



مقاله پژوهشی

کارایی حشره‌کش‌های تیاکلوپراید، اسپروتترامات و ایمیداکلوپراید در کنترل پسیل آسیائی مرکبات *Diaphorina citri* و اثرات جانبی آن‌ها روی زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata* در جنوب کرمانسمیه رنجبر[✉]

استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران
(تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۳)

چکیده

پسیل آسیایی مرکبات *Diaphorina citri* یکی از مهم‌ترین آفات مرکبات در دنیا است. در بخش اول آزمایش با هفت تیمار شامل تیاکلوپراید (OD24%)، اسپروتترامات (SC10%)، ایمیداکلوپراید (SC 35%) و آب در چهار تکرار انجام شد. در بخش دوم تأثیر حشره‌کش‌های فوق بر مرگ و میر حشرات کامل و شفیره و نرخ پارازیتیسیم زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata* بررسی شد. نتایج نشان داد در روز سوم پس از سمپاشی ایمیداکلوپراید با غلظت‌های ۰/۷۵ و یک در هزار بیشترین تلفات را روی پوره (۷۱/۵۶ و ۶۹/۴ درصد) داشته است. سمیت ایمیداکلوپراید (۰/۷۵ و یک در هزار) روی حشرات کامل زنبور بیش از ۸۰ درصد بود که در گروه سوم با خطر متوسط قرار گرفت. تیاکلوپراید و اسپروتترامات با سمیت کمتر از ۷۰ درصد در گروه دوم با خطر جزئی قرار گرفتند. درصد ظهور حشرات کامل از شفیره‌های در معرض اسپروتترامات بیش از ۹۰ درصد و تیاکلوپراید حدود ۸۰ درصد بود. بیشترین درصد پارازیتیسیم زنبور در شاهد (۹۰/۱ درصد) و بعد از آن در اسپروتترامات (۰/۵ و ۰/۷۵) به ترتیب ۸۵/۴ و ۸۱/۹ درصد مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پسیل مرکبات، تلفات، حشره‌کش‌ها

Efficacy of thiacloprid, spirotetramat and imidacloprid insecticides on *Diaphorina citri* and their side effects on *Tamarixia radiata* in the south of Kerman

S. RANJBAR[✉]

Plant Protection Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran

Abstract

Citrus psylla (*Diaphorina citri*) is one of the most important citrus pests in the world. In the first part, the experiment was carried out with five treatments including thiacloprid (OD24%), spirotetramat (SC10%), imidacloprid (SC 35%) and control in four replications. In the second part, the effect of the mentioned insecticides on the mortality of adult and pupa and parasitism rate of *Tamarixia radiata* was investigated. The results showed, in three days after spraying, imidacloprid (0.75 and 1 ml/L) had the greatest effect on Asian citrus psyllid (71.56 and 69.4%). The toxicity of imidacloprid on parasitoid adults was more than 80% which it was placed in the third group moderated harm. Thiacloprid and spirotetramat had less than 70% toxicity and were placed in the second group slightly harm. The Emergence percentage of adults from pupa exposed to spirotetramat was more than 90% and thiacloprid about 80%. The highest parasitism percentage of parasitoid was occurred in control (90.1%) and then in spirotetramat (0.5 and 0.75 ml/L) 85.4 and 81.9% respectively.

Keywords: *Diaphorina citri*, insecticides, mortality

✉ s.ranjbar20017@gmail.com

مقدمه

پروکس با درصد کارایی ۷۱، ۷۱، ۷۶، ۸۱ و ۸۸ درصد به ترتیب در دوره‌های آماربرداری فوق در مرتبه سوم قرار داشته‌اند (Ferreira and Silva, 2014). نتایج تحقیقی نشان داده حشره‌کش‌های تیاکلوپراید، اسپیروتترامات و ایمیداکلوپراید ۱۴ روز پس از سم‌پاشی به ترتیب ۸۵، ۹۰ و ۸۹ درصد تلفات در جمعیت پوره‌های آفت ایجاد کرده‌اند (Heidari et al., 2018) در تحقیقی مشخص شده محلول‌پاشی شاخه و برگ در مقایسه با تزریق حشره‌کش داخل تنه درخت و کاربرد از طریق خاک کارایی بیشتری در کنترل پسیل مرکبات در جنوب ایران دارد و در روش سم‌پاشی اندام‌های هوایی درخت حشره‌کش‌های تیماتوکسام (آکتارا)، تیماتوکسام (مموری)، ایمیداکلوپراید و دی‌متوات با درصد تأثیر ۸۷، ۸۹/۹، ۸۳/۲ و ۸۰/۱ به ترتیب موثرترین تیمارها بوده‌اند (Heidari et al., 2013). زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) یک دشمن طبیعی فعال و اختصاصی روی پسیل آسیایی مرکبات در جنوب کشور است (Hasanpour et al., 2010). این زنبور پوره‌های سنین ۳ تا ۵ پسیل مرکبات را جهت پارازیته کردن ترجیح می‌دهد. همچنین حشرات کامل زنبور از تخم و پوره‌های سنین ۱ تا ۳ این آفت نیز تغذیه می‌کنند (Beloti et al., 2015). کاربرد ترکیبات آفت‌کش جهت کنترل پسیل مرکبات می‌تواند خطرات زیستی برای این حشره مفید داشته باشد (Chen and Stansly, 2014; Mann and Stelinski, 2012). نتایج پژوهشی در کشور برزیل نشان داده‌است تأثیر گاماسی‌هالوترین، اتوفن پروکس، تبوفنوزید، آزادیریختین و پیری پروکسی فن بر زنده مانی حشرات کامل زنبور *T. radiata* براساس معیارهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (International organization for biological control (IOBC) در گروه بی‌زیان (Harmless) (کلاس ۱) بوده است. تأثیر دی‌متوات و کلرپیریفوس بر زنده مانی و ظهور حشرات کامل حاصل از شفیره‌های تیمار شده در گروه زیان‌بار (Harmful) (کلاس ۴) قرار گرفته. همچنین حشره‌کش‌های تبوفنوزید، گاماسی‌هالوترین، پیری پروکسی فن و اتوفن پروکس به ترتیب موجب کاهش پارازیتسم زنبور به میزان ۷۹، ۷۱، ۴۸

پسیل آسیایی مرکبات (*Diaphorina* (Hemiptera: Liviidae) یکی از مهم‌ترین آفات مرکبات در جنوب کشور می‌باشد (Bove et al., 2006; Heidari et al., 2018). این آفت در حین تغذیه از شیره گیاهی برگ‌ها باکتری عامل بیماری میوه سبز (Greening (Huanglongbing disease (HLB)) مرکبات *Candidatus liberibacter asiaticus* را نیز انتقال می‌دهد. این بیماری همه‌گیر شده و طی چند سال درختان آلوده را از بین می‌برد (Conant et al., 2007; Jepson, 2008).

