پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۲ (۱): ۱۰۹–۹۷ (۱۴۰۲)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 12 (1): 97–109 (2023)-*Research Article*

https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2022.15539

اثرات کشندگی حشره‌کش‌های آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام روی سفید بالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* و زنبور پارازیتوئید آن *Encarsia formosa*

مریم فروزان[✉۱]، حسین نوری[۲]

[۱] *بخش گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه. ایران.* [۲] *موسسه تحقیقات گیاهپزشکی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.* ✉Maryam_fourouzan@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۱۱ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۲

چکیده

کاربرد آفت‌کش‌ها رویکرد اصلی برای مدیریت سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* می باشد، بر این اساس اثر حشره‌کش های آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام روی سفیدبالک و زنبور پارازیتوئید آن *Encarsia formosa* Gahan مورد بررسی قرار گرفت. در ارزیابی میزان کشندگی تیمارها روی مراحل تخم و پوره سن سوم سفیدبالک بیشترین اثر کشندگی به ترتیب مربوط به اسپیرومسیفن در مرحله تخم با LC_{50} معادل ۸۹/۵۵ و تیامتوکسام در پوره سن سوم با LC_{50} معادل ۷۶/۲۵ بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس تلفات تیمارها روی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* بعد از هفت روز نشان داد که آزادیراختین دارای کمترین اثر سوء با ۶۰ درصد ظهور زنبورها و تیامتوکسام بیشترین اثر سوء با ۱۲درصد ظهور را داشت. در ارزیابی ترجیح تخم‌ریزی زنبور *E. formosa* در بین تیمار حشره کش‌ها علی‌رغم تخم‌ریزی بالای زنبور پارازیتوئید در دزهای پایین تیامتوکسام و اسپیرومسیفن ولی بیشترین تفریخ تخم مربوط به آزادیراختین بود. همچنین در ارزیابی کارآیی حشره‌کش‌ها در گلخانه، علیه پوره سفیدبالک درصد تاثیر تیمارها در فواصل زمانی سه، هفت و ۱۴ روز پس از سمپاشی نشان داد بیشترین اثر روی جمعیت پوره در سه روز پس از سمپاشی با۸۰ درصد مرگ و میر مربوط به تیمار تیامتوکسام ولی در روز هفتم و چهاردهم پس از سمپاشی، بترتیب با ۹۶/۴۷ و ۹۵/۷۷٪ مرگ و میر مربوط به آفت‌کش گیاهی آزادیراختین بود. با توجه به نتایج این تحقیق در جمعیت بالای این آفت اسپیرومسیفن و تیامتوکسام موثر واقع شدند اما در برنامه مدیریت تلفیقی این آفت استفاده هم‌زمان زنبور *E. formosa* با سم گیاهی آزادیراختین قابل توصیه می‌باشد.

کلمات کلیدی: کشندگی، سفیدبالک، *Encarsia formosa*، سمیت نسبی، ترجیح تخم‌ریزی

Lethal effects of azadirachtin, spiromesifen and thiamethoxam insecticides on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and it's parasitoid *Encarsia formosa*

Maryam Forouzan[✉1], Hossein Noori[2]

[1]*Plant Protection Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, AREEO, Urmia, Iran.* [2]*Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran, Iran.* ✉Maryam_fourouzan@yahoo.com

Received: 18 June 2022 Revised: 2 August 2022 Accepted: 3 August 2022

Abstract

Pesticides application is the main approach to manage *Trialeurodes vaporariorum* Therefore, the effects of azadirachtin, spiromesifen and thiamtoxam on whitefly and its parasitoid *Encarsia formosa* were investigated. In evaluating the lethal concentration of the treatments on eggs and 3rd nymph of whitefly, the highest lethal effect (LC_{50}) was on egg and 3rd nymphal stage by spiromesifen and thiamtoxam were 89.55 and 76.25 ppm, respectively. The results of analysis of variance of treatment mortality on *E. formosa* after seven days showed that azadirachtin had the least adverse effect with 60% emergence of parasitoides and thiamtoxam had the highest adverse effect with 12% emergence for *E. formosa*. In assessment of the oviposition preference of *E. formosa*, among pesticide treatments, despite highest oviposition in low concentration of thiamtoxam and spiromesifen, but the highest egg hatching was related to azadirachtin. Also, the effectiveness of insecticides against whitefly nymphs in greenhouse and laboratory conditions was compared. The percentage of effect of treatments three, seven and 14 days after spraying showed that the greatest effect on nymphal stage was related to thiamethoxam with 80% mortality in three days after spraying, but in seventh and fourteenth days after spraying, was related to azadirachtin with 96.47 and 95.77% mortality, respectively. According to the results of this study, spiromsifen and thiamtoxam were effective in high population of this insect, but in integrated management program simultaneous use of *E. formosa* with azadirachtin is recommended.

Keywords: Lethal**,** *Trialeurodes vaporariorum, Encarsia formosa,* Relative toxicity, Oviposition preference

How to cite:
Forouzan M, Noori H, 2023. Lethal effects of azadirachtin, spiromesifen and thiamethoxam insecticides on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and it's parasitoid *Encarsia Formosa. Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (1): 97–109.

مقدمه

سفید بالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hom: Aleyrodidae) آفتی همه‌جازی و چندخواره می‌باشد (Bleeker *et al*. 2009). جزو آفات بسیار مهم گیاهان زراعی و زینتی بوده (Safavi & Bakhshaei 2017) و دامنه میزبانی آن بالغ بر ۲۵۰ گونه گیاهی می باشد (Zapata *et al*. 2016). حشرات بالغ و پوره‌های این آفت با تغذیه از شیره گیاهی، انتقال ویروس های بیماری‌زای گیاهی و آلودگی با قارچ‌های ساپروفیت موجب کاهش فتوسنتز و خسارت می‌گردند (Jones 2003; Qiu *et al*. 2011; Su *et al*. 2013). بطور معمول برای کنترل این آفت که دارای سرعت تکثیر، تولیدمثل بالا و مقاومت سریع به حشره‌کش‌ها می‌باشد از روش‌های شیمیایی استفاده می‌شود که منجر به افزایش هزینه‌های تولید، کاهش سودآوری و تهدید سلامت مصرف کنندگان می‌شود (Luo & Liu 2011; Nunez-lopez *et al*. 2015). لذا برای کنترل این آفت می‌توان از روش‌های دیگر نظیر کنترل بیولوژیک در قالب مدیریت تلفیقی نیز استفاده کرد (Gorman *et al*. 2002). موفقیت برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات به استفاده منطقی از حشره‌کش‌های انتخابی بستگی دارد که برای دشمنان طبیعی آسیب کمتری دارند (Wang *et al*. 2018). در کنترل این آفت، آفت‌کش‌های متعددی نظیر دلتامترین، پیری‌پروکسی‌فن و ایمیداکلوپراید مورد استفاده قرار گرفته که عمدتا بعد از مدتی در آنها مقاومت مشاهده گردیده است (Gorman *et al*. 2007; Longhurst *et al*. 2013; Pappas *et al*. 2013). هم چنین در مواردی سموم موثر روی این آفت موجب کشندگی بالایی روی دشمن طبیعی این آفت شده است (Sugiyama *et al*. 2011; He *et al*. 2018; Gogi *et al*. 2021). یکی از مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین پارازیتوئیدهای سفید بالک گلخانه زنبور *Encarsia formosa* Gahan (Hym: Aphelinidae) می‌باشد که در سال‌های اخیر استفاده تجاری از آن در کنترل این آفت توسعه پیدا کرده است (Singh *et al*., 2018). این زنبور ترجیحا سن سوم و چهارم پورگی آفت مورد نظر را انگلی می‌نماید (Ayelo *et al*. 2021)، با این وجود، تولید اقتصادی محصول بدون استفاده از مواد شیمیایی امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا، استفاده از آفت‌کش‌های با منشاء متفاوت نظیر آفت‌کش‌های گیاهی، آفت‌کش با اثرات سوء کمتر بر دشمنان طبیعی و یا در تلفیق با دشمنان طبیعی ضروری می‌باشد (Kim *et al*. 2007). از آفت‌کش‌هائی که برای کنترل سفید بالک ها استفاده می‌شود می‌توان به ترکیبات نئونیکوتینوئیدی نظیر ایمیداکلوپراید، استامی پراید، تیاکلوپرید و تیامتوکسام که روی حشرات مکنده موثر هستند اشاره کرد (Carvalho *et al*. 2010; Zhang *et al*. 2011). تیامتوکسام نسل دوم نئونیکوتینوئید هاست که به زیر رده تیانیکوتینیل تعلق دارند. این حشره‌کش با اثر تماسی-گوارشی کنترل بسیار خوبی روی تنوع وسیعی از آفات دارد (Maienfisch *et al*. 2001). اسپیرومسیفن حشره‌کش و کنه‌کش تماسی جدید با خاصیت تخم‌کشی مناسب از گروه اسید تترونیک و مانع ساخت چربی در بدن حشرات هدف است و برای کنترل سفید بالک‌ها و کنه-ها موثر می‌باشد (Liu 2004). چریش *Azadirachta indiaca* A. Juss، گیاهی است با خواص حشره‌کشی که به دلیل تأثیر آن در برابر حشرات مختلف بیشترین مطالعه روی آن انجام شده است، حاوی آزادیراکتین، مؤثرترین ماده‌ای که باعث مهار تغذیه، اختلال در رشد مراحل نابالغ، کاهش زادآوری و باروری بالغین، تغییرات رفتاری، ناهنجاری‌های سلولی و مرگ و میر تخم، لارو و بالغین می‌شود (Boeke *et al*. 2004). چریش مهمترین حشره‌کش طبیعی است و کارایی بالایی در کنترل پوره‌های سفید بالک نشان داده است (Kumar & Poehling 2007).

