



علمی پژوهشی

بررسی مقاومت جمعیت‌های مختلف *Trialeurodes vaporariorum* به ایمیداکلوپرید و تاثیر آن بر مقاومت *Encarsia formosa* (Hem.: Aleyrodidae) (Hym.: Aphelinidae)

ضرغام بی‌غم، حسین اللهیاری*، خلیل طالبی جهرمی و وحید حسینی نوه
گروه گیاه‌پزشکی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۰)

چکیده

سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* (westwood) یکی از مهم‌ترین آفات گیاهی در ایران و جهان می‌باشد. آفت کش ایمیداکلوپرید نقش کلیدی را در کنترل این آفت بازی می‌کند. در این پژوهش مقاومت جمعیت‌های مختلفی از سفیدبالک گلخانه نسبت به ایمیداکلوپرید (Confidor® SC35%) و مقاومت تقاطعی نسبت به تیمتوکسام+لامبداسای‌هالوترین و تیاکلوپرید+دلتامترین و تاثیر مقاومت به ایمیداکلوپرید بر مقاومت پارازیتوئید *Encarsia formosa* Gahan مورد ارزیابی قرار گرفت. سیزده جمعیت سفیدبالک گلخانه از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری و مورد آزمون قرار گرفتند. سفیدبالک‌های جمع‌آوری شده روی گیاه خیار رقم سوپر دومینوس در شرایط آزمایشگاهی در دمای $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ، رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. زیست‌سنجی به روش غوطه‌وری برگ در محلول آفت کش با ۲۰ پوره سن دوم در هر تکرار انجام شد. بیشترین مقدار LC_{50} برای جمعیت VGR به میزان $856/2$ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. توسعه مقاومت در تمام جمعیت‌های مورد آزمایش مشاهده شد و فاکتور مقاومت از $2/54$ تا $44/3$ متغیر بود. همچنین، مقاومت تقاطعی نسبت به تیمتوکسام+لامبداسای‌هالوترین و تیاکلوپرید+دلتامترین مشاهده شد. مقاومت سفیدبالک روی مقاومت پارازیتوئید تاثیر نداشت و تفاوت معنی‌داری بین LC_{50} پارازیتوئید جمع‌آوری شده از مزرعه و پارازیتوئید پرورش یافته روی مقاوم‌ترین سفیدبالک و جمعیت حساس مشاهده نشد. مقدار LC_{50} به دست آمده به ترتیب $388/7$ ، $324/7$ و $317/7$ میلی‌گرم بر لیتر بود. نتایج حاصل نشان‌دهنده افزایش مقاومت این آفت نسبت به ایمیداکلوپرید و لزوم اتخاذ تدابیر لازم و اعمال مدیریت جهت جلوگیری از گسترش مقاومت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مقاومت تقاطعی، زیست‌سنجی، فاکتور مقاومت، سفیدبالک، پارازیتوئید

مقدمه

به کاهش تحرک، فلج و مرگ حشره می‌شوند (Tomizawa and Casida, 2005).

پژوهش‌های اخیر ۸۰ گونه توصیف شده از پارازیتوئیدها را به عنوان دشمنان طبیعی سفیدبالک‌ها معرفی کرده‌اند. از میان آنها، *Encarsia formosa* Gahan (Hym. Aphelinidae) یکی از مهم‌ترین و شناخته شده‌ترین پارازیتوئیدهای سفیدبالک‌ها است که در سال‌های اخیر استفاده تجاری از آن در کنترل سفیدبالک‌ها در بیشتر سبزیجات و گیاهان زینتی در گلخانه‌ها توسعه پیدا کرده است (Li et al., 2011; Singh et al., 2017). این پارازیتوئید تمام مراحل نابالغ میزبان خود به غیر از مرحله تخم را پارازیت می‌کند، اما ترجیح آن پوره سن دوم میزبان می‌باشد (Nell et al., 1976; Nechols and Tauber, 1977; Enkegaard, 1993).

تکیه بیش از حد به یک ترکیب شیمیایی و تکرار سمپاشی در گلخانه‌ها سبب افزایش فشار انتخابی روی آفات و در نتیجه، افزایش مقاومت خواهد شد. کاربرد گسترده و افزایش ایمیداکلوپرید منجر به افزایش مقاومت به این ترکیب شده است (Pappas et al., 2013; Karatolos et al., 2007; Gorman et al., 2010). ویژگی‌های زیستی سفیدبالک‌ها مانند قدرت تولیدمثلی بالا، تعداد نسل زیاد در سال و چندین خوار بودن توانایی این حشرات برای بروز مقاومت در برابر آفت‌کش‌ها را افزایش می‌دهد (Bi and Toscano, 2007). اولین مورد از مقاومت به نئونیکوتینوئیدها مربوط به کاهش تأثیر ایمیداکلوپرید روی سفیدبالک پنبه در سال ۱۹۹۶ گزارش شد (Cahill et al., 1996) و اولین مورد مقاومت به نئونیکوتینوئیدها در سفیدبالک گلخانه از جمعیت‌های بریتانیا، هلند و ایالات متحده در سال ۲۰۰۴-۲۰۰۵ ثبت شد (Bi and Toscano, 2007). بسیج و همکاران (Basij et al., 2016) مقاومت ۹ جمعیت *B. tabaci* جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ایران را نسبت به ایمیداکلوپرید و استامپیرید مورد آزمون قرار دادند. در پژوهش آنها نسبت مقاومت در زیست‌سنجی روی حشرات بالغ برای ایمیداکلوپرید ۹/۷۲ تا ۲۰/۲۰۵ و برای استامپیرید ۶/۳۸ تا ۱۷۴/۵۷ به دست آمد. حساسیت ده

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae) (Westwood) یکی از مهم‌ترین آفات گیاهان زراعی، گلخانه‌ای و زینتی می‌باشد (Van Lenteren and Martin, 2000; Capinera, 2008). این آفت به صورت مستقیم با تغذیه حشرات بالغ و پوره‌ها و غیرمستقیم از طریق عسلک و انتقال ویروس به گیاهان خسارت وارد می‌کند. بیش از ۱۵۰ ویروس گیاهی توسط سفیدبالک‌ها منتقل می‌شود (Jones, 2003). حشرات کامل سفیدبالک گلخانه می‌توانند ویروس‌هایی مانند ویروس زردی دروغی چغندر قند (BPYV)، ویروس زردی و پیچیدگی برگ گوجه‌فرنگی (TYLCV) و ویروس موزائیک طلایی لویا (BGMV) را منتقل کنند (Liu et al., 1993; Bi et al., 2002; Karatolos et al., 2010). سفیدبالک گلخانه دامنه میزبانی وسیعی دارد، در سال‌های اخیر از ۸۵۹ گونه گیاهی از ۴۶۹ جنس و ۱۲۱ خانواده شناسایی شده است (CABI, 2017).

در برنامه‌های مدیریت تلفیقی، جمعیت سفیدبالک گلخانه به وسیله کاربرد دشمنان طبیعی و ترکیبات شیمیایی کنترل می‌شود (Gorman et al., 2002). استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی یکی از اصلی‌ترین روش‌های مبارزه با سفیدبالک‌ها محسوب می‌شود (Cuthberston et al., 2013; Basit et al., 2012). ایمیداکلوپرید یکی از ترکیب‌های شیمیایی است که برای کنترل سفیدبالک‌ها استفاده می‌شود. گروه نئونیکوتینوئیدها با معرفی ایمیداکلوپرید که یک ترکیب تماسی گوارشی است، در اوایل دهه ۱۹۹۰ به بازار ارائه شدند. این گروه روی آفات مکنده، برخی از بالپولکداران و سخت‌بالپوشان موثر هستند (Elbert et al., 2008). نئونیکوتینوئیدها همانند نیکوتین عملکرد استیل‌کولین که یک انتقال‌دهنده عصبی می‌باشد را تقلید می‌کند و گیرنده این انتقال‌دهنده عصبی را در ناحیه پس‌سیناپسی اشغال می‌کنند؛ با این تفاوت که استیل‌کولین استراز قادر به غیرفعال کردن این ترکیبات نبوده و بنابراین، گیرنده استیل‌کولین استراز به طور دائم فعال باقی مانده و سبب تحریک سلول‌های عصبی می‌شود که در نهایت منجر

