کارایی حشره‌کش‌های تیاکلوپراید، اسپیروتترامات و ایمیداکلوپراید در کنترل پسیل آسیائی مرکبات *Diaphorina citri* و اثرات جانبی آن‌ها روی زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata* در جنوب کرمان

سمیه رنجبر✉

استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران s.ranjbar20017@gmail.com

چکیده:

پسیل آسیایی مرکبات *Diaphorina citri* یکی از مهم‌ترین آفات مرکبات در مناطق گرمسیری دنیا است. در بخش اول آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار شامل حشره‌کش‌های تیاکلوپراید (بیسکایا® OD24%)، اسپیروتترامات (مونتو® SC10%)، ایمیداکلوپراید (کونفیدور® SC 35%) و شاهد (آب) در ٤ تکرار انجام شد. در بخش دوم تاثیر حشره‌کش‌های ذکرشده بر مرگ و میر حشرات کامل و شفیره زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata* همچنین بر نرخ پارازیتیسم زنبور بررسی شد. نتایج نشان داد در روز سوم پس از سمپاشی ایمیداکلوپراید غلظت‌های ۰/۷۵و یک در هزار بیشترین تاثیر را روی پوره پسیل مرکبات (به ترتیب ٪۷۱/٥٦ و ٦۹/٤ درصد مرحله اول و ٪۷۸/۲ و ۷۰/۳۲ مرحله دوم) داشته است. در روز هفتم اسپیروتترامات و تیاکلوپراید غلظت ۰/۷۵ در هزار با تلفات ۷۰/۱۱ و ٦۸/۳۲ درصد موثرترین تیمارها بودند. سمیت ایمیداکلوپراید (۰/۷۵و یک در هزار) روی حشرات کامل زنبور بیش از ۸۰ درصد بود که براساس معیارهای سازمان IOBC در گروه سوم با خطر متوسط قرار گرفت. تیاکلوپراید و اسپیروتترامات با سمیت کمتر از ۷۰ درصد در گروه دوم با خطر جزئی قرار گرفتند. درصد ظهور حشرات کامل از شفیره‌های در معرض اسپیروتترامات بیش از ۹۰ درصد (گروه a) و تیاکلوپراید حدود ۸۰ درصد (گروه b) بود. بیشترین درصد پارازیتیسم زنبور در شاهد (٪۹۰/۱) و بعد از آن در اسپیروتترامات (۰/٥ و ۰/۷۵) به ترتیب ٪۸٥/٤ و ۸۱/۹ مشاهده شد. نتایج کلی نشان داد حشره‌کش‌های آزمایشی می‌توانند بر مرگ و میر حشرات کامل *T. radiata* و همچنین درصد ظهور حشرات کامل از شفیره‌های تیمارشده و نرخ پارازیتیسم این حشرات تاثیر بگذارند.

واژه‌های کلیدی: پسیل مرکبات، تلفات، حشره‌کش‌ها

Efficacy of Thiacloprid, Spirotetramat and Imidacloprid insecticides on *Diaphorina citri* and their side effects on *Tamarixia radiate* in the south of Kerman

Somayeh Ranjbar✉

Plant Protection Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran. s.ranjbar20017@gmail.com

Abstract

Citrus psylla (*Diaphorina citri*) is one of the most important citrus pests in the tropical regions of the world. In the first part, the experiment was carried out based on Randomized Complete Block Design (RCBD) with 5 treatments including thiacloprid (OD24%), spirotetramat (SC10%), imidacloprid (SC 35%) and control in 4 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 3 days after spraying, imidacloprid (0.75 and 1 ml/L) had the greatest effect on Asian citrus psyllid (71.56 and 69.4% first stage and 78.2 and 70.32% second stage). In 7 days after spraying, spirotetramat and thiacloprid (0.75 ml/L) were the most effective treatment with 70.11 and 68.32% mortality. The toxicity of imidacloprid on parasitoid adults was more than 80%, which based on IOBC, 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% (group a) and thiacloprid about 80% (group b). 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. Overall, this study showed that experimental insecticides can effect on the mortality of *T. radiata* adults and also the emergence percentage of adults from treated pupa and the parasitism rate of these insects.

