تحقیقات آفات گیاهی
۱۴۰۰ -۱۱(۲): ۲۵-۳۸

علمی پژوهشی

اثرات کشندگی حشره‌کش‌های امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید روی تخم و پوره سن سوم سفیدبالک (*Trialeurodes vaporariorum*) و زنبور پارازیتوئید آن (*Encarsia formosa*)

المیرا شفایی[۱]، عباس حسین‌زاده[۱*]، اکبر قاسمی کهریزه[۱] و شهرام آرمیده[۲]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۴)

چکیده

سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* West) به عنوان آفتی چندین‌خوار با تعداد نسل زیاد، یکی از آفات مهم گیاهان زینتی و گلخانه‌ای است. در این تحقیق مقایسه سمیت امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید روی سفیدبالک و زنبور پارازیتوئید آن مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر LC_{50} حاصل از تجزیه پروبیت داده‌های زیست‌سنجی در نتیجه‌ی تاثیر غلظت‌های مختلف امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید روی پوره سن سوم سفیدبالک بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت به ترتیب (۱/۷۲، ۱/۳۳، ۱/۳۱ و ۰/۶۳)، (۱/۴۰، ۱/۳۱، ۱/۲۷ و ۰/۴۴) و (۱/۱۵، ۱/۰۴، ۰/۹۳ و ۰/۳۱) میلی لیتر بر لیتر به دست آمد. طبق این نتایج موثرترین حشره‌کش روی پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه طی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت ایمیداکلوپراید و کم‌اثرترین حشره‌کش، امامکتین بود. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های تلفات ناشی از تیمارهای امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید روی زنبور پارازیتوئید انکارسیا بعد از ۵ روز نشان داد که حشره‌کش بوپروفزین کم‌خطرترین و ایمیداکلوپراید پرخطرترین حشره‌کش برای این دشمن طبیعی است. بنابراین، در مدیریت تلفیقی این آفت با توجه به کم‌اثر بودن بوپروفزین روی زنبور *E. formosa* در مقایسه با سایر حشره‌کش‌ها و نیز داشتن سمیت بالا روی مراحل تخم و پوره سن سوم آفت قابل توصیه می‌باشد.

واژه های کلیدی: سمیت نسبی، کشندگی، سفیدبالک، *Encarsia formosa*

* نویسنده مسئول: A.hosseinzadeh@iau-mahabad.ac.ir

مقدمه

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) آفتی همه چیز خوار و همه جایی می‌باشد و به بسیاری از گیاهان بویژه محصولات گلخانه‌ای خسارت مستقیم و غیر مستقیم می‌زند (Brown *et al*., 1995; de Barro *et al*., 2011). از جمله خسارت مسقیم می‌توان به تغذیه از شیره گیاهی، آلودگی سطح برگ، انتقال بیماری‌های ویروسی، کاهش فتوسنتز و از خسارت غیر مستقیم، به آلودگی با قارچ فوماژین اشاره کرد (Berlinger, 1986; Jones, 2003; Qiu *et al*., 2011; Su *et al*., 2013). استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی هنوز هم رویکرد اصلی مدیریت این آفت می‌باشد (Toscano and Prabhaker, 2011; Talebi Jahromi, 2011)؛ اما استفاده مکرر از حشره‌کش‌های شیمیایی منجر به مقاومت شدید در سفیدبالک‌ها شده است (Dehghani and Ahmad, 2013). بنابراین، استفاده از آفت‌کش‌هایی با نقطه اثر متفاوت و موثر در سیکل زندگی آفت ضروری می‌باشد (Cuthbertson, *et al*., 2012; Basit *et al*., 2013). یکی از دشمنان طبیعی موثر این آفت زنبور *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) می‌باشد. این زنبور می‌تواند سنین مختلف پورگی سفیدبالک‌گلخانه را انگلی نماید (Fazeli Dinan *et al*., 2016). کارایی خوب این پارازیتوئید باعث شده که در بین سال‌های ۱۹۶۸ تا ۱۹۸۹ میزان استفاده از آن در جهان به ۱۰۰۰ برابر افزایش یابد. زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در سراسر جهان به‌صورت تجاری برای کنترل سفیدبالک‌ها در محصولات گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Van Lenteren, 1993). استفاده تجاری از این زنبور در اروپا از دهه۱۹۲۰ آغاز شد؛ ولی از سال ۱۹۴۵ به دلیل توسعه‌ی آفتکش‌های شیمیایی طیف وسیع استفاده تجاری از زنبور پارازیت محدود شد (Van Lenteren and Woets, 1988). با مشخص شدن عوارض آفت‌کش‌های شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست، استفاده از این زنبورها پس از سال ۱۹۷۰ دوباره گسترش یافت (Hoddle *et al*., 1998). تکثیر انبوه و عرضه آن به صورت یک فرآورده بیولوژیک در بعضی از کشورها به طور مداوم انجام می‌شود و کاربرد این عامل بیولوژیک در مواردی توانسته نتایج رضایت بخش داشته باشد (Simmonds *et al*., 2002). محصولات گلخانه‌ای اصلی که در آنها از *E. formosa* استفاده می‌شود شامل گوجه‌فرنگی، خیار و به میزان کمتری بادمجان، توت فرنگی، ژربرا، بنت‌قنسول و همیشه بهار است (Burger *et al*.,2005). زنبور *E. formosa* حداقل ۱۵ میزبان متعلق به هشت جنس از سفیدبالک‌ها را پارازیته می‌کند (Dai *et al*., 2014). یکی از چالش‌های پژوهشگران، تخمین اثرات حشره‌کش‌ها روی جمعیت آفت و دشمنان طبیعی می‌باشد. نظر به اینکه امروزه تنها راه کنترل موفقیت آمیز سفیدبالک گلخانه بر اساس نظر پژوهشگران استفاده همزمان از حشره‌کش‌ها و دشمنان طبیعی است (Heidari *et al*., 2005)؛ بنابراین، بررسی کارآیی حشره‌کش‌ها به‌ویژه حشره‌کش‌هایی که دارای کمترین تاثیر روی دشمنان طبیعی آفت باشند، ضروری به‌نظر می‌رسد. یکی از راهکارهای مهم در کنترل سفیدبالک گلخانه استفاده از حشره‌کش‌های بر پایه زیستی و همچنین، حشره‌کش‌هایی با بیشترین تاثیر روی آفت و کمترین اثر بر دشمنان طبیعی به‌ویژه زنبور پارازیتوئید، می‌باشد (Gholamzadeh, 2012). ایمیداکلوپراید، جزو حشره کش‌های شیمیایی نئونیکوتینوئید گروه ۴ IRAC بوده و در سیستم عصبی حشرات، مشابه نیکوتین اما بسیار قوی‌تر است (Rakhshani, 2002). امامکتین بنزوات حشره‌کش زیست پایه با منشاء طبیعی، تماسی با تاثیر روی سیستم عصبی از گروه گلیکوزیدها بوده و از باکتری *Streptomyce avermitilis* به‌دست می‌آید (Ishaaya *et al*., 2002; Reddy, 2013). اسپینوزاد نیز که یک حشره‌کش میکروبی است که ماده فعال آن از نوعی اکتینومایست خاکزی به نام *Saccharopolyspora spinose* Yao and Mertez به دست می‌آید و از طریق تماسی و گوارشی روی سیستم عصبی حشرات تأثیر می‌گذارد و باعث فعالیت گیرنده‌های نیکوتینی استیل‌کولین و گاماآمینوبوتیریک‌اسید می‌شود که در نتیجه آن تغذیه متوقف شده، مایعات بدن کاهش یافته و حشره فلج می‌شود. این حشره‌کش روی گروه وسیعی از آفات به کار می‌رود (Cleveland *et al*., 2001).