اولین قدم برای مدیریت مقاومت، شناسایی جمعیت مقاوم می‌باشد (Prabhaker et al., 1992). در پژوهش حاضر در مرحله اول مقاومت جمعیت‌های مختلف سفیدبالک گلخانه جمع‌آوری شده از مزارع، فضای سبز و گلخانه‌ها به ایمیداکلوپرید مورد پایش قرار گرفت. در سال‌های اخیر استفاده از دو ترکیب با نام‌های تجاری افوریا و پروتئوس علیه سفیدبالک‌ها گسترش پیدا کرده است و به عنوان ترکیب موثری در کنترل سفیدبالک‌ها بویژه در ایران توصیه شده‌اند (Golmohammadi et al., 2014; Jarrahi and Safavi, 2015). هر دو این ترکیبات از دو ماده موثره تشکیل شده‌اند که یک بخش آن از نئونیکوتینوئیدها و بخش دیگر آن از پایروتروئیدها است. افوریا مخلوطی از ۱۴۱ گرم تیمتوکسام از نئونیکوتینوئیدها و ۱۰۶ گرم لامبدا‌سای‌هالوترین از پایروتروئیدها در هر لیتر است (Nikolova and Georgieva, 2018) و پروتئوس از ۱۵۰ گرم تیاکلوپرید از نئونیکوتینوئیدها و ۲۰ گرم دلتامترین در لیتر ساخته شده است (Asogwa et al., 2011). در مرحله دوم این پژوهش مقاومت تقاطعی سفیدبالک گلخانه نسبت به افوریا و پروتئوس مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف سوم این پژوهش بررسی ایده مقاوم شدن دشمن طبیعی در ارتباط با میزبان مقاوم بود. بنابراین، به بررسی تأثیر مقاومت سفیدبالک گلخانه در برابر ایمیداکلوپرید روی مقاومت زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به این ترکیب پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

جمعیت‌های حشرات

جمعیت‌های حشرات که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند، از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ جمع‌آوری و همراه با سابقه قرار گرفتن در معرض ترکیبات نئونیکوتینوئیدی و غیرنیکوتینوئیدی، محل و گیاه میزبان حشرات جمع‌آوری شده در جدول ۱ فهرست شده‌اند.

جمعیت *B. tabaci* جمع‌آوری شده از گلخانه‌های گوجه-فرنگی مراکش در برابر ایمیداکلوپرید، تیمتوکسام و متومیل توسط بوهارود و همکاران (Bouharroud et al., 2006) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که همه جمعیت‌های مورد آزمون در برابر ایمیداکلوپرید و تیمتوکسام مقاوم شده بودند و مقاومت ۳۹ برابری برای ایمیداکلوپرید و ۱۲ برابری برای تیمتوکسام را گزارش کردند. لانگورست و همکاران (Longhurst et al., 2013) مقاومت ۲۳ برابری را برای سفیدبالک گلخانه در برابر ایمیداکلوپرید گزارش کرده‌اند. مقاومت نوزده جمعیت سفیدبالک گلخانه در یونان در برابر ایمیداکلوپرید، بی‌فترین و اسپیرومسین مورد ارزیابی قرار گرفت و به ترتیب، فاکتور مقاومت ۲۰۷، ۴۶۵۷ و ۵۹ برابری به دست آمد (Kapantaidaki et al., 2017). اردوغان و همکاران (Erdogan et al., 2021) حساسیت ۱۱ جمعیت سفیدبالک گلخانه از سه منطقه ترکیه را در برابر استامی‌پراید، ایمیداکلوپرید و تیمتوکسام از نئونیکوتینوئیدها و سایپرترین و دلتامترین از پایروتروئیدها مورد ارزیابی قرار دادند. به ترتیب ۸/۱، ۱۶ و ۱۱/۴ برابر مقاومت در برابر نئونیکوتینوئیدها و ۵۶/۵ و ۱۱۶/۴ برابر مقاومت برای پایروتروئیدهای ذکر شده گزارش کردند.

ارزیابی اثر آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی بسیار حائز اهمیت است، به نحوی که بتوان آنها در سیستم زراعی حفظ کرد. در برخی موارد دشمنان طبیعی مقاوم در برابر حشره‌کش‌ها جزء مهمی از برنامه‌های مدیریت تلفیقی و به تاخیر انداختن مقاومت آفات هستند. استفاده از دشمنان طبیعی مقاوم به حشره‌کش می‌تواند از طغیان آفات ثانویه و بازخیزی آفات بویژه در سیستم‌هایی که استفاده از حشره-کش‌ها روش معمول مبارزه با آفات می‌باشد، جلوگیری کند (Abbas et al., 2014). استفاده از جمعیت‌هایی که بصورت طبیعی یا انتخاب شده نسبت به آفت‌کش‌ها مقاوم شده‌اند، سازگاری روش‌های کنترل بیولوژیک و شیمیایی را در کنترل سفیدبالک‌ها افزایش می‌دهد (Croft and Meyer, 1973; Hoy, 1985).

جدول ۱- نام، محل جمع‌آوری، میزبان گیاهی و سابقه کاربرد آفت‌کش روی جمعیت‌های *Trialeurodes vaporariorum*.

Table 1. Name, location, host plant and background of pesticide application on *Trialeurodes vaporariorum* populations used in study.

Population Strain	Collection region	Host	Treatment history with neonicotinoids	Treatment history with other pesticides	Collection year
LAB-S	Laboratory	Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>)	No	No	2015
ZD	Zibadasht (Alborz province)	Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>)	No	No	2015
KG	Karaj Agriculture and Natural Resources College	Tomato	Yes	Yes	2017
KT	Karaj Agriculture and Natural Resources College	Cantaloupe (<i>Cucumis melo</i>)	No	Yes	2017
VF	Varzeqan (East Azarbaijan)	Pepper (<i>Capsicum</i> sp.)	No	No	2017
FS	Fardis (Alborz province)	Lantanas (<i>Lantana</i> sp.)	Yes	Yes	2016
FSH	Fardis (Alborz province)	Geranium (<i>Pelargonium</i> sp.)	Yes	Yes	2016
CHY	Chaharbagh (Alborz province)	Arabian jasmine (<i>Jasminum sambac</i>)	No	Yes	2017
CHK	Chaharbagh (Alborz province)	Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>)	No	Yes	2017
CHH	Chaharbagh (Alborz province)	Watermelon (<i>Citrullus</i> sp.)	Yes	Yes	2017
CHS	Chaharbagh (Alborz province)	Geranium (<i>Pelargonium</i> sp.)	No	Yes	2016
VKH	Golzar (Varamin, Tehran province)	China hibiscus (<i>Hibiscusrosa-sinensis</i>)	Yes	Yes	2016
VG	Golzar (Varamin, Tehran province)	Gerbera (<i>Gerbera</i> sp.)	Yes	Yes	2018
VGR	Golzar (Varamin, Tehran province)	Gerbera (<i>Gerbera</i> sp.)		Yes	2018

کاشت گیاه میزبان

بعد از جمع‌آوری سفیدبالک‌ها و شناسایی آنها توسط متخصص، حشرات به اتاقک رشد با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شده و روی گیاه خیار رقم سوپر دومینوس پرورش داده شدند. قابل ذکر است که *T. vaporariorum* و *B. tabaci* دو گونه از سفیدبالک‌ها می‌باشند که اغلب با هم در یک محل یافت می‌شوند. در بسیاری از موارد مرحله شفیرگی این دو گونه به راحتی در مزرعه از یکدیگر قابل تشخیص می‌باشند. شفیره *B. tabaci* اغلب زرد روشن و در صورت پارازیت شدن قهوه‌ای رنگ می‌باشد، ولی شفیره *T. vaporariorum* به‌طور معمول کرمی رنگ و در صورت پارازیت شدن سیاه رنگ است. شفیره *B. tabaci* تخم‌مرغی

گیاه خیار (*Cucumeris sativus* L.) رقم سوپر دومینوس^۱ شرکت سمینیس آمریکا به عنوان میزبان گیاهی مورد استفاده قرار گرفت. بذرها در گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۱۵×۱۵ سانتی‌متر حاوی کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱:۱ کشت شدند. در هر بار کاشت بسته به نیاز تعداد صد بذر با فواصل یک هفته تا ۱۰ روز کشت می‌شد. گلدان‌های خیار در گلخانه با شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، رطوبت نسبی ۵۰ تا ۷۰ درصد و دمای 25 ± 4 درجه سلسیوس نگهداری شدند.