با توجه به اهمیت سفید بالک گلخانه و حفاظت از دشمنان طبیعی و کاهش مصرف آفت‌کش جهت کم کردن هزینه‌های کنترل، در این تحقیق اثرات کشندگی حشره‌کش‌های آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام روی سفید بالک و زنبور پارازیتوئید آن تحت شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و ورش‌ها

ترکیبات مورد استفاده

اسپیرومسیفن(اوبرون®) براساس طبقه‌بندی IRAC جز ترکیبات بازدارنده کربوکسیلاز استیل کوآنزیم A و در گروه شماره ۲۳ مانع ساخت چربی در بدن حشرات هدف بوده از مشتقات اسیدی تترامیک و تترونیک اسید و با فرمولاسیون SC 240 میزان مصرف ۰/۶ در هزار ساخت شرکت ترنم سبز(اصفهان، ایران) روی سفیدبالک ها و کنه ها توصیه گردیده است (Web, 1401).

تیامتوکسام (مموری®) براساس طبقه بندی IRAC جز ترکیبات نئونیکوتینوئیدها، در گروه 4A و روی گیرنده‌های استیل کولین تیکوتینوئیک سیستم عصبی موثر می‌باشد و با فرمولاسیون SC 24% میزان مصرف ۰/۴ در هزار ساخت

شرکت سینجنتا (تهران، ایران) برای حشرات مکنده نظیر پسیل و سفیدبالک توصیه شده است(Web, 1401).

آزادیراختین (نیم آزال®) براساس طبقه بندی IRAC جز گروه سموم UN[1] آفت‌کش با ساختار روغن‌های گیاهی که با فعالیت ضد تغذیه‌ای و پوست‌اندازی منجر به مرگ حشره می گردد. به عنوان یک ترکیب لیمونوئیدی از گروه تری ترپنوئیدها و با قدرت اکسیدکنندگی بالا است و میزان مصرف آن سه و دو در هزار ساخت شرکت اگروکسیر (تریفولیو آلمان)، برای سفید بالک جالیز و پسیل پسته توصیه گردیده است (Web, 1401).

پرورش سفیدبالک

برای تشکیل کلنی سفیدبالک در شرایط گلخانه، نمونه-برداری‌هایی از گلخانه‌های شهرستان ارومیه انجام شد. برگ‌های خیار آلوده به مراحل مختلف زیستی سفیدبالک جمع آوری و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی منتقل شد. برگ‌ها پس از بررسی درون قفس-های توری حاوی گلدان‌های خیار رقم ناگین انتقال داده شدند. در طول مراحل مختلف انجام آزمایش، کلنی مذکور در شرایط گلخانه نگهداری شد. در مواقع لزوم گیاهان سالم با گیاهانی که در اثر فعالیت سفید بالک خشک شده بودند جایگزین شدند. جمعیت سفیدبالک مستقر شده در شرایط گلخانه، قبل از شروع آزمایش‌ها به مدت سه نسل پرورش داده شد. پرورش گیاهان در گلخانه با ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی، دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد انجام شد (Shafaei *et al*. 2021).

بررسی سمیت ترکیبات در آزمایشگاه

آزمون‌های اولیه برای به دست آوردن غلظت‌هایی از آفت-کش با تلفاتی در بازه۲۰ تا۸۰ درصد اجرا گردید. مابین این دو غلظت، سه غلظت تعیین شد و پنج غلظت به همراه تیمار شاهد (آب مقطر) در آزمایش‌ها استفاده گردید (Robertson *et al*. 2007). بررسی‌ها در هر غلظت با سه تکرار و در هر تکرار ۲۰ تخم و یا پوره سن سه هم‌سن با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. آزمایشات با روش غوطه‌وری برگ انجام گرفت. سپس در آنها بسته شده و به درون ژرمیناتور با شرایط دمایی۲ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی منتقل شدند. میزان مرگ و میر افراد تیمارشده در زمان‌های مختلف بررسی و ثبت شد. لازم به ذکر است که در تیمار شاهد از آب مقطر استریل استفاده گردید.

زیست سنجی تخم

برای زیست‌سنجی تخم یک روز پس از حذف حشرات بالغ از روی گلدان‌ها تعداد ۲۰ عدد تخم روی برگ‌ها توسط خودکار درون محدوده‌ای قرار داده شد. پس از آماده سازی غلظت‌های مختلف حشره‌کش، برگ‌های حاوی تخم در غلظت‌های مختلف آفت‌کش به مدت ۱۰ ثانیه غوطه‌ور گردید و درون تشتک‌های پتری قرار داده شد. برای این‌کار در هر غلظت سه تکرار و هر تکرار ۲۰ تخم در نظر گرفته شد. تخم‌ها پس از هفت روز بازدید، تخم‌هایی که تفریخ نشدند به عنوان مرده تلقی گردید (Hosseini Naveh *et al*. 2010; Heidari *et al*. 2016).