بوپروفیزین هم یک ترکیب بازدارنده سنتز کیتین از گروه ۱۶ IRAC است که بر پوره‌های سن اول سفیدبالک‌ها اثر شدید دارد ولی روی شفیره‌ها بی اثر می‌باشد (Wilson and Anema, 1988; Yasui, 1987). پژوهش‌ها نشان داده است که حشره‌کش‌های امامکتین و اسپینوزاد روی سفیدبالک گلخانه موثر می‌باشند؛ بنابراین، بررسی تاثیر این دو حشره‌کش روی دشمن طبیعی آن، زنبور پارازیتوئید *E. formosa* حائز اهمیت می باشد و باید بررسی‌های بیشتر در این مورد انجام شود (de Veire and Tirry, 2003; Williams *et al.*, 2003; Van Leeuwen *et al.*, 2006).

بنابراین، در این تحقیق اثرات کشندگی حشره‌کش‌های اسپینوزاد، امامکتین، ایمیداکلوپراید و بوپروفزین روی پوره سن سوم و تخم سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) و زنبور پارازیتوئید آن (*E. formosa*) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ترکیبات مورد استفاده

امامکتین بنزوات (پروکلیم®) 5% SG ساخت شرکت Syngenta سوئیس، اسپینوزاد ساخت شرکت Dow Agrosciences با محتوای Spinosyn A و Spinosyn D ۰/۰۲٪، حشره‌کش ایمیداکلوپراید (کنفیدور®) 35% SC سمیران با دز مصرفی نیم در هزار ساخت شرکت کاوش و سم بوپروفزین (اپلاود®) 10% SC ساخت شرکت Nihon Nohyaku ژاپن به میزان ۴۰۰ گرم در لیتر استفاده شد.

کشت میزبان

به‌منظور پرورش سفیدبالک گلخانه، لوبیا سبز رقم ساندری از مرکز تحقیقات استان آذربایجان غربی تهیه و در شرایط گلخانه کشت داده شد. برای کاشت از گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۶×۷×۸ سانتی‌متر استفاده شد. به منظور زهکشی مناسب، کف گلدان با لایه‌ای از قلوه سنگ پوشانده شد. خاک مورد استفاده برای پرورش گیاه میزبان به صورت مخلوط خاک باغچه، ماسه و خاکبرگ به ترتیب به نسبت ۱، ۳ و ۵ قسمت بود. در هر گلدان پلاستیکی ۴ عدد بذر ضدعفونی شده کاشته شد و روی آن‌ها با یک لایه‌ی نازکی از ماسه برای جوانه‌زنی بهتر پوشانده شد. پرورش گیاهان در گلخانه با شرایط نوری ۱۶: ۸ ساعت (روشنایی: تاریکی)، دمای ۲ ± ۲۷ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد انجام شد (Fahim *et al.*, 2012). گلدان‌ها معمولاً به صورت یک روز در میان آبیاری و تمام خدمات داشت به طور یکسان برای تمام گلدان‌ها اعمال شد.

جمع‌آوری و پرورش سفیدبالک گلخانه

برای داشتن یک منبع مناسب و قابل دسترس از آفت مورد نظر اقدام به جمع‌آوری و پرورش حشره از گلخانه‌های دانشکده کشاورزی شد. تخم‌ریزی از روی گیاه گوجه فرنگی و گیاهان زینتی شاه‌پسند توسط آسپیراتور جمع‌آوری شد. در آزمایش‌ها از گیاه لوبیا سبز (رقم ساندری) به عنوان میزبان سفیدبالک گلخانه استفاده شد. حشرات کامل سفیدبالک گلخانه پس از تشخیص روی گیاهان جوان لوبیا که در گلخانه واقع درگلخانه بخش حشره‌شناسی منتقل شد. این محل به صورت فضایی با ابعاد ۲ × ۳ × ۳ متر مربع طراحی و به منظور ایجاد جمعیتی همسن، حشرات کامل سفیدبالک جمع آوری و به اتاقک پرورش در دمای ۲ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی:تاریکی) نگهداری شد و تمام آزمایش‌ها در این شرایط نور، دما و رطوبت انجام شد. همچنین با مسن شدن گیاهان، گلدان‌های تازه جایگزین شد. تمام آزمایش‌ها پس از گذشت سه نسل از زندگی تخم‌ریزی در گلخانه محل پرورش که کاملاً عاری از آفت‌کش بود، انجام گرفت.

ارزیابی اثر کشندگی

آزمون اولیه با روش اسپری کردن برگهای حاوی پوره سن سوم و تخم انجام گرفت (Horowitz *et al.*, 2004). هدف از آزمون‌های اولیه به‌دست آوردن غلظت‌هایی از سموم بود که بتواند تلفاتی در بازه ۲۰ تا ۸۰ درصد ایجاد نماید. مابین این دو غلظت، سه غلظت تعیین شد و پنج غلظت به همراه تیمار شاهد (آب مقطر) در آزمایش‌ها استفاده شد (Robertson *et al.*, 2007). در این آزمایش‌ها

زنده‌مانی پوره‌های سن سه با نزدیک کردن قلم‌موی نازک بررسی و افراد بی تحرک به عنوان مرده در نظر گرفته شد. واحدهای آزمایشی شامل برگ‌های نشاندار روی بوته‌های لوبیا بود که تعداد پوره‌های سن سه روی آنها شمارش و توسط سمپاش دستی با دو فشار اسپری از فاصله ۲۰ سانتی‌متری محلول پاشی شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی حداقل با ۳ تکرار انجام شد (Heidari *et al.*, 2005; Fahim *et al.*, 2012).

زیست سنجی تخم

برای زیست‌سنجی تخم، یک روز پس از حذف حشرات بالغ از روی گلدان‌ها تعداد ۳۰ عدد تخم روی برگ‌ها توسط خط‌کشی با خودکار درون محدوده‌ای قرار داده شد. پس از آماده‌سازی غلظت‌های مختلف حشره‌کش، برگ‌هایی که دارای تخم سفیدبالک بودند درون پتری‌ها قرار داده شد. سپس، غلظت‌ها توسط سمپاش دستی با دو فشار اسپری از فاصله ۲۰ سانتی‌متری پاشیده شد. برگ‌ها به مدت چند دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت تا رطوبت اضافی از بین برود. برگ‌ها برای مدت ۷ روز نگهداری شد و بعد از طی این مدت، تخم‌ها بازبینی و تخم‌هایی که تفریخ نشده بودند و یا تغییر رنگ نداده بودند، مرده تلقی شدند (Sain, *et al.*, 2019).

زیست‌سنجی پوره‌ها

برای زیست‌سنجی پوره‌ها از پوره‌های همسن استفاده شد. ۱۴ روز پس از حذف حشرات از روی گیاهان، آزمایش روی پوره‌ها انجام شد. برای زیست‌سنجی پوره‌ها تعداد ۳۰ عدد پوره روی برگ توسط خودکار درون محدوده‌ای مشخص شد تا غلظت‌ها روی آن‌ها مورد آزمایش قرار گیرند. غلظت‌های مختلف سموم توسط سمپاش دستی با دو فشار اسپری از فاصله ۲۰ سانتی‌متری پاشیده شد. برگ‌ها درون ظروف پتری قرار داده شد و برای مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت شمارش قرار گرفت. در این آزمایش پوره‌هایی که خشک شده و یا تغییر رنگ دادند به عنوان مرده تلقی شدند (Robertson *et al.*, 2003). برای ارزیابی سمیت شاخص سمیت و سمیت نسبی توسط معادله ۱ و ۲ به‌دست آمد (Sun, 1950).

معادله ۱

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

معادله ۲

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

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 در آمده بودند، از روی برگ‌ها توسط اسکالپل جدا و در داخل ظرف پتری روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شد. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد و در هر تکرار ۱۰ عدد شفیره پارازیته شده سفیدبالک گلخانه قرار داده شد. سپس، غلظت LC_{50} به دست آمده روی سفیدبالک به‌وسیله سم‌پاشی دستی روی شفیره‌ها به آرامی پاشیده شد. از آب مقطر به‌عنوان تیمار شاهد استفاده شد. تعداد حشرات کامل خارج شده بعد از ۵ روز به‌عنوان زنده و بقیه به‌عنوان تلفات در نظر گرفته شد (Gholamzadeh, 2012).

ترجیح میزبانی جهت پارازیته کردن

در این آزمایش ترجیح پارازیته کردن زنبور *E. formosa* در انتخاب میزبان‌های آلوده به سم و غیر سمی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، دیسک های برگی به شکل نیم دایره از برگ های لوبیا دارای ۳۰ عدد پوره سن سوم سفیدبالک‌گلخانه تهیه شد و به مدت ۵ ثانیه در محلول‌های سمی با غلظت مختلف غوطه ور شد. سپس، یک دیسک برگی دیگر حاوی ۳۰ عدد پوره سن سوم سفیدبالک عاری از حشره‌کش به‌عنوان شاهد در اب مقطر غوطه‌ور و با فاصله یک سانتی‌متر درون ظرف مخصوص با قطر ۱۰ و ارتفاع ۲ سانتی‌متر قرار داده شد و دو جفت زنبور با عمر حداکثر ۲۴ ساعت در آن رها سازی شد. پس از ۲۴ ساعت زنبورها از ظروف خارج شده و دیسک‌های برگی آلوده به آفت پس از ۴ روز در زیر استریومیکروسکوپ بررسی شد.

تخمگذاری زنبور به صورت لکه‌های قهوه‌ای در سطح پشتی میزبان مشخص بود که به عنوان شاخص تعداد تخمگذاری مورد استفاده قرار گرفت. این آزمایش در ۱۰ تکرار انجام شد. و از فرمول شرات و هاروی (Sherratt and Harvey, 1993) به نقل از وان‌الفن و جرویس (Van Alphen and Jervis, 1996) برای تشخیص ترجیح میزبان استفاده شد (معادله ۳).

معادله ۳ $$\frac{E1}{E2} = C\frac{N1}{N2}$$

N1 = تعداد اولیه میزبان در تیمار حشره‌کش

N2 = تعداد اولیه میزبان در تیمار شاهد

E1=تعداد پوره های پارازیته شده در تیمار حشره‌کش

E2 =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 ۴ در می‌آید.

معادله ۴ $$C = \frac{E1}{E2}$$

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

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور محاسبه کشندگی، تعداد حشرات مرده در ظروف تیمار و شاهد شمارش و درصد مرگ و میر طبق فرمول آبوت اصلاح شد (معادله ۵). داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار SPSS (Ver. 22) تجزیه پروبیت شد. برای ارزیابی تاثیر حشره‌کش‌ها روی زنبور پارازیتوئید از تجزیه واریانس یک طرفه ANOVA و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. برای مقایسه میانگین تعداد میزبان‌های پارازیته شده در تیمارها از آزمون ویلکاکسون به عنوان معادله‌های غیر پارامتری آزمون t جفت شده انجام شد.

معادله ۵ $$\text{درصد مرگ ومیر} = \left(\frac{\text{تلفات شاهد} - \text{تلفات تیمار}}{\text{تلفات شاهد}}\right) \times 100$$

نتایج

کشندگی حشره‌کش‌ها روی پوره سن سوم سفید-بالک

تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت روی پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه مطابق جدول ۱ حاصل شد. با توجه به سمیت نسبی و شاخص نسبی بر اساس LC_{50} بعد از ۲۴ ساعت نتایج نشان داد که ایمیداکلوپراید دارای سمیت بیشتری نسبت به دیگر ترکیبات است و در ۴۸ و ۷۲ ساعت نیز نتایج مشابه به دست آمد (جدول ۱).

تاثیر حشره‌کش‌ها روی مرحله تخم سفیدبالک

تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌های امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید بعد از ۵ روز روی مرحله تخم سفیدبالک گلخانه مطابق جدول ۲ حاصل شد. با توجه به سمیت نسبی و شاخص نسبی بر اساس LC_{50} نتایج نشان داد که ایمیداکلوپراید دارای بیشترین و امامکتین دارای کمترین سمیت روی مرحله تخم سفیدبالک است (جدول ۲).

جدول۱- اثر کشندگی(LC_{50}) امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت روی پوره سن سوم سفیدبالک

Table 1. Lethal effect (LC_{50}) of emamectin, spinosad, buprofezin and imidacloprid after 24, ,48 and 72 hours on 3rd nymphal age of whitefly

Treatments	Dosages (mL L-1)	Time (hr.)	Slop± SE	Interse ps+5	X^2 (df)	LC_{25} (95% CLs)	LC_{50} (95% CLs)	*Toxicity index (%)	*Relative Potency
Emamectin	0.450 0.650	24	2.57±0.81	-0.60+5	0.04(3)	0.94 (0.74-1.27)	1.72 (1.27-5.25)	36.63	1
	0.860 1.070	48	2.668±0.75	-0.39+5	0.17(3)	0.78 (0.59-0.95)	1.40 (1.11-2.68)	31.43	1
	1.280 Control	72	2.56±0.70	-0.15+5	0.32(3)	0.63 (0.40-0.76)	1.15 (0.94-1.79)	26.96	1
Spinosad	0.655 0.760	24	6.69±2.19	-0.82+5	1.23(3)	1.05 (0.95-1.39)	1.33 (1.13-2.58)	47.37	1.29
	0.865 0.970	48	5.78±1.88	-0.69+5	0.20(3)	0.88 (0.30-1.28)	1.13 (1.11-2.59)	38.94	1.22
	1.075 Control	72	5.88±1.54	-0.11+5	0.32(3)	0.80 (0.69-0.87)	1.04 (0.95-1.30)	29.81	1.11
B**u**profezin	0.600 0.700	24	5.89±2.09	-0.68+5	2.33(3)	1.00 (0.89-1.54)	1.31 (1.07-3.59)	48.09	1.31
	0.800 0.900	48	4.13±1.60	-0.43+5	0.68(3)	0.87 (0.75-1.20)	1.27 (1.02-5.26)	34.65	1.10
	1.000 Control	72	3.59±1.36	0.11+5	0.89(3)	0.60 (0.26-0.70)	0.93 (0.81-1.56)	33.33	1.24
Imidacloprid	0.300 0.400	24	2.17±0.82	0.43+5	0.39(3)	0.310 (0.08-0.40)	0.63 (0.51-1.49)	100	2.73
	0.500 0.600	48	2.46±0.81	0.85+5	0.14(3)	0.23 (0.06-0.32)	0.44 (0.33-0.55)	100	3.18
	0.700 Control	72	2.74±0.85	1.41+5	0.35(3)	0.17 (0.03-0.25)	0.31 (0.15-0.37)	100	3.71

* Toxicity index and relative toxicity based on LC_{50}

تاثیر حشره‌کش‌ها روی زنبور پارازیتوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تلفات تیمارهای امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید و تیمار شاهد روی زنبور پارازیتوئید بعد از ۵ روز نشان داد که با اطمینان ۹۵ درصد بین کشندگی تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. F محاسبه شده از F جدول در سطح احتمال آماری ۹۵ درصد بزرگ‌تر بوده و P (احتمال) کوچکتر از ۰/۰۵ می‌باشد ($F_{(4, 9)}$ =81.386, P=0.001). نتایج حاصل از تجزیه واریانس تلفات تیمارها و مقایسه میانگین‌ها روی زنبور پارازیتوئید انکارسیا بعد از ۵ روز نشان داد که حشره‌کش بوپروفزین کم‌خطرترین و ایمیداکلوپراید پر-خطرترین حشره‌کش برای این دشمن طبیعی بود (شکل ۱).

ترجیح میزبانی برای پارازیته کردن

در بررسی اثر غلظت‌های مختلف امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید بر میزان پارازیته شدن پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه نتایج نشان داد در مورد امامکتین غلظت ۰/۴۵ میلی‌لیتر در لیتر و در مورد اسپینوزاد غلظت‌های ۰/۶۶۵ و ۰/۷۶۰ و بوپروفزین غلظت‌های ۰/۳۰ و ۰/۳۵ و در مورد ایمیداکلوپراید نیز غلظت‌های ۰/۲۰۰ و ۰/۲۷۵ میلی لیتر در لیتر اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمار حشره‌کش وجود نداشت، اما در غلظت‌های بیشتر اختلاف معنی‌دار شد و میانگین تعداد پوره پارازیته در تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۳).

جدول ۲- اثر کشندگی(LC_{50}) امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید روی مرحله تخم سفیدبالک بعد از ۵ روز

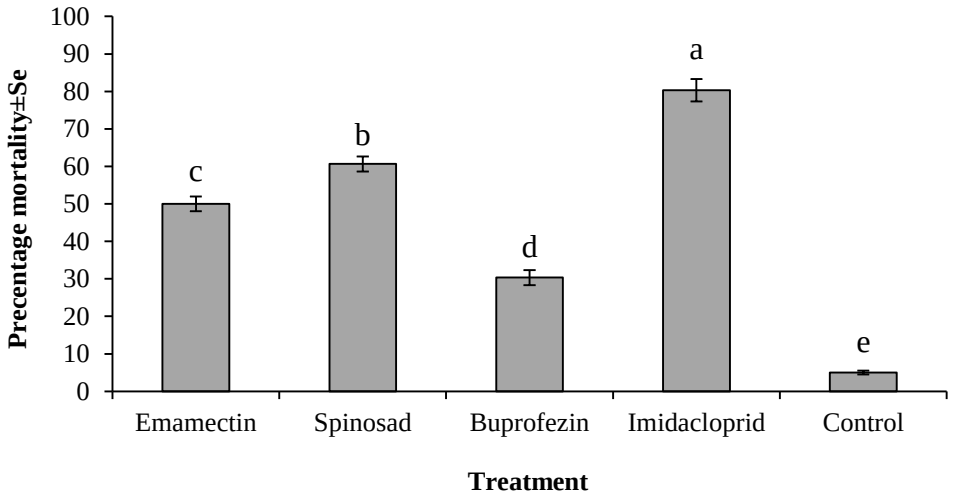
Table 2. Lethal effect (LC_{50}) of emamectin, spinosad, buprofezin and imidacloprid after 5 days on eggs of whitefly

Treatments	Dosages (mL L-1)	Slop± SE	Interseps+5	X^2 (df)	LC_{25} (95% CLs)	LC_{50} (95% CLs)	*Toxicity index (%)	*Relative Potency
Emamectin	0.450 0.650 0.860 1.070 1.280 Control	2.17±0.73	-0.40+5	0.38(3)	0.75 (0.48-0.95)	1.52 (1.13-4.84)	38.16	1.49
Spinosad	0.655 0.760 0.865 0.970 1.075 Control	3.72±0.77	-0.83+5	0.05(3)	1.35 (0.78-1.89)	2.27 (1.21-8.14)	25.55	1
Buprofezin	0.300 0.350 0.400 0.450 0.500 Control	7.04±1.47	0.45+5	0.58(3)	0.69 (0.60-0.74)	0.86 (0.80-0.95)	67.44	2.64
Imidacloprid	0.200 0.275 0.350 0.425 0.500 Control	-2.78±0.83	0.65+5	0.70(3)	0.33 (0.18-0.41)	0.58 (0.49-0.83)	100	3.91

* Toxicity index and relative toxicity based on LC_{50}

بحث

خسارت آفات به محصولات غذایی هنوز هم انکارناپذیر است. کاربرد ترکیبات شیمیایی به عنوان ارزان-ترین و متداول‌ترین روش کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی مورد توجه است (Briggs *et al*., 2006). ثابت شده است که روش کنترل بیولوژیک به تنهایی کارایی مطلوب را نداشته و کاربرد حشره‌کش‌ها در موارد زیادی ضروری به نظر می‌رسد (Hayashi, 1996). استفاده از حشره‌کش‌هایی با بیشترین اثر روی آفت و کمترین اثر سوء روی دشمنان طبیعی مورد توجه اکثر محققین می‌باشد، تیمار گیاه با حشره‌کش‌های نئونیکوتینی مانند ایمیداکلوپراید در کنترل سفیدبالک‌ها و ممانعت از انتقال ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی تاثیر قابل توجهی دارد (Bruck *et al*., 2009). در تحقیق انجام شده توسط در تحقیق انجام شده توسط بروک و همکاران (Bruck *et al*., 2009) تاثیر مونتو، کلروپایروفوس و بوپروفزین روی شپشک‌ها، شته‌ها و تریپس‌ها مقایسه شد. نتایج نشان داد مونتو ۹۲ درصد و کلروپایروفوس و بوپروفزین به ترتیب ۷۰ و ۶۹ درصد روی این آفات موثر بودند. براساس نتایج به دست آمده، حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید، تیامتوکسام و دینوتفوران آزمایش شده روی پوره‌ی سن اول سفیدبالک گلخانه، حشره‌کش تیامتوکسام در بین حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی، روی مرحله‌ی پوره‌ی سن اول سمی‌ترین بود. همچنین، حشره‌کش‌های دینوتفوران و ایمیداکلوپرید



شکل ۱ - مقایسه میانگین درصد تلفات (± خطای معیار) تیمارهای مختلف روی زنبور پارازیتویید *Encarsia formusa*. حروف مشابه روی ستون نشان‌دهنده فقدان تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد هستند.

Figure 1. Comparing mean percentage mortality (± standard error) of different treatments on *Encarsia formusa*. Similar letters above each column show the lack of significant difference at one percent level (P < 0.01, Tukey's test).

جدول ۳- مقایسه غلظت‌های مختلف امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید بر میزان پارازیته شدن پوره سن سوم سفید بالک گلخانه با تیمار شاهد توسط آزمون تی جفت شده (P = 0.01)

Table 3. Comparison of different concentrations emamectin, spinosad, buprofezin and imidacloprid on the parasitization rate of 3rd nymphal age of whitefly with control treatment by paired t-test (P = 0.01)

Treatments	Dosages (mL L-1)	No. pest	Mean ±Se Parasitized		C index	t(df)	P
			Treatment	Control			
Emamectin	0.450	30	12±0.50	13±1.2	1.20	-1.41(3)	0.252
	0.650	30	8±0.81	14±1.1	0.72	7.34(3)	0.005
	0.860	30	6±0.00	13±1.0	0.50	14.69(3)	0.001
	1.070	30	6±0.81	13±1.3	0.54	12.24(3)	0.001
	1.280	30	3±0.81	12±1.1	0.27	19.59(3)	0.000
Spinosad	0.655	30	12±0.81	13±1.2	1.09	-2.44(3)	0.092
	0.760	30	12±0.00	13±2.2	1.09	-2.44(3)	0.092
	0.865	30	7±0.000	14±2.2	0.53	5.55(3)	0.012
	0.970	30	5±0.81	10±1.2	0.45	14.69(3)	0.001
	1.075	30	2±0.81	13±2.1	0.25	12.01(3)	0.001
Buprofezin	0.300	30	12±0.50	11±1.1	1.20	-1.41(3)	0.252
	0.350	30	11±0.81	12±1.2	0.91	24.90(3)	0.092
	0.400	30	8±0.00	13±1.1	0.61	12.24(3)	0.001
	0.450	30	6±0.81	10±1.2	0.54	8.66(3)	0.003
	0.500	30	3±0.00	9±1.25	0.27	19.59(3)	0.000
Imidacloprid	0.200	30	12±0.81	13±1.2	1.20	-2.61(3)	0.080
	0.275	30	12±0.00	11±1.2	1.09	-1.73(3)	0.182
	0.350	30	5±0.81	13±1.5	0.50	12.24(3)	0.001
	0.425	30	3±0.81	12±1.3	0.27	9.79(3)	0.002
	0.500	30	2±0.00	13±1.2	0.20	19.59(3)	0.000

نیز در کنترل پوره‌ی سن اول مؤثر بودند (Pirmoradi Amozegarfard *et al*., 2011). در بررسی تاثیر آبامکتین و ایمیداکلوپراید روی مراحل زیستی سفیدبالک گلخانه نتایج حاصل نشان داد که هر دو حشره‌کش تاثیر کافی روی مراحل اولیه زیستی این آفت داشتند، ولی آبامکتین نسبت به ایمیداکلوپراید روی مراحل اول زیستی نظیر تخم تاثیر بیشتری داشت. در تحقیق حاضر، تاثیر ایمیداکلوپراید بیشتر بود. طی پژوهش‌های صورت گرفته توسط السوورث و مارتینز کاریللو (Ellsworth and Martinez Carrillo, 2001) روی اثر پیریپروکسیفن و بوپروفزین در پنبه و ایمیداکلوپراید در سبزی و صیفی، این ترکیبات را از مهمترین حشره‌کش‌های مؤثر علیه سفیدبالک *B. tabaci* در ایالات متحده آمریکا اعلام کردند. در تحقیق حاضر نیز اثر ایمیداکلوپراید و بوپروفزین روی سفیدبالک گلخانه بررسی و نتایج نشان داد ایمیداکلوپراید سمی‌ترین ترکیب و بوپروفزین در رتبه دوم از نظر سمیت قرار می‌گیرد که با نتایج حاصل از السورث و مارتینز کاریلو مطابقت دارد دویر و تیری (de Veire and Tirry, 2003) با بررسی سمیت تماسی تعدادی از حشره‌کش‌های جدید روی دشمنان طبیعی از جمله زنبور *E. formosa* در شرایط گلخانه، اعلام کردند که حشره‌کش‌های هالوفنوزید، پی‌متروزین و متوکسی‌فنوزید برای این زنبور کم‌خطر ولی استامی‌پراید، آبامکتین، امامکتین، ایمیداکلوپراید، ایندوکساکارب، اسپینوزاد، تیاکلوپراید و تیامتوکسام دارای سمیت بالا هستند. در تحقیق حاضر نیز امامکتین به‌کار برده شده، پس از بوپروفزین کمترین تاثیر را روی زنبور پارازیتوئید *E. Formosa* داشت. نتایج بررسی‌های وان‌لیوون و همکاران (Van Leeuwen *et al*., 2006) نشان دادکه کاربرد سیستمیک اسپینوزاد به مقدار ۲ میلی‌گرم ماده موثره در هر بوته گوجه فرنگی کنترل بسیار خوبی روی مراحل پورگی سفیدبالک گلخانه داشت، ولی روی حشرات بالغ و زنبور پارازیتوئید *E. formosa* کم‌ضرر بود. در تحقیق حاضر، اسپینوزاد روی پوره‌های سفیدبالک گلخانه و نیز زنبور پارازیتوئید اثر کشندگی نشان داد، که تفاوت در نتایج می‌تواند مرتبط با نحوه کاربرد و نوع فرمولاسیون دو تحقیق باشد. نتایج بررسی ویلیامز و همکاران (Williams *et al*., 2003) در تاثیر اسپینوزاد روی ۵۲ گونه دشمن طبیعی شامل ۲۵ گونه پارازیتوئید نشان داد این حشره‌کش زیست‌پایه می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرد، ولی در مورد حفاظت از پارازیتوئیدها باید با دقت مورد بررسی قرار گیرد. بررسی‌های نارانجو و آکی (Naranjo and Akey, 2004) در مورد استفاده از پیریپروکسیفن و بوپروفزین در تلفیق با دشمنان طبیعی سفیدبالک جالیز نشان داد که این روش، علیه سفیدبالک بسیار مؤثر می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز اثر حشره‌کش‌های اسپینوزاد، امامکتین، ایمیداکلوپراید و بوپروفزین روی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* بررسی شد و بعد از پنج روز نتایج نشان داد ایمیداکلوپراید سمی‌ترین ترکیب و بوپروفزین کم اثرترین حشره‌کش روی زنبور *E. formosa* می‌باشد. پژوهش‌های پالومبو و همکاران (Palumbo *et al*., 2001). بوپروفزین و پیریپروکسیفن را علیه *B. tabaci* در مزارع پنبه، گوجه فرنگی، گرمک و بنت قنسول اثربخش نشان می‌دهد. در بررسی اثر بوپروفزین بر زنبور *E. formosa* نتایج نشان داد حشره‌کش بوپروفزین سمیت کمی روی این زنبور دارد که با نتیجه تحقیق حاضر همخوانی دارد (Sohrabi *et al*., 2012). در تحقیق انجام شده توسط حیدری و همکاران (Heydari *et al*., 2012) روی تاثیر بوپروفزین بر زنبور *E. formosa*، ترکیب بوپروفزین را کم اثر روی این زنبور معرفی کرده و آن را به‌عنوان ترکیب مناسب برای مبارزه تلفیقی آفت سفیدبالک توصیه کردند. رشیدی و نوری قنبلانی (Rashidi and Nouri Ganbalani, 2018) سمیت چند حشره‌کش جدید از جمله بوپروفزین را روی زنبور *E. formosa* مورد ارزیابی قرار دادند و این ترکیب را به‌عنوان ترکیب کم‌خطر برای زنبور پارازیتوئید معرفی کردند که با نتایج تحقیق حاضر نیز مطابقت دارد. در تحقیق غلام‌زاده و همکاران (Gholamzadeh *et al*., 2012) روی تاثیر بوپروفزین علیه زنبور *E. formosa*، این ترکیب به‌عنوان ترکیب امن برای این زنبور معرفی شد که در تحقیق حاضر نیز سم بوپروفزین کمترین تاثیر را در مقایسه با سموم دیگر روی زنبور پارازیتوئید داشت.

در آزمایش انجام گرفته روی ترجیح میزبانی حشرات کامل زنبور *E. formosa*، نتایج نشان داد میانگین تعداد پوره‌های سن سوم پارازیته شده سفید بالک گلخانه توسط زنبور در تیمار بوپروفزین اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت، اما در تیمار پیری‌پروکسی‌فن و فن‌پروپاترین به‌ویژه تیمار فن پروپاترین ترجیح بیشتر زنبور به تخمگذاری روی حشرات شاهد بود (Heidari *et al.*, 2016). آزمایش صورت گرفته در مورد ترجیح میزبانی *E. formosa* به‌روش Leaf choice disk نشان داد که حشره‌کش‌های بوپروفزین و پیری پروکسیفن روی میزان پارازیتیسم تأثیر نداشته؛ به عبارتی زنبور در برخورد با سطوح سمپاشی‌شده با این حشره‌کش‌ها و تیمار شاهد به طور تقریباً یکسان عمل می‌کند؛ در حالی که فن پروپاترین به طور قابل توجهی از میزان پارازیتیسم می‌کاهد. احتمالاً حشره‌کش فن پروپاترین به دلیل خاصیت دورکنندگی مانع از تخم‌ریزی زنبور روی لاروهای میزبان می‌شود (Heidari *et al.*, 2006). بر اساس بررسی‌های سایموند و همکاران (Simmonds *et al.*, 2002) عصاره گیاه پیرترم باعث کاهش تعداد تخم‌ریزی *E. formosa* نسبت به شاهد شد. طی بررسی انجام گرفته توسط ویات و ایروینگ (Wyatt and Irving, 1973) نتایج نشان داد که اثر باقیمانده دو قارچ‌کش بنومیل و دیکلوفلوآنید و دو آفت‌کش تترادیفون و لیندین باعث کاهش رفتار تخم‌ریزی زنبور *E. formosa* می‌شود، در حالی‌که حشره‌کش کارباماته پریمیکارب اثر عکس دارد که علت این پدیده را اثرات دورکنندگی این ترکیبات می‌دانند. در بررسی حاضر اثر غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌ها بر میزان پارازیته شدن پوره سن سوم سفیدبالک نتایج نشان داد در غلظت‌های کم حشره‌کش‌ها اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و حشره‌کش مشاهده نشد، اما در غلظت‌های بالا اختلاف معنی‌دار بود و در تیمار شاهد بیشترین پوره پارازیته شده مشاهده شد.

طبق نتایج تحقیق حاضر، موثرترین حشره‌کش روی پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه بعد از حشره‌کش ایمیداکلوپراید، بوپروفزین می‌باشد. از طرفی نتایج مقایسه میانگین حاصل از تاثیر تلفات تیمارهای امامکتین، اسپینوزاد، بوپروفزین و ایمیداکلوپراید روی زنبور پارازیتوئید انکارسیا نشان داد که حشره‌کش بوپروفزین کم‌خطرترین و ایمیداکلوپراید پرخطرترین حشره‌کش برای این دشمن طبیعی می‌باشد. بنابراین، در مدیریت تلفیقی این آفت کاربرد بوپروفزین با توجه به کم‌اثر بودن روی زنبور *E. formosa* در مقایسه با سایر حشره‌کش‌ها و نیز داشتن سمیت بالا روی مراحل تخم و پوره سن سوم آفت قابل توصیه می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد و همکاری خانم دکتر مه‌سا عبداله زاده بوانی در تجزیه و تحلیل آماری مقاله تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abbott, W. S. 1925. A method of comparing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18, 265-267.

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.

Berlinger, M. J. 1986. Host plant resistance to *Bemisia tabaci*. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 17: 69-82.

Briggs, L. L., Colwell, D. D. and Wall, R. 2006. Control of the cattle Louse *Bovicola bovis* with the fungal pathogen *Metarhizium anisopliae*. **Veterinary Parasitology** 142: 344-348.

Brown, J. K., Frohlich, D. R. and Rosell, R. C. 1995. The sweet potato or silver leaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* oraspeciesco complex. **Annual Review of Entomology** 40: 511-534.

Bruck, E., Elbert, A., Fischer, R., Krueger, S., Kuehnhold, J., Klueken, A. M., Nauen, R., Niebes, J. F., Reckmann, U., Schnorbach, H. J., Steffens, R. and Waetermeulen, X. 2009. Movento, an innovative ambimobile insecticide for sucking pest control in agriculture biological profile and field performance. **Bayer Crop Science Journal** 28(10): 834-844.

Burger, J. M. S., Kormany, A., van Lenteren, J. C. and Vet, L.E. M. 2005. Importance of host feeding for parasitoids that attack honeydew-producing hosts**. Journal Entomologia Experimentalis et Applicata** 117: 147-154.

Cleveland, C. B., Mayes, M. A. and Cryer, S. A. 2001. An ecological risk assessment for Spinosad use on cotton. **Pest Management Science** 58: 70-84.

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.

Dai, P., Ruan, C., Zang L., Wan, F. and Liu L. 2014. Effects of rearing host species on the host-feeding capacity and parasitism of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. **Journal of Insect Science** 114:118.

de Barro, P. J., Liu, S. S., Boykin, L. M. and Dinsdale, A. B. 2011. *Bemisia tabaci:* A statement of species status. **Annual Review of Entomology** 56:1-19.

Dehghani, M. and Ahmadi. K. 2013. Influence of some plant extracts and commercial insecticides on the eggs of *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae). **Archives of Phytopathology and Plant Protection** 46(10): 1127-1135.

de Veire, M. V. and 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.

Ellsworth, P. C. and Martinez Carrillo, J. L. 2001. IPM for *Bemisia tabaci:* a case study from North America. **Crop Protection** 20(1): 853-869.

Fahim, M., Safaralizadeh, M. H. and Safavi, S. A. 2012. Evaluation of the sensitivity of the egg, nymph and adult greenhouse whitefly against of essential oils of mint and cumin in laboratory conditions. **Journal of Agricultural Acknowledge and Sustainable Production** 22(3): 27-35. (In Farsi)

Fazeli-Dinan, M., Talaei-Hassanloui, R. and H. Allahyari, H. 2016. Host preference of *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae) towards untreated and *Lecanicillium longisporum*-treated *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology** 19(4): 1145-1150.

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

Hayashi, H. 1996. Side effects of pesticides on *Encarsia formosa*. Bulletin of the Hiroshima Prefectural **Agriculture Research Center** 64(1): 33-43.

Heidari, A., Moharramipour, S., Pourmirza, A. and Talebi, A. 2005. The effects of proxyfan, and Fenpiropatrin on indices of population growth on *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hom: Aleyrodidae). **Journal of Agricultural Science** 36(2): 95-101. (In Farsi)

Heidari, A., Moharamipour, S., Pourmirza A. A. and Talebi A. A. 2006. Effects of Buprofezin, Pyriproxyfen and Fenpropathrin on The reproductive rarameters of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Journal of Entomological Society of Iran** 25(2): 17-34.

Heidari, A., Kishani Farahani, H. and 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)

Hoddle, M. S., Van Driesche, R. G. and Sanderson, J. P. 1998. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa.* **Annual Review of Entomology** 43: 645-669.

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

Irving, S. N. and Wyatt, I. J. 1973. Effects of sublethal doses of pesticides on the oviposition behavior of *Encarsia formosa.* **Annual Applied Entomology** 75: 57-62.

Ishaaya, I., Kontsedalov, S. and Horowitz, A. R. 2002. Emamectin, a novel insecticide for controlling field crop pests. Japan-Israel Workshop: **Pest Management Science** 58: 1091-1095.

Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology** 109:195-219.

Naranjo, S. E. and Akey, D. H. 2004. Comparative efficacy and selectivity of Acetamiprid for the management of *Bemisia tabaci*. **Arizona Cotton Report** 138: 198-205.

Palumbo, J. C., Horowitz, A. R. and Prabhaker, N. 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection** 20(9): 739-765.