پرورش حشرات

پرورش سفیدبالک گلخانه

¹. Super Dominus

جمع آوری و پرورش پارازیتوئید

زنبور پارازیتوئید *E. formosa* تابستان سال ۱۳۹۷ از روی سفیدبالک گلخانه که روی گیاه سلوی *Salvia splendens* Sellow (Lamiales: Lamiaceae) که به عنوان گل فصلی با گل‌های به رنگ‌های قرمز، سفید و بنفش کاشته می‌شود فعالیت داشت، از پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) با مختصات جغرافیایی ۳۵/۸۰ درجه شمالی و ۵۰/۹۹ درجه شرقی جمع‌آوری شد. شناسایی پارازیتوئید توسط دکتر شهرام فرخی عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور صورت گرفت. پرورش پارازیتوئید داخل قفس‌هایی به ابعاد ۷۰×۷۰×۷۰ سانتی‌متر انجام شد که سقف آنها از شیشه شفاف بوده و سطوح جانبی آن با توری مش ۵۰ پوشیده شده بود. زنبورهای بالغ روی گلدان‌های خیار حاوی پوره سفیدبالک منتقل و کلنی زنبور تشکیل شد. برای حفظ کلنی پارازیتوئید، به‌طور مداوم بوته‌های خیار حاوی پوره‌های سفیدبالک در اختیار پارازیتوئید قرار گرفت. در مواقع نیاز از آب‌عسل ۱۰ درصد برای تغذیه زنبورهای پارازیتوئید استفاده شد.

زیست‌سنجی سفیدبالک

بعد از جمع‌آوری سفیدبالک‌ها، حشرات به مدت سه نسل روی خیار پرورش داده شدند و از حشرات نسل سوم برای زیست‌سنجی استفاده شد (Hosseininaveh and Ghadamyari, 2013). زیست‌سنجی سفیدبالک گلخانه به‌روش غوطه‌ور کردن برگ‌ها در محلول آفت‌کش انجام شد (Horowitz et al., 2004). برای تهیه محلول‌های آفت‌کش با غلظت مشخص، از فرمولاسیون تجاری ایمیداکلوپراید (Confidor® SC35%)، تیمتوکسام+ لامبدا‌سای‌هالوترین (Eforia® SC 247) و تیاکلوپراید+ دلتامترین (Proteus® OD 110) استفاده شد (جدول ۲). پس از تعیین غلظت‌های بالا و پایین با کشندگی ۲۰ و ۸۰ درصد در آزمون مقدماتی، غلظت‌های بینابین این دو دامنه در فواصل لگاریتمی انتخاب شده و در نهایت، پنج غلظت از حشره‌کش‌های مورد نظر ساخته شد (Robertson et al., 2007). ابتدا یک محلول مادری تهیه و سایر غلظت‌ها از

شکل و انتهای بدن زاویه‌دار بوده و حاشیه بدن به بافت میزبان چسبیده است، ولی شفیره *T. vaporariorum* بیضی شکل و انتهای بدن گرد بوده و حاشیه بدن با موم احاطه شده است که ظاهری جعبه‌ای شکل به شفیره می‌دهد. سطح پشتی بدن در شفیره *B. tabaci* دارای یک تا هفت جفت موی توسعه‌یافته بوده و فاقد مجاری مومی و پاپیل‌های نیمه حاشیه‌ای می‌باشد، ولی در *T. vaporariorum* موهای پشتی وجود نداشته، ولی دارای مجاری مومی مشخص و پاپیل‌های پشتی و نیمه حاشیه‌ای می‌باشد. این دو گونه در مرحله حشره کامل نیز به خوبی از یکدیگر قابل تشخیص می‌باشند. حشرات بالغ *B. tabaci* تا حدودی کوچک‌تر از افراد بالغ سفیدبالک گلخانه هستند و رنگ بدن در آنها زرد تیره است، ولی در *T. vaporariorum* زرد کم‌رنگ می‌باشد. حاشیه جلویی بال‌های جلویی در *B. tabaci* صاف و مستقیم است، ولی در *T. vaporariorum* دارای انحناء می‌باشد. حشرات کامل در هنگام استراحت در *B. tabaci* از بالا دوکی شکل بوده و بال‌های خود را به‌صورت شیروانی با زاویه حدود ۴۵ درجه روی بدن نگه می‌دارند، ولی حشرات کامل *T. vaporariorum* از بالا شکل مثلثی داشته و بال‌ها به صورت مسطح‌تری روی بدن قرار می‌گیرند (Martin et al., 2000; Malumphy, 2003). برای به-دست آوردن سفیدبالک‌های هم سن، تعدادی سفیدبالک روی گلدان‌های خیار واقع در یک قفس رهاسازی شده و پس از یک روز تخم‌گذاری، بوته‌های خیار با یک دمنده عاری از سفیدبالک شده و به یک قفس جدید منتقل شدند و به این ترتیب بعد از ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روز به ترتیب برگ‌ها دارای لارو یک روزه، پوره سن دوم، پوره سن سوم و آخرین مرحله نابالغ بودند (Karimi, 1999). برای حفظ کلنی سفیدبالک به‌طور متناوب گیاهان سالم در اختیار سفیدبالک‌ها قرار گرفتند. جمعیت پایه (جمعیت LAB-S) که به‌عنوان جمعیت حساس در نظر گرفته شده از روی گیاه خیار از مرکز فنی و حرفه‌ای تخصصی کشاورزی و شیلات زیبادشت کرج که سابقه مصرف هیچ آفت‌کشی روی آنها وجود نداشت، جمع‌آوری شد و از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ در آزمایشگاه پرورش داده شد.

انجام زیست‌سنجی و ثبت داده‌ها نسبت مقاومت یا فاکتور مقاومت از طریق تقسیم LC_{50} به دست آمده از هر ترکیب برای جمعیت مقاوم به LC_{50} به دست آمده برای جمعیت حساس محاسبه شد. بعد از مشخص شدن نتایج زیست‌سنجی با ایمیداکلوپرید، به منظور بررسی مقاومت تقاطعی آن با تیمتوکسام+لامبدا‌سای‌هالوترین (Eforia® SC 247) و تیاکلوپرید+دلتامترین (Proteus® OD 110)، زیست-سنجی با افوریا و پروتئوس برای مقاوم‌ترین جمعیت سفیدبالک گلخانه در برابر ایمیداکلوپرید انجام شد.

محلول مادری به دست آمد. در هر غلظت برگ‌ها به مدت ۱۰ تا ۲۰ ثانیه در محلول آفت‌کش غوطه‌ور و بعد از آن در دمای اتاق خشک شدند. آزمون‌های زیست‌سنجی در سه تکرار در طول زمان و هر تکرار با ۲۰ پوره سن دو انجام شد. در تیمار شاهد نیز آب مقطر به تنهایی مورد استفاده قرار گرفت. مرگ‌ومیر ۷۲ ساعت بعد از فرو بردن برگ در محلول آفت‌کش با شمردن پوره‌های زنده ثبت شد (Pirmoradi Amozegarfarad *et al.*, 2011). برای حفظ شادابی برگ‌ها، دیسک‌های برگ‌گی حاوی پوره سفیدبالک گلخانه در محلول آگار دو درصد تثبیت و بعد از

جدول ۲- مشخصات آفت‌کش‌های استفاده شده در آزمون‌های زیست‌سنجی

Table 2. Specifications of pesticides used in bioassay tests

Active substance	Formulation	Mode of action	Dosage	Manufacturer
Imidacloprid	Confidor SC35%	Agonist of nicotinic acetylcholine receptor	0.6-0.7L/1000L	Gyah
Thiacloprid+deltamethrin	Proteus OD 110	Agonist of nicotinic acetylcholine receptor sodium channel modulator	1 L/ha	Bayer
Thiamethoxam+lambda-cyhalothrin	Eforia SC247	Agonist of nicotinic acetylcholine receptor sodium channel modulator	0.4 L/1000L	Syngenta

زیست‌سنجی پارازیتوئید

سطح داخلی لوله‌ها پخش شوند. سپس، محلول آفت‌کش اضافی را از لوله‌های آزمایش خارج کرده و اجازه داده شد تا حلال تبخیر و لوله‌ها به طور کامل خشک شوند. تعداد شش زنبور یک روزه به لوله‌ها منتقل شده و دهانه لوله‌ها با توری مناسب مسدود شدند. تغذیه زنبورها با آب عسل ۱۰٪ انجام شد. زیست‌سنجی با سه تکرار در هر زمان انجام شد. لوله‌های آزمایش در شرایط کنترل شده با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند و ۴۸ ساعت بعد از تیمار، مرگ‌ومیر ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آنالیز آماری داده‌های زیست‌سنجی برای تعیین LC_{50} با استفاده از مدل پرویت و نرم‌افزار Polo-plus version 2.0 انجام شد. همچنین، مقایسه بین غلظت‌های کشنده با استفاده از هم‌پوشانی فاصله اطمینان ۹۵ درصد مشخص شد.

زیست‌سنجی برای هر دو جمعیت پارازیتوئید حاصل از میزبان حساس و مقاوم به آفت‌کش که به مدت سه نسل روی هر کدام از میزبان‌ها پرورش یافته بودند و جمعیت اولیه که از روی گیاه زینتی سلوی جمع‌آوری شده بود، به روش تماس با باقیمانده آفت‌کش در لوله آزمایش به قطر خارجی ۱۶ و طول ۱۳۰ میلی‌متر روی پارازیتوئید بالغ انجام شد (He *et al.*, 2018). به منظور هم‌سن‌سازی پارازیتوئیدها، گیاه خیار حاوی پوره‌های سن سه سفیدبالک گلخانه به مدت ۲۴ ساعت در اختیار ۲۰ پارازیتوئید قرار گرفت و تا زمان خروج پارازیتوئیدها پایش شد و از آنها در آزمون‌های زیست‌سنجی استفاده شد. بعد از آزمون مقدماتی، پنج غلظت انتخاب شده و زیست‌سنجی اصلی انجام شد. سه میلی‌لیتر از هر غلظت داخل لوله آزمایش ریخته شد و به مدت ۱۰ تا ۲۰ ثانیه لوله‌های آزمایشی چرخانده شدند تا محلول آفت‌کش به طور یکنواخت در

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل دز-پاسخ نشان داد که سطوح مختلفی از مقاومت در جمعیت‌های سفیدبالک گلخانه مورد آزمایش وجود دارد (جدول ۳). اندازه LC_{50} برای جمعیت آزمایشگاهی (LAB-S) ۱۹/۳۲ میلی گرم بر لیتر بود، در حالی که بیشترین اندازه LC_{50} به میزان ۸۵۶/۲ میلی گرم بر لیتر برای جمعیت VGR (جمع آوری شده از ورامین) ثبت شد. رودیتاکیس و همکاران (Roditakis et al., 2009) برای جمعیت‌هایی از *B. tabaci* دامنه LC_{50} ۲/۲۵ تا بیش از ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر را به دست آوردند. در پژوهش واسیلیو و همکاران (Vassiliou et al., 2011) LC_{50} محاسبه شده بین ۳۳/۳۷ تا ۱۷۲/۴۶ میلی گرم بر لیتر بود. برای مقاوم‌ترین جمعیت سفیدبالک گلخانه که از یونان جمع آوری شده بود، LC_{50} در حدود ۴۱۷/۴ میلی گرم بر لیتر گزارش شده است (Pappas et al., 2013). در پژوهش بسیج و همکاران (Basij et al., 2016) جمعیت سفیدبالک جیرفت بیشترین مقاومت را در برابر هر دو ترکیب نشان داد که LC_{50} به دست آمده برای ایمیداکلوپرید ۷۷۲/۰۶ و برای استامپیرید ۸۶۵ میلی گرم بر لیتر بود که به نتایج حاصل از این پژوهش نزدیک می‌باشد. وانگ و همکاران (Wang et al., 2020) بالاترین LC_{50} ایمیداکلوپرید را برای جمعیت‌هایی از حشرات بالغ *B. tabaci* از چین ۷۶۷/۷۷ میلی گرم بر لیتر به دست آوردند و مقاومت تا ۴۶ برابری را نسبت به ایمیداکلوپرید گزارش کردند. در پژوهش حاضر دامنه فاکتور مقاومت از ۲/۵۴ برای جمعیت ZD (جمع آوری شده از زیادشت) تا ۴۴/۳ برای جمعیت VGR متغیر بود و مقاومت مشاهده شده مشابه با نتایج پژوهش وانگ و همکاران (Wang et al., 2020) بود. حساسیت ده جمعیت *B. tabaci* جمع آوری شده از گلخانه‌های گوجه فرنگی مراکش نیز در برابر ایمیداکلوپرید، تیمتوکسام و متومیل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که همه جمعیت‌های مورد آزمون در برابر ایمیداکلوپرید و تیمتوکسام مقاوم شده بودند و مقاومت ۳۹ برابری برای ایمیداکلوپرید و ۱۲ برابری برای تیمتوکسام را گزارش کردند (Bouharroud et al.,

2006). کاراتولوس و همکاران (Karatolos et al., 2010) مقاومت ۲۱/۸ برابری را برای سفیدبالک گلخانه نسبت به ایمیداکلوپرید گزارش کردند. ساتار و همکاران (Satar et al., 2018) مقاومت حشرات بالغ جمعیت‌های مختلف *B. tabaci* نسبت به ایمیداکلوپرید را مورد ارزیابی قرار دادند و برای مقاوم‌ترین جمعیت فاکتور مقاومت ۲۰۶۰ به دست آمد. در پژوهش ساتار و همکاران (Satar et al., 2018) LC_{50} مقاوم‌ترین جمعیت، ۱۲۵۴/۳ و LC_{50} جمعیت حساس، ۰/۷ میلی گرم بر لیتر محاسبه شد که در مقایسه با نتایج پژوهش ما، این پژوهشگران مقاومت بیشتری را مشاهده کردند.

نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر نشان دادند که مقاومت سفیدبالک گلخانه نسبت به ایمیداکلوپرید در گلخانه‌های ایران به شدت در حال افزایش می‌باشد. یک ارتباط قوی بین مقاومت به ایمیداکلوپرید و دفعات کاربرد نئونیکوتینوئیدها وجود دارد (Roditakis et al., 2009). مقاومت به آفت‌کش‌ها در بین جمعیت‌های حشرات بر اساس سابقه مصرف آفت‌کش روی جمعیت‌ها و امکان پراکنش افراد مقاوم متفاوت خواهد بود. جمعیت VGR که به عنوان مقاوم‌ترین جمعیت در پژوهش حاضر شناخته شد، به صورت مستمر و هر دو هفته یک بار تحت تاثیر سمپاشی با ایمیداکلوپرید و سایر ترکیبات نئونیکوتینوئیدی و ترکیبات شیمیایی از گروه‌های دیگر مانند دیازینون و مالاتیون بود. در واقع، جمعیت VG با جمعیت VGR از یک گلخانه ژربرا با فاصله زمانی حدود ۵ ماه نمونه برداری شده است. در این گلخانه نئونیکوتینوئیدها به ویژه ایمیداکلوپرید به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گرفت. مقایسه LC_{50} دو جمعیت VG و VGR با LC_{50} جمعیت حساس آزمایشگاهی و محاسبه فاکتور مقاومت نشان داد که مقاومت بعد از ۵ ماه در مقایسه با جمعیت حساس حدود ۱۵ برابر بیشتر شده است. خطر افزایش مقاومت به ویژگی‌های آفت مانند قدرت تولیدمثلی بالا، تعداد نسل زیاد در سال و چندین خوار بودن (Bi and Toscano, 2007)، ویژگی‌های آفت‌کش مانند پایداری آفت‌کش (Talebi Jahromi, 2012) و اینکه آن آفت‌کش چگونه مورد

مقاومت بیشتر می‌شود (Talebi Jahromi, 2012). بررسی سابقه استفاده از آفت‌کش‌ها روی جمعیت‌های VF (جمع‌آوری شده از ورزقان)، FS (جمع‌آوری شده از شاه-پسند در فردیس) و FSH (جمع‌آوری شده از شمعدانی در فردیس) نشان داد که جمعیت VF در فواصل زمانی مختلف پنج بار با دز توصیه شده ایمیداکلوپرید (۰/۶-۰/۷ در هزار) و جمعیت‌های FS و FSH سه بار با دز دو برابر میزان توصیه‌شده ایمیداکلوپرید و یک بار با استامی‌پرید سمپاشی شده بودند. نتایج نشان داد که میزان مقاومت به ایمیداکلوپرید در جمعیت‌های FS و FSH بالاتر بود، به طوری که جمعیت VF مقاومت ۱۵ و جمعیت‌های FS و FSH مقاومت ۱۹ برابری از خود نشان دادند (جدول ۳).

استفاده قرار می‌گیرد، بستگی دارد. عوامل مختلفی در بروز مقاومت در گلخانه‌های کشور ممکن است دخیل باشند، اما به نظر می‌رسد آنچه که بیشتر مشهود است و سهم به‌سزایی در بروز مقاومت به ایمیداکلوپرید دارد، علاوه بر ویژگی‌های زیست‌شناختی سفیدبالک مانند تعداد نسل زیاد و تولید مثل بالا، عوامل کاربردی مؤثر در تکامل مقاومت شامل عوامل وابسته به آفت‌کش و روش‌های کاربرد آن مانند دوز مصرفی، پایداری حشره‌کش مصرفی، سم‌پاشی‌های پی‌درپی و عدم توجه به سابقه مصرف حشره‌کش است.

زمانی که دز پایینی از یک حشره‌کش در مزرعه استفاده می‌شود، تنها بخشی از جمعیت از بین می‌رود و افراد حساس در جمعیت باقی می‌مانند. ولی مصرف دز بالا، بخش اعظم جمعیت را از پای در می‌آورد که در این حالت احتمال بروز

جدول ۳- حساسیت پوره‌های سن دو *Trialeurodes vaporariorum* به ایمیداکلوپرید. نسبت مقاومت برای همه جمعیت‌ها نسبت به جمعیت LAB-S محاسبه شده است.

Table 3. Responses of *Trialeurodes vaporariorum* second-instar nymphs to imidacloprid. Resistance factors (RFs) relative to LAB-S are given for all populations.

Strain	N ¹	LC ₅₀ (mg/L)	CL95%	Slop (±SE)	Intercept (±SE)	χ ²	RF ²
LAB-S ³	300	19.32a ⁴	15.24-24.23	1.61 (±0.28)	-2.08(±0.37)	3.71	-
ZD	300	49.02b	44.98-53.58	3.63 (±0.60)	-6.14 (±1.00)	3.71	2.54
KG	300	437.80c	396.88-481.5	3.80 (±0.60)	-10.20 (±1.58)	3.20	22.66
KT	300	515.50c	460.91-578.5	3.38 (±0.57)	-9.18 (±1.54)	1.56	26.68
VF	300	308.38d	277.19-341.5	3.45 (±0.55)	-8.58 (±1.38)	1.4	15.96
FS	300	368.29cd	317.04-428.30	2.55 (±0.36)	-6.56 (±0.93)	3.85	19.60
FSH	300	364.22cd	323.62-412.40	3.26 (±0.52)	-8.35 (±1.32)	3.71	18.85
CHY	300	632.92e	576.58-695.60	3.83 (±0.56)	-10.72 (±1.58)	2.32	32.76
CHK	300	228.12f	190.04-273.90	2.05 (±0.33)	-4.83 (±0.79)	2.31	11.80
CHH	300	314.39cd	276.79-351.59	3.27 (±0.50)	-8.165 (±1.26)	4.49	16.27
CHS	300	513.58ce	462.69-567.14	3.54 (±0.61)	-9.60 (±1.65)	2.35	26.58
VKH	300	601.20e	532.60-686.10	3.02 (±0.46)	-8.38 (±1.26)	2.23	31.12
VG	300	567.99e	480.66-666.95	2.20 (±0.31)	-6.07 (±0.85)	2.10	29.40
VGR	300	856.20g	689.171116.20	1.58 (±0.26)	-4.60 (±0.73)	2.80	44.30

1. The total number of 2nd nymph used for bioassay test
2. RF represents the resistance factor which was calculated by dividing the LC₅₀ of a field population by LC₅₀ of Susceptible strain (LAB-S)
3. Susceptible strain
4. Different letters indicate significant difference between strains, based on overlapping 95% CL (Confidence limits) of LC₅₀ values.

نشان می‌دهد. LC_{50} به دست آمده برای پروتئوس در جمعیت حساس، ۴۸/۶ و برای جمعیت VGR، ۲۲۸/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر بود که مقاومت ۴/۷ برابری را نشان داد (جدول ۴). اردوغان و همکاران (Erdogan *et al.*, 2021) حساسیت ۱۱ جمعیت سفیدبالک گلخانه از سه منطقه ترکیه را در برابر استامی‌پرید، ایمیداکلوپرید و تیمتوکسام از نئونیکوتینوئیدها و سایپرترین و دلتامترین از پایروتروئیدها مورد ارزیابی قرار دادند. به ترتیب ۸/۱، ۱۶ و ۱۱/۴ برابر مقاومت در برابر نئونیکوتینوئیدها و ۵۶/۵ و ۱۱۶/۴ برابر مقاومت برای پایروتروئیدهای ذکر شده گزارش کردند.

در برخی موارد مقاومت به یک ترکیب ممکن است باعث بروز مقاومت در ترکیب یا ترکیبات دیگر از همان گروه یا گروه‌های دیگر آفت کش شود. پاسخ پوره‌های سن دو جمعیت VGR، به عنوان مقاوم‌ترین جمعیت سفیدبالک گلخانه نسبت به ایمیداکلوپرید در این پژوهش و همچنین، جمعیت حساس آزمایشگاهی نسبت به افوریا و پروتئوس مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقاومت به ایمیداکلوپرید باعث کاهش حساسیت سفیدبالک گلخانه به افوریا و پروتئوس شد. LC_{50} افوریا برای جمعیت حساس سفیدبالک گلخانه ۵۵/۵۸ و برای جمعیت مقاوم ۳۲۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد که کاهش تاثیر ۵/۸ برابری را

جدول ۴- حساسیت پوره‌های سن دو *Trialeurodes vaporariorum* مقاوم و حساس به ایمیداکلوپرید نسبت به افوریا و پروتئوس. نسبت مقاومت برای هر ترکیب نسبت به LC_{50} حاصل از همان ترکیب برای جمعیت LAB-S محاسبه شده است.

Table 4. Responses of imidacloprid resistant and sensitive strains of *Trialeurodes vaporariorum* second-instar nymphs to Eforia® and Proteus®. Resistance factors (RFs) relative to LAB-S are given for each compound.

Strain	Pesticide	LC_{50} (mg/L)	CL95%	Slope (\pm SE)	Intercept (\pm SE)	χ^2	RF ¹
LAB-S ²	imidacloprid	19.32a ³	15.24-24.23	1.61(\pm 0.28)	-2.08 (\pm 0.37)	3.71	-
VGR	imidacloprid	856.20c	689.17-1116.2	1.58 (\pm 0.26)	-4.60 (\pm 0.73)	2.80	44.30
S	Eforia	55.58b	50.49-62.70	3.89 (\pm 0.62)	-6.78 (\pm 0.62)	2.05	-
VGR	Eforia	322.40d	288.75-360.76	3.37 (\pm 0.57)	-8.45 (\pm 1.44)	1.82	5.80
S	Proteus	48.60b	43.68-54.31	3.45 (\pm 0.57)	-5.82 (\pm 0.78)	1.34	-
VGR	Proteus	228.12d	190.04-273.9	2.05 (\pm 0.33)	-4.83 (\pm 0.78)	2.30	4.70

1. RF represents the resistance factor which was calculated by dividing the LC_{50} of a field population by LC_{50} of Susceptible strain (LAB-S) for each compound
2. Susceptible strain
3. Different letters indicate significant difference between strains, based on overlapping 95% CL (Confidence limits) of LC_{50} values.

حشره کش پروتئوس دارای خاصیت تماسی، گوارشی و سیستمیک می‌باشد و با ایجاد اختلال در انتقال پیام عصبی، موجب مرگ حشره می‌شود. از طرف دیگر، وجود دلتامترین که دارای خاصیت تماسی و گوارشی می‌باشد باعث مسدود شدن کانال‌های سدیم در سلول‌های عصبی و در نهایت، فلج شدن و مرگ حشره می‌شود (Almasi *et al.*, 2013). به نظر می‌رسد این دو ترکیب با توجه به اینکه ترکیبی از دو ماده موثر با مکانیسم اثرهای مختلف هستند

افوریا و پروتئوس از جمله ترکیباتی هستند که از ترکیب دو ماده موثر با دو مکانیسم اثر متفاوت ساخته شده‌اند. نئونیکوتینوئیدها وجه مشترک این دو ترکیب می‌باشند. افوریا از لامبداسای‌هالوترین از پایروتروئیدها با تاثیر روی کانال سدیم و تیمتوکسام که یک ترکیب نئونیکوتینوئیدی است، ساخته شده است (Nikolova and Georgieva, 2018). پروتئوس ترکیبی از تیاکلورپرید از نئونیکوتینوئیدها و دلتامترین از پایروتروئیدها می‌باشد. تیاکلورپرید موجود در

باشد. در پژوهش عبد-الا (Abd-ella, 2015) LC₅₀ به دست آمده برای پارازیتوئید بالغ *E. inaron* نسبت به ایمیداکلوپرید بعد از ۴۸ ساعت در روش تماس با باقی مانده آفت کش روی برگ ۱۹۱/۵۶ میلی گرم بر لیتر گزارش شد. هی و همکاران (He et al., 2018) سمیت آدامکتین و ایمیداکلوپرید را به روش باقی مانده آفت کش روی شیشه علیه حشرات کامل *E. formosa* مورد ارزیابی قرار دادند و LC₅₀ محاسبه شده بعد از ۷۲ ساعت، ۶/۸۷ برای آدامکتین و ۸۷/۴۷ میلی گرم بر لیتر برای ایمیداکلوپرید بود که در مقایسه با نتایج ما عدد پایین تری می باشد و نشان دهنده مقاومت ذاتی بالای جمعیت های مورد استفاده در پژوهش حاضر می باشد. نتایج پژوهش وانگ و همکاران (Wang et al., 2019) نشان داد که غلظت توصیه شده مزرعه ای از ایمیداکلوپرید، تیمتوکسام، نیتپیرام، استامی پرید، آدامکتین، سیانترانلیپرول^۱ و سولفوکسافلور^۲ به روش سمیت باقی مانده خشک آفت کش روی شیشه باعث مرگ و میر ۹۸ درصدی زنبورهای پارازیتوئید بالغ بعد از ۶ ساعت می شود.

اصلاح ژنتیکی زنبور *E. formosa* به منظور مقاوم شدن به آفت کش ها انجام شده است. تلاش های انجام گرفته روی مقاوم شدن پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به آفت-کش های بیورزمتترین، دلتامترین و پاراتیون موفقیت آمیز نبوده است (Henter and Van Lenteren, 1996)، در صورتی که این تلاش ها در مورد آفت کش لیندین تا حدودی موفقیت آمیز بوده است (Walker and Turling, 1984). به منظور افزایش احتمال کاربرد هم زمان *E. formosa* با آفت کش، تلاش هایی برای به دست آوردن سوبه های مقاومی از این پارازیتوئید به دلتامترین به مدت دو سال در فرانسه انجام شد که با شکست مواجه شد. بعد از ۲۱ نسل که پارازیتوئید زیر فشار انتخابی دلتامترین قرار داشت مقاومت نسل ۲۱ با جمعیت پایه تفاوتی نشان نداد (Delorme et al., 1985). به منظور به دست آوردن جمعیت مقاوم ضروری است تا تنوع یا غیرهمگنی در جمعیت های در دسترس افزایش پیدا کند (Delorme et

برای مدیریت مقاومت سفیدبالک ها ترکیب مناسبی باشند. با بررسی تاثیر افوریا و پروتئوس روی جمعیت مقاوم به ایمیداکلوپرید، نتایج حاصل وجود مقاومت تقاطعی سفیدبالک گلخانه نسبت به این ترکیب ها را نشان دادند (جدول ۴). طبق گزارش های لی و همکاران (Li et al., 2000) کاربرد متوالی حشره کش های ایمیداکلوپرید، تیمتوکسام و استامی پراید می تواند مقاومت تقاطعی در سفیدبالک گلخانه ایجاد کند. مقاومت نوزده جمعیت سفیدبالک گلخانه در یونان در برابر ایمیداکلوپرید، بی-فنترین و اسپیرومسیفن مورد ارزیابی قرار گرفت و به ترتیب فاکتور مقاومت ۲۰۷، ۴۶۵۷ و ۵۹ برابری به دست آمد (Kapantaidaki et al., 2017).

برای افزایش احتمال کاربرد تلفیقی *E. formosa* با نئونیکوتینوئیدهایی مانند ایمیداکلوپرید در برنامه های کنترل سفیدبالک گلخانه ایده مقاوم شدن دشمن طبیعی در صورت پرورش روی میزبان مقاوم به آفت کش در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. پس از پرورش پارازیتوئیدها به مدت سه نسل روی میزبان حساس و جمعیت VGR که مقاوم ترین جمعیت سفیدبالک گلخانه در این پژوهش بود، پاسخ جمعیت نسل سوم پارازیتوئید نسبت به ایمیداکلوپرید مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقاومت سفیدبالک گلخانه در برابر ایمیداکلوپرید بر مقاومت *E. formosa* تأثیری نداشت. LC₅₀ های به دست آمده ۳۱۷/۷۵، ۳۲۴/۷ و ۳۸۸/۷ میلی گرم بر لیتر به ترتیب برای جمعیت های حساس، مقاوم و جمعیت مزرعه ای بود که در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی داری را نشان ندادند (جدول ۵). با وجود عدم تأثیر مقاومت سفیدبالک گلخانه روی مقاومت پارازیتوئید آن، نتایج حاصل از زیست سنجی پارازیتوئید، نشان دهنده مقاومت ذاتی قابل توجه جمعیت های این پژوهش در برابر ایمیداکلوپرید بود. سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2012) LC₅₀ ایمیداکلوپرید روی افراد بالغ *Encarsia inaron* را ۲۰۸/۹ میلی گرم بر لیتر به دست آوردند که کمتر از LC₅₀ مشاهده شده برای *E. formosa* پژوهش حاضر بود که ممکن است به دلیل متفاوت بودن گونه و محل جمع آوری پارازیتوئیدها

¹. Cyantraniliprole

². Sulfoxafloor

پرورش پارازیتوئید *Cotesia plutellae* Kurdjumov به مدت ۱۳ نسل روی میزبان آن یعنی بید کلم مقاوم به فن-والریت باعث مقاومت ۱۳/۶ برابری پارازیتوئید شد (Liu et al., 2003). در حالی که در پژوهش حاضر پرورش پارازیتوئید *E. formosa* روی سفیدبالک مقاوم به ایمیداکلوپرید تأثیری در افزایش مقاومت پارازیتوئید نسبت به این ترکیب نداشت.

(Delorme et al., 1985). از نظر دلورمه و همکاران (Delorme et al., 1985) همگنی ژنتیکی در نتیجه پرورش آزمایشگاهی می-تواند منجر به این شکست شود. ترکیبات فسفره مانند اسفات و فیتروتیون و پایروتروئیدهایی مانند سایپرمتین، اتوفنوپروکس و پرمترین سمیت بالایی روی *E. formosa* دارند و ترکیبات تنظیم کننده رشد مانند فلوفنوکسورون، لوفنورون و پی مترزین به نسبت بی ضرر بوده اند (Prabhaker et al., 2011; Sugiyama et al., 2011).

جدول ۵- حساسیت به ایمیداکلوپرید در سویه های مختلف *Encarsia formosa* حاصل از میزبان های مقاوم و حساس به ایمیداکلوپرید

Table 5. Susceptibility to imidacloprid in different strains of *Encarsia formosa* originated from imidacloprid resistant and susceptible host

Strain	Host	LC ₅₀ (mg/L)(CL95%)	Slope (±SE)	Intercept (±SE)	χ ²
LAB-S	Sensitive whitefly	317.75 (212.15-423.75) a ¹	2.61 (±0.88)	-6.54 (±2.25)	1.55
R	Resistant whitefly	324.70 (249.43-409.67) a	3.04 (±0.85)	-7.63 (±2.16)	2.01
F	Field collected	388.70 (264.20-477.50) a	3.14 (±1.05)	-8.12 (±2.80)	4.82

1. Different letters indicate significant difference between strains, based on overlapping 95% CL of LC₅₀ values.

و تاکتیک های مدیریتی، عکس اصول به کار گرفته شده برای آفات است و در اینجا سعی می شود دشمن طبیعی در برابر آفت کش مقاومت نشان دهد (Talebi Jahromi, 2012). به نظر می رسد در صورتی که پرورش *E. formosa* روی سفیدبالکی که مقاومت بیشتری در برابر آفت کش از خود نشان می دهد انجام شود و تعداد نسل های پرورش روی میزبان مقاوم افزایش یابد، احتمال مقاوم شدن دشمن طبیعی افزایش پیدا خواهد کرد. در این راستا بهینه کردن شرایط پرورش میزبان به منظور فراهم شدن میزبان مناسب برای دشمن طبیعی نیز می تواند تأثیرگذار باشد.

مهم ترین گام در مدیریت مقاومت به حشره کش ها، اطلاع از عواملی است که در بروز مقاومت مؤثرند و باید توجه داشت که مدیریت مقاومت حشرات، جزئی از مدیریت تلفیقی آفات است (Scott, 1990). با توجه به ویژگی های زیستی سفیدبالک گلخانه مانند چندنسلی بودن و استفاده مداوم از آفت کش ها در مبارزه با این آفت، پتانسیل مقاوم شدن در این حشره بسیار بالاست. بنابراین

عباس و همکاران (Abbas et al., 2014) به مدت ۵ نسل بالتوری سبز را تحت فشار انتخابی اسپینوساد قرار دادند و این حشره به ترتیب نسبت به جمعیت مزرعه و حساس مقاومت ۱۲/۶۵ و ۷۳/۳۷ برابری نشان داد. انتخاب جمعیت مقاوم *Orius laevigatus* (Fieber) در برابر تیمتوکسام و ایمیداکلوپرید به صورت مصنوعی بعد از چهل نسل باعث افزایش مقاومت ۲۱۳ برابری برای تیمتوکسام و ۴۰ برابری برای ایمیداکلوپرید شد. LC₅₀ حساس ترین جمعیت به ایمیداکلوپرید ۷/۷ و نسل چهارم ۳۰۹/۹ و حساس ترین جمعیت به تیمتوکسام ۰/۷ و نسل چهارم ۱۴۹/۲ میلی گرم بر لیتر بود (Balanza et al., 2019). در این پژوهش مقدار LC₅₀ ایمیداکلوپرید برای پارازیتوئید حاصل از میزبان حساس ۳۱۷/۷ و برای پارازیتوئیدی که به مدت سه نسل روی میزبان مقاوم پرورش یافته بود، ۳۲۴/۷ میلی گرم بر لیتر بود.