زیست‌سنجی پوره‌ها

در این آزمایش برای زیست‌سنجی از پوره‌های سن سه و هم سن استفاده شد. برای این‌کار در هر غلظت سه تکرار و هر تکرار ۲۰ پوره که روی برگ توسط خودکار درون محدوده‌ای مشخص گردید در نظر گرفته شد. برگ‌ها به روش غوطه‌وری در معرض غلظت‌ها قرار گرفتند و در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شده و شمارش تلفات بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت صورت گرفت. در این آزمایش پوره‌هایی که خشک شده و یا تغییر رنگ دادند به عنوان مرده تلقی شدند (Shafaei *et al*. 2021). برای ارزیابی سمیت شاخص سمیت و سمیت نسبی از معادلات زیر استفاده گردید(Sun 1950) :

$$\text{سمیت نسبی} = \left(\frac{\text{LC50 کم‌اثرترین‌سم}}{\text{LC50 ترکیب‌دیگر}}\right)$$

$$\text{شاخص سمیت} = \left(\frac{\text{LC50 قوی‌ترین‌سم}}{\text{LC50 ترکیب‌دیگر}}\right) \times 100$$

ارزیابی تاثیر *حشره‌کش‌ها روی زنبور* پارازیتوئید

برای ارزیابی تاثیر حشره‌کش‌ها روی زنبور *E. formosa*، شفیره‌های پارازیت شده که از لحاظ رنگ با شفیره‌های سالم متفاوت بوده و به رنگ تیره درآمده بودند، از روی برگ‌ها توسط اسکالپل جدا و در داخل ظرف پتری روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شد. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد و در هر تکرار ۱۰ عدد شفیره پارازیته شده سفیدبالک گلخانه قرار داده شد. سپس، شفیره‌ها در غلظت‌های LC_{50} به دست آمده به روش غوطه ورسازی تیمار گردید و هم چنین از آب مقطر به‌عنوان تیمار شاهد استفاده شد. تعداد حشرات کامل خارج شده بعد از

۵ روز به‌عنوان زنده و بقیه تلفات در نظر گرفته شد (Gholamzadeh 2012). درصد مرگ و میر پارازیتوئید به سبب یکسان بودن جمعیت با فرمول Schneider-Orelli به تاریخ ۱۹۴۷ اصلاح گردید (Puntener 1981) و بر اساس استاندارد IOBC که اگر کمتر از ۳۰ درصد باشد در گروه یک (سمیت کم)، اگر بین ۷۹-۳۰ درصد در گروه دو (سمیت پائین)، اگر بین ۸۰-۹۰ درصد در گروه سه (سمیت متوسط) و اگر بیشتر از ۹۹ درصد باشد در گروه چهار (سمیت بالا) طبقه‌بندی می‌گردد (Hassan 1992).

ارزیابی تاثیر حشره‌کش‌ها روی ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید

جهت بررسی تاثیر آفت‌کش روی ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* آزمایشات به دو روش انتخابی و غیر-انتخابی صورت گرفت. در این آزمایش ترجیح پارازیته کردن زنبور *E. formosa* در انتخاب میزبان‌های آلوده به سم و غیرسمی مورد ارزیابی قرارگرفت. بدین منظور، دیسک‌های برگی به شکل نیم دایره از برگ‌های خیار دارای۲۰ عدد پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه تهیه شد و به مدت ۱۰ ثانیه در محلول‌های سمی با غلظت‌های LC_{25} آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام به ترتیب ۴۲۵/۷۶، ۶۱/۴۴ و ۵۳/۰۷و LC_{50} آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام به ترتیب ۶۹۱/۲۴، ۱۰۲/۳۳ و ۷۶/۲۰ غوطه‌ور گردید. سپس، یک دیسک برگی دیگر حاوی۲۰ عدد پوره سن سوم سفیدبالک عاری از حشره‌کش به عنوان شاهد در آب مقطر و توئین ۸۰ درصد غوطه‌ور و به مدت ۱۵ دقیقه در شرایط دمای اتاق خشک گردید تا بوی ناشی از سموم در تیمارهای دیگر تداخل ایجاد ننماید و با فاصله یک سانتی‌متر درون ظرف مخصوص با قطر ۱۰ و ارتفاع ۲ سانتی‌متر قرار داده شد و سه جفت زنبور با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت در آن رهاسازی گردید. پس از ۲۴ ساعت زنبورها از ظروف خارج شده و دیسک‌های برگی آلوده به آفت در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شدند تا پس از ۵ روز در زیر استریومیکروسکوپ بررسی صورت گیرد. تخم‌گذاری زنبور به صورت لکه‌های قهوه ای در سطح پشتی میزبان مشخص بود که به عنوان شاخص تعداد تخمگذاری مورد استفاده قرارگرفت و تعداد خروج حشرات کامل زنبور شمارش و ثبت گردید. جهت بررسی ترجیح تخم‌ریزی زنبور به روش غیرانتخابی نیز به روش فوق با این تفاوت که دیسک‌های برگی آلوده و سالم در دو ظرف جداگانه در اختیار زنبورها قرار داده شدند. این آزمایش در سه تکرار انجام شد و از فرمول شرات و هاروی (Sherratt & Harvey 1993) به نقل از (Van Alphen & Jervis 1996) برای تشخیص ترجیح میزبان استفاده شد.

$$\frac{E_1}{E_2} = C\frac{N_1}{N_2}$$

N_1 = تعداد اولیه میزبان در تیمار حشره‌کش

N_2 = تعداد اولیه میزبان در تیمار شاهد

E_1 = تعداد پوره‌های پارازیته شده در تیمار حشره‌کش

E_2 = تعداد پوره‌های پارازیته شده در تیمار شاهد

C = شاخص ترجیح

در این آزمایش چون تعداد پوره‌های میزبان در تیمار و شاهد به طور مساوی در اختیار زنبور قرار گرفت، بنابراین فرمول فوق به صورت معادله زیر در می‌آید.

$$C = \frac{E_1}{E_2}$$

در این حالت اگر $0 < C < 1$ باشد نشان دهنده ترجیح زنبور به تیمار شاهد است، ولی چنانچه $1 < C < \infty$ باشد نشان دهنده ترجیح به طرف میزبان آلوده به سم است.

بررسی کشندگی ترکیبات در گلخانه

این آزمایش در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار در گلخانه‌ای واقع در روستای جهت‌لو ارومیه (استان آذربایجان‌غربی) انجام شد. تیمارها شامل حشره‌کش-های اسپیرومسیفن با دز ۰/۶در هزار، تیامتوکسام با دز ۰/۴در هزار، آزادیراختین با دزهای دو و سه در هزار و آب به‌عنوان تیمار شاهد علیه جمعیت سفیدبالک استفاده شد. برای انجام آزمایش ابتدا نمونه‌برداری به‌روش تصادفی از تعداد ۲۰ برگ از یک سوم میانی سی بوته در هر پنج تیمار با چهار تکرار انجام شد. کارآیی تیمارها با استفاده از نمونه برداری حشرات زنده بعد از سه، هفت و ۱۴روز از محلول‌پاشی و تصحیح میزان کارایی با استفاده از فرمول هندرسون-تیلتون بر پایه مرگ و میر تیمار شاهد انجام گردید (Allahyari *et al*. 2020).

درصد تلفات اصلاحی تیمارها = (۱-(Ta×Cb) / (Tb ×Ca)) ×۱۰۰

Ta= میانگین تعداد آفت بعد از محلول پاشی در تیمار

Ca= میانگین تعداد آفت در شاهد تیمار نشده بعد از محلول-پاشی

Tb= میانگین تعداد آفت قبل از محلول پاشی در واحد آزمایشی

Cb= میانگین تعداد آفت در قطعات شاهد قبل از محلول پاشی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور ارزیابی کشندگی، داده‌های حاصل از آزمون زیست سنجی شمارش و درصد مرگ و میر طبق فرمول آبوت اصلاح و با استفاده از رویه Probit تجزیه گردید. برای ارزیابی تاثیر حشره‌کش‌ها روی ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید در هر دو روش انتخابی و غیر انتخابی از T-test جفت شده و برای مقایسه تاثیر تیمارها روی درصد ظهور زنبور پارازیتوئید از تجزیه واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. برای آنالیز نتایج داده‌های گلخانه نیز از رویه GLM بهره گرفته شد. در تمام آزمون‌ها از نرم افزار SPSS ver. 22 و هم چنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج

کشندگی حشره‌کش‌ها روی مرحله تخم سفید بالک

تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام بعد از هفت روز روی تخم سفیدبالک مطابق جدول ۱ حاصل شد. با توجه به سمیت نسبی و شاخص نسبی بر اساس LC_{50} بعد از هفت روز نتایج نشان داد که اسپیرومسیفن دارای سمیت بیشتری نسبت به دیگر ترکیبات است(جدول ۱).