Key words: *Diaphorina citri*, mortality, insecticides

مقدمه:

پسیل آسیایی مرکبات *Diaphorina citri* (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[1] 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 به عنوان 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 داد در سه روز پس از محلول‌پاشی دی‌متوات، فوزالون و ایمیداکلوپراید بیش از ۸۰ درصد روی پسیل مرکبات در منطقه بلوچستان تاثیر داشته‌اند(Motemedi Nia and Morovati, 2005). در تحقیقی دیگر در مکزیک مشخص شد حشره‌کش‌های دی‌متوآت و ایمیداکلرپراید موجب کنترل ۱۰۰ درصدی پسیل مرکبات در جوانه‌های نورسته شدند. در مقابل روغن‌های گیاهی کنترل مطلوبی روی پسیل مرکبات نداشتند (Hernandez- Fuentes *et al*., 2012).

نتایج پژوهشی در برزیل نشان داد لامبداسای‌هالوترین+تیامتوکسام، فوسمت و ایمیداکلوپراید کارایی بالای ۸۰ درصد روی پسیل مرکبات داشته‌اند. اختلاط کنه‌کش اسپیرودیکلوفن با لامبداسای‌هالوترین+تیامتوکسام و فوسمت اثر منفی نداشت ولی بر سمیت ایمیداکلوپراید تاثیر آنتاگونیستی داشت (Della Vechia and Andrade, 2018). در تحقیقی دیگر در کشور برزیل مشخص گردید دی‌متوآت و ایمیداکلوپراید موجب مرگ و میر ۱۰۰ درصدی پوره‌های پسیل مرکبات در ۱، ۲، ۳، ٤ و ۷ روز پس از سمپاشی شده‌اند. حشره‌کش لامبداسای‌هالوترین با ۹٤ درصد تلفات در روزهای پس از تیمار در رده بعدی قرار گرفت. همچنین اتوفن پروکس با درصد کارایی ۷۱، ۷۱، ۷٦، ۸۱ و ۸۸ درصد به ترتیب در دوره‌های آماربرداری فوق در مرتبه سوم قرار گرفت (Ferreira and Silva, 2014). نتایج تحقیقی نشان داد حشره‌کش‌های تیاکلوپراید، اسپیروتترامات و ایمیداکلوپراید در ١٤ روز پس از سم‌پاشی به ترتیب ۸۵، ۹۰ و ۸۹ درصد تلفات در جمعیت پوره‌های آفت ایجاد کردند (Heidari *et al*., 2018) در تحقیقی مشخص شد 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. در روش سم‌پاشی اندام‌های هوایی درخت حشره‌کش‌های تیامتوکسام (آکتارا)، تیامتوکسام (ممووری)، ایمیداکلوپراید و دی‌متوات با درصد تاثیر ۸۹/۹، ۸۷، ۸۳/۲ و ۸۰/۱ به ترتیب موثرترین تیمارها بودند (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 روی این حشره مفید داشته باشد (Chen and Stansly, 2014; Mann and Stelinski, 2012). نتایج پژوهشی در کشور برزیل نشان داده‌است تاثیر گاماسی‌هالوترین، اتوفن پروکس، تبوفنوزید، آزادیریختین و پیری پروکسی‌فن روی زنده مانی حشرات کامل زنبور *T. radiata* بر اساس معیارهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک[2] در گروه بی زیان[1] (کلاس ۱) بوده

[1] Greening (Huanglongbing disease (HLB))
[2] International organization for biological control (IOBC)