کنترل شیمیایی پسیل آسیایی مرکبات به‌عنوان ناقل بیماری میوه سبز، یکی از ارکان اصلی مدیریت بیماری در باغات مرکبات جهان می‌باشد (Grafton Cardwell et al., 2013). نتایج پژوهشی در این زمینه نشان داده است سه روز پس از محلول‌پاشی دی‌متوات، فوزالون و ایمیداکلوپراید بیش از ۸۰ درصد روی پسیل مرکبات در منطقه بلوچستان تأثیر داشته‌اند (Motemedi Nia and Morovati, 2005). در تحقیقی دیگر در مکزیک مشخص شد حشره‌کش‌های دی‌متوات و ایمیداکلوپراید موجب کنترل ۱۰۰ درصدی پسیل مرکبات در جوانه‌های نورسته شده است، به عکس روغن‌های گیاهی کنترل مطلوبی روی پسیل مرکبات نداشتند (Hernandez- Fuentes et al., 2012).

نتایج پژوهشی در برزیل نشان داده است لامبدا‌سای‌هالوترین+تیماتوکسام، فوسمت و ایمیداکلوپراید کارایی بالایی ۸۰ درصد روی پسیل مرکبات داشته‌اند. اختلاط کنه‌کش اسپیرودی‌کلوفن با لامبدا‌سای‌هالوترین+تیماتوکسام و فوسمت اثر منفی نداشت ولی بر سمیت ایمیداکلوپراید تأثیر آنتاگونیستی داشته است (Della Vecchia and Andrade, 2018). در تحقیقی دیگر در کشور برزیل مشخص گردیده دی‌متوات و ایمیداکلوپراید موجب مرگ و میر ۱۰۰ درصدی پوره‌های پسیل مرکبات در ۱، ۲، ۳، ۴ و ۷ روز پس از سمپاشی شده‌اند. حشره‌کش لامبدا‌سای‌هالوترین با ۹۴ درصد تلفات در روزهای پس از تیمار در رده بعدی قرار گرفته‌اند. همچنین اتوفن

مذکور وجود داشت، پژوهشی با هدف ارزیابی کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی پسیل مرکبات و سمیت حاد و اثرات زیرکشنندگی آن‌ها روی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید این آفت انجام گردید. گروه‌بندی آفت‌کش‌ها براساس معیارهای سازمان کنترل بیولوژیک می‌تواند به کاربرد مؤثرتر ترکیبات شیمیایی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات کمک کند.

روش بررسی

کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی مرحله پوره پسیل آسیایی مرکبات این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار شامل حشره‌کش‌های تیاکلوپراید (بیسکایا® OD24% شرکت بایر آلمان) غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ در هزار، اسپیروتترامات (مونتو® SC10% شرکت کاوش کیمیا کرمان، ایران) ۰/۵ و ۰/۷۵ در هزار، ایمیداکلوپراید (کونفیدور® SC 35% شرکت گل سم گرگان، ایران) ۰/۷۵ و یک در هزار (Plant Protection Organization, 2024) و شاهد (آب) در چهار تکرار اجرا شد. آزمایش در باغ یک هکتاری لیمو ترش (Shafaghi et al., 2010) با شرایط یکسان باغبانی در شهر مردهک از توابع جنوب کرمان انجام شد. چهار ردیف از درختان باغ انتخاب و دو درخت برای هر تکرار در نظر گرفته شد. عملیات سم‌پاشی دو مرحله اواخر اسفند ۱۴۰۰ و اواخر شهریور ۱۴۰۱ هم‌زمان با رویش جوانه‌های نورسته درختان مرکبات و خروج پوره‌های پسیل مرکبات انجام شد. سم‌پاشی توسط سمپاش فرغونی لانس‌دار با مخزنی به ظرفیت ۱۰۰ لیتر صورت گرفت. برای ارزیابی تأثیر تیمارها، نمونه‌برداری و شمارش پوره‌های زنده آفت یک روز قبل از محلول‌پاشی و در دوره‌های زمانی ۳، ۷ و ۱۴ روز بعد از اعمال تیمار انجام گرفت. نمونه‌برداری از چهار جهت درخت انجام شد، به این صورت که از هر جهت دو شاخه جوان ۱۰ سانتی‌متری، از وسط و پایین چیده و داخل پاکتی با درج مشخصات تیمار به آزمایشگاه منتقل و تعداد حشرات زنده شمارش شدند. درصد مرگ و میر اصلاح شده

و ۳۵ درصد شده‌اند (Beloti et al., 2015). در تحقیق دیگری در برزیل تأثیر بی‌فترین، کربوسولفان، فن‌پروپاترین و اکریناترین سبب مرگ و میر بالای ۷۷ درصد زنبور *T. radiata* شدند و بر اساس معیارهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک در گروه زیان‌بار (کلاس ۴) قرار گرفتند. اثر آدامکتین، اسپیرودیکلوفن، هگزی تیاوکس، فن پیروکسی میت و پروپارزیت بر زنده‌مانی زنبور در گروه کمی زیان‌بار (Slightly harm) بوده است. دیکوفول و پیریدابن تأثیری بر بقای حشرات کامل زنبور نداشته و در گروه بی‌زیان تقسیم بندی شدند (Lira et al., 2015). طبق نتایج پژوهشی در فلوریدا مرگ و میر ناشی از حشره‌کش‌های آدامکتین، کارباریل، کلرپیریفوس، ایمیداکلوپراید و پودر کائولین روی حشرات کامل زنبور *T. radiata* ۲۴ ساعت پس از سمپاشی مستقیم برگ‌های مرکبات به ترتیب ۱۰۰، ۸۸/۱، ۹۵/۶، ۸۸/۲ و ۴/۵ درصد ثبت شده است. همچنین کاربرد حشره‌کش‌های مذکور به‌روش باقیمانده آفت‌کش روی برگ میزبان بعد از ۲۴ ساعت موجب تلفات ۱۰۰، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۱/۴ درصدی روی حشرات کامل زنبور شدند (Hall and Nguyen, 2010).

کنترل شیمیایی پسیل آسیایی مرکبات به‌دلیل انتقال بیماری میوه سبز اهمیت ویژه‌ای داشته چون مهار ناقل نقش به‌سزایی در مدیریت بیماری در مناطق مرکبات‌خیز کشور دارد. از سوی دیگر زنبور پارازیتوئید *T. radiata* یک گونه دشمن طبیعی فعال در مناطق آلوده به پسیل است که می‌تواند در کنار سایر روش‌ها، کنترل مطلوبی در جمعیت آفت داشته باشد (Postali Parra et al., 2016). در حال حاضر حشره‌کش‌های تیمتوکسام، اسپیروتترامات، تیاکلوپراید و فلوپیرادیفوران برای کنترل پسیل در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرند (Yeganeh, 2022) که به‌دلیل قدرت زادآوری بالای این گروه از حشرات تعداد دفعات سمپاشی و دز مصرفی آفت‌کش‌ها بیش از حد معمول بوده و اثرات منفی روی دشمنان طبیعی این آفات دارد. از آنجائی که اطلاعات اندکی در مورد اثرات کشندگی و زیرکشنندگی حشره‌کش‌های مورد استفاده در باغات مرکبات روی زنبور

توسط فرمول هندرسون-تیلتون محاسبه گردید (رابطه ۱) (Puntener, 1981). سپس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (9.4) تجزیه و میانگین‌ها با آزمون توکی مقایسه شدند.