جدول۱. اثر کشندگی(LC_{50}) حشره‌کش‌های آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام بعد از هفت روز روی تخم سفیدبالک.

Table 1. Lethal effect (LC_{50}) of azadirachtin, spiromesifen and thiamethoxam after seven days on egg of *Trialeurodes vaporariorum.*

Treatments	N	Slope±SE	Intercept	X2(df)	LC_{25}(95% CLs)	LC_{50}(95% CLs)	Toxicity index(%)	Relative potency
Azadirachtin	60	2.97±0.52	-3.67	0.782(3)	458.00 (379.15-579.17)	817.02 (683.51051.58)	10.96	1.00
Spiromesifen	60	2.68±0.42	-0.236	1.267(3)	50.18 (36.72-61.88)	89.55 (73.74-111.10)	100.00	9.12
Thiametoxam	60	3.78±0.69	-2.483	0.458(3)	63.26 (49.4-73.35)	95.40 (83.49-111.42)	93.86	8.56

کشندگی حشره‌کش‌ها روی پوره سن سوم سفید بالک

تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام بعد از سه روز روی پوره سن سوم سفیدبالک مطابق جدول ۲ حاصل شد. با توجه به سمیت نسبی و شاخص نسبی بر اساس LC_{50} بعد از سه روز نتایج نشان داد که تیامتوکسام دارای سمیت بیشتری نسبت به دیگر ترکیبات است (جدول۲).

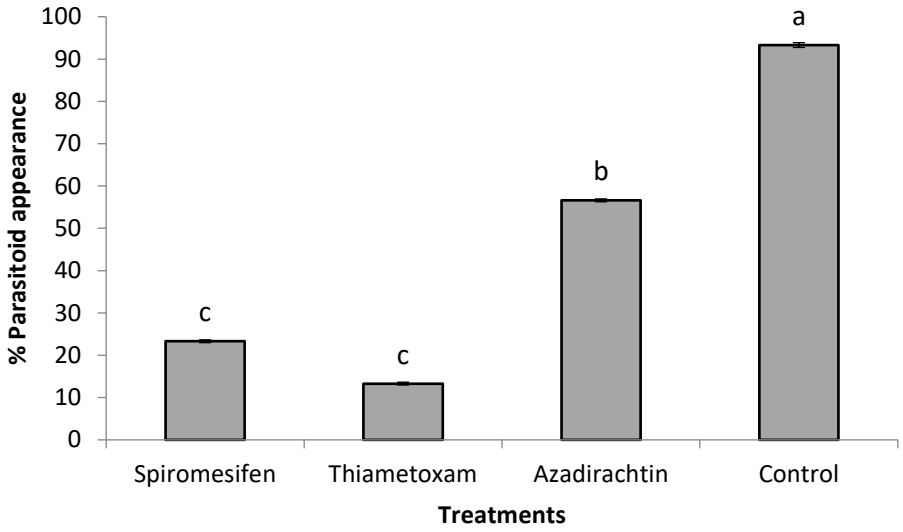
جدول۲. اثر کشندگی(LC_{50}) حشره‌کش های آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام بعد از سه روز روی پوره سن سوم سفیدبالک.

Table 2. Lethal effect (LC_{50}) of azadirachtin, spiromesifen and thiamethoxam after three days on 3rd nymphal age of *Trialeurodes vaporariorum.*

Treatments	N	Slope±SE	Intercept	X^2(df)	LC_{25} (95% CLs)	LC_{50} (95% CLs)	Toxicity index(%)	Relative potency
Azadirachtin	60	3.21±0.52	-4.10	1.29(3)	425.76 (333.22-504.58)	691.24 (587.97-841.28)	11.02	1.00
Spiromesifen	60	2.36±0.41	+0.25	2.48(3)	61.44 (45.62-76.30)	102.33 (82.59-133.88)	74.46	6.75
Thiametoxam	60	4.29±0.72	-3.08	0.87(3)	53.07 (40.85-61.81)	76.20 (66.31-85.85)	100.00	9.07

تاثیر حشره‌کش ها روی زنبور پارازیتوئید E. formusa

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ظهور پارازیتوئیدها تحت تاثیر تیمارهای آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام و تیمار شاهد بعد از هفت روز نشان داد که با اطمینان ۹۵ درصد بین ظهور پارازیتوئیدها اختلاف معنی‌داری وجود دارد $F(3, 8)$ = 118, P = 0.001 نتایج حاصل از مقایسه میانگینها روی درصد ظهور زنبور پارازیتوئید بعد از هفت روز نشان داد که آزادیراختین کمترین و تیامتوکسام و اسپیرومسیفن بیشترین اثر سوء را برای این دشمن طبیعی داشت (شکل ۱).



شکل۱. مقایسه میانگین درصد ظهور پارازیتوئید (خطای معیار) تحت تیمارهای مختلف. حروف مشابه روی ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی-داری در سطح احتمال یک درصد هستند.

Figure 1. Mean comparison of percentage parasitoid appearance (±standard error) in different treatments. Similar letters above each column show the lack of significant difference at one percent level (P < 0.01, Tukey's test).

تاثیر آفت‌کش‌های آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام و شاهد روی زنبور پارازیتوئید E. formosa

در بررسی تاثیر ترکیبات آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام و شاهد روی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نتایج بعد از اصلاح براساس استاندارد IOBC به ترتیب زیر گروه‌بندی گردید. آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام به ترتیب با مرگ‌ومیر ۴۰/۴۱، ۷۵/۰۳ و ۸۵/۷۴ درصد آزادیراختین و اسپیرومسیفن در گروه دو (سمیت پائین) و تیامتوکسام در گروه سه (سمیت متوسط) قرار گرفت.

جدول۳. مقایسه میانگین ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* روی پوره‌های تیمار شده با غلظتهای LC_{50} و LC_{25} آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام و تیمار شاهد به روش غیر انتخابی بعد از هفت روز با استفاده از T-Test جفت شده.

Table 3. Mean comparison of oviposition preference on the 3rd nymphal age of *Trialeurodes vaporariorum* treated with LC_{50} and LC_{25} of azadirachtin, spiromesifen, thiamethoxam and control treatment after seven days in non- choice methods by paired t-test (P = 0.01).

Treatment	Concentration (ml/l)		No Pest	Mean±Se Parasited		C*index	t(df)	P
				Treatment	Control			
Azadirachtin	LC_{50}	691.24	45	6.33±0.88	13.00±0.57	0.48	-7.56(2)	0.017
	LC_{25}	425.76	45	7.33±0.33	13.33±0.33	0.54	-10.39(2)	0.009
Spiromesifen	LC_{50}	102.33	45	6.00±0.57	1.66±0.33	0.56	-7.00(2)	0.02
	LC_{25}	61.44	45	9.33±0.33	12.00±0.57	0.77	-4.00(2)	0.047
Thiametoxam	LC_{50}	76.20	45	5.33±0.66	10.00±0.57	0.53	-14.00(2)	0.005
	LC_{25}	53.07	45	9.66±0.88	12.33±0.33	0.78	-3.02 (2)	0.002

*شاخص ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید روی میزبان آلوده به غلظت LC_{50} و LC_{25} ترکیبات آفت‌کش و تیمار شاهد

ترجیح میزبانی جهت پارازیته کردن

در مقایسه میانگین ترجیح تخم‌ریزی یا پارازیته کردن زنبور پارازیتوئید روی پوره‌های سن سوم تیمار شده با غلظت‌های LC_{50} و LC_{25} آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام با تیمار شاهد به روش غیرانتخابی و انتخابی بعد از هفت روز با استفاده از T-Test جفت شده نتایج نشان داد با توجه به شاخص C محاسبه شده و مقایسه میانگین‌ها، زنبور تمایل به تخم‌ریزی روی پوره‌های تیمار شاهد داشت (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول۴. مقایسه میانگین ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* روی پوره‌های تیمار شده با غلظت‌های LC_{50} و LC_{25} آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام و تیمار شاهد به روش انتخابی بعد از هفت روز با استفاده از T-Test جفت شده.