است. تاثیر دی‌متوآت و کلرپیریفوس بر زنده مانی و ظهور حشرات کامل حاصل از شفیره‌های تیمارشده در گروه زیان‌بار[2] (کلاس ٤) قرار گرفت. همچنین حشره‌کش‌های تبوفنوزید، گاماسی‌هالوترین، پیری پروکسی‌فن و اتوفن پروکس موجب کاهش پارازیتیسم زنبور به میزان ۷۹، ۷۱، ٤۸ و ۳۵ درصد به ترتیب شدند (Beloti *et al*., 2015). در تحقیق دیگری در برزیل تاثیر بی‌فنترین، کربوسولفان، فن‌پروپاترین و اکریناترین با مرگ و میر بالای ۷۷ درصد روی زنبور *T. radiata* بر اساس معیارهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک در گروه زیان‌بار (کلاس ٤) قرار گرفتند. اثر آبامکتین، اسپیرودیکلوفن، هگزی تیازوکس، فن پیروکسی میت و پروپارژیت بر زنده‌مانی زنبور در گروه کمی زیان‌بار[3] بود. دیکوفول و پیریدابن تاثیری بر بقای حشرات کامل زنبور نداشتند و در گروه بی زیان تقسیم بندی شدند (Lira *et al*., 2015). طبق نتایج پژوهشی در فلوریدا مرگ ومیر ناشی از حشره‌کش‌های آبامکتین، کاربارایل، کلرپیریفوس، ایمیداکلوپراید و پودر کائولین روی حشرات کامل زنبور *T. radiata* در ٢٤ ساعت پس از سمپاشی مستقیم برگ‌های مرکبات به ترتیب ۱۰۰، ۸۸/۱، ۹۵/٦، ۸۸/۲ و ٤/۵ درصد به ترتیب ثبت شد. همچنین کاربرد حشره‌کش‌های مذکور به روش باقیمانده آفت‌کش روی برگ میزبان بعد از ٢٤ ساعت موجب تلفات ۱۰۰، ۱۰۰، ۱۰۰، و ۱/٤ درصدی روی حشرات کامل زنبور شدند (Hall and Nguyen, 2010).

کنترل شیمیایی پسیل آسیایی مرکبات به دلیل انتقال بیماری میوه سبز اهمیت ویژه‌ای داشته چون مهار ناقل نقش به سزائی 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 تیامتوکسام، اسپیروتترامات، تیاکلوپراید وفلوپیرادیفوران برای کنترل پسیل در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرند (Yeganeh, 2022) که به دلیل 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 آنجائیکه اطلاعات اندکی در مورد اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد استفاده در باغات مرکبات روی زنبور مذکور وجود دارد، ضرورت داشت پژوهشی با هدف ارزیابی کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی پسیل مرکبات و سمیت حاد و اثرات زیرکشندگی آن‌ها روی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید این آفت انجام گردید. گروه‌بندی آفت‌کش‌ها براساس معیارهای سازمان کنترل بیولوژیک می‌تواند به کاربرد موثرتر 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 ۷ تیمار شامل حشره‌کش‌های تیاکلوپراید (بیسکایا® OD24% شرکت بایر آلمان) غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ در هزار، اسپیروتترامات (مونتو® SC10% شرکت کاوش کیمیای کرمان، ایران) ۰/۵ و ۰/۷۵ در هزار، ایمیداکلوپراید (کونفیدور® SC 35% شرکت گل سم گرگان، ایران) ۰/۷۵و یک در هزار (Plant Protection Organization, 2024) و شاهد (آب) در ٤ 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 ۱٤۰۰ و

[1] Harmless
[2] Harmful
[3] Slightly harm

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 ٤ 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 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.

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

T_a و T_b: میانگین تعداد آفت در تیمار بعد و قبل از سمپاشی، C_a و C_b: میانگین تعداد آفت در شاهد بعد و قبل از سمپاشی به ترتیب

اثرات جانبی حشره‌کش‌های مختلف بر زنبور پارازیتوئید *Tamarixia radiata*

جمع آوری زنبور

برای جمع آوری 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 ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت ٥±٦٥ درصد و دوره روشنایی ۱۶:۸ 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 ۱±۲٤ ساعت برای آزمایش‌های زیست سنجی استفاده گردید.

آزمایش زیست سنجی روی حشرات کامل زنبور *T. radiata*

جهت ارزیابی تاثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی زنبور پارازیتوئید از دیسک‌های برگی مرکبات رقم لیموترش به قطر ٤ سانتی‌متر استفاده شد. ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سمی از حشره‌کش‌های تیاکلوپراید (غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌لیتر در لیتر)، اسپیروتترامات (۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌لیتر در لیتر)، ایمیداکلوپراید (۰/۷۵ و ۱ میلی‌لیتر در لیتر) 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[1] با فشار تعدیل شده ۱٤ میلی‌بار روی دیسک‌های برگی پاشیده شد، به طوریکه پوشش یکنواختی از محلول سمی به میزان ۱/۸±۰/۱ 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 ۱±۲٤ ساعت) بوسیله آسپیراتور از ظروف پرورش جمع‌آوری و در ظروف شیشه‌ای مکارتی (قطر ۳ و ارتفاع ٦ سانتی‌متر) منتقل شدند. سپس جهت کاهش تحرک زنبورها به مدت یک دقیقه در دمای ٤ درجه

[1] Potter Tower (Burkard Manufacturing company, UK)

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 پارافیلم[1] مسدود شدند. ظروف پتری به اتاقک پرورش با شرایط ذکر شده منتقل شدند. ارزیابی تاثیر حشره‌کش‌ها ٢٤ ساعت پس از آزمایش زیست سنجی به صورت شمارش حشرات زنده و مرده زنبور در هر 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: $$100\text{Mortality\%} = \frac{\text{mortality\% (treatment)} - \text{mortality\%(control)}}{100 - \text{mortality\%(control)}} \times$$

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 تاثیر آفت‌کش‌ها روی حشرات مفید

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

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

M: Mortality%, R: Parasitism reduction % (IOBC-WPRS, 2023; Vogt, 1994)

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

در این آزمایش از نهال‌های لیموترش آلوده به پوره‌های سنین ۳ تا ۵ پسیل مرکبات استفاده گردید. به این صورت که نهال‌های آلوده داخل قفس‌هایی به ابعاد ۵۰×۵۰×۱۰۰ قرار گرفتند. ۵۰ حشره بالغ زنبور جهت پارازیته کردن ۲۰ پوره پسیل به مدت ٤٨ ساعت داخل قفس رهاسازی، سپس حذف شدند. نه روز پس از پارازیته شدن میزبان از پوره‌های مومیایی حاوی شفیره زنبور جهت آزمایش زیست سنجی 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 ٤ تکرار برای هر تیمار سمپاشی شدند. از آب مقطر به عنوان تیمار شاهد استفاده گردید. پس از سمپاشی، شاخه‌ها به ظروف پتری با قطر ۸ 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 مکارتی (قطر ٤ و ارتفاع ۵ 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 زنده مانی آن‌ها بررسی گردید.

تاثیر حشره‌کش‌های آزمایشی بر نرخ پارازیتیسم 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 پارازیته کردن پوره‌های پسیل آسیایی مرکبات به مدت ٤٨ ساعت منتقل شدند. سپس حشرات ماده زنبور از قفس‌ها حذف شدند. شاخه‌های هر نهال آلوده ۲۰ عدد پوره سن ٤ بودند. جهت تغذیه حشره کامل زنبور قطرات عسل روی برگ‌های لیموترش قرار داده شد.

[1] Parafilm

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 پارازیته شده پسیل مرکبات ارزیابی شد. طول دوره رشدی از تخم تا حشره کامل نیز تعیین شد (Rosa *et al.*, 2012). درصد کاهش پارازیتیسم زنبور طبق رابطه ۳ محاسبه گردید. سپس مقادیر درصد کاهش پارازیتیسم برای هر حشره‌کش بر اساس معیارهای سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱).

رابطه ۳:

$$R = [1 - (\frac{P}{p})] \times 100$$

R: درصد کاهش پارازیتیسم، P: میانگین پارازیتیسم برای هر حشره‌کش، p: میانگین پارازیتیسم برای شاهد

تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم افزار SAS (9.4) انجام و میانگین ها بوسیله آزمون توکی مقایسه شدند.

نتایج

کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی مرحله پوره پسیل آسیایی مرکبات

نتایج تجزیه آماری نشان داد بین تیمارهای مختلف از نظر میزان تاثیر حشره‌کش‌ها روی پوره پسیل 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 ایمیداکلوپراید در هر دو غلظت بیشترین تلفات را روی مرحله پورگی پسیل مرکبات (به ترتیب ٪۷۱/۵٦ و ٦۹/٤ درصد مرحله اول و ٪۷۸/۲ و ۷۰/۳۲ مرحله دوم) وارد کرده است. از روز هفتم به بعد کارایی اسپیروتترامات در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت. در هفت روز پس از محلول‌پاشی اسپیروتترامات (غلظت ۰/۷۵) و تیاکلوپراید (۰/۷۵) با میانگین‌های ۷۰/۱۱ و ٦۸/۳۲ درصد موثرترین تیمارها بودند و کمترین تلفات در تیاکلوپراید (۰/۵) (٤٦/۵درصد) 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 (جداول ۲ و ۳).

جدول ۲. مقایسه میانگین تاثیر حشره‌کش‌ها روی پوره‌های پسیل مرکبات در روزهای بعد از سمپاشی (مرحله اول اسفند ۱٤۰۰)

Table 2. Means comparison of efficiency percent (±SE) of different treatments applied on *A. orientalis* 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 تاثیر حشره‌کش‌ها روی پوره‌های پسیل مرکبات در روزهای بعد از سمپاشی (مرحله دوم شهریور ۱٤۰۱)

Table 3. Means comparison of efficiency percent (±SE) of different treatments applied on *A. orientalis* 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
Imidacloprid (1)	78.2±0.19 a	63.1±0.09 b	49.56±0.9 c

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 تاثیر حشره‌کش‌ها روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید براساس 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 حشره کش تیاکلوپراید و اسپیروتترامات سمیت کمتر از ۷۰ درصد داشتند و در گروه دوم با خطر جزئی قرار گرفتند (جدول ٤).

جدول ٤. طبقه‌بندی میانگین تاثیر حشره‌کش‌ها روی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *T. radiata* بر اساس معیارهای سازمان IOBC

Table 4. Classification of efficiency percent of insecticides on *T. radiate* 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 تاثیر حشره‌کش‌ها بر ظهور (F=3.65, df=5, p<0.0001) و زنده‌مانی (F=6.43, df=5, p=0.0001) حشرات کامل خارج شده از شفیره‌های تیمارشده زنبور پارازیتوئید *T. radiata* تفاوت معنی‌دار داشته است. درصد ظهور حشرات کامل از شفیره‌های در معرض حشره‌کش اسپیروتترامات 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 ٪٦٨/١) 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 تیمارشده با تیاکلوپراید (هر دو غلظت) و اسپیروتترامات (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر) به ترتیب ٦/٧، ٦/٣ و ٦/٢ 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. تاثیر حشره‌کش‌ها بر ویژگی‌های زیستی حشرات کامل *T. radiata* حاصل از شفیره‌های تیمارشده

Table 5. The effect of insecticides on the biological parameters of *T. 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.

تاثیر حشره‌کش‌های آزمایشی بر نرخ پارازیتیسم زنبور *T. radiata*

تجزیه آماری تاثیر حشره‌کش‌ها بر نرخ پارازیتیسم حشرات ماده حاصل از شفیره‌های تیمارشده 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 پارازیتیسم نیز بین تیمارها با شاهد اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد. بیشترین درصد پارازیتیسم مربوط به شاهد

(۹۰٪/۱) بود. بعد از آن تیمارهای اسپیروتترامات (دو غلظت ۰/۵ و ۰/۷۵) به ترتیب ۸۵/٤ و ۸۱/۹ قرار داشتند. حشره کش تیاکلوپراید غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ با پارازیتیسم ۷۰/۱۵ و ٦۲/٤ درصد به ترتیب در رده بعدی قرار گرفتند. کمترین نرخ پارازیتیسم مربوط به ایمیداکلوپراید بود (جدول ٦).

کاهش پارازیتیسم در تیمار اسپیروتترامات (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 پارازیتیسم به ترتیب ٦۲/٤، ٤٥/۰۹ 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 اسپیروتترامات 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 ٦).

جدول ٦. نرخ پارازیتیسم و درصد کاهش پارازیتیسم حشرات کامل زنبور *T. radiata* حاصل از شفیره‌های تیمارشده

Table 6. Parasitism rate and parasitism reduction of *T. 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 تاثیر 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 کلرونیکوتینیل 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 تاثیر این حشره‌کش تاثیر 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 ٦۸/۳۲ درصد بیشترین تاثیر را بر جمعیت پوره‌های پسیل داشتند. اسپیروتترامات حشره‌کشی از گروه تترونیک اسید است که از بیوسنتز چربی در بدن حشرات جلوگیری می‌کند و لذا جهت تاثیر گذاری بر مرحله پورگی پسیل به زمان نیاز دارد. هرچند طبق تحقیقات انجام شده در سال‌های گذشته حشره‌کش‌هایی از قبیل تیامتوکسام (ممووری و آکتارا)، دی متوآت، آزادیریختین (نیمارین و نیم آزال)، تیاکلوپراید (کالیپسو و بیسکایا) از گروه‌های مختلف را برای کنترل پسیل مرکبات معرفی شده است (Heidari *et al*., Della Vechia *et al*., 2018; 2018) و طبق نتایج پژوهش حاضر حشره‌کش‌های مورد استفاده کارایی مطلوبی

روی پوره‌های پسیل مرکبات به عنوان 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 ٪۸٤) 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 (۲۰۲٤) مرگ ومیر 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 (۲۰۰٦) 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 حشره کش کمتر از ایمیداکلوپراید بود.

در میان حشره‌کش‌ها، اسپیروتترامات باعث مرگ و میر پایین‌تر (کمتر از ٪٥٦) حشرات کامل زنبور *T. radiata* شد که در گروه دوم با خطر جزئی قرار گرفتند. این موضوع با نتایج تحقیقات Rugno و همکاران (۲۰۲٤) که گزارش کردند باقیمانده اسپیروتترامات موجب مرگ و میر ٤٤ 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 ومیر ۸۰ درصد حشرات کامل زنبور *T. radiata* شده است. اثرات کشندگی روغن گیاهی به تنهایی و پیرترین به همراه روغن گیاهی روی حشرات کامل زنبور ۱۰ و ٤۰ درصد بود (Tofangsazi *et al*., 2018).

تاثیر حشره‌کش‌های آزمایشی برمرحله متحمل زنبور (شفیره) نشان داد درصد ظهور حشرات کامل خارج شده از شفیره های تیمارشده با اسپیروتترامات در هر دو غلظت (٪۹۱/٤ و ۹۰/۷۹) 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 تیمارشده با تیاکلوپراید (٪۷۹/۲٤ و ۸۱/٥) بیشتر از ایمیداکلوپراید (۷۱/٦۷ و ٦۸/۱) بود. کمترین دوره زنده‌مانی حشرات کامل ظهور کرده از شفیره‌های تیمارشده با ایمیداکلوپراید در هر دو غلظت (۱/٥ و ۲ روز) ثبت شد که با نتایج تحقیقات Beloti و همکاران (۲۰۱٥) مطابقت دارد. بیشترین طول عمر حشرات کامل در شفیره های تیمارشده با تیاکلوپراید با غلظت ۰/٥ و ۰/۷٥ به میزان ٦/۷ و ٦/۳ روز به ترتیب مشاهده شد. این نتایج نشان داد اثرات مضر ایمیداکلوپراید روی شفیره زنبور بیشتر از دو حشره‌کش دیگر بوده است.