$$\text{رابطه ۱)} \quad 100\text{Mortality}\% = (1 - \frac{\text{Ta} \times \text{Cb}}{\text{Tb} \times \text{Ca}}) \times$$

Ta و Tb: میانگین تعداد آفت در تیمار بعد و قبل از سمپاشی، Ca و Cb: میانگین تعداد آفت در شاهد بعد و قبل از سمپاشی به ترتیب

اثرات جانبی حشره‌کش‌های مختلف بر زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata* جمع‌آوری زنبور

برای جمع‌آوری حشرات کامل زنبور از یک باغ لیموترش واقع در شهر مردهک از توابع جنوب کرمان انتخاب شد. در این باغ هیچ گونه سمپاشی انجام نشده بود و فعالیت زنبور پارازیتوئید مذکور روی پوره‌های مومیایی شده پسیل مشاهده می‌شد. برگ و شاخه‌های مرکبات حاوی پوره مومیایی چیده، درون پلاستیک گذاشته و به آزمایشگاه با شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت 65 ± 5 درصد و دوره روشنایی $16:8$ ساعت منتقل شدند. سپس برگ‌ها و شاخه‌های مرکبات در ظروف استوانه‌ای به قطر ۱۷ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر که در دیواره آن‌ها سوراخ‌های پوشیده با توری ارگاندی جهت تهویه تعبیه شده بود، قرار گرفتند. ظروف استوانه‌ای روزانه بررسی شدند و از زنبورهای تازه ظاهر شده با متوسط سن 24 ± 1 ساعت برای آزمایش‌های زیست‌سنجی استفاده گردید.

آزمایش زیست‌سنجی روی حشرات کامل زنبور *T. radiata* جهت ارزیابی تأثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی زنبور پارازیتوئید از دیسک‌های برگی مرکبات رقم لیموترش به قطر چهار سانتی‌متر استفاده شد. ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سمی از حشره‌کش‌های تیاکلوپراید (غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ در هزار)، اسپیروترامات (۰/۵ و ۰/۷۵ در هزار)، ایمیداکلوپراید (۰/۷۵ و ۱ در هزار) در آب مقطر تهیه شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده گردید. پنج تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. دو میلی‌لیتر از هر محلول حشره‌کش توسط برج پاشش

فشار تعدیل شده ۱۴ میلی‌بار روی دیسک‌های برگی پاشیده شد، به طوری که پوشش یکنواختی از محلول سمی به میزان $1/0 \pm 1/1$ میلی‌لیتر در هر مترمربع روی سطح مورد نظر ایجاد گردید. بعد از پاشش، جهت خشک شدن باقیمانده آفت‌کش دیسک‌های برگی روی کاغذ صافی به مدت یک ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. سپس دیسک‌ها داخل ظروف پتری به قطر ۵۰ میلی‌متر روی بستری از ژل آگار ۱/۵ درصد قرار داده شدند. برای ایجاد تهویه، روی درب پتری سوراخی که با توری پوشیده شده، تعبیه گردید. حشرات کامل زنبور (میانگین سن 24 ± 1 ساعت) بوسیله اسپیراتور از ظروف پرورش جمع‌آوری و در ظروف شیشه‌ای مکاری (قطر ۳ و ارتفاع ۶ سانتی‌متر) منتقل شدند. سپس جهت کاهش تحرک زنبورها به مدت یک دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس قرار گرفتند. ده حشره کامل زنبور به هر ظرف پتری منتقل گردید. داخل پتری (قطر ۵۰ میلی‌متر) یه رول پنبه‌ای آغشته به آب و عسل جهت تغذیه زنبورها در طول دوره ارزیابی تیمارها قرار داده شد. بعد از آن درب پتری‌ها بسته و با استفاده از ورق‌های پارافیلیم (Parafilm) مسدود شدند. ظروف پتری به اتاقک پرورش با شرایط ذکر شده منتقل شدند. ارزیابی تأثیر حشره‌کش‌ها ۲۴ ساعت پس از آزمایش زیست‌سنجی به صورت شمارش حشرات زنده و مرده زنبور در هر ظروف پتری انجام گردید. حشراتی که با تماس قلم مو عکس‌العمل نشان ندادند، مرده محسوب شدند. درصد مرگ و میر هر تیمار توسط فرمول آبوت تصحیح شد (رابطه ۲) (Abbott, 1925).

رابطه ۲: $100\text{Mortality}\% = \frac{\text{mortality}\%(\text{treatment}) - \text{mortality}\%(\text{control})}{100 - \text{mortality}\%(\text{control})} \times$

سپس درصد مرگ و میر اصلاح شده براساس شاخص‌های سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک مورد ارزیابی و در گروه‌های مربوطه قرار گرفتند (جدول ۱) (Vogt, 1994).

جدول ۱- معیارهای سازمان IOBC برای گروه‌بندی تأثیر آفت‌کش‌ها روی حشرات مفید

توسط فرمول هندرسون-تیلتون محاسبه گردید (رابطه ۱) (Puntener, 1981). سپس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (9.4) تجزیه و میانگین‌ها با آزمون توکی مقایسه شدند.

$$\text{رابطه ۱)} \quad 100\text{Mortality}\% = (1 - \frac{\text{Ta} \times \text{Cb}}{\text{Tb} \times \text{Ca}}) \times$$

Ta و Tb: میانگین تعداد آفت در تیمار بعد و قبل از سمپاشی، Ca و Cb: میانگین تعداد آفت در شاهد بعد و قبل از سمپاشی به ترتیب

اثرات جانبی حشره‌کش‌های مختلف بر زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata* جمع‌آوری زنبور

برای جمع‌آوری حشرات کامل زنبور از یک باغ لیموترش واقع در شهر مردهک از توابع جنوب کرمان انتخاب شد. در این باغ هیچ گونه سمپاشی انجام نشده بود و فعالیت زنبور پارازیتوئید مذکور روی پوره‌های مومیایی شده پسیل مشاهده می‌شد. برگ و شاخه‌های مرکبات حاوی پوره مومیایی چیده، درون پلاستیک گذاشته و به آزمایشگاه با شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت 65 ± 5 درصد و دوره روشنایی $16:8$ ساعت منتقل شدند. سپس برگ‌ها و شاخه‌های مرکبات در ظروف استوانه‌ای به قطر ۱۷ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر که در دیواره آن‌ها سوراخ‌های پوشیده با توری ارگاندی جهت تهویه تعبیه شده بود، قرار گرفتند. ظروف استوانه‌ای روزانه بررسی شدند و از زنبورهای تازه ظاهر شده با متوسط سن 24 ± 1 ساعت برای آزمایش‌های زیست‌سنجی استفاده گردید.