Table 4. Mean comparison of parasitism rate on the 3rd nymphal age of *Trialeurodes vaporariorum* treated with LC_{50} and LC_{25} of azadirachtin, spiromesifen, thiamethoxam and control treatment after seven days in choice methods by paired t-test (P = 0.01).

Treatment	Concentration (ml/l)		No Pest	Mean±Se Parasite		C*index	t (df)	P
				Treatment	Control			
Azadirachtin	LC_{50}	691.24	45	6.33±0.88	13.00±0.57	0.48	-7.55(2)	0.017
	LC_{25}	425.76	45	7.33±0.33	13.33±0.33	0.54	-10.39(2)	0.009
Spiromesifen	LC_{50}	102.33	45	6.00±0.57	10.66±0.33	0.56	-7.00(2)	0.02
	LC_{25}	61.44	45	9.33±0.33	12.00±0.57	0.77	-4.00(2)	0.057
Thiametoxam	LC_{50}	76.20	45	5.33±0.66	10.00±0.57	0.53	-14.00(2)	0.005
	LC_{25}	53.07	45	9.66±0.88	12.33±0.33	0.78	-3.02(2)	0.094

*شاخص ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید روی میزبان آلوده به غلظت LC_{50} و LC_{25} ترکیبات آفت‌کش و تیمار شاهد

جدول۵. مقایسه میانگین میزان تفریخ زنبور پارازیتوئید*Encarsia formosa* از پوره‌های تیمار شده با غلظت‌های LC_{50} و LC_{25} آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام و تیمار شاهد به روش غیر انتخابی بعد از هفت روز با استفاده از T-Test جفت شده.

Table 5. Mean comparison of hatching rate on the 3rd nymphal age of whitefly that treated withLC_{50} and LC_{25} of azadirachtin, spiromesifen thiamethoxam and control treatment after seven days in non-choice methods by paired t-test (P=0.01).

Treatment	Concentration (ml/l)		No Pest	Mean±Se Hatched		C*index	t(df)	P
				Treatment	Control			
Azadirachtin	LC50	691.24	45	6.33±0.33	12.00±0.57	0.52	-17.00(2)	0.03
	LC25	425.76	45	5.66±0.33	11.00±0.57	0.51	-16.00 (2)	0.004
Spiromesifen	LC50	102.33	45	2.66±0.66	8.66±0.33	0.3	-6.00 (2)	0.02
	LC25	61.44	45	6.33±0.66	10.00±0.57	0.63	-4.15(2)	0.05
Thiametoxam	LC50	76.20	45	1.66±0.33	8.66±0.88	0.19	-6.06.(2)	0.02
	LC25	53.07	45	6.66±0.33	9.66±0.88	0.68	-3.00(2)	0.09

*شاخص ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید روی میزبان آلوده به غلظت LC_{50} و LC_{25} ترکیبات آفت‌کش و تیمار شاهد

میزان تفریخ پوره‌های پارازیته

در مقایسه میانگین تفریخ پوره‌های سن سوم پارازیته تیمار شده با غلظتهای LC_{50} و LC_{25} آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام با تیمار شاهد به روش غیرانتخابی و انتخابی بعد از هفت روز با استفاده از T-Test جفت شده نتایج نشان داد با توجه به شاخص C محاسبه شده و مقایسه میانگین‌ها میزان تفریخ در پوره‌های پارازیته تیمار شاهد بیشتر بود و در مقایسه تیمارها با همدیگر در غلظت LC_{50} بیشترین میزان تفریخ مربوط به آزادیراختین و در غلظت LC_{25} بیشترین میزان تفریخ مربوط به تیامتوکسام بود. (جدول‌های ۵ و ۶).

کشندگی حشره‌کش‌ها روی پوره سفیدبالک در گلخانه

در بررسی تاثیر دز توصیه شده آفت‌کش آزادیراختین سه و دو در هزار، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام روی پوره سفیدبالک بعد از سه، هفت و ۱۴ روز پس از سمپاشی فرض همگنی بلوک ها محقق گردید($P>0.05$) و بین تیمارهای حشره‌کش در سه، هفت و ۱۴ روز پس از سمپاشی به‌ترتیب $F(3, 9)= 6.95$, $P=0.01$, $F(3, 9)= 8.18$, $P=0.006$, $F(3, 9)= 18.36$, $P=0.0004$ اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید.

جدول ۷ مقایسه میانگین اثر تیمارها را در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی نشان می‌دهد. تیمار تیامتوکسام با ۸۰/۳۶ درصد در سه روز پس از سم‌پاشی بالاترین میزان مرگ‌ومیر را دارا بود که بطور معنی‌دار بهتر از تیمار اسپیرومسیفن با ۷۴/۱۰ درصد مرگ‌ومیر، آفت را کنترل نمودند و با تیمارهای آزادیراختین سه و دو در هزار به‌ترتیب با ۷۲/۰۹ و ۶۶/۱۹ درصد مرگ‌ومیر، تفاوت معنی‌دار داشتند. ۷روز پس از سمپاشی تیمار آزادیراختین سه در هزار با ۹۶/۴۷٪ مرگ‌ومیر در گروه نخست، آزادیراختین دو در هزار با ۸۹/۸۵٪ مرگ‌ومیر در گروه دوم، تیامتوکسام با ۸۳/۵۲ درصد مرگ‌ومیر در گروه سوم و در نهایت اسپیرومسیفن با ۷۸/۱۴ درصد مرگ‌ومیر در گروه C قرار گرفت. چهارده روز پس از سم‌پاشی، تیمار آزادیراختین سه در هزار با ۹۵/۷۷٪ مرگ‌ومیر در گروه اول قرار

گرفته تیمارهای آزادیراختین دو در هزار و تیامتوکسام بترتیب با ۸۱/۲۶ و ۷۶/۱۴ درصد مرگ‌ومیر در گروه دوم بوده و با تیمار اسپیرومسیفن با ۵۹/۳۵٪ مرگ و میر اختلاف معنی‌دار داشتند.

جدول۶. مقایسه میانگین میزان تفریخ زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* از پوره‌های تیمار شده با غلظت‌های LC_{50} و LC_{25} آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام و تیمار شاهد به روش انتخابی بعد از هفت روز با استفاده از T-Test جفت شده.

Table 6. Mean comparison of *Encarsia formosa* hatching rate on the 3rd nymphal age of whitefly that treated with LC_{50} and LC_{25} of azadirachtin, Spiromesifen, thiamethoxam and control treatment after seven days in choice methods by paired t-test (P = 0.01).