مقاومت به حشره کش ها در جمعیت بندپایان مفید مانند دشمنان طبیعی باید همانند آفات مدیریت شود؛ ولی اهداف

می‌باشد (Pirmoradi Amozgarfard *et al.*, 2011; Horowitz *et al.*, 2020). با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و بروز مقاومت نسبت به ایمیداکلوپرید در جمعیت‌های سفدبالکک و کاهش تأثیر ترکیبات جدید مانند افوریا و پروتئوس روی جمعیت‌های مقاوم، پایش مقاومت به ترکیبات نئونیکوتینوئیدی در سراسر کشور امری ضروری به نظر می‌رسد تا نسبت به ارائه برنامه‌ای برای مدیریت مقاومت نسبت به این ترکیب‌ها اقدامات مقتضی صورت گیرد.

ضروری است در ارتباط با مدیریت مقاومت به آفت‌کش‌ها به‌ویژه ترکیبات نئونیکوتینوئیدی که امروزه کاربرد وسیعی در کنترل آفات مکنده دارند، برنامه‌ای تدوین شود و جدولی از آفت‌کش‌های مختلف برای مصرف آنها ارائه شود تا از افزایش مقاومت به یک نوع ترکیب که در برخی موارد منجر به مقاومت تقاطعی یا گروهی می‌شود، جلوگیری شود. از موثرترین روش‌ها برای غلبه به مشکل مقاومت، کاهش فشار انتخابی قبل از بروز مقاومت و استفاده از تاکتیک‌های مدیریت مقاومت مانند استفاده تناوبی، چرخشی و ترکیبی دو یا چند حشره‌کش با نحوه اثر متفاوت

References

- Abbas, N., Mansoor, M. M., Shad, S. A., Pathan, A. K., Waheed, A., Ejaz, M., Razaq, M. and Zulfiqar, M. A. 2014. Fitness cost and realized heritability of resistance to spinosad in *Chrysoperla acarne* (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of Entomological Research** 104(6): 707-715.
- Abd-Ella, A. A. 2015. Susceptibility of the pomegranate whitefly, *Siphoninus phillyreae* (Haliday) (Homoptera: Aleyrodidae) and its parasitoid, *Encarsia inaron* (Walker) (Hymenoptera: Aphelinidae) to certain insecticides under laboratory conditions. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 25(3): 689-695.
- Almasi, A., Sabahi, Q., Talebi, Kh. and Mardani, A. 2013. Laboratory evaluation of the toxicity of proteus, pymetrozine, deltamethrin and pirimicarb on lady beetle *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.; Coccinellidae). **Journal of Plant Protection Research** 53(2): 143-147.
- Asogwa, E. U., Okelana, F. A., Mokwuny, I. U. Anikwe, J. Ch. And Ndubuaki, T. Ch. N. 2011. Evaluation of new insecticide (Proteus 170 O-TEQ) for the control of the brown cocoa mired (*Sahlbergella singularis*) in Nigeria. **Journal of Life Sciences** 5: 393-399.
- Balanza, V., Mendoza, J. E. and Bielza, P. 2019. Variation in susceptibility and selection for resistance to imidacloprid and thiamethoxam in Mediterranean populations of *Orius laevigatus*. **Entomologia Experimental et Applicata**. 167(7): 626-635.
- Basij, M., Talebi, K., Ghadamyari, M., Hosseinaveh, V. and Salami, S. A. 2016. Status of Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to neonicotinoids in Iran and detoxification by cytochrome P450-dependent monooxygenases. **Neotropical Entomology** 46(1): 115-124.
- Basit, M., Saeed, S., Ahmad, M. and Sayyed, A. H. 2013. Can resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) be overcome with mixtures of neonicotinoids and insect growth regulators? **Crop Protection** 44: 135-141.
- Bass, C., Denholm, I., Williamson, M. S. and Nauen, R. 2015. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticide. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 121: 78-87.
- Bi, J. L., Toscano, N. C. and Ballmer G. R. 2002. Greenhouse and field evaluation of six novel insecticides against the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on strawberries. **Crop Protection** 21: 49-55.
- Bi, J. L. and Toscano, 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.
- CABI. 2017. Center for Agriculture and Biosciences International, Invasive Species Compendium. *Bemisia tabaci* (tobacco whitefly). From <http://www.cabi.org/isc/datasheet/8927>.
- Bouharroud, R., Hanafi, A., Brown, J. K. and Serghinin M. A. 2006. Resistance and cross-resistance of *Bemisia tabaci* to three commonly used insecticides in the tomato greenhouse of the Souss valley of Morocco. **European Journal of Scientific Research** 14(2): 587-594.
- Cahill, M., Gorman, K., Day, S., Denholm, I., Elbert, A. and Nauen, R. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research** 86: 343-349.

- Capinera, J. L. 2008. Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). In: Capinera JL (ed) Encyclopedia of entomology. Springer, Dordrecht, pp. 1723-1726.
- Croft, B. A. and Meyer, R. H. 1973. Carbamate and organophosphorus resistance patterns in populations of *Amblyseius fallacies*. **Environmental Entomology** 2: 691-695.
- Cuthbertson, A. G. S., Buxton, J. H., Blackburn, L. F., Mathers, J. J., Robinson, K. A., Powell, M. E., Fleming, D. A. and Bell, H. A. 2012. Eradicating *Bemisia tabaci* Q biotype on poinsettia plants in the UK. **Crop Protection** 42: 42-48.
- Delorme, R., Berthier, A. and Auge, D. 1985. The toxicity of two pyrethroids to *Encarsia formosa* and its host *Trialeurodes vaporariorum*; Prospecting for a resistant strain of the parasite. **Pesticide Science** 16: 332-336.
- Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W. and Nauen, R. 2008. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. **Pest Management Science** 64(11): 1099-1105.
- Erdogan, C., SibelVelioglu, A., Gurkan, M. O., Denholm, I. and Moores, G. D. 2021. Detection of resistance to pyrethroid and neonicotinoid insecticide in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Crop protection** 146: 105661.
- Ghahari, H., Abd-Rabou, S., Zahradnik, J. and Ostovan, H. 2013. Annotated catalogue of whiteflies (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) from Arasbaran, Northwestern Iran. **International Journal of Nematology and Entomology** 1: 42-52.
- Enkegaard, A. 1993. *Encarsia formosa* parasitizing the poinsettia-strain of the cotton whitefly *Bemisia tabaci* on poinsettia: bionomics in relation to temperature. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 69: 125-161.
- Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology** 109: 195-219.
- Golmohammadi, G., Hosseinigharalari, A., Fasihi, M. and Arbabtafti, R. 2014. Efficacy of one botanical and three synthetic insecticides against silver leaf whitefly, *Bemisia tabaci* (Hem.: Aleyrodidae) on cucumber plants in the field. **Journal of Crop Protection** 3: 435-441.
- Gorman, K., Devine, G., Bennison, J., Coussons, P., Punched, N. and Denholm, I. 2007. Report of resistance to the neonicotinoid insecticide imidacloprid in *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Pest Management Science** 63: 555-558.
- Gorman, K., Hewitt, F., Denholm, I. and Devine, G. J. 2002. New developments in insecticide resistance in the glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in the UK. **Pest Management Science** 58(2): 123-130.
- Henter, H. J. and Van Lenteren. J. C. 1996. Variation between laboratory population in the performance of parasitoid *Encarsia formosa* on two host species, *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 80: 427-434.
- Horowitz, A.R., Kontsedalov, T. S. and Ishaaya, T. I. 2004. Dynamics of resistance to the neonicotinoid acetamiprid and thiamethoxam in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Insecticide Resistance and Resistance Management** 97(6): 2015-2056.
- He, Z., Liu, Y., Wang, L., Guo, Q., Ali, S. and Chen, X. S. 2018. Risk assessment of two insecticides on *Encarsia formosa* parasitoid of whitefly *Bemisia tabaci*. **Insects** 9: 116-125.
- Hosseininaveh, V. and Ghadamyari, M. 2013. Principles and concepts of experimental methods in insect biochemistry, physiology and toxicology. University of Tehran Press. 577 pp.
- Hoy, M. A. 1985. Recent advances in genetics and genetic improvement of the Phytoseiidae. **Annual Review of Entomology** 30: 345-370.
- Hu, J. S., Gelman, D. B. and Blackburn, M. B. 2002. Growth and development of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae): effect of host age. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology** 49: 125-136.
- Jarrahi, A. and Safavi, S. A. 2015. Effects of pupal treatment with Proteus[®] and *Metarhizium anisopliae* sensu lato on functional response of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera* in an enclosed experiment system. **Biocontrol Science and Technology**, 26(2): 206-216.
- Kapantaidaki, D. E., Sadikoglou, E., Tsakireli, D., Kampanis, V., Stavrakaki, M., Schorn, C., Ilias, A., Riga, M., Tsiamis, G., Nauen, R. Skavids, G. Vontas, J. and Tsagkarakou, A. 2017. Insecticide resistance in *Trialeurodes vaporariorum* population and novel diagnostics for kdr mutation. **Pest Management Science** 74(1): 59-69.