آزمایش زیست‌سنجی روی حشرات کامل زنبور *T. radiata*

جهت ارزیابی تأثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی زنبور پارازیتوئید از دیسک‌های برگی مرکبات رقم لیموترش به قطر چهار سانتی‌متر استفاده شد. ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سمی از حشره‌کش‌های تیاکلوپراید (غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ در هزار)، اسپیروترامات (۰/۵ و ۰/۷۵ در هزار)، ایمیداکلوپراید (۰/۷۵ و ۱ در هزار) در آب مقطر تهیه شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده گردید. پنج تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. دو میلی‌لیتر از هر محلول حشره‌کش توسط برج پاشش

زنبور از قفس‌ها حذف شدند. شاخه‌های هر نهال آلوده ۲۰ عدد پوره سن چهار بودند. جهت تغذیه حشره کامل زنبور قطرات عسل روی برگ‌های لیموترش قرار داده شد. برای هر تیمار حشره‌کش ۱۰ تکرار در نظر گرفته شد. هر تکرار شامل یک حشره ماده زنبور بود. از روز نهم بعد از تماس حشرات ماده زنبور با میزبان، نرخ ظهور حشرات کامل بر اساس تعداد حشرات کامل خارج شده از پوره‌های پارازیت شده پسپیل مرکبات ارزیابی شد. طول دوره رشدی از تخم تا حشره کامل نیز تعیین شد (Rosa et al., 2012). درصد کاهش پارازیتسم زنبور طبق رابطه ۳ محاسبه گردید. سپس مقادیر درصد کاهش پارازیتسم برای هر حشره‌کش بر اساس معیارهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱).

$$\text{رابطه ۳: } R = \left[1 - \left(\frac{P}{p}\right)\right] \times 100$$

R: درصد کاهش پارازیتسم، P: میانگین پارازیتسم برای هر حشره‌کش، p: میانگین پارازیتسم برای شاهد تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم افزار SAS (9.4) انجام و میانگین‌ها بوسیله آزمون توکی مقایسه شدند.

نتایج

کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی مرحله پوره پسپیل آسیایی مرکبات نتایج تجزیه آماری نشان داد بین تیمارهای مختلف از نظر میزان تأثیر حشره‌کش‌ها روی پوره پسپیل مرکبات در روزهای سوم، هفتم و چهاردهم بعد از محلول‌پاشی، (F=175/86, df=5, p<0.0001, F=145/93, df=5, p= 0.0001, F=154/57, df=5, . p<0.0001) اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

مقایسه میانگین‌ها در روز سوم پس از محلول‌پاشی نشان داد ایمیداکلورپراید در هر دو غلظت بیشترین تلفات را روی مرحله پورگی پسپیل مرکبات (به ترتیب ۷۱/۵۶ و ۶۹/۴ درصد مرحله اول و ۷۸/۲ و ۷۰/۳۲ درصد مرحله دوم) وارد کرده است. از روز هفتم به بعد کارایی اسپروتترامات در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت. در هفت روز پس از محلول‌پاشی اسپروتترامات (غلظت ۰/۷۵) و تیاکلورپراید (۰/۷۵) با

Table 1. Standards of IOBC for grouping pesticides effects on natural enemies

Group number	Group name	Pesticides effects on natural enemies
1	Harmless	30% < M(or R)
2	Slightly harm	30 ≤ M(or R) < 79%
3	Moderated harm	80 ≤ M(or R) ≤ 99
4	Harmful	M(or R) > 99%

(IOBC-WPRS, 2023; Vogt, 1994) M: mortality%, R: parasitism reduction %

آزمایش زیست‌سنجی روی مرحله متحمل زنبور *T. radiata* (شفیره)

در این آزمایش از نهال‌های لیموترش آلوده به پوره‌های سنین ۳ تا ۵ پسپیل مرکبات استفاده گردید. به این صورت که نهال‌های آلوده داخل قفس‌هایی به ابعاد ۱۰۰×۵۰×۵۰ قرار گرفتند. ۵۰ حشره بالغ زنبور جهت پارازیت کردن ۲۰ پوره پسپیل به مدت ۴۸ ساعت داخل قفس رهاسازی، سپس حذف شدند. نه روز پس از پارازیت شدن میزبان از پوره‌های مومیایی حاوی شفیره زنبور جهت آزمایش زیست‌سنجی استفاده گردید (Rosa et al., 2012). به این صورت که شاخه‌های حاوی پوره مومیایی برش داده شده و توسط برج پاشش با محلول حشره‌کش‌های ذکر شده در چهار تکرار برای هر تیمار سمپاشی شدند. از آب مقطر به عنوان تیمار شاهد استفاده گردید. پس از سمپاشی، شاخه‌ها به ظروف پتری با قطر هشت سانتی‌متر محتوی پنبه مرطوب منتقل و روزانه بررسی شدند. درصد ظهور حشرات کامل زنبور ثبت و نسبت جنسی آن‌ها محاسبه گردید. برای تعیین طول عمر حشرات کامل، ۱۰ جفت حشره نر و ماده زنبور داخل شیشه‌های مکاری (قطر چهار و ارتفاع پنج سانتی‌متر) که روی درب آن‌ها با توری پوشانده شده بود، منتقل شدند. قطعه پنبه آغشته به آب و عسل جهت تغذیه زنبورها داخل شیشه قرار گرفت و طول دوره زنده‌مانی آن‌ها بررسی گردید.

تأثیر حشره‌کش‌های آزمایشی بر نرخ پارازیتسم زنبور *T. radiata*

حشرات ماده زنبور خارج شده از شفیره‌های که در معرض حشره‌کش‌ها قرار گرفته و زنده مانده بودند (آزمایش سوم)، به قفس‌هایی از جنس پارچه توری محتوی یک نهال جوان لیموترش جهت پارازیت کردن پوره‌های پسپیل آسیایی مرکبات به مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند. سپس حشرات ماده

Imidacloprid (1)	78.2±0.19 a	63.1±0.09	49.56±0.9 c
-------------------------	-------------	-----------	-------------

b

Means followed by the same letter in a column do not differ significantly; $p < 0.05$.

اثرات جانبی حشره‌کش‌های مختلف بر زنبور پارازیتوئید *T. radiata*
 نتایج آزمایش سمیت حاد حشره‌کش‌های آزمایشی روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *T. radiata* اختلاف معنی‌دار آماری نشان داد ($F=22.85$, $df=5$, $p<0.0001$). گروه‌بندی میانگین تأثیر حشره‌کش‌ها روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید بر اساس معیارهای سازمان IOBC مشخص کرد سمیت ایمیداکلوپراید در هر دو غلظت بیش از ۸۰ درصد بوده و در گروه سوم با خطر متوسط قرار گرفته است. دو حشره‌کش تیاکلوپراید و اسپیروتترامات سمیت کمتر از ۷۰ درصد داشتند و در گروه دوم با خطر جزئی قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ۴- طبقه‌بندی میانگین تأثیر حشره‌کش‌ها روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata* بر اساس معیارهای سازمان IOBC
Table 4. Classification of efficiency percent of insecticides on *Tamarixia radiata* adults based on IOBC

Treatments (ml/L)	Mortality%	Group number	Group name
Thiacloprid (0.5)	64.25±0.72b	2	slightly harm
Thiacloprid (0.75)	69.43±0.6b	2	slightly harm
Spirotetramat (0.5)	51.85±0.3c	2	slightly harm
Spirotetramat (0.75)	55.7±0.5c	2	slightly harm
Imidacloprid (0.75)	80.26±0.1a	3	moderated harm
Imidacloprid (1)	84.9±0.24a	3	moderated harm

Means followed by the same letter in a column do not differ significantly; $p < 0.05$.