Treatment	Concentration (ml/l)		No Pest	Mean±SE Hatched		C* index	t(df)	P
				Treatment	Control			
Azadirachtin	LC50	691.24	45	5.66±0.66	11.00±0.01	0.51	-8.00(2)	0.015
	LC25	425.76	45	5.00±0.57	10.00±0.57	0.5	-5.00 (2)	0.038
Spiromesifen	LC50	102.33	45	2.00±0.57	9.00±0.57	0.22	-7.00 (2)	0.02
	LC25	61.44	45	5..66±0.66	10.33±0.66	0.54	-5.29(2)	0.034
Thiametoxam	LC50	76.20	45	1.33±0.33	8.66±0.33	0.15	-22.00(2)	0.002
	LC25	53.07	45	6.00±0.57	9.66±0.66	0.62	-3.05(2)	0.093

*شاخص ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید روی میزبان آلوده به غلظت LC_{50} و LC_{25} ترکیبات آفت‌کش و تیمار شاهد

جدول۷. مقایسه میانگین درصد تلفات تیمارهای آزادیراختین، اسپیرومسیفن و تیامتوکسام در کنترل پوره سفیدبالک جالیز سه، هفت و چهارده روز پس از سمپاشی.

Table 7. Mean comparison of hatching rate on the 3rd nymphal age of whitefly that treated with azadirachtin, spiromesifen and thiamethoxam treatments after three, seven and 14 days.

Treatments	Mean±SE		
	3 days	7 days	14 days
Azadirachtin 3/1000	72.09 ± 5.75^{bc}	96.47 ± 2.33^{a}	95.77 ± 2.78^{a}
Azadirachtin 2/1000	66.19 ± 3.84^{c}	89.85 ± 3.29^{ab}	81.26 ± 2.12^{b}
Spiromesifen 0.6/1000	74.10 ± 4.46^{ab}	78.14 ± 3.97^{c}	59.35 ± 4.02^{c}
Thiamethoxam 0.4/1000	80.36 ± 1.22^{a}	83.52 ± 2.91^{bc}	76.14 ± 3.15^{b}

The means were compared with Tukey test. Different letters in the column indicate a significant difference between the treatments at the 5% probability level.

بحث

استفاده توام از دشمنان طبیعی و آفت‌کش‌های شیمیایی در مدیریت تلفیقی آفات توسط محققین مختلف مورد تایید قرار گرفته است. ترکیبات شیمیایی که روی آفات اثر کشندگی بالا و روی دشمنان طبیعی کمترین اثر سوء داشته باشد مناسب در مدیریت تلفیقی می‌باشد (Shafaei *et al*. 2021). در بررسی حاضر در مقایسه تاثیر ترکیبات در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در سه روز پس از سمپاشی آفت‌کش تیامتوکسام بیشترین اثر مرگ و میر را روی آفت هدف داشته ولی در شرایط گلخانه‌ای بعد از هفت روز آفت‌کش گیاهی آزادیراختین اثر کشندگی بیشتری را نشان داد. در بررسی سمیت حاد آبامکتین و ایمیداکلوپرید علیه *E. formosa*، توسط He (2018) *et al.* نتایج نشان داد آبامکتین خطر سمیت بالایی برای *E. formosa*داشته، درحالیکه ایمیداکلوپرید خطر سمیت متوسطی دارد. هم‌چنین آبامکتین و ایمیداکلوپرید اثر منفی بر رفتارجستجوگری زنبور *E. formosa* ایجاد کرد. تحقیق Ghahari *et al.* (2004)، در بررسی کارآیی حشره‌کش ایمیداکلوپراید بر سفید بالک گلخانه و زنبور پارازیتوئید نشان داد که در کوتاه مدت این حشره‌کش بر مرگ و میر، میزان تخم‌ریزی، درصد تفریخ و خروج حشرات کامل تاثیر منفی دارد. در این بررسی غلظت ۰/۰۲ گرم بر لیتر روی سفیدبالک اثر منفی و کمترین اثر سوء روی زنبور *E. formosa* نشان داد. در تحقیق حاضر نیز حشره‌کش آزادیراختین به دلیل داشتن تاثیر منفی روی سفیدبالک و نداشتن اثر سوء روی زنبور موثرترین حشره‌کش در بین ترکیبات حاضر در برنامه مدیریت تلفیقی گزارش شد. در بررسی Pirmoradi Amozgarfard *et* (2011)

al. در مورد ایمیداکلوپراید، تیامتوکسام و دینوتفوران روی پوره‌های سن اول سفید بالک *Trialeurodes vaporarium* نتایج نشان داد که تیامتوکسام در کنترل این آفت موثرتر بوده، که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در بررسی de Veire & Tirry (2003)، روی سمیت تماسی تعدادی ازحشره‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی از جمله زنبور *E. formosa* در شرایط گلخانه، حشره‌کش‌های هالوفنوزید، پی‌متروزین و متوکسی-فنوزید برای این زنبورکم خطر ولی استامی‌پراید، آبامکتین، امامکتین بنزوات، ایمیداکلوپراید، ایندوکساکارب، اسپینوزاد، تیاکلوپراید و تیامتوکسام دارای سمیت بالا نشان داند. سمیت بالای تیامتوکسام برای زنبور *E. formosa* منطبق با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. طبق تحقیقات Bi & Toscano (2007) روی تاثیر سه حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی شامل ایمیداکلوپراید، تیامتوکسام و دینوتفوران روی پوره سن یک سفیدبالک گلخانه نتایج نشان داد که تیامتوکسام اثر بیشتری نسبت به ایمیداکلوپراید روی سن اول دارد. در تحقیق حاضر نیز سن سوم پورگی حساسیت بیشتری به حشره کش تیامتوکسام داشت. در تحقیق حاضر نیز اسپیرومسیفن کشندگی بیشتری در مرحله تخم آفت مذکور داشت. نتایج تحقیق Gogi *et al.* (2021) در ارتباط با حساسیت زنبور *E. formosa* به آفت‌کش‌های مختلف نشان دادکه حشره‌کش آزادیراختین جزو آفت‌کش بی‌ضرر (مرگ و میرکمتر از ۳۰ درصد) بوده ولی حشره‌کش‌های پایری‌پروکسی‌فن، بوپروفزین، فنوکسی‌کارب، متوکسی‌فنوزاید و تبوفنوزاید (۳۰ - ۷۹٪ مرگ‌ومیر) مضر شناخته می‌شوند که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر کم‌خطر بودن آزادیراختین در مقایسه با دیگر تیمارها روی زنبور مطابقت دارد. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های تلفات ناشی از تیمارهای امامکتین بنزوات، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید روی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* بعد از پنج روز نشان داد که حشره کش بوپروفزین کم‌خطرترین حشره‌کش برای این دشمن طبیعی است و جهت استفاده در مدیریت تلفیقی قابل توصیه است Shafaei *et al.* (2021). در تحقیق حاضر نیز حشره‌کش آزادیراختین با خصوصیات مشابه بوپروفزین در مدیریت تلفیقی این آفت قابل توصیه است. نتایج تحقیق Kumar *et al.* (2005) در ارتباط با روش‌های مختلف کاربرد دو فرموله تجاری آزادیراختین در کنترل *B. tabaci* روی گوجه‌فرنگی نشان داد سمپاشی شاخ و برگ با دز ۱۰ml/lit آزادیراختین (NeemAzal T/S 1%) منجر به ۱۰۰ درصد مرگ و میر سن اول پورگی آفت می شود، در حالیکه تیمار خاک با دز سه گرم بر لیتر آزادیراختین (NeemAzal U 17%) ۷۸-۸۸ درصد مرگ و میر جمعیت آفت را موجب می‌گردد. نیم آزال همچنین نتایج تحقیق Kumar & Poehling (2007) نشان داد که ۱۰۰٪ مرگ و میر در جمعیت پوره‌های مگس سفید *Bemisia tabaci* بعد از ۹-۶ روز از سم‌پاشی آزادیراختین مشاهده می‌گردد. در تحقیق حاضر نیز بیشترین کارآیی این حشره‌کش در کنترل پوره در گلخانه، هفت روز پس از سمپاشی مشاهده گردید. سه حشره‌کش گروه نئونیکوتینوئیدها شامل استامی‌پراید، ایمیداکلوپراید و تیامتوکسام در کنترل سفیدبالک *B. tabaci* توسط Qaisar و همکاران Qaisar *et al.* (2012) توصیه گردیده است. در تحقیق حاضر نیز حشره کش تیامتوکسام روی سفید بالک اثر کشندگی بالایی نشان داد. همچنین Abbas *et al.* (2012) نیز حشره‌کش‌های تیامتوکسام و ایمیداکلوپراید را در کنترل سفیدبالک *B.tabaci* موثر دانسته‌اند. بررسی‌های Pirmoradi Amozgarfard *et al.* (2011) در رابطه با زیست‌سنجی حشرات بالغ سفید بالک *Trialeurodes vaporarium* (۲۴ ساعت پس از تماس آن ها با برگ های تیمار شده) نشان داد که حشره‌کش‌های تیاکلوپراید و دلتامترین (پروتئوس) و تیامتوکسام بیشترین خاصیت سمی را دارند و دینتفوران، دلتامترین و ایمیداکلوپراید در ردیف های بعدی قرار گرفتند. مطالعات آزمایشگاهی گلخانه‌ای تحقیق حاضر نیز نشان داد که آفت‌کش تیامتوکسام قابلیت کنترلی بالایی روی سفیدبالک دارد. در تحقیق دیگر توسط Amjad *et al.* (2009) در رابطه با کارایی برخی حشره‌کش‌ها در کنترل سفیدبالک *B.tabaci* روی پنبه در شرایط مزرعه‌ای، موثرترین حشره‌کش‌ها استامی‌پراید و ایمیداکلوپراید (کونفیدور) بود و حشره کش تیامتوکسام کمترین کارایی (۲۹/۹۹-۱۸/۲۶ درصد) را در کنترل آفت مذکور داشت که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. این مغایرت ممکن است ناشی از شرایط آب و هوایی منطقه و یا تفاوت در گیاه میزبان آفت باشد. در ارزیابی کارایی حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی بر علیه سفید بالک در گیاه بادمجان که توسط Mushtak Talib *et al.* (2019) در شرایط گلخانه‌ای صورت گرفت نتایج نشان داد که سم‌پاشی شاخ و برگ با استفاده از تیامتوکسام در نمونه برداری یک روز پس از سمپاشی بسیار کارا تر از تیمار خاک با حشره کش مذکور بود. در مورد تاثیر سریع تیامتوکسام به فاصله ۲۴ ساعت پس از سمپاشی می‌توان گفت که نئونیکوتینوئیدها ب سریعا جذب شده و به تمام قسمت های