نرخ پارازیتیسم در حشرات کامل حاصل از شفیره‌های تیمارشده با حشره‌کش‌ها در مقایسه با شاهد تفاوت داشت. اگرچه ویژگی های اختصاصی مراحل نابالغ حشره میزبان بر میزان پارازیتیسم زنبور اثر می‌گذارد. اما نوع حشره‌کش و

نحوه تاثیر آن نیز بر خصوصیات مورفولوژی یا فیزیولوژی زنبور پارازیتوئید اثر گذاشته و موجب کاهش پارازیتیسم در مقایسه با شاهد می‌شود (Chen *et al*., 2013). کمترین نرخ پارازیتیسم در حشرات ماده حاصل از شفیره‌هایی که در معرض ایمیداکلوپراید قرار گرفته بودند، اتفاق افتاد. تحقیقات Rugno و همکاران (۲۰۲٤) نشان داد درصد پارازیتیسم حشرات ماده زنبور *T. radiata* در معرض حشره‌کش ایمیداکلوپراید به میزان ٤٤ درصد کمتر از تیمارهای اسپیروتترامات و فن پروپاترین (٦۷ و ۷۱ درصد به ترتیب) بوده است. این محققین بیان کردند کاهش نرخ پارازیتیسم پارازیتوئیدهای در معرض ایمیداکلوپراید می‌تواند مربوط به نحوه تاثیر این حشره‌کش باشد که بر سیستم عصبی حشرات ماده زنبور تاثیر گذاشته است. همچنین محققین دیگری نیز گزارش کردند پارازیتیسم زنبور پارازیتوئید *Telenomus remus*در معرض حشره‌کش‌هایی از گروه پایرتروئید 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 پارازیتیسم حشرات ماده زنبور ظهورکرده 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 (۲۰۲٤) مشخص شد اثرات منفی اسپیروتترامات بر پارازیتیسم زنبور *T. radiata* روی پوره‌های پسیل مرکبات کمتر از حشره‌کش‌های دیگر از گروه‌های فسفره آلی، پایرتروئید 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 پوره های 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 زیرکشندگی 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 به تاخیر 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 اسپیروتترامات و تیاکلوپراید (غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌لیتر در لیتر) با خطر کمتر برای کنترل پسیل مرکبات استفاده کرد. ارزیابی تاثیر آفت‌کش‌های مورد استفاده جهت کنترل پسیل مرکبات روی زنبور *T. radiata* بایستی در شرایط نیمه صحرایی و صحرایی نیز انجام گردد. همچنین کاربرد تناوبی حشره‌کش‌هایی از گروه‌های مختلف شیمیایی با نحوه عمل متفاوت با هدف به تاخیر 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.

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: http://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. STANSLY, 2014. Biology of OF *Tamarixia radiata* parasitoid of the citrus greening disease vector *Diaphorina citri*. Florida Entomologist, NO. 97(4): 1404-1413.

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: http://dx. /10.1590/0100-29452019076**.**

FERREIRA, M. and J. SILVA, 2014. Control of *Diaphorina citri* and selectivity to *Pentilia 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. STANSLY, 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. Bio Control. NO. 55: 601–611.

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 Agricolas, 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/pdffiles/IN/IN85800.pdf.

MOETEMEDI NIA, B and M. MOROVATI, 2005. Investigating the effect of chemical compounds and azadirichtin 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.

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.

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 Institue 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.

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 Agricolas, NO. 36(E): 71–81. DOI: 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: http://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.