نتایج تجزیه آماری نشان داد تأثیر حشره‌کش‌ها بر ظهور حشرات کامل خارج شده از شفیره‌های تیمار شده زنبور پارازیتوئید *T. radiata* تفاوت معنی‌دار داشته است. درصد ظهور حشرات کامل از شفیره‌های در معرض حشره‌کش

میانگین‌های ۷۰/۱۱ و ۶۸/۳۲ درصد موثرترین تیمارها بودند و کمترین تلفات در تیاکلوپراید (۰/۵) (۴۶/۵ درصد) مشاهده شد. در روز چهاردهم اسپیروتترامات در دو غلظت آزمایشی و تیاکلوپراید (۰/۷۵) بیشترین تلفات را روی پوره‌های پسیل مرکبات در دو مرحله سمپاشی ایجاد کردند (جدول ۲ و ۳).
 جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر حشره‌کش‌ها بر پوره‌های پسیل مرکبات در روزهای بعد از سمپاشی (مرحله اول اسفند ۱۴۰۰)

Table 2. Means comparison of efficiency percent (\pm SE) of different treatments applied on *Diaphorina citri* nymphs (first stage spraying- March 2022)

Treatments (concentration) ml/L	3 days after treatment	7 days after treatment	14 days after treatment
Thiacloprid (0.5)	45.3±0.42c	46.5±0.27 d	46.3±0.7 c
Thiacloprid (0.75)	55.25±0.65b	68.32±0.4 a	53.2±0.15 b
Spirotetramat (0.5)	57.15±0.7b	61.5±0.23 b	64.4±0.22 a
Spirotetramat (0.75)	60.2±0.31b	70.11±0.6 a	65±0.71 a
Imidacloprid (0.75)	69.4±0.17a	54.34±0.1 c	47.3±0.42 c
Imidacloprid (1)	71.56±0.2 a	60.25±0.8 b	49.8±0.5 c

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر حشره‌کش‌ها روی پوره‌های پسیل مرکبات در روزهای بعد از سمپاشی (مرحله دوم شهریور ۱۴۰۱)

Table 3. Means comparison of efficiency percent (\pm SE) of different treatments applied on *Diaphorina citri* nymphs (second stage spraying-September 2022)

Treatments (concentration) ml/L	3 days after treatment	7 days after treatment	14 days after treatment
Thiacloprid (0.5)	46.5±0.13 d	47.2±0.31 d	40.3±0.7 d
Thiacloprid (0.75)	52.8±0.1 c	70.7±0.3 a	51.7±0.65 b
Spirotetramat (0.5)	56.4±0.1 c	60.8±0.4 b	67.1±0.3 a
Spirotetramat (0.75)	68.1±0.6 b	71.41±0.23 a	68±0.05 a
Imidacloprid (0.75)	70.32±0.3 b	56.08±0.5 c	49.6±0.1 c

تجزیه آماری تأثیر حشره‌کش‌ها بر نرخ پارازیتسم حشرات ماده حاصل از شفیره‌های تیمار شده زنبور *T. radiata* (F=19.67, df=5, p<0.0001) نشان داد بین تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود داشته است. همچنین از نظر درصد کاهش پارازیتسم نیز بین تیمارها با شاهد اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد. بیشترین درصد پارازیتسم مربوط به شاهد (۹۰/۱ درصد) بود. بعد از آن تیمارهای اسپروتترامات (دو غلظت ۰/۵ و ۰/۷۵) به ترتیب ۸۵/۴ و ۸۱/۹ قرار داشتند. حشره‌کش تیاکلوپراید غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ با پارازیتسم ۷۰/۱۵ و ۶۲/۴ درصد به ترتیب در رده بعدی قرار گرفتند. کمترین نرخ پارازیتسم مربوط به ایمیداکلوپراید بود (جدول ۶).

کاهش پارازیتسم در تیمار اسپروتترامات (هر دو غلظت) کمتر از ۱۰ درصد محاسبه گردید، لذا از نظر شاخص‌های سازمان کنترل بیولوژیک در گروه یک بی‌خطر قرار گرفتند. در تیمارهای تیاکلوپراید (غلظت ۰/۷۵) و ایمیداکلوپراید کاهش پارازیتسم به ترتیب ۶۲/۴، ۴۵/۰۹ و ۳۹/۵ درصد ثبت شد. بر این اساس در گروه دوم با خطر جزئی قرار گرفتند. از نظر طول دوره زندگی تخم تا ظهور نتاج جدید زنبور، تفاوت معنی‌داری بین حشره‌کش‌ها مشاهده نشد، لیکن تنها با شاهد تفاوت داشتند. نرخ ظهور حشرات کامل زنبور حاصل از پوره‌های مومیایی شده نشان داد بیشترین درصد ظهور در شاهد (۹۸/۳) و بعد از آن در اسپروتترامات غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ به ترتیب ۹۱/۲ و ۸۹/۵۲ درصد اتفاق افتاده است. کمترین ظهور هم در ایمیداکلوپراید مشاهده گردید (جدول ۶).

اسپروتترامات بیش از ۹۰ درصد (گروه a) و تیاکلوپراید حدود ۸۰ درصد (گروه b) بود. کمترین ظهور حشرات کامل در تیمار ایمیداکلوپراید (غلظت ۱ میلی‌لیتر در لیتر) (میانگین ۶۸/۱ درصد) مشاهده گردید. نسبت جنسی حشرات کامل حاصل از شفیره‌های زنبور پارازیتوئید در همه تیمارها نشان داد تعداد حشرات ماده ظهور کرده بیش از نرها بوده است. بیشترین طول عمر حشرات کامل خارج شده از شفیره‌های تیمار شده با تیاکلوپراید (هر دو غلظت) و اسپروتترامات (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر) به ترتیب ۶/۷، ۶/۳ و ۶/۲ روز مشاهده شد. حشرات کامل کمترین زنده مانی را در تیمار ایمیداکلوپراید (هر دو غلظت) (۱/۵ و ۲ روز) داشتند (جدول ۵).

جدول ۵- تأثیر حشره‌کش‌ها بر ویژگی‌های زیستی حشرات کامل

Tamarixia radiata حاصل از شفیره‌های تیمار شده

Table 5. The effect of insecticides on the biological parameters of *Tamarixia radiata* adults from treated pupa

Treatments (ml/L)	Emergence %± SE	Sex ratio (male:female)	Longevity %±SE (day)
Thiacloprid (0.5)	78.5±0.25 c	1:1.34	6.7±0.2
Thiacloprid (0.75)	76.24±0.42 c	1:1.15	6.3±0.6
Spirotetramat (0.5)	89.4±0.31 b	1:1.26	6.2±0.7
Spirotetramat (0.75)	88.79±0.1 b	1:1.22	5±0.09
Imidacloprid (0.75)	75.67±0.25 c	1:1.52	2±0.1
Imidacloprid (1)	66.1±0.09 d	1:1.53	1.5±0.45
Control	99.7±0.2 a	1:1.87	6.9±0.5

Means followed by the same letter in a column do not differ significantly; p < 0.05.