گیاه منتقل می شوند که منطبق با نتایج گلخانه‌ای تحقیق حاضر می باشد. در بررسی Manlove (1997) در ترجیح تخم-ریزی و پارازیته کردن پوره‌های سفیدبالک توسط زنبور *E. formosa*نتایج نشان داد در ترجیح بین تیمار شاهد و پوره‌های آغشته به ترکیب گیاهی آزادیراختین اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید که با نتایج ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در این تحقیق مطابقت داشته و تاییدی بر استفاده توام این ترکیب با زنبور *E. formosa* در مدیریت تلفیقی سفیدبالک می‌باشد. در بررسی Feldehege & (1993) Schmutterer در تاثیر فرمولاسیون margosan-o یکی از فرموله های چریش روی تفریخ زنبور پارازیتوئید از پوره‌های پارازیته نتایج نشان داد که این فرموله باعث کاهش خروج زنبورها می‌گردد که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد که این تفاوت می‌تواند ناشی از میزان غلظت و نوع ترکیب یا مواد همراه این فرمولاسیون باشد اما در تحقیق حاضر که از فرم تجاری نیم آزال استفاده شد بین تیمار شاهد و پوره‌های آغشته به سم گیاهی چریش اختلاف معنی دار مشاهده گردید. نتیجه نهایی این تحقیق نشان داد که در بین سه حشره‌کش بیشترین اثر کشندگی روی تخم و پوره به ترتیب در آفت‌کش اسپیرومسیفن و تیامتوکسام بدست آمد. در روی زنبور *E. formosa* نیز کمترین اثر مربوط به آزادیراختین گزارش گردید. هم‌چنین در ترجیح تخم‌ریزی بیشترین تخم‌ریزی در تیمار شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج این تحقیق در جمعیت بالای تخم و پوره به‌ترتیب حشره‌کش‌های اسپیرومسیفن و تیامتوکسام موثر واقع شدند اما در برنامه مدیریت تلفیقی این آفت استفاده هم‌زمان زنبور *E. formosa* با گیاهی آزادیراختین قابل توصیه می‌باشد.

References

Abbas Q, Arif MJ, Gogi MD, Abbas SK, Karar H, 2012. Performance of imidacloprid, thiomethoxam, acetamiprid and a biocontrol agant (*Chrysoperla carnea*) against whitefly, jassid and thrips on different cotton cultivares. *World Journal of Zoology* 7: 141–146.

Allahyari R, Aramideh Sh, Safaralizadeh MH, Rezapanah MR, Michaud JP, 2020. Synergy between parasitoids and pathogens for biological control of Helicoverpa armigera Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) in chickpea. *Insects in Agroecosystems* 168: 70–75.

Amjad M, Bashir MH, Afzal M, Ahsan Khan M, 2009. Efficacy of some insecticides against whitefly Bemisia tabaci Genn. infesting cotton under field conditions. *Pakistan Journal of Life and Social Science* 7(2): 140–143.

Ayelo PM, Yusuf A, Pirk CW, Mohamed SA, Chailleux A, Deletre E, 2021. The role of Trialeurodes vaporariorum infested tomato plant volatiles in the attraction of Encarsia formosa (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Chemical Ecology* 47(2):192–203.

Bi JL, Toscano NC, 2007. Current of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, susceptibility to neonicotinoid and conventional insecticides on strawberries in Southern California. *Pest Management Science* 63(8): 747–752.

Bleeker PM, Diergaarde PJ, Ament K, Guerra J, Weidner M, Schutz S, Schuurink RC, 2009. The role of specific tomato volatiles in tomato-whitefly interaction. *Plant Physiology* 151:925–935. https://doi.org/10.1104/pp.109.142661.

Boeke SJ, Boersma MG, Alink GM, van Loon JJ, van Huis A, Dicke M, Rietjens IM, 2004. Safety evaluation of neem (Azadirachta indica) derived pesticides. *Journal of Ethnopharmacology* 94: 25–41.

Carvalho GA, Godoy MS, Parreira DS, Lasmar O, Souza JR, Oscardina VF, 2010. Selectivity of growth regulators and neonicotinoids for adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Revista Colombiana de Entomología* 36: 195-201.

de Veire MV, Tirry L, 2003. Side effects of pesticides on four species of beneficial used in IPM in glasshouse vegetable crops: “worst case” laboratory tests pesticides and beneficial organisms. *IOBC/wprs Bulletin* 26 (5): 41–50.

Feldhege M, Schmutterer H, 1993. Investigations on side-effects of Margosan-O on *Encarsia formosa* Gah. (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoid of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homomptera: Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomolgy* 115: 37–42.

Ghahari M, Tabari M, Rakhshani H, 2004. Effect of imidacloprid insecticide on *Trialeurodes*

vaporariorum Westwood (Homoptera: Aleyrodidae). *Agricultural Journal* 6(2):39-52 (in Persian with English abstract).

Gholamzadeh M, Ghadamyari M, Salehi L, Hoseini Naveh V, 2012. Effects of amitraz, buprofezin and propargite on some fitness parameters of the parasitoid *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), using life table and IOBC methods. *Journal of Entomological Society of Iran* 31(2): 1–14.

Gogi MD, Syed AH, Atta B, Sufyan M, Arif MJ, *et al.*, 2021. Efficacy of biorational insecticides against *Bemisia tabaci* Genn and their selectivity for its parasitoid *Encarsia formosa* Gahan on B.t cotton. *Scientific Reports* 11(1): 1–12.

Gorman K, Hewitt F, Denholm I, Devine GJ, 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: formerly Pesticide Science 58(2):123–130.

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

He Z, Liu Y, Wang L, Guo Q, Ali S, Chen ZS, Qiu B, 2018. Risk assessment of two insecticides on *Encarsia formosa*, parasitoid of whitefly *Bemisia tabaci*. *Insects* 9:116–129.

Hassan, SA, 1992. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms. *IOBC/WPRS Bull* 15: 1–186.

Heidari A, Kishani Farahani H, Fathipour Y, 2016. Effects of buprofezin, pyriproxyfen and fenpropathrin on some foraging behaviors of *Encarsia formosa*, *Journal of Applied Entomology and Phytopathology* 83(2): 97–110 (in Persian with English abstract).

Hosseini Naveh F, Poormirza AA, Safaralizadeh MH, 2010. Evaluation of effects of primicarb, citowett oil and the mixture of either compound on *Trialeurodes vaporariorum* and *Myzus persicae* in greenhouse. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 41(1): 95–101 (in Persian with English abstract).

Jones DR, 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology* 109(3): 195–219.

Kim YJ, Lee SW, Choi JR, Park HM, Ahn YJ, 2007. Multiple resistance and biochemical mechanisms of dicofol resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 10(2): 165–170.

Kumar P, Poehling HM, 2007. Effects of azadirachtin, abamectin and spinosad on sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants under laboratory and greenhouse conditions in the humid tropics. *Journal of Economic Entomology* 100: 411–420.

Kumar P, Poehling HM, Christian B, 2005. Effects of different application methods of azadirachtin against sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* on tomato plants. *Journal of Applied Entomology* 129(9-10): 489–497.

Liu TX, 2004. Toxicity and efficacy of spiromesifen, a tetronic acid insecticide, against sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on melons and collards. *Crop Protection* 23(6): 505–513.

Longhurst C, Babcock JM, Denholm I, Gorman K, Thomas JD, *et al*., 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(7): 809–813.

Luo Ch, Liu TX, 2011. Fitness of *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Insect Science* 18: 84–91.

Maienfisch P, Huerlimann H, Rindlisbacher A, Gsell L, Dettwiler H, Haettenschwiler J, Sieger E, Walti M, 2001. The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. *Pest Management Science* 57(2):165–76.

Manlove JD, 1997. An investigation into the suitability for the inclusion of botanical insecticides in an IPM system in glasshouses. Ph.D. thesis, University of London, UK.

Mushtak Talib MA, Aqeel Adnan A, Baqir HA, Kadhim A, 2019. Evaluation of the efficacy of different neocontinoid insecticides against cotton whitefly,

Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) on eggplant under greenhouse condition. *International Conference on Agricultural Sciences. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 388: 1–6.

Nunez Lopez DC, Ramirez Godoy A, Restrepo Diaz H, 2015. Impact of kaolin particle film and synthetic insecticide applications on whitefly population *Trialeurodes vaporariorum*(Hemiptera: Aleyrodidae) and physiological attributes in bean (*Phaseolus vulgaris*) Crop. *Journal of Society for Horticultural Science* 50(10): 1503–1508.

Pappas ML, Migkou F, Broufas GD, 2013. Incidence of resistance to neonicotinoid insecticides in greenhouse populations of the whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Greece. *Applied Entomology and Zoology* 48(3): 373–378.

Pirmoradi Amuzgar fard N, Sheikhigarjan A, Baniameri V, Imani S, 2011. Evaluation of susceptibility of the first instar nymphs and adults of Trialeurodes vaporariorum (Hemiptera: Aleyrodidae) to neonicotinoid insecticides under laboratory conditions. Journal of Entomological Society of Iran 31(1): 13–24 (in Persian with English abstract).

Puntener W, 1981. Manual for field trials in plant protection second edition. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited.

Qaisar A, Arif MJ, Gogi MD, Abbas SK,Haider K, 2012. Performance of imidacloprid, thiomethoxam, acetamaprid and a biocontrol agent (*Chrysoperla carnea*) against whitefly, jassid and thrips on different cotton cultivars. *World Journal of Zoo*logy 7: 141–146.

Qiu BL, Dang F, Li SJ, Ahmed MZ, Jin FL, Ren SX. Cuthbertson AG, 2011. Comparison of biological parameters between the invasive B biotype and a new defined Cv biotype of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyradidae) in China. *Journal of Pest Science* 84(4): 419–427.

Robertson JL, Russell RM, Preisler HK, Savin NE, 2007. Pesticide bioassays with arthropods. *CRC Press*, pp. 199.

Si SY, 2018. Lethal and behavioral sub lethal side effects of thiamethoxam on the predator *H. armoniaaxyridis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata 166*(8):703–712.

Safavi SA, Bakhshaei M, 2017. Biological parameters of *Trialeurodes vaporariorum*(Hemiptera: Aleyrodidae) exposed to lethal and sub lethal concentrations of calypso. *Journal of Crop Protection* 6(3): 341–351.

Shafaei E, Hosseinzadeh A, Ghassemi Kahrizeh A, Aramideh Sh, 2021. Lethal effects of insecticides of emamectin, spinosad, buprofezin and imidacloprid on egg and third instar nymphs of *Trialeurodes vaporariorum* West. and it's parasitoid (*Encarsia formosa* Gahan). *Plant Pests Research* 11(2): 25–38(in Persian with English abstract).

Schneider-Orelli O, 1947. Manual of entomology: introduction to agricultural and forest entomology. Sauerlander and Co., Aarau. (in German)

Sherratt TN, Harvey IF, 1993. Frequency dependent food selection by arthropods. *A Review Biological Journal of the Linnaean Society* 48: 167–186.

Singh V, Sood AK, Hayat M, 2018. First record of *Encarsia formosa* Gahan, 1924 (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood from India. *Oriental insects* 52(3): 313–317.

Su Q, Pan H, Liu B, Chu D, Xie W, Wu Q, Wang S, Xu B, Zhang Y, 2013. Insect symbiont facilitates vector acquisition, retention and transmission of plant virus. *Scientific Reports 3*(1): 1–6.

Sugiyama K, Katayama H, Saito T, 2011. Effect of insecticides on the mortalities of three whitefly parasitoid species, *Eretmocerus mundus, Eretmocerus eremicus* and *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Applied Entomology and Zoology* 46(3): 311–317.

Sun YP, 1950. Toxicity indexes an improved method of comparing the relative toxicity of insecticides. *Journal of Economic Entomology* 43(1): 45–53.

Van Alphen JJ, Jervis MJ, 1996. Foraging behaviour. In: Jervis M. A., Kidd, N. A. C. (Eds.) *Insect Natural Enemies* pp.1–62.

Wang P, Zhou LL, Yang F, Liu XM, Wang Y, Lei CL,

Web, 1401, Iran Pesticides database. Available at: https://ppo.ir/fa-IR/ppo/5186/page/

Zapata N, Vargas M, Latorre E, Roudergue X, Ceballos R, 2016. The essential oil of *Laurelia sempervirens*

is toxic to *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa*. *Industrial Crops and Products* 84:418–422.

Zhang L, Greenberg SM, Zhang Y, Liu T, 2011. Effectiveness of thiamethoxam and imidacloprid seed treatments against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on cotton. *Pest Management Science* 67:226–232.

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)