- Karatolos, N., Denholm, I., Williamson, M., Nauen, R. and Gorman, K.** 2010. Incidence and characterization of resistance to neonicotinoid insecticides and pymetrozine in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae). **Pest Management Science** 66: 1304-1307.
- Karimi, J.** 1999. Virulence of *Beauveria bassiana* on *Trialeurodes vaporariorum*. MSc. thesis. University of Tehran. (In Farsi)
- Li, S. J., Xue, X., Ahmed, M. Z., Ren, S. X., Du, Y. Z., Wu, J. H., Cuthbertson, A. G. S. and Qiu, B. L.,** 2011. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in China. **Insect Science** 18: 101–120.
- Liu, Sh., Li, X. and Tang Zh.** 2003. Host resistance to an insecticide favors selection of resistance in the parasitoid, *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control** 28: 137-143.
- Liu, T. X., Oetting, R. D. and Buntin, G. D.** 1993. Population dynamics and distribution of *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on poinsettia following applications of three chemical insecticides. **Journal of Entomological Science** 28(1): 126-135.
- Li, Y. Dennehy, T. J., Li, X. and 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, pp. 1325-1330.
- Longhurst, C, Babcock, J. M., Denholm, I., Gorman, K., Thomas, J. D. and Sparks, T. C.** 2013. Cross resistance relationships of the sulfoximine insecticide sulfoxaflor with neonicotinoids and other insecticides in the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. **Pest Management Science** 69: 809–813.
- Malumphy, C.** 2003. Protocol for the Diagnosis of Quarantine Organism *Bemisia tabaci* (Gennadius). Central Science Laboratory: Sand Hutton- UK.
- Martin, J. H., Mifsud, D. and Rapisarda, C.** 2000. The whiteflies (Hemiptera: Alyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. **Bulletin of Entomological Research** 90: 407-448.
- Nechols, J. R. and Tauber, M. J.** 1977. Age specific interaction between the greenhouse whitefly and *Encarsia formosa*: influence of host on the parasite's oviposition and development. **Environmental Entomology** 6: 143-149.
- Nell, H. W., Sevenstervander, L. L. A., Woets, J. and van Lenteren, J. C.** 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). II. Selection of host stages for oviposition and feeding by the parasite. **Zeitschrift fur Angewandte Entomologie** 81: 372-376.
- Nikolova, I. M. and Georgieva, N. A.** 2018. The effects of a synthetic insecticide and a mineral oil on alfalfa insect pests. **Pesticide Phytotoxicity** (Belgrade) 33: 221–231.
- Pappas, M. L., Migkou, F. and Broufas, G. D.** 2013. Incidence of resistance to neonicotinoid insecticides in greenhouse populations of the whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Greece. **Applied Entomology and Zoology** 48: 373-378.
- Pirmoradi Amozegarfar, N. Sheikhgajan, A., Baniameri, V. and Imani, S.** 2011. Evaluation of susceptibility of the first instar nymphs and adults of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) to neonicotinoid insecticide under laboratory conditions. **Journal of Entomological Society of Iran** 31(1): 13-24.
- Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. and Savin, N. E.** 2007. Bioassay with arthropods. CRC Press, London.
- Roditakis, E., Grispou, M., Morou, E., Kristoffersen, J. B., Roditakis, N., Nauen, R., Vontas, J. and Tsagkarakou, A.** 2009. Current status of insecticide resistance in Q biotype *Bemisia tabaci* populations from Crete. **Pest Management Science** 65(3): 313-322.
- Satar, G., Ulusoy, M. R., Nauen, R. and Dong, K.** 2018. Neonicotinoid insecticide resistance among populations of *Bemisia tabaci* in the Mediterranean region of Turkey. **Bulletin of Insectology** 71(2): 171-177.
- Prabhaker, N., Castle, S. J., Naranjo, S. E., Toscano, N. C. and Morse, J. G.** 2011. Compatibility of two systemic neonicotinoids, imidacloprid and thiamethoxam, with various natural enemies of agricultural pests. **Journal of Economical Entomology** 104: 773–781.
- Prabhaker, N., Toscano, N. C., Perring, T.M., Nuessley, G., Kido, K. and Youngman, R. R.** 1992. Resistance monitoring of the sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) in the Imperial Valley of California. **Journal of Economical Entomology** 85: 1063–1068.

- Scott, J. G.** 1990. Investigating mechanisms of insecticide resistance: Methods, strategies and pitfalls. In: Roush R. T. and Tabashnik E. (Eds.). Pesticides resistance in arthropods, Chapman and hall, New York and Landon. pp.39- 57.
- Singh, V., Sood, A. K. and Hayat, Mohammad.** 2017. First record of *Encarsia formosa* Gahan, 1924 (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) from India. **Oriental Insects** 52(3): 313-317.
- Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. and Mosaddegh, M. S.** 2012. Lethal and sublethal effects of buprofezin and imidacloprid on the whitefly parasitoid *Encarsia inaron* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Crop Protection** 32: 83-89
- Talebi Jahromi, Kh.** 2012. Pesticide toxicology. University of Tehran press. 508 pp.
- Tomizawa, M. and Casida, J. E.** 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology** 45: 247–268.
- Van Lenteren, J. C. and Martin, N. A.** 2000. Biological control of whiteflies. In: Albajes, R., Gullino, M., van Lenteren, J. C. and Elad, Y. (Eds.). Integrated pest and disease management in greenhouse crops. Kluwer Publishers, Dordrecht, pp. 202–214.
- Vassiliou, V., Emmanouilidou, M., Perrakis, A., Morou, E., Vontas, J., Tsagkarakou, A. and Roditakis, E.** 2011. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* from Cyprus. **Insect Science** 18(1): 30-39.
- Walker, P. W. and Turling, D. J.** 1984. Insecticide resistance in *Encarsia formosa*. Proceedings of Brighton Crop Protection Conference on Pests and Diseases. Brighton Metropole, England. pp. 541-546.
- Wang, Z., Dai, P., Yang, X., Ruan, Ch., Biondi, A., Desneuxd, N and Zanga, L.** 2019. Selectivity of novel and traditional insecticides used for management of whiteflies on the parasitoid *Encarsia formosa*. **Pest Management Science** 75: 2716–2724.
- Wu, G. and Miyata, T.** 2005. Susceptibilities to methamidophos and enzymatic characteristics in 18 species of pest insects and their natural enemies in crucifer vegetable crops. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 82: 79–93.



Research paper

Survey on different populations of *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae) resistance to imidacloprid and its effect on *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae) resistance

Z. Bigham, H. Allahyari*, K. Talebi Jahromi and V. Hosseininaveh

Department of Plant Protection, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: October 23, 2021- Accepted: December 11, 2021)

Abstract

The greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), is an invasive insect pest of agriculture and horticulture worldwide. Imidacloprid as chemical pesticide has been used as a key pesticide for controlling sap-sucking pests and play a major role in controlling this pest. The main purpose of this study was investigation of resistance status of *T. vaporariorum* to imidacloprid SC 35% (Confidor®) and cross resistance to Eforia® and Proteus® and effect of imidacloprid resistance on *Encarsia formosa* Gahan. Thirteen greenhouse whitefly populations were collected from greenhouses and fields and used for tests. Collected populations reared on cucumber plants under laboratory conditions at $25\pm 2^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ relative humidity and a photoperiod of 16:8 h (L: D). The LC_{50} values were estimated on the second instar nymphs for all populations using leaf dipping bioassay method. The VGR population showed highest LC_{50} that was 856.2 mg/L. The development of resistance to imidacloprid was confirmed for all tested populations with resistance factors ranging from 2.54 to 44.3. The most resistant strain showed cross resistance to Eforia® and Proteus®. There was no significant difference between LC_{50} values of *E. formosa* populations that collected from field, reared on the most resistant population and sensitive population of *T. vaporariorum*. The LC_{50} s were 388.7, 324.7 and 317.7, respectively. We discuss our results in regard to the evolve of imidacloprid resistance in *T. vaporariorum* populations and its implications for whitefly control.

Key words: Cross resistance, Bioassay, Resistance factor, Whitefly, Parasitoid

*Corresponding author: allahyar@ut.ac.ir