W. (2007) Flow injection analysis of imidacloprid in natural waters and agricultural matrixes by photochemical dissociation, chemical reduction, and nitric oxide detection. *Analytica Chimica Acta* 590, 151-158.

Li, Y., Dennehy, T. J., Li, X. & Wigert, M. E. (2000) Susceptibility of Arizona whiteflies to chloronicotinyl insecticides and IGRs: new developments in the 1999 season. *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*, 1325-1330.

Mason, G., Rancati, M. & Bosco, D. (2000) The effect of tiamethoxam a second generation neonicotinoid insecticide, in preventing transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV) by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Crop Protection* 19, 473-479.

Nauen, R., Reckmann, U., Armborst, S., Stupp, H-P. & Elbert, A. (1999) Whitefly-active metabolites of imidacloprid: biological efficacy and translocation in cotton plants. *Pesticide Science* 55, 265-271.

Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. & Savin, N. E. (2003) *Pesticide bioassays with arthropods*. 2nd ed. 224 pp. CRC Press.

Wakita, T., Kinoshita, K., Yamada, E., Yasui, N., Kawahara, N., Naoi, A., Nakaya, M., Ebihara, K., Matsuno, H. & Kodaka, K. (2003) The discovery of dinotefuran: a novel neonicotinoid. *Pest Management Science* 59(9), 1016-1022.

Wakita, T., Yasui, N., Yamada, E. & Kishi, D. (2005) Development of a novel insecticide, dinotefuran. *Journal of Pesticides Science* 30(2), 122-123.

Wang, K. Y., Kong, X. B., Jiang, X. Y., Yi, M. Q. & Liu, T. X. (2003) Susceptibility of immature and adult stages of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) to selected insecticides. *Journal of Applied Entomology* 127, 527-533.

Archive of SID

www.SID.ir