تأثیر حشره‌کش‌های آزمایشی بر نرخ پارازیتسم زنبور *T. radiata*

جدول ۶- نرخ پارازیتسم و درصد کاهش پارازیتسم حشرات کامل زنبور *Tamarixia radiata* حاصل از شفیره‌های تیمار شده

Table 6. Parasitism rate and parasitism reduction of *Tamarixia radiata* adults from treated pupa

Treatments (ml/L)	Parasitism % ± SE	Parasitism reduction %	Duration egg-adult (day)	Emergence rate % ± SE	IOBC Group number	IOBC Group name
Thiacloprid (0.5)	70.15±4.3 c	22.14	14.25±0.12 a	80.7±0.08 c	1	harmless
Thiacloprid (0.75)	62.4±2.8 c	30.74	13.6±0.08 a	76.25±0.1 c	2	slightly harm
Spirotetramat (0.5)	85.4±1.3 b	5.21	12.6±0.3 a	91.2±0.4 b	1	harmless
Spirotetramat (0.75)	81.9±3.1 b	9.1	12.1±0.1 a	89.52±0.3 b	1	harmless
Imidacloprid (0.75)	45.09±3.7 d	38.85	12.3±0.37 a	71.35±0.6 d	2	slightly harm
Imidacloprid (1)	39.5±2.7 d	56.15	14.1±0.23 a	64.2±0.41 d	2	slightly harm

Control	90.1±2.4 a	-	10.01±0.18 b	98.3±0.11 a	-	-
---------	------------	---	--------------	-------------	---	---

Means followed by the same letter in a column do not differ significantly; $p < 0.05$.

بحث

بررسی تأثیر تیمارهای مختلف روی پوره پسیل مرکبات نشان داد که در روز سوم پس از محلول‌پاشی حشره‌کش ایمیداکلوپراید در هر دو غلظت با تلفات بیش از ۷۰ درصد کارایی بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها داشته است. این حشره‌کش متعلق به رده کلرونیکوئینیل از گروه نئونیکوتنوئیدها است که به دلیل داشتن ساختار حلقوی خاص، دارای ویژگی سیستمیک بیشتری در مقایسه با سایر حشره‌کش‌های نئونیکوتنوئید می‌باشد (James, 2001). نحوه تأثیر این حشره‌کش تأثیر بر سیستم عصبی حشرات است که گیرنده‌های نیکوتینیک استیل کولین را بلوکه کرده و موجب مرگ حشره می‌شود (Silva Ramos et al., 2019). این نتایج با تحقیقات محققان Della Vechia & Andrade (۲۰۱۸) که بیان کردند مرگ و میر بیش از ۸۰ درصد روی پسیل مرکبات توسط ایمیداکلوپراید ایجاد شده است، مطابقت دارد.

پس از آن به تدریج سمیت دو حشره‌کش اسپیروتترامات و تیاکلوپراید افزایش یافت. در روز هفتم بعد از سمپاشی اسپیروتترامات و تیاکلوپراید (غلظت ۰/۷۵ در هزار) با میانگین تلفات ۷۰/۱۱ و ۶۸/۳۲ درصد بیشترین تأثیر را بر جمعیت پوره‌های پسیل داشتند. اسپیروتترامات حشره‌کشی از گروه تترونیک اسید است که از بیوستز چربی در بدن حشرات جلوگیری می‌کند و لذا جهت تأثیر گذاری بر مرحله پورگی پسیل به زمان نیاز دارد. هرچند طبق تحقیقات انجام شده در سال‌های گذشته حشره‌کش‌هایی از قبیل تیمتوکسام (مموری و آکتارا)، دی متوات، آزادیریختین (نیمارین و نیم آزال)، تیاکلوپراید (کالیپسو و بیسکایا) از گروه‌های مختلف را برای کنترل پسیل مرکبات معرفی شده است (Heidari et al., 2018; Della Vechia et al., 2018). و طبق نتایج پژوهش حاضر حشره‌کش‌های مورد استفاده کارایی مطلوبی روی پوره‌های پسیل مرکبات به‌عنوان مرحله خسارتزای آفت داشتند، اما نکته

قابل ملاحظه این است که آفت مذکور ناقل بیماری خطرناک میوه سبز مرکبات است و لذا در مناطقی که بیماری شیوع دارد بایستی کنترل پسیل مرکبات در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات انجام گردد و از سایر روش‌های مبارزه نیز جهت کاهش جمعیت آن استفاده کرد.

نتایج بخش دوم پژوهش مشخص کرد حشره‌کش ایمیداکلوپراید از گروه نئونیکوتنوئید بالاترین سطح سمیت حاد (بیش از ۸۴ درصد) روی حشرات کامل زنبور *T. radiata* داشته که از نظر طبقه بندی سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک در گروه سوم با خطر متوسط قرار گرفته است. این نتایج مشابه تحقیقات Hall and Nguyen (۲۰۱۰) بود که گزارش کردند مرگ و میر حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *T. radiata* که در معرض ایمیداکلوپراید قرار گرفته بودند، بیش از ۹۰ درصد رخ داده است. همچنین طبق نتایج پژوهش Rugno و همکاران (۲۰۲۴) مرگ و میر حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *T. radiata* در معرض باقیمانده حشره‌کش ایمیداکلوپراید ۹۰ درصد محاسبه شده است که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. براساس نتایج تحقیقات Shankarganesh و همکاران (۲۰۱۳) در زمینه باقیمانده استامی‌پرید و ایمیداکلوپراید روی حشرات کامل زنبور *Trichogramma chilonis* و همچنین پژوهش‌های Moura و همکاران (۲۰۰۶) روی زنبور *T. pretiosum*، اثرات باقیمانده حشره‌کش‌های گروه نئونیکوتنوئید روی زنبورهای پارازیتوئید با تلفات بیش از ۷۹ درصد در گروه سوم با خطر متوسط قرار گرفته است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. حشره‌کش تیاکلوپراید از گروه نئونیکوتنوئید با تلفات کمتر از ۷۰ درصد روی زنبور در گروه دوم با خطر جزئی قرار گرفت. اثرات مضر این حشره‌کش کمتر از ایمیداکلوپراید بود.