Pirmoradi Amozegarfard, N., Sheikhigarjan, A., Baniameri, V. and 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.

Qiu, B. L., Dang, F., Li, S. J., Ahmed, M. Z., Jin, F. L., Ren, S. X. and Cuthbertson, A. G. S. 2011. Comparison of biological parameters between the invasive B biotype and a new defined Cv biotype of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. **Journal of Pest Science** 84: 419-427.

Rakhshani, E. 2002. Principles of agricultural toxicology. Farhange Jame Publication, Tehran, pp. 374. (In Farsi).

Rashidi, F. and Nouri Ganbalani, G. 2018. Toxicity and sublethal effects of Selected insecticides on life parameters of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Journal of Entomological Science** 53(4): 543-553.

Reddy, P. P. 2013. Recent advances in crop protection: avermectins. New Delhi: Springer, India. pp. 13–24.

Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. and Savin, N. E. 2007. Pesticide Bioassays with Arthropods. CRC Press, pp. 199.

Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. and Savin, N. E. 2003. Pesticide Bioassays with Arthropods. [2]nd ed. CRC Press, pp. 224.

Sain, S. K., Monga, D., Kumar, R., Nagrale, D. T., Kranthi, S. and Kranthi, K. R. 2019. Comparative effectiveness of bioassay methods in identifying the most virulent entomopathogenic fungal strains to control *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). **Egypt Journal Biological Pest Control** 29: 1-11.

Salehi, B., Zarabi, M. and Saber, M. 2013. Toxicity of abamectin and imidacloprid on different life stages of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) reared on two different host plants under greenhouse conditions. **Archives of Phytopathology and Plant Protection** 46 (20): 2428-2435.

Schauff, M., Evans, G. and Heraty, J. 1996. A pictorial guide to the species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitic on whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). In: North America Proceeding of Entomology. **Entomological Society of Washington** 98: 1-35.

Sherratt, T. N. and Harvey, I. F. 1993. Frequency dependent food selection by arthropods: **A Review Biological Journal of the Linnaean Society** 48: 167-186.

Simmonds, M. S. J., Manlove, I. D., Blaney, W. M. and Khambay, B. P. S. 2002. Effects of selected botanical insecticides on the behaviors and mortality of the glasshouse whitefly *Trialurodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 102: 39-42.

Sohrabi, F. 2012. Effects of imidacloprid and buprofezin on *Bemisia tabaci* (Gennadius) and its parasitoids *Eretmocerus mundus* (Mercet) and *Encarsia inaron* (Walker). Ph.D. Thesis. Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. and Mosaddegh, M. 2012. sublethal effects of buprofezin and imidacloprid on the whitefly parasitoid *Encarsia inaron* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Journal of Crop Protection** 32: 83-89.

Su, Q., Pan, H., Liu, B., Chu, D., Xie, W., Wu, Q., Wang, S., Xu, B. and Zhang, Y. 2013. Insect symbiont facilitates vector acquisition, retention and transmission of plant virus. **Science Report** 3(1): 1367.

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

Talebi Jahromi, Kh. 2011. Toxicology of pesticides (insecticides, Acaricides and Raticides). Tehran University Press Center, Iran, pp. 300-492. (In Persian)

Toscano, N. C. and Prabhaker, N. 2011. Spiromesifen: A New Pest Management Tool for Whitefly Management. Available at http://www.insectscience.org /8.04/ref/ abstract 78.html.

Van Lenteren, J. and Woets, J. 1988. Biological and integrated control in greenhouses. **Annual Review of Entomology** 33: 239-269.

Van Lenteren, J. C. 1993. Quality control for natural enemies used in greenhouses. **Bull. SROP** 16(3): 63-89.

Van Leeuwen, T., Van de Veire, M., Dermauw, W. and Tirry, L. 2006**.** Systemic toxicity of spinosad to the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and to the cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. **Phytoparasitica** 34(1):102-108

Van Roermund, H. J. W. and Van Lenteren, J. C. 1992. Life-history parameters of the greenhouse whitefly and the parasitoid *Encarsia formosa*. **Wageningen Agricultural University Papers** 92(3): 1-147.

Williams, T., Valle, J. and Viñuela, **E.** 2003. Is the naturally derived insecticide Spinosad® compatible with insect natural enemies? **Biocontrol Science and Technology** 13(5): 459-475.

Wilson, D. and Anema, B. P. 1988. Development of buprofezin for control of whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* on glasshouse crops in the Netherlands and the U.K., pp. 175-180. In: British Crop Protection Conference – Pests and Diseases, Brighton, Lavenham, Suffok, U.K.

Yasui, M. 1987. Effect of buprofezin on reproduction of the greenhouse sweet potato whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*(Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). **Applied Entomology and Zoology** 22: 266-271.

Plant Pest Research
2021- 11 (2): 25-38

Research paper

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)

E. Shafaei[1], A. Hosseinzadeh[1]*, A. Ghassemi-Kahrizeh[1] and Sh. Aramideh[2]
1. Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran, 2. Department of Plant Protection, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: Jun 18, 2021- Accepted: September 15, 2021)

Abstract

Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* West.) as a polyphage greenhouse pest with a large number of generations is one of the most important crop and greenhouse pests. In this study, the toxicity of emamectin, spinosad, buprofezin and imidacloprid on greenhouse whitefly and parasitoid wasps *Encarsia formosa* was investigated. The LC_{50} values obtained from the probit analysis of bioassay data as a result of the effect of different concentrations of emamectin, spinosad, buprofezin and imidacloprid on 3rd nymph stage of greenhouse whitefly after 24, 48 and 72 hours were (1.72, 1.33, 1.31 and 0.63), (1.40, 1.31, 1.27 and 0.44) and (1.15, 1.04, 0.93 and 0.31) ml L^{-1}, respectively. According to these results, the most effective insecticide on 3rd nymph of whitefly was imidacloprid during 24, 48 and 72 hours and the least effective insecticide was emamectin. The results of analysis of variance and comparison of mean mortality due to treatments of emamectin, spinosad, buprofezin and imidacloprid on *E. formosa* after 5 days showed that buprofezin was the least dangerous and imidacloprid was the most dangerous insecticide for this natural enemy.Therefore, in integrated management of this pest, due to the ineffectiveness of buprofezin on *E. formosa* in comparison with other insecticides and also having high toxicity on the egg and 3rd nymph stage of the pest is recommended.

Key words: Relative toxicity, Lethal, Whitefly, *Encarsia formosa*

*Corresponding author: A.hosseinzadeh@iau-mahabad.ac.ir