Journal of Applied Research in Plant Protection

University of Tabriz Press
https://arpp.tabrizu.ac.ir/

Research Article

# Chemical and local control of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* in infested palm trees

**Saeid Kasraei, Ali Mirshekar✉, Najmeh Sahebzadeh, Abbas khani**

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

**Corresponding author**
✉mirshekar@uoz.ac.ir

**Keywords**

Chemical control, Injection, Muspilan, Red palm weevil, Ripcord

**Received:** 4 May 2024
**Revised:** 25 October 2024
**Accepted:** 26 October 2024

**Available online:** 13 May 2025

## Abstract

The red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, is the most important internal quarantine pest in Iran. Injecting insecticides into the tree trunk is one of the methods for pest control. This research investigated the effect of cypermethrin (40% EC) and acetamiprid (20% SP) on controlling red palm weevil in a completely randomized design experiment with three replications. The treatments included a control (water injection) and injections of cypermethrin at concentrations of 2.5, 3.75-, and 5-mL $L^{-1}$, acetamiprid at concentrations of 5, 7.5, and 10 g $L^{-1}$, and combinations of the two insecticides. The insecticide injections were carried out in two stages. In the first stage, a hole was made in the tree trunk, and one week later, the second stage involved injecting the insecticides. The results showed that the injection of both insecticides significantly reduced the number of live larvae and adults, with the combined treatment of 5 mL $L^{-1}$of cypermethrin + 10 g $L^{-1}$ of acetamiprid leading to the lowest number of live larvae and adults. The combination of 5 mL $L^{-1}$ of cypermethrin + 10 g $L^{-1}$ of acetamiprid caused the highest adult mortality compared to 5 g $L^{-1}$ (77.02%) and 7.5 $gL^{-1}$ (87.37%) of acetamiprid. Additionally, combining the highest concentration of cypermethrin (5 mL $L^{-1}$) with different concentrations of acetamiprid resulted in the highest percentage of larval mortality. The results indicated that the combined injection of two insecticides proved highly effective and promising, making it suitable for integrated pest management (IPM) programs.

**Cite this article:**
Kasraei S, Mirshekar A, Sahebzadeh N, khani A, 2025. Chemical and local control of red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*) in infested palm trees. *J Appl Res Plant Prot* 14 (2): 101–108.
https://dx.doi.org/10.22034/ARPP.2025.19818

Copyright© 2025 University of Tabriz, Published by the University of Tabriz.
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۴ (۲): ۱۰۸-۱۰۱ (۱۴۰۴)
**مقاله پژوهشی**

# کنترل شیمیایی موضعی سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* در نخل‌های آلوده

**سعید کسرایی، علی میرشکار✉، نجمه صاحب‌زاده، عباس خانی**

گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

**نویسنده مسئول:** mirshekar@uoz.ac.ir✉

دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۰۴ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۵

**چکیده**

سرخرطومی حنایی خرما *Rhynchophorus ferrugineus* مهم‌ترین آفت قرنطینه‌ای داخلی ایران می‌باشد. تزریق حشره‌کش به تنه درخت یکی از روش‌های کنترل آفت می‌باشد. در این تحقیق اثر حشره‌کش سایپرمترین EC 40 % و استامی‌پراید SP 20 % بر سرخرطومی حنایی خرما با آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (تزریق آب) و تزریق غلظت‌های ۲/۵، ۳/۷۵ و ۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین، غلظت‌های ۵، ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید و ترکیب دو به دوی این حشره‌کش‌ها بود. تزریق حشره‌کش‌ها طی دو مرحله انجام شد. در مرحله اول در تنه درخت حفره ایجاد شد و یک هفته بعد در مرحله دوم تزریق حشره‌کش‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد تزریق هر دو نوع حشره‌کش منجر به کاهش قابل توجه تعداد لارو و حشره کامل زنده شد بطوریکه در تیمار پنج میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید کمترین تعداد لارو و حشره کامل زنده مشاهده شد. تزریق پنج میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید نسبت به غلظت‌های پنج گرم در لیتر (۷۷/۰۲ درصد) و ۷/۵ گرم در لیتر (۸۷/۳۷ درصد) استامی‌پراید موجب بیشترین درصد تلفات حشره کامل گردید. همچنین ترکیب بالاترین غلظت سایپرمترین (پنج میلی‌لیتر در لیتر) با غلظت‌های مختلف استامی‌پراید، موجب بیشترین درصد تلفات در جمعیت لارو زنده گردید. نتایج نشان داد که استفاده از تزریق ترکیبی این دو حشره‌کش بسیار مؤثر و امیدبخش بوده و این روش می‌تواند در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات به کار گرفته شود.

**کلمات کلیدی:** تزریق، ریپکورد، سرخرطومی حنایی خرما، کنترل شیمیایی، موسپیلان

## مقدمه

درخت خرما یکی از محصولات مهم باغی در ایران و جهان بوده و در بسیاری از مناطق کره زمین، اصلی‌ترین غذای کربوهیدراتی مردم را فراهم می‌کند (Piri *et al*. 2021). کشور ایران با سطح زیر کشت ۲۵۰۱۳۷ هکتار نخلستان و تولید سالانه ۱۱۶۳۴۹۴ تن محصول خرما، رتبه هفتم سطح زیرکشت و تولید دنیا را به خود اختصاص داده است و جزء ده کشور برتر صادر کننده خرما به‌شمار می‌رود (Abbasi *et al*. 2019). سوسک سرخرطومی حنایی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) مهم‌ترین آفت خرما در ایران و مناطق خرماخیز شرق آسیا است که در دهه‌های اخیر خسارت بسیار زیادی به درختان نخل زراعی و زینتی وارد نموده است (Kaisarevic *et al*. 2019). سرخرطومی حنایی خرما در فهرست آفات قرنطینه‌ای داخلی ایران قرار دارد و برای اولین بار از سراوان گزارش گردید. به دلیل اقدامات انجام گرفته مانند اجرای دقیق قرنطینه گیاهی و جلوگیری از نقل و انتقال پاجوش از مناطق آلوده به مناطق سالم کشور، این آفت طی ۲۳ سال در منطقه سراوان محدود ماند، اما در سال‌های اخیر به‌دلیل انتقال پاجوش‌های آلوده به سایر استان‌های کشور نیز وارد شد (Abbasi *et al*. 2019). بیشترین خسارت این آفت در مرحله لاروی و بدین صورت است که لارو با تغذیه از تنه درخت، آن را به نابودی می‌کشاند. همچنین حشرات کامل آفت از طریق زخم‌های موجود بر روی تنه درختان و یا محل اتصال تنه جوش و پاجوش به تنه اصلی، وارد درخت شده و منجر به ایجاد خسارت می‌شوند (Mule *et al*. 2002).

جهت کنترل خسارت این آفت روش‌های متعددی از جمله استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی در دستور کار قرار گرفته که استفاده گسترده از حشره‌کش‌ها، باعث ایجاد مشکلاتی از جمله بروز مقاومت در آفات، کاهش جمعیت حشرات مفید و تخریب

محیط زیست شده است (Wise *et al*. 2014). به‌منظور کاهش خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف حشره‌کش‌های شیمیایی، کاربرد حشره‌کش‌ها با روش تزریق به تنه درخت پیشنهاد شده است (Luaces *et al*. 2020). روش تزریق به تنه درخت به‌دلیل تماس کمتر آفت‌کش با دشمنان طبیعی در مقایسه با سایر روش‌های کاربرد حشره‌کش مانند محلول‌پاشی، عوارض جانبی کمتری بر دشمنان طبیعی آفات داشته و آلودگی زیست محیطی را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر این تزریق به تنه موجب کاهش تعداد دفعات کاربرد سموم دفع آفات شده و به طور غیرمستقیم باعث افزایش اثربخشی سموم می‌شود (Askari Seyahooei *et al*. 2019). تزریق به تنه درخت، به وارد کردن مستقیم مواد شیمیایی در آوند چوبی و یا آبکش درختان و درختچه‌ها اطلاق می‌گردد. این مواد می‌تواند شامل ترکیبات مختلفی مانند عناصر غذایی، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، هورمون‌ها، آنتی بیوتیک‌ها به‌همراه مواد نگهدارنده، بازدارنده، پیش‌برنده و یا توزیع کننده آن‌ها باشد. تزریق سم به تنه درخت یک روش امیدوارکننده برای در اختیار قرار دادن اگروکمیکال‌ها در بسیاری از گونه‌های درختان بوده و خطرات زیست محیطی را کاهش می‌دهد (Wise *et al*. 2014). حشره‌کش سایپرمترین۴۰٪، از گروه حشره‌کش‌های پایروتیروئید می‌باشد. این حشره‌کش بسیار قوی بوده و اثر تماسی گوارشی دارد. نحوه عمل سم، از طریق اختلال در کانال‌های سدیم طناب عصبی است (Golmohammadi *et al*. 2017). حشره‌کش استامی‌پراید ۲۰٪، به گروه نئونیکوتینوئیدها تعلق دارد. این گروه از حشره‌کش‌ها با برقراری پیوند با گیرنده پس‌سیناپسی نیکوتینی استیل‌کولین، سازوکار آنزیم استیل‌کولین‌استراز را مختل می‌نمایند و منجر به مرگ آفت می‌گردند (Almasi *et al*. 2016). در خصوص بررسی اثر تزریق حشره‌کش‌به تنه درخت در سال‌های اخیر تحقیقاتی صورت گرفته است. در مطالعه‌ای با مقایسه اثر تزریق آزادیراختین به تنه درخت با محلