

تأثیر حشره کش ایمیداکلپرید بر سفید بالک گلخانه

Trialeurodes vaporariorum) و زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa*

حسن قهاری *، مهرداد طبری ** و حمید رخشانی ***

چکیده

تأثیر حشره کش ایمیداکلپرید بر سفید بالک گلخانه و زنبور پارازیتوئید در شرایط گلخانه و روی گیاه شاه پسند درختی، در یک طرح بلوک های کامل تصادفی با پنج تیمار شامل غلظت های ۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۰۸ و ۰/۱۶ گرم بر لیتر حشره کش و شاهد (آب) در دو مرحله زیستی کوتاه مدت (هفت روز پس از سم پاشی) و بلند مدت (۱۲۵ روز پس از سم پاشی) بررسی شد. تأثیر کوتاه مدت حشره کش بر میانگین درصد تلفات حشرات کامل، میزان تخم گذاری، درصد تفریح تخم ها، درصد تلفات سنین پورگی و درصد خروج حشرات کامل سفید بالک معنی دار بود ($p < 0/01$). در غلظت های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ حشره کش، تراکم نهایی جمعیت کاهش یافت ولی در غلظت های ۰/۰۸ و ۰/۱۶، جمعیت سفید بالک ریشه کن شد. تفاوت تأثیر طولانی مدت ایمیداکلپرید بر سفید بالک نیز معنی دار بود ($p < 0/01$). کاهش میانگین طول عمر حشرات کامل متولد شده پس از سم پاشی معنی دار بود ($p < 0/01$). ایمیداکلپرید برای مدت حداقل ۱۲۵ روز، خاصیت حشره کشی را داخل بافت گیاه حفظ نمود. همبستگی افزایش غلظت حشره کش و تأثیر آن در مراحل مختلف زیستی پارازیتوئید مثبت بود. غلظت ۰/۰۲ به دلیل تأثیر در تمام مراحل زیستی سفید بالک و عدم تأثیر منفی بر پارازیتوئید به عنوان مؤثرترین مقدار تعیین شد.

واژه های کلیدی: سفید بالک گلخانه؛ شاه پسند درختی؛ *Encarsia formosa*؛ Imidacloprid

* - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران - ایران

** - عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، مازندران - ایران

*** - کارشناس ارشد رشته حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان - ایران

مقدمه

(۷). حشره کش ایمیداکلپرید^۳ از جمله ترکیبات شیمیایی است که استفاده از آن در دهه ۱۹۹۰ علیه آفات مکنده رایج شد (۱۳ و ۱۹). این حشره کش یکی از آنالوگ های نیترومتیلن^۴ (گروه کلرونیکوتینیل^۵) می باشد که با تأثیر روی گیرنده استیل کولین نیکوتینارژیک^۶، باعث مختل شدن انتقال پالس های عصبی می شود (۴ و ۱۲). میزان سمیت ایمیداکلپرید برای پستانداران بسیار کم است، به طوری که LD₅₀ آن برای خرگوش، از راه پوست ۲۰۰۰ و از راه خوراکی ۴۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (۴). به این ترتیب ایمیداکلپرید جزو معدود حشره کش هایی است که ضمن دارا بودن خاصیت سیستمیک، در نسبت های کم اثرات مطلوب دارد (۱۱) و حتی براساس گزارشات مختلف (۷)، روی حشرات مقاوم نیز مؤثر می باشد. حشره کش ایمیداکلپرید برای مدت زمان نسبتاً طولانی (حدود سه تا پنج ماه) داخل بافت های گیاهان سم پاشی شده باقی می ماند (۵). علی رغم تأثیر مطلوب ایمیداکلپرید روی آفات مکنده و (به خصوص سفید بالک ها) این حشره کش روی دشمنان طبیعی سفید بالک ها نیز

سفید بالک گلخانه^۱ جزو آفات بسیار مهم برای بسیاری از گیاهان زراعی و زینتی می باشد (۶). باتوجه به بروز سریع پدیده مقاومت به حشره کش ها در سفید بالک ها (۱۵)، کارآیی حشره کش های رایج پس از مدت کوتاهی کاهش یافته و در نتیجه جایگزین شدن حشره کش های جدید و مؤثر اجتناب ناپذیر است (۱۶). برای کنترل شیمیایی سفید بالک ها، از حشره کش های متعددی استفاده شده که از بین آنها آلدیکارب^۲ به عنوان یک ترکیب سیستمیک مؤثر تا پایان دهه ۱۹۸۰ بیشتر از سایر ترکیبات مورد توجه بود (۱۶). ولی به دلیل ایجاد مسمومیت شدید (LD₅₀ برابر با یک میلی گرم بر کیلوگرم) و آلوده نمودن آب های زیرزمینی به تدریج از فهرست ترکیبات شیمیایی تجارتي حذف شد (۵). با حذف آلدیکارب، نیاز برای جایگزین نمودن آفت کش های شیمیایی جدید برای کنترل سفید بالک ها روی گیاهان زینتی اهمیت یافت. تحقیقات انجام شده در رابطه با کنترل سفید بالک ها در گلخانه ها در دهه ۱۹۹۰، براساس مدیریت تلفیقی آفات با تأکید بر کنترل بیولوژیک بوده است (۹)، اما درمورد گیاهان زینتی که سطح زیان اقتصادی آنها بسیار کم است و خریداران حتی به وجود بقایای پوسته های پورگی حشرات نیز اهمیت می دهند، اتخاذ روش های مناسب برای کنترل قاطع و کوتاه مدت سفید بالک ها ضروری می باشد (۱۴). یکی از استراتژی های مؤثر در کنترل سفید بالک ها و نیز سایر آفات گلخانه ای در کوتاه مدت، استفاده از ترکیبات شیمیایی است

1 - *Trialeurodes vaporariorum* Westwood;

Homoptera: Aleyrodidae

2 - Aldicarb

3 - Imidacloprid, BAY NTN 33893, 1- [(6-chloro - Pyridyl) methyl] - N - nitro - 2 - imidazolidinimine

4 - Nitromethylene

5 - Chloronicotinyll

6 - Nicotinergetic acetylcholine

مؤثر می‌باشد (۱۲).

باتوجه به پراکنش وسیع زنبور *Encarsia formosa* Gahan (Aphelinidae) به عنوان پارازیتوید مؤثر بر سفید بالک گلخانه در مناطق مختلف ایران، در تحقیق حاضر تأثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش ایمیداکلپرید بر مراحل مختلف زیستی سفید بالک گلخانه و نیز پارازیتوید مزبور بررسی شد تا ضمن ارزیابی کارایی حشره‌کش مزبور روی سفید بالک گلخانه و پارازیتوید آن، زمینه لازم برای کنترل تلفیقی سفید بالک‌ها و نیز سایر آفات مکنده با استفاده از دشمنان طبیعی و ترکیبات شیمیایی در قالب مدیریت آفات گلخانه‌ای و زراعی فراهم شود.

مواد و روشها

تأثیر حشره‌کش ایمیداکلپرید بر سفید بالک گلخانه و زنبور پارازیتوید *E. formosa* در گلخانه‌ای با دمای (± 2) ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی (± 5) ۸۰ درصد، روشنایی ۱۴ ساعت در شبانه روز، روی گیاه شاه‌پسند درختی (*L. Lantana camara*) بررسی شد. آبیاری گلدان‌های حاوی نهال‌ها دو نوبت در هفته و به میزان مساوی (300°C) برای هر گلدان (به قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر) انجام شد. به‌منظور رشد و نمو مطلوب گیاهان میزبان در شرایط گلخانه، به فاصله هر ۱۰ روز کود N:P:K (۲۰:۲۰:۲۰) به میزان ۲/۵ گرم به ازای هر گلدان در اطراف بوته‌های شاه‌پسند درختی توزیع شد. حشره‌کش ایمیداکلپرید (فرمولاسیون EC به مقدار 250°C) در نسبت‌های ۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۰۸ و ۰/۱۶ گرم بر لیتر به ازای هر گلدان، در ابتدای

آزمایش‌ها در اطراف بوته‌ها ریخته شد. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار (شامل غلظت‌های مختلف حشره‌کش و شاهد) و در چهار تکرار انجام شد. شروع آزمایشات هم‌زمان با شش تا هشت برگی شدن بوته‌های شاه‌پسند درختی بود. به‌منظور جلوگیری از خروج سفید بالک‌ها و پارازیتویدهای مورد مطالعه، گلدان‌ها در زیر قفس‌های استوانه‌ای از جنس پلاستیک شفاف قرار داده شد. برای جلوگیری از مفقود شدن سفید بالک‌ها و زنبورهای تلف شده بر اثر تغذیه از میزبان‌های آلوده به حشره‌کش روی خاک گلدان‌ها پارچه توری کشیده شد. در کف قفس‌ها نیز کاغذ مقوایی تیره رنگ برای تیمارهای مربوط به سفید بالک‌ها و سفید رنگ برای پارازیتویدها قرار داده شد تا حشرات بر زمین افتاده به سهولت جمع‌آوری شوند. پس از اتمام آزمایش‌های مختلف، ابتدا داده‌های حاصل براساس روش ابوت (۲) تصحیح و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS (۱۸) تجزیه و تحلیل آماری شد.

یک هفته پس از مصرف حشره‌کش در پای بوته‌های شش تا هشت برگی شاه‌پسند درختی، حشرات کامل تازه خارج شده سفید بالک گلخانه به تعداد ۳۰ جفت حشره نر و ماده روی هر بوته قرار داده شد. سفید بالک‌ها برای مدت ۴۸ ساعت روی بوته‌ها و داخل قفس‌ها باقی ماندند و پس از زمان فوق، قفس‌های استوانه‌ای از روی گیاهان برداشته شده و با جمع‌آوری و شمارش سفید بالک‌های مرده، تأثیر هر یک از غلظت‌های حشره‌کش روی درصد تلفات حشرات کامل سفید بالک گلخانه بررسی شد.

با بررسی سطوح مختلف برگ‌های گیاهان میزبان، تأثیر حشره‌کش روی میزان تخمگذاری سفید بالک‌ها بررسی شد. یک هفته پس از قرار دادن سفید بالک‌ها روی گیاهان که مصادف با تفریح تخم‌ها و خروج پوره سن اول می‌باشد (۲۰)، درصد تفریح تخم‌ها در هریک از تیمارها مطالعه شد. در ادامه آزمایش و پس از افزایش سنین مختلف پورگی و ظهور شفیره‌ها، با شمارش تعداد شفیره‌های موجود در سطوح زیر و روی برگ‌ها، تأثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش بر درصد تلفات پوره‌های سفید بالک گلخانه محاسبه شد. برای این منظور تعداد شفیره‌های هر یک از تیمارها شمارش و میانگین ارقام حاصل، از میانگین تعداد پوره سن اول تیمار مربوطه کسر شد. آزمایش تا خروج حشرات کامل سفید بالک‌ها ادامه یافت و به این ترتیب تأثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش بر درصد خروج حشرات کامل سفید بالک‌ها محاسبه شد.