در میان حشره‌کش‌ها، اسپیروتترامات باعث مرگ و میر پایین‌تر (کمتر از ۵۶ درصد) حشرات کامل زنبور *T. radiata* شد که در گروه دوم با خطر جزئی قرار گرفتند. این موضوع با

حشرات ماده حاصل از شفیره‌هایی که در معرض ایمیداکلوپراید قرار گرفته بودند، اتفاق افتاد. تحقیقات Rugno و همکاران (۲۰۲۴) نشان داد درصد پارازیتسم حشرات ماده زنبور *T. radiata* در معرض حشره‌کش ایمیداکلوپراید به میزان ۴۴ درصد کمتر از تیمارهای اسپیروتترامات و فن پروپاترین (۶۷ و ۷۱ درصد به ترتیب) بوده است. این محققین بیان کردند کاهش نرخ پارازیتسم پارازیتوئیدهای در معرض ایمیداکلوپراید می‌تواند مربوط به نحوه تأثیر این حشره‌کش باشد که بر سیستم عصبی حشرات ماده زنبور تأثیر گذاشته است. همچنین محققین دیگری نیز گزارش کردند پارازیتسم زنبور پارازیتوئید *Telenomus remus* در معرض حشره‌کش‌هایی از گروه پیرتروئید و نئونیکوتنوئید کاهش یافته است که ممکن است به علت اثرات این ترکیبات بر ویژگی‌های فیزیولوژی یا مورفولوژی زنبور باشد (Carmo et al., 2010). درصد کاهش پارازیتسم حشرات ماده زنبور ظهور کرده از شفیره‌های تیمار شده با اسپیروتترامات کمتر از سایر حشره‌کش‌ها بود و نشان داد حشره‌کشی از گروه تترونیک اسید اثرات مضر کمتری بر زنبور پارازیتوئید داشته است. در نتایج مطالعات Rugno و همکاران (۲۰۲۴) مشخص شد اثرات منفی اسپیروتترامات بر پارازیتسم زنبور *T. radiata* روی پوره‌های پسیل مرکبات کمتر از حشره‌کش‌های دیگر از گروه‌های فسفره آلی، پیرتروئید و نئونیکوتنوئید بوده است. در تیمار ایمیداکلوپراید درصد ظهور حشرات کامل زنبور کمتر بود امکان دارد این امر به علت نفوذ حشره‌کش‌ها از منافذ پوستی پوره‌های پسیل به کوتیکول بدن زنبور باشد که منجر به مرگ پارازیتوئید داخل بدن میزبان شده است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد حشره‌کش‌های آزمایشی می‌توانند موجب تلفات حشرات کامل پارازیتوئید *T. radiata* در دامنه متغیر شوند و روی ویژگی‌های مورفولوژی و فیزیولوژی حشرات کامل زنبور اثر بگذارد. همچنین آفت‌کش‌ها اثرات زیرکشدگی روی مرحله متحمل زنبور (شفیره) و حشره کامل حاصل از شفیره داشتند و به این ترتیب می‌توانند روند کنترل بیولوژیک پسیل مرکبات را در طول دوره رهاسازی زنبور

نتایج تحقیقات Rugno و همکاران (۲۰۲۴) که گزارش کردند باقیمانده اسپیروتترامات موجب مرگ و میر ۴۴ درصد حشرات کامل زنبور *T. radiata* شده است، مطابقت دارد. نتایج مطالعه دیگر نشان داد حشره‌کش اسپینوساد به همراه روغن گیاهی بعد از ۷۲ ساعت موجب مرگ و میر ۸۰ درصد حشرات کامل زنبور *T. radiata* شده است. اثرات کشندگی روغن گیاهی به‌تنهایی و پیرترین به‌همراه روغن گیاهی روی حشرات کامل زنبور ۱۰ و ۴۰ درصد بود (Tofangsazi et al., 2018).

تأثیر حشره‌کش‌های آزمایشی بر مرحله متحمل زنبور (شفیره) نشان داد درصد ظهور حشرات کامل خارج شده از شفیره‌های تیمار شده با اسپیروتترامات در هر دو غلظت (۹۱/۴ و ۹۰/۷۹ درصد) بیشتر از دو حشره‌کش دیگر بوده است و این مطلب نشان می‌دهد مخاطرات زیستی این آفت کش روی شفیره زنبور، کمتر از دو حشره‌کش دیگر بوده است. همچنین درصد ظهور حشرات کامل حاصل از شفیره‌های تیمار شده با تیاکلوپراید (۷۹/۲۴ و ۸۱/۵ درصد) بیشتر از ایمیداکلوپراید (۷۱/۶۷ و ۶۸/۱) بود. کمترین دوره زنده‌مانی حشرات کامل ظهور کرده از شفیره‌های تیمار شده با ایمیداکلوپراید در هر دو غلظت (۱/۵ و ۲ روز) ثبت شد که با نتایج تحقیقات Beloti و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

بیشترین طول عمر حشرات کامل در شفیره‌های تیمار شده با تیاکلوپراید با غلظت ۰/۵ و ۰/۷۵ به‌میزان ۶/۷ و ۶/۳ روز به‌ترتیب مشاهده شد. این نتایج نشان داد اثرات مضر ایمیداکلوپراید روی شفیره زنبور بیشتر از دو حشره‌کش دیگر بوده است.

نرخ پارازیتسم در حشرات کامل حاصل از شفیره‌های تیمار شده با حشره‌کش‌ها در مقایسه با شاهد تفاوت داشت. اگرچه ویژگی‌های اختصاصی مراحل نابالغ حشره میزبان بر میزان پارازیتسم زنبور اثر می‌گذارد. اما نوع حشره‌کش و نحوه تأثیر آن نیز بر خصوصیات مورفولوژی یا فیزیولوژی زنبور پارازیتوئید اثر گذاشته و موجب کاهش پارازیتسم در مقایسه با شاهد می‌شود (Chen et al., 2013). کمترین نرخ پارازیتسم در

متفاوت با هدف به تأخیر انداختن مقاومت پسیل مرکبات توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر حاصل از پروژه تحقیقاتی انجام شده در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان می‌باشد. بدین وسیله از مساعدت بخش گیاه‌پزشکی این مرکز تشکر و قدردانی می‌شود.

به تأخیر بیاندازند و در برنامه‌های مدیریتی آفت پسیل اختلال ایجاد کنند. بنابراین در مناطقی که زنبور پارازیتوئید روی پوره‌های پسیل آسیایی مرکبات فعال است، همچنین شیوع بیماری میوه سبز محرز است می‌توان از دو حشره‌کش اسپیروترامات و تیاکلوپراید (غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌لیتر در لیتر) با خطر کمتر برای کنترل پسیل مرکبات استفاده کرد. ارزیابی تأثیر آفت‌کش‌های مورد استفاده جهت کنترل پسیل مرکبات روی زنبور *T. radiata* بایستی در شرایط نیمه صحرائی و صحرائی نیز انجام گردد. همچنین کاربرد تناوبی حشره‌کش‌هایی از گروه‌های مختلف شیمیایی با نحوه عمل

References

- ABBOTT, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, No: 18 (2): 265–267. doi.org/10.1093/jee/18.2.265a.
- BELOTI, V.H., G.R. ALVES, D.F. ARAUJO, and M.M PICOLI, 2015. Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. *Plos One*, No. 10 (7), e 0132128. doi: 10.1371/ Journal Pone, 0132128.
- BOVE, G., L. HASANZADE and N. SALEHI, 2006. Status report of two diseases of greening and witches' broom in the citrus orchards of southern Iran. *Applied Entomology and Phytopathology*, No. 67 (1): 96-97. (In Persian with English summary).
- CARMO, E.L., A.F. BUENO and R. BUENO, 2010. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. *BioControl*, No. 55: 455–464. doi:dx. 10.1007/s10526-010-9269-y.
- CHEN, X., M. SONG, and S. WANG, 2013. Safety Evaluation of Eleven Insecticides to *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Economic Entomology*, No. 106 (1): 136-141. doi: 10.1093/jee/106.1.136.
- CHEN, X and P.A. STANSLEY, 2014. Biology of OF *Tamarixia radiata* parasitoid of the citrus greening disease vector *Diaphorina citri*. *Florida Entomologist*, No. 97(4): 1404-1413. doi.org/10.1653/024.097.0415
- CONANT, P., C. HIRAYAMA and B.R. KUMASHIRO, 2007. Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). From www.hawaiiage.org.
- DELLA VECHIA, J.F., D.J. ANDRADE, R.G. AZEVEDO and M.C. FERREIRA, 2018. Effects of insecticide and acaricide mixtures on *Diaphorina citri* control. *Revista Brasileira de Fruticultura*, No. 41 (1): 2-7. doi: dx. /10.1590/0100-29452019076.
- FERREIRA, M. and J. SILVA, 2014. Control of *Diaphorina citri* and selectivity to *Penttilia egena* by insecticides applied at ultra-low volume (ULV) on citrus orchards. *Aspects of Applied Biology*, No. 122 (1): 385-393.
- GRAFTON CARDWELL, E., L.L. STELINSKI and P.A. STANSLEY, 2013. Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. *Annual Review of Entomology*, NO. 58: 413–432. doi: 10.1146/ annurev-ento-120811-153542.

- HALL, D.G. and R. NGUYEN, 2010. Toxicity of pesticides to *Tamarixia radiata*, a parasitoid of the Asian citrus psyllid. *BioControl*. No. 55: 601–611. doi 10.1007/s10526-010-9283-0
- HASANPOUR, M., A.A. TALEBI, E. RAKHSHANI and A. AMERI SIAHOUEI, 2010. Identification of natural enemies of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hem: Psyllidae) in Hormozgan province. *Journal of Entomological Research*, No. 1 (3): 185-195. (In Persian with English summary).
- HEIDARI, A., S. RANJBAR, and H. ASKARI, 2013. Investigation on chemical control of Asian Citrus Psyllid (*Diaphorina citri*), a vector of citrus Huanglongbing disease in southern Iran. *Agricultural Research and Education Organization Scientific Information and Documentation Centre Agricultural*. <http://agrisis.areo.ir>. (In Persian with English summary).
- HEIDARI, A., S. RANJBAR, and F. BASAVAND, 2018. To investigate the efficacy of Thiacloprid (Biscaya OD 240) and Spirotetramat (Movento SC 10) insecticides on control of Asian citrus psyllid. *Agricultural Research and Education Organization Scientific Information and Documentation Centre Agricultural*. <http://agrisis.areo.ir>. (In Persian with English summary).
- HERNANDEZ-FUENTES, L.M., M.A. URIAS-LOPEZ, J.I. LOPEZ- ARROYO and R.G. NESTOR BAUTISTA-MARTINEZ, 2012. Chemical control of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in Persian lime *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, NO. 3(1): 427-439.
- IOBC-WPRS: International Organisation for Biological and integrated control. <https://www.iobc-wprs.org>.
- JAMES, D. G. 2001. The effect of imidacloprid on survival of some beneficial arthropods. *Plant Protection Quarterly*, No. 16: 58-62.
- JEPSON, B. 2008. Citrus greening disease. Available on: www.Science.oregonstate.edu.
- LIRA, A.C., O.Z. ZANARDI, V.H. BELOTI, G.P. BORDINI and P.T. YAMAMOTO, 2015. Lethal and sublethal impacts of acaricides on *Tamarixia radiata* (Hemiptera: Eulophidae), an important ectoparasitoid of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Journal of Economic Entomology*, No. 108(5):1-11. DOI: 10.1093/jee/tov189.
- MANN, R.S. and L.L. STELINSKI, 2012. An Asian citrus psyllid parasitoid *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae). From <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN85800.pdf>.
- MOETEMEDI NIA, B and M. MOROVATI, 2005. Investigating the effect of chemical compounds and azadirachtin on control of Asian citrus psyllid in Balochestan. The 17th Plant Protection Congress, NO. (1): 113 P. (In Persian with English summary).
- MOURA, A.P., G.A. CARVALHO, A.E. PEREIRA and L.C.D. ROCHA, 2006. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum*. *BioControl*, No. 51: 769–778. DOI:10.1007/s10526-006-0001-x
- PLANT PROTECTION ORGANIZATION, List of allowed pesticides in the country, 2024, 19p.
- POSTALI PARRA, J.R., G.R. ALVES, A.J. FERREIRA DINIZ and J.M. VIEIRA, 2016. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): mass rearing and potential use of the parasitoid in Brazil. *Journal of Integrated Pest Management*, No. 7(1): 1–11. DOI: 10.1093/jipm/pmw003.
- PUNTENER, W. 1981. Manual for field trials in plant protection. 1st edition, Ciba-Geigy Limited, Basle, Switzerland. 205 pp.
- ROSA, J.F., A.M. CASTILLO and J.A. GONZALEZ, 2012. *Tamarixia radiata* Waterston. From: <http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=24437&IdUrl=51498>.
- RUGNO, G.R., and J. Qureshi, 2024. Topical and field-tested residual effects of globally used insecticides on the parasitoid *Tamarixia radiata* released against the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, No.172 (1): 66-74. doi.org/10.1111/eea.13381
- SHAFAGHI, F., S. RANJBAR, M. KHOSRAVI and M. ASGARI, 2010. Host preference of Asian citrus

psyllid and population dynamism on different plant in Kerman, Hormozgan and Baluchestan. Final report Iranian Research Institute of Plant Protection, 28 p. (In Persian with English summary).

SHANKARGANESH, K., B. PAUL and R.D. GAUTAM, 2013. Studies on ecological safety of insecticides to egg parasitoids, *Trichogramma chilonis* and *Trichogramma brasiliensis*. National Academy Science Letters, NO. 36: 581–585.

doi: 10.1007/s40009-013-0172-9

SILVA RAMOS, G., D. PAULO, P.F. TOLEDO, KH. HADDI, J. ZANUNCIO and E. OLIVEIRA. 2019. Effects of imidacloprid-sodium chloride association on survival and reproduction of the stink bug *Podisus nigrispinus*. Revista de Ciencias Agrícolas, No. 36(E): 71–81. doi: org/10.22267/rcia.1936E.108.

TOFANGSAZI, N., A. MORALES- RODRIGUEZ, M. DAUGHERTY and G. SIMMONS, 2018. Residual Toxicity of Selected Organic Insecticides to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) 16 and Non-target Effects on *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in California. Crop Protection, NO. 108: 62-70. doi://dx. 10.1016/j.cropro.2018.02.006.

VOGT, H. 1994. Side effects of pesticides on beneficial organisms, comparison of laboratory semi field and field results. IOBC/WPRS Bulletin, NO. 17(10): 13-24.

YEGANEH, 2022. List of approved agricultural pesticides in Iran. Plant Protection Organization Publication. 627pp.