تأثیر طولانی مدت ایمیداکلپرید بر سفید بالک گلخانه

برای این منظور در یک آزمایش ۲۰ عدد بوته شش تا هشت برگی شاه‌پسند درختی محصور در قفس‌های چوبی (به ابعاد ۱۲۰ سانتی‌متر مکعب و پوشیده با پارچه توری ۵۰ مش) انتخاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و در چهار تکرار، با غلظت‌های مختلف حشره‌کش (۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۰۸ و ۰/۱۶ گرم بر لیتر و شاهد) اجرا شد. چهار عدد بوته از ۲۰ بوته به عنوان تیمار شاهد فقط آب دریافت نمودند. گیاهان برای مدت چهار ماه به صورت محصور در قفس‌ها در داخل گلخانه قرار داشتند. در این

مدت گیاهان به رشد و نمو خود ادامه دادند و برگ‌های جدید تولید و برگ‌های مسن ریزش می‌کرد. آبیاری و کوددهی گیاهان مطابق الگوی ذکر شده انجام شد. در روز ۱۲۵ استفاده از حشره‌کش، تعداد ۳۰ جفت حشره نر و ماده تازه تفریح سفید بالک به طور جداگانه داخل هر قفس قرار داده شد. حدود ۴۸ ساعت پس از رها کردن سفید بالک‌ها، قفس‌ها از روی گیاهان برداشته شده و میزان تلفات حشرات کامل و نیز تعداد تخم‌های گذاشته شده در هریک از تکرارها شمارش شد. برای جلوگیری از ورود و تخمگذاری سفید بالک‌ها بر روی گیاهان و یا ورود پارازیتوئیدها و شکارگران، قفس‌ها مجدداً روی گیاهان قرار داده شد تا با پیشرفت مراحل زیستی نابالغ سفید بالک‌ها، تأثیر حشره‌کش بر سنین مختلف پورگی و درصد خروج حشرات کامل بررسی شود. یک هفته پس از رها کردن سفید بالک‌ها که هم‌زمان با تفریح تخم و خروج پوره سن اول سفید بالک‌ها بود، درصد تفریح تخم‌ها محاسبه و ثبت شد. در ضمن ۱۹ روز پس از رها کردن سفید بالک‌ها که مصادف با پیدایش مرحله شفیرگی بود، مطابق آزمایش قبل تعداد شفیره‌ها شمارش و درصد تلفات سنین مختلف پورگی سفید بالک‌ها تعیین شد. درصد خروج حشرات کامل سفید بالک در هر یک از تیمارها، در روز بیست و هشتم پس از رها نمودن سفید بالک‌ها تعیین شد (۲۰). برای بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش بر حشرات کامل خارج شده، سفید بالک‌ها از قفس‌ها خارج و طول عمر آنها بررسی شد. برای این منظور حشرات کامل سفید بالک در داخل پتری‌های

پلاستیکی به عمق سه و قطر ۱۵ سانتی‌متر و با درپوش منفذدار قرار داده شد. سه عدد برگ تازه شاه‌پسند درختی به منظور تغذیه سفید بالک‌ها داخل هر پتری قرار گرفت. برای افزایش دوام برگ‌ها شیاری به قطر پنج میلی‌متر در بدنه پتری‌ها ایجاد و دم‌برگ از آن خارج و داخل محلول آب و قند قرار گرفت. با بازدیدهای مرتب ۱۲ ساعته طول عمر سفید بالک‌ها تعیین شد.

تأثیر ایمیداکلپرید بر *E. Formosa*

باتوجه به درصد تلفات زیاد در سنین پورگی سفید بالک‌ها (براساس نتایج آزمایش اول)، کاربرد حشره‌کش در مراحل زیستی اولیه سفید بالک‌ها انجام نشده و با تأخیر زمانی صورت گرفت تا تأثیر غلظت‌های مختلف این حشره‌کش روی *E. formosa* بررسی شود. برای این منظور ۱۳ روز پس از رها کردن حشرات کامل سفید بالک (به تعداد ۳۰ جفت حشره نر و ماده برای مدت ۲۴ ساعت) و پیدایش پوره سن چهارم، غلظت‌های مختلف حشره‌کش روی گیاهان مصرف شد. سه روز بعد از مصرف حشره‌کش که مصادف با پیدایش پوره سن چهارم سفید بالک گلخانه که مناسب‌ترین مرحله برای پارازیتسم زنبور *E. formosa* (۱) می‌باشد، تعداد ۱۰۰ عدد پوره سن چهارم به ازای هر گیاه در نظر گرفته شد و پوره‌های اضافی با استفاده از سوزن ظریف حذف گردید. باتوجه به تولیدمثل بکرزایی - ماده‌زایی در زنبور *E. formosa* و عدم وجود جنس نر برای این پارازیتوید در طبیعت (۹)، فقط جنس ماده این پارازیتوید به تعداد ۳۰ عدد در هر قفس قرار داده شد. حدود ۷۲ ساعت پس از قرار دادن پارازیتویدها، زنبورهای مرده در

قفس‌ها شمارش و به این ترتیب تأثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش بر درصد تلفات حشرات کامل پارازیتویدها بررسی شد. با طی مراحل رشد و نمو جنینی زنبور در داخل میزبان‌های پارازیته شده و ظهور لارو سن سوم زنبورها در حدود هشت روز پس از تخمگذاری (۱) و در نتیجه سیاه شدن کامل پوسته‌های پورگی پارازیته شده در سفید بالک گلخانه (۹)، تعداد پوره‌های پارازیته شده شمارش و میانگین درصد پارازیتسم در هر یک از تیمارها تعیین شد. آزمایش تا خروج حشرات کامل پارازیتوید از هر یک از تیمارها ادامه یافت و به این ترتیب تأثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش بر میزان بقای مراحل مختلف زیستی زنبور *E. formosa* نیز بررسی شد.

نتایج و بحث

تأثیر حشره‌کش بر حشرات کامل و سنین مختلف پورگی سفید بالک‌ها

تفاوت میانگین درصد تلفات حشرات کامل سفید بالک در تمام تیمارها با شاهد معنی‌دار بود ($p < 0.01$). چون این سم بر گیرنده‌های استیل‌کولین نیکوتینارژیک تأثیر داشته و انتقال پیام‌های عصبی در حشرات هدف را مختل می‌نماید (۴ و ۱۲)، لذا سبب تلفات شدید حشرات کامل می‌شود. تفاوت میانگین درصد تلفات سفید بالک‌ها در غلظت‌های مختلف حشره‌کش معنی‌دار نبود (جدول ۱). لذا باتوجه به آثار مطلوب غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر حشره‌کش و با در نظر گرفتن صرفه اقتصادی و نیز آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف غلظت‌های زیاد حشره‌کش، غلظت ۰/۰۲ گرم بر

لیتر قابل توجه است. اثر حشره‌کش بر میزان تخم‌گذاری و نیز درصد تفریح تخم‌ها معنی‌دار بود ($p < 0/01$). میانگین میزان تخم‌گذاری سفید بالک‌ها در غلظت ۰/۱۶ گرم بر لیتر بسیار کم بود (جدول ۱). این امر ناشی از مرگ سریع سفید بالک‌ها بر اثر تغذیه در تیمار غلظت زیاد سم می‌باشد زیرا سفید بالک‌ها قبل از تخم‌گذاری اقدام به تغذیه از شیر گیاهی می‌نمایند که این تغذیه برای رشد و نمو تخم‌های موجود در تخمدان بسیار ضروری می‌باشد (۶). اما در سایر غلظت‌های حشره‌کش، تلفات سفید بالک‌ها سریع نبود و به تناسب غلظت حشره‌کش مدت زمانی را برای تخم‌گذاری زنده بودند. تأثیر غلظت‌های زیاد حشره‌کش‌ها بر فرآیند تولید تخم سفید بالک‌ها نیز در این رابطه حایز اهمیت است (۲۲). میانگین درصد تفریح تخم‌ها در تمام تیمارها کمتر از ۴۰ درصد بود و این رقم در غلظت ۰/۱۶ گرم بر لیتر حشره‌کش صفر بود (جدول ۱). علت این است که تخم سفید بالک‌ها دارای زایده پدیسل می‌باشد که نقش اصلی آن جذب آب و املاح مورد نیاز جنین از بافت برگ می‌باشد (۶). باتوجه به آلودگی شدید شیره آوندهای چوبی و آبکش و نیز بافت پارانشیم گیاهان میزبان به حشره‌کش‌های سیستمیک (۵)، ترکیب سمی از طریق پدیسل وارد تخم شده و منجر به مرگ جنین می‌شود. بررسی تخم‌های تفریح نشده نشان داد که در غلظت‌های ۰/۰۸ و ۰/۱۶ گرم بر لیتر حشره‌کش، جنین در ابتدای مرحله رشد خود در داخل تخم تلف شده بود. زیرا براساس گزارشات (۶) تخم‌های سفید بالک‌ها به مرور زمان و بر اثر

رشد و نمو جنین تغییر رنگ می‌دهند و از رنگ سفید به زرد شیری و سپس قهوه‌ای و در نهایت تیره تبدیل می‌شوند، ولی در غلظت‌های مزبور تغییر رنگ در تخم‌ها مشاهده نشد و فقط درصد بسیار کمی از تخم‌ها در غلظت ۰/۰۸ گرم بر لیتر حشره‌کش، مراحل رشد و نمو خود را کامل نمودند ($0/84 \pm 2/25$ درصد). در غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم بر لیتر حشره‌کش، تغییر رنگ تخم‌ها در مراحل نهایی رشد جنین (مرحله بلاستوکینز^۱) بود، زیرا تخم‌ها به‌طور کامل سیاه شده بودند اما با این حال درصد زیادی از تخم‌ها تفریح نشدند که دلیل آن نامشخص می‌باشد. میانگین درصد تفریح تخم‌ها در کمترین غلظت حشره‌کش (۰/۰۲ گرم بر لیتر) $40/25 \pm 5/7$ درصد بود (جدول ۱).

سفید بالک‌ها حدود ۲۴/۸ درصد از تخم‌های خود را در سطح برگ‌ها قرار داده بودند که این میزان در شرایط طبیعی (تیمار شاهد) حدود صفر بود. علت تغییر رفتار در تخم‌گذاری سفید بالک‌ها می‌تواند ناشی از تراکم بیشتر ترکیبات سمی در پارانشیم و رگبرگ‌های سطح زیرین برگ‌ها باشد. همچنین میانگین میزان تخم‌گذاری در برگ‌های انتهایی به مراتب کمتر از برگ‌های مسن قسمت پایینی بود. در تیمارهای حشره‌کش به‌طور متوسط ۸۴/۷ درصد از تخم‌های روی برگ‌های پایینی، ۱۳/۴ درصد روی برگ‌های میانی و فقط دو درصد از تخم‌ها روی برگ‌های جوان انتهایی ساقه قرار داشتند، درحالی‌که این ارقام برای تیمار شاهد به‌ترتیب ۶۰/۶، ۲۵/۸ و ۱۳/۵ درصد بود.

الگوی تخمگذاری سفید بالک گلخانه روی برگ‌های صاف و بدون کرک گیاهان مانند برگ‌های شاه‌پسند درختی به صورت دایره‌ای می‌باشد (۶)، این امر در تحقیق حاضر و درمورد تیمار شاهد به وضوح مشاهده گردید. ولی الگوی تخمگذاری حشرات روی برگ‌های مورد آزمایش با غلظت‌های مختلف حشره‌کش، به صورت انفرادی و در موارد بسیار معدود به صورت کمان یا نیم‌دایره بود. بنابراین ایمیداکلپرید به عنوان یک حشره‌کش سیستمیک علاوه بر این که روی میزان تخمگذاری سفید بالک‌ها مؤثر است، بر رفتارهای مربوط به تخم‌گذاری نیز اثر دارد. تفاوت میانگین درصد تلفات پوره‌های سفید بالک با شاهد معنی‌دار بود ($p < 0/01$). میانگین

تلفات سنین مختلف پورگی در غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر حشره‌کش (±۰/۹۵) ۹۸/۳ درصد بود. چون تأثیر ایمیداکلپرید در غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر، در تلفات سنین مختلف پورگی سفید بالک‌ها زیاد است و باعث کاهش تراکم جمعیت آنها کمتر از سطح زیان اقتصادی می‌شود غلظت مزبور قابل توجه است. میانگین درصد خروج حشرات کامل سفید بالک در غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر حشره‌کش (±۱/۱) ۲/۵ درصد بود که نشانه تأثیر مطلوب این غلظت در کاهش تراکم جمعیت سفید بالک‌ها می‌باشد. به این ترتیب حشره‌کش مذکور با تأثیر بر تمام مراحل زیستی سفید بالک‌ها می‌تواند جایگزین مناسبی برای حشره‌کش‌های سیستمیک مورد استفاده در گذشته باشد.

جدول ۱ - تأثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش ایمیداکلپرید بر حشره سفید بالک (میانگین ± انحراف معیار)

غلظت حشره‌کش (گرم بر لیتر)	درصد تلفات حشرات کامل	درصد تلفات سنین پورگی	درصد تفریخ تخم‌ها	میزان تخم‌گذاری	درصد تلفات حشرات کامل	درصد خروج حشرات کامل
۰/۰۲	۹۸/۳ ± ۱ ^b	۸۷/۸ ± ۶/۴ ^b	۴۰/۳ ± ۵/۷ ^b	۱۱/۸ ± ۱/۳ ^b	۱۰۰ ± ۰ ^b	۲/۵ ± ۱/۱ ^b
۰/۰۴	۱۰۰ ± ۰ ^b	۹۷/۵ ± ۱/۸ ^c	۲۵/۵ ± ۹/۶ ^c	۱۱ ± ۱/۸ ^b	۱۰۰ ± ۰ ^b	۰/۸ ± ۰/۴ ^b
۰/۰۸	۱۰۰ ± ۰ ^b	۱۰۰ ^c	۲/۳ ± ۰/۸ ^d	۶/۵ ± ۲/۱ ^c	۱۰۰ ± ۰ ^b	-*
۰/۱۶	۱۰۰ ± ۰ ^b	-*	. ^d	۱/۵ ± ۱/۲ ^d	۱۰۰ ± ۰ ^b	-*
شاهد	۱/۸ ± ۱ ^a	۸/۳ ± ۲/۰۶ ^a	۹۱ ± ۳/۵ ^a	۱۵ ± ۰/۸ ^a	۱/۸ ± ۱ ^a	۵۸/۵ ± ۸/۲ ^a

در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه معنی‌دار است ($P < 0/01$).

* - با توجه به عدم تفریخ تخم‌ها و تلفات تمام سنین پورگی، بررسی‌های بعدی انجام نشد.

حشره‌کش، به ترتیب (±۲/۳) ۴/۲۵ و (±۱/۹) ۲/۷۵ درصد بود که تفاوت آن با تیمار شاهد معنی‌دار بود ($p < 0/01$). درضمن، طول عمر معدود حشرات کامل موجود بسیار کمتر از تیمار شاهد

تأثیر طولانی مدت حشره‌کش ایمیداکلپرید بر سفید بالک گلخانه

میانگین درصد خروج حشرات کامل سفید بالک در غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم بر لیتر

بود. میانگین طول عمر حشرات کامل مربوط به غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم بر لیتر حشره‌کش، به‌ترتیب $(\pm 1/2)$ و $(\pm 0/5)$ روز بود. باتوجه به این که پتانسیل زیستی حشرات با طول عمر کوتاه نسبت به حشرات دارای طول عمر بیشتر به مراتب کمتر است (۹)، بنابراین حشره‌کش ایمیداکلپرید پس از گذشت حدود چهار ماه از مصرف آن، تأثیر کاملاً قاطع و معنی‌دار بر تمام مراحل زیستی سفید بالک گلخانه داشته و باعث کاهش تراکم جمعیت آن کمتر از سطح زیان اقتصادی و در غلظت‌های ۰/۰۸ و ۰/۱۶ گرم بر لیتر، باعث ریشه‌کنی آن گردیده است (جدول ۲). نتایج حاصل از این بررسی با دیگر گزارشات (۱۳)، مبنی بر این‌که غلظت حشره‌کش ایمیداکلپرید در داخل گیاه و در طی مدت چند هفته به شدت کاهش می‌یابد و اثر آن تا حد زیادی از بین می‌رود، مطابقت ندارد. چون ایمیداکلپرید یک حشره‌کش پایدار می‌باشد و داخل خاک و نیز بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابد، به نظر می‌رسد که گیاه، حشره‌کش را به تدریج به همراه سایر مواد و ترکیبات موجود در خاک وارد شیرهی آوندی خود می‌نماید. اگرچه ایمیداکلپرید در داخل بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابد و گیاه به تدریج آن را جذب و وارد چرخه متابولیکی خود می‌نماید (۵)، اما باتوجه به این‌که حشره‌کش مزبور تا حدودی دارای خاصیت برگ‌ریزی می‌باشد و تجمع آن در بافت‌های گیاهی باعث ریزش برگ‌های گیاهان تحت تیمار می‌شود (۱۹) و از طرفی در بررسی حاضر بر روی گیاهان شاه‌پسند درختی خصوصیت مزبور مشاهده نشد، به نظر می‌رسد که نظریه جذب تدریجی

حشره‌کش از خاک صحیح‌تر باشد. البته لازم به ذکر است که نوع گیاه میزبان نیز ممکن است در میزان خاصیت برگ‌ریزی حشره‌کش تأثیر داشته باشد. گیاه شاه‌پسند درختی مورد استفاده در تحقیق حاضر دارای ساقه خشبی و نسبتاً سخت می‌باشد ولی در سایر آزمایش‌ها از گیاه بنت قنصول (*Euphorbia pulcherrima* Wildenow) که یک گیاه علفی و با ساقه‌های نسبتاً نرم است استفاده شده است.

عموماً برای کنترل موفق جمعیت سفید بالک‌ها باید حشره‌کش‌ها علیه حشرات کامل و سنین مختلف پورگی آن به صورت دو نوبت در هفته و برای هر یک از مراحل زیستی به‌طور جداگانه استفاده شود. در ضمن استفاده از حشره‌کش‌ها حتی الامکان به یک نسل آفت (سه هفته) محدود و برای نسل‌های بعد نوع حشره‌کش باید تغییر نماید. همچنین هر یک از مراحل زیستی سفید بالک‌ها به یک استراتژی شیمیایی خاص نیاز دارند. به این ترتیب استفاده از حشره‌کش‌های غیرسیستمیک و با دوره اثر کوتاه مدت، علاوه بر اینکه به دلیل تعدد سمپاشی‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، سبب آلودگی شدید زیست محیطی و آثار نامطلوب بر موجودات زنده غیرهدف می‌شود. ولی با استفاده از ایمیداکلپرید نیاز به استراتژی‌های شیمیایی متفاوت و نیز غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌ها علیه مراحل مختلف زیستی سفید بالک‌ها را حذف و یا تعدیل نمود. به علاوه ایمیداکلپرید دارای این قابلیت ارزشمند از نظر اقتصادی و زیست محیطی می‌باشد که در نسبت‌های بسیار کم (۰/۰۲ گرم بر لیتر) برای مدت زمان طولانی

۰/۰۴، ۰/۰۸ و ۰/۱۶ گرم بر لیتر حشره‌کش معنی‌دار بود ($p < 0/01$). این زنبورها سین‌اویژینیک (Synovigenic) می‌باشند و تغذیه قبل از تخم‌گذاری برای رشد و نمو تخمدان‌ها، اواریول‌ها و نیز تخم‌های موجود در اواریول‌ها بسیار ضروری می‌باشد (۹). بنابراین زنبورهای رهاسازی شده با استفاده از تخم‌ریز خود بدن میزبان‌ها را سوراخ نموده و از همولنف خارج شده تغذیه نموده‌اند که باتوجه به آلودگی همولنف میزبان‌ها به مواد سمی، تلفات در غلظت‌های فوق معنی‌دار بوده است. میانگین میزان تلفات زنبور *E. formosa* در غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر $(\pm 3/4)$ ۲۸ درصد بود که تفاوت آن با شاهد $(\pm 4/2)$ ۲۵/۷۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۳).

مؤثر است. باتوجه به این‌که ایمیداکلپرید یک حشره‌کش ابقایی است و برای مدت زمان طولانی داخل خاک و نیز احتمالاً داخل محصولات خوراکی باقی می‌ماند، توصیه می‌شود استفاده از آن به شرایط گلخانه و به‌خصوص روی گیاهان زیتنی محدود شود. برای این منظور غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر مناسب‌تر از سایر غلظت‌ها می‌باشد.

تأثیر حشره‌کش ایمیداکلپرید بر زنبور

E. Formosa

نتایج حاصل از بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف ایمیداکلپرید بر درصد تلفات پارازیتوئیدها، درصد پارازیتسم، درصد خروج حشرات کامل و میزان طول عمر پارازیتوئیدها، در جدول (۳) ارائه شده است. تفاوت میانگین درصد تلفات حشرات کامل *E. formosa* در غلظت‌های

جدول ۲ - اثر طولانی مدت (۱۲۵ روز) غلظت‌های مختلف ایمیداکلپرید بر سفید بالک گلخانه

غلظت حشره‌کش (گرم بر لیتر)	درصد تلفات حشرات کامل	میزان تخم‌گذاری	درصد تفریخ تخم‌ها	درصد تلفات سین پورگی	درصد خروج حشرات کامل	طول عمر حشرات کامل (روز)
۰/۰۲	$92/3^b \pm 3/6$	$12^b \pm 2/4$	$41/5^b \pm 11/9$	$65/5^b \pm 14/5$	$4/3^b \pm 2/3$	$2/3^b \pm 1/2$
۰/۰۴	$98^c \pm 1/8$	$9/3^b \pm 3/9$	$18/8^c \pm 7/2$	$89/3^c \pm 6/3$	$2/8^b \pm 1/9$	$1^b \pm 0/5$
۰/۰۸	$98/8^c \pm 1/2$	$5/8^c \pm 1/2$	$4/3^d \pm 3/8$	۱۰۰ ^d	-*	-*
۰/۱۶	$99/8^c \pm 0/25$	$1/8^d \pm 1$. ^e	-*	-*	-*
شاهد	$6/8^a \pm 4/6$	$16/3^a \pm 4/2$	$86/5^a \pm 6/2$	$11/5^a \pm 7/9$	$67/5^a \pm 11/2$	$7/8^a \pm 1/2$

در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه معنی‌دار است ($P < 0/01$).

* - باتوجه به عدم تفریخ تخم‌ها و تلفات تمام سین پورگی، بررسی‌های بعدی انجام نشد.

رابطه با تخم‌ریز زنبورهای خانواده Aphelinidae این است که اندام‌های حسی مستقر بر روی تخم‌ریز دارای یک حد آستانه برای تشخیص میزان آلودگی می‌باشند (۸) که در غلظت‌های بسیار زیاد سم، تعدادی از پارازیتوئیدها قادر به تشخیص میزبان‌های آلوده نبوده و اقدام به تخم‌گذاری در میزبان‌های مزبور نمودند. زنبور *E. Formosa* به دلیل این‌که مقادیری از حشره‌کش را از طریق پدیده تغذیه میزبانی وارد بدن خود نموده است، لذا تفاوت راندمان پارازیتیسیم آن حتی در کمترین غلظت مورد مطالعه (۰/۰۲ گرم بر لیتر) نیز با تیمار شاهد معنی‌دار بوده است. ولی زنبور *E. formosa* در شرایط طبیعی دارای باروری و راندمان پارازیتیسیم زیاد است و این امر در تیمار شاهد نیز به وضوح مشاهده می‌شود (جدول ۳). علی‌رغم کاهش راندمان پارازیتیسیم زنبور *E. formosa* در غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر حشره‌کش بر اساس گزارشات (۵)، تلفیق غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر ایمیداکلپرید با زنبور *E. formosa* کاملاً امکان‌پذیر و سازگار است.

تفاوت میانگین درصد پارازیتوئید در تمام غلظت‌های حشره‌کش با تیمار شاهد معنی‌دار بود ($p < 0.01$). زنبورهای خانواده Aphelinidae پارازیتوئیدهای داخلی و کاینوبیونت^۴ می‌باشند و

تأثیر حشره‌کش ایمیداکلپرید در تمام غلظت‌های مورد مطالعه بر میانگین درصد پارازیتیسیم *E. formosa* معنی‌دار بود (جدول ۳). چون زنبورهای خانواده Aphelinidae قبل از پارازیته نمودن میزبان‌های خود، خصوصیات کمی و کیفی آن را با استفاده از شاخک‌ها^۱ و یا معاینه (با استفاده از تخم‌ریز^۲) بررسی می‌کند (۱۰)، لذا عدم تخم‌گذاری پارازیتوئیدها در میزبان‌های آلوده به حشره‌کش برای حفظ بقای نسل صورت می‌گیرد. علی‌رغم این‌که تخم‌ریز در زنبورهای خانواده Aphelinidae و به‌خصوص *Encarsia* spp. به اندازه‌ای حساس است که آنها را جزو تکامل یافته‌ترین پارازیتوئیدها محسوب می‌نمایند (۹)، ولی درصد پارازیتیسیم در میزبان‌های آلوده به غلظت‌های زیاد حشره‌کش (۰/۰۸ و ۰/۱۶ گرم بر لیتر) زیاد نیست (جدول ۳) که به نظر می‌رسد ناشی از فشار بار تخم^۳ (۳) و یا بی‌تجربه بودن ماده‌های جوان پارازیتوئید باشد (۹). در غلظت ۰/۱۶ گرم بر لیتر، علاوه بر این‌که آلودگی شدید بدن میزبان سبب عدم پارازیتیسیم (صفر درصد) شده است، این احتمال نیز وجود دارد که علی‌رغم پارازیتیسیم میزبان‌ها، سم سبب مرگ سریع پوره‌های میزبان باشد که نتیجه این امر توقف رشد و نمو مراحل زیستی نابالغ پارازیتوئیدها است (۲۱). ولی در غلظت‌های کمتر، مرگ پوره‌های میزبان با تأخیر زمانی بوده است و در نتیجه تعدادی از لاروهای پارازیتوئید فرصت کافی برای رشد و نمو و تکمیل مراحل زیستی نابالغ خود را داشتند. نکته حایز اهمیت در

1 - Drumming

2 - Probing

3 - Egg load

4 - Koinobiont

میزبان ترکیبات سمی را وارد بدن خود نمودند، در نتیجه تغذیه لارو پارازیتوئیدها از مواد سمی موجود در بدن میزبان، باعث تلفات و عدم خروج حشرات کامل پارازیتوئیدها گردیده است. همبستگی افزایش غلظت حشره‌کش و میانگین درصد خروج پارازیتوئیدها منفی بود (جدول ۳).

نوزاد این پارازیتوئیدها برای رشد و نمو و تکمیل مراحل زیستی نابالغ خود، از محتویات داخل بدن میزبان‌های خود تغذیه می‌نماید و در پایان فقط پوسته‌های خالی پورگی میزبان را باقی می‌گذارد (۹). باتوجه به این‌که در بررسی حاضر، پوره‌های سفید بالک گلخانه با تغذیه از شیره آوندی گیاهان

جدول ۳ - تأثیر غلظت‌های مختلف ایمیداکلپرید بر زنبور *E. formosa* روی گیاه شاه‌پسند درختی

طول عمر (روز)	درصد خروج حشرات کامل	درصد پارازیتسیم	درصد تلفات حشرات کامل	غلظت حشره‌کش (گرم بر لیتر)
$5/3^a \pm 3/5$	$64/8^b \pm 6/8$	$37/8^b \pm 8/6$	$28/0^a \pm 3/4$	۰/۰۲
$4/8^a \pm 2/4$	$42/3^c \pm 13/2$	$20/5^c \pm 9/3$	$49/5^b \pm 10/2$	۰/۰۴
$1/3^b \pm 1$	$24/5^d \pm 10/6$	$1/3^b \pm 1$	$63/3^c \pm 18/7$	۰/۰۸
-*	-*	.d	$78/8^d \pm 9/4$	۰/۱۶
$6/5^a \pm 3/1$	$89/3^a \pm 7/2$	$73/3^a \pm 10/6$	$25/8^a \pm 4/2$	شاهد

در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه معنی‌دار است ($P < 0/01$).

* - باتوجه به عدم تفریح تخم‌ها و تلفات تمام سنین پورگی، بررسی‌های بعدی انجام نشد.

ایمیداکلپرید دارای کارایی مطلوب برای کنترل تمام مراحل زیستی سفید بالک گلخانه می‌باشد و از طرف دیگر تأثیر غلظت مزبور در اغلب موارد بر توانایی زیستی و در نهایت کارایی پارازیتوئیدهای مورد مطالعه معنی‌دار نیست لذا استفاده توأم زنبور *E. formosa* و غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر ایمیداکلپرید در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات گیاهان زینتی، می‌تواند

بررسی‌های انجام شده روی طول عمر زنبور *E. formosa* خارج شده از پوره‌های سفید بالک گلخانه نشان داد که تأثیر غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم بر لیتر حشره‌کش بر طول عمر زنبورهای خارج شده معنی‌دار نیست. اما در غلظت ۰/۰۸ گرم بر لیتر حشره‌کش، کاهش میانگین طول عمر پارازیتوئیدها معنی‌دار است (جدول ۳). چون غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر

تحت تیمار، تأثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش بر سرعت پیدایش پدیده «مقاومت به حشره‌کش» در سفید بالک‌ها می‌تواند نکات مبهم را آشکار نماید. در نتیجه این مطالعات محققین روش مناسب برای کنترل سفید بالک‌ها و نیز سایر آفات مکنده راسته‌های جوربالان، سن‌ها و تریپس‌ها را تشخیص دهند.

منابع مورد استفاده

- ۱ - قهاری، ح. و حاتمی، ب. ۱۳۸۰. مطالعه مرفولوژیک، بیولوژیک و ترجیح مراحل میزبانی زنبور پارازیتوید *Encarsia formosa* Gahan (Hym.: Aphelinidae). علوم و صنایع کشاورزی، ۱۵(۱): ۱۴۶-۱۳۵.
- 2 . Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-67.
- 3 . Austin AD and Browning TO (1981) A mechanism for movement of eggs along insect ovipositors. Int. J. Insect Morphol. Embryol. 10: 93-108.
- 4 . Bai DL, Lummis SCR, Liecht W, Breer H and Sattelle DB (1991) Action of imidacloprid and a related nitromethylene on cholinergic receptors of an identified insect motor neurone. Pesticide Science 33: 197-204.
- 5 . Bethke JA and Redak RA (1997) Effect of imidacloprid on the silverleaf

گامی مهم برای کاهش تراکم جمعیت سفید بالک‌ها به کمتر از سطح زیان اقتصادی باشد. اگرچه باتوجه به خاصیت ابقایی ایمیداکلپرید، استفاده از آن روی گیاهان زراعی و نیز درختان مثمر توصیه نمی‌شود، اما به نظر می‌رسد که امکان استفاده از آن در گلخانه‌های گیاهان زیتنی و علیه آفات مکنده (به‌خصوص شته‌ها، زنجره‌ها، سفید بالک‌ها و سن‌ها) وجود دارد. انجام بررسی‌های بیشتر در رابطه با تأثیر غلظت‌های کمتر حشره‌کش مزبور بر سفیدبالک‌ها و آفات مکنده دیگر و نیز بر سایر پارازیتویدها، شکارگران، تأثیر حشره‌کش بر بندپایان و سایر موجودات خاکزی غیرهدف و نیز بر میزان عملکرد و کیفیت محصول گیاهان

whitefly, *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae), and whitefly parasitism. Ann. Appl. Biol. 130: 397-407.

- 6 . Byrne DN and Bellows TS (1991) Whitefly biology. Annu. Rev. Entomol. 36: 431-57.
- 7 . Elbert A, Overbeck H, Iwaya K and Tsuboi S (1990) Imidacloprid a novel systemic nitromethylene analogue insecticide for crop protection. Proceedings 1990 Brighton crop Protection Conference Pests and Diseases 1: 121-28.
- 8 . Gerling D, Quick DL and Orion T (1998) Oviposition mechanisms in the whitefly

- parasitoids *Encarsia transvena* and *Eretmocerus mundus*. *Biocontrol* 43: 289-97.
- 9 . Hoddle MS, Van Driesche RG and Sabderson JP (1998) Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 645-69.
- 10 . Jervis MA, Kidd NAC and Heimpel GE (1996) Parasitoid adult feeding behavior and biocontrol - a review. *Biocont. News, Inf.* 17: 11-26.
- 11 . Latli B and Cassida JE (1992) [³H] Imidacloprid: synthesis of a candidate radioligand for the nicotinic acetylcholine receptor. *J. Labelled Compounds and Radiopharmaceuticals* 31: 609-13.
- 12 . Mizell RF and Sconyers MC (1992) Toxicity of imidacloprid to selected arthropod predators in the laboratory. *Florida Entomologist* 75: 277-80.
- 13 . Nauen R (1995) Behavior modifying effects of low systemic concentrations of imidacloprid on *Mysus persicae* with special reference to an antifeeding response. *Pesticide Science* 44: 145-53.
- 14 . Norman JW. JR., Riley DG, Stansly PA, Ellsworth PC and Toscano NC (1996) Management of silverleaf whitefly: A comprehensive manual on the biology, economic impact and control tactics. USDA/CSREES Grant Publ. 93-EPIX-0102.
- 15 . Omer AD, Johnson MW, Tabashnik BE, Costa HS and Ullman DE (1993) Sweetpotato whitefly resistance to insecticides in Hawaii: Intra - island variation as related to insecticide use. *Entomologia experimentalis et Applicata* 67: 173-82.
- 16 . Parrlla MP and Bethke JA (1990) Whiteflies a search for answers. *Growertalks*, November. 52: 64-70.
- 17 . Sanderson JP and Ferrentino G (1991) Whiteflies 101: a primer on biology and control. *Grower talks*, August. 55:48-61.
- 18 . SAS Institute. 1994. SAS/STAT users' guide, version 6. SAS Institute, Cary, NC.
- 19 . Schmeer HE, Bluett DJ, Meredith R and Heatherington PJ (1990) Field evaluations of imidacloprid as an insecticidal seed treatment in sugar beet and cereals with particular reference to virus vector control. *Proceedings 1990, Brighton Crop protection Conference Pests and Diseases* 1: 29-36.
- 20 . Stenseth C (1997) The time of development of *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* at constant and alternating temperatures, and its importance for the control of

- T. vaporariorum*. Proceeding of a Symposium. Aug. 19 - 27, 4 pp.
- 21 . Van Lenteren JC, Herman JW, Van Roermund HJW and Sutterlin S (1996) Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work? Biol. Control 6: 1-10.
- 22 . Yee WL, Toscano NC, Hendrix DL and Henneberry TJ (1998) Effects of insecticide applications on *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) densities and Honeydew production. Environ. Entomol. 27(1): 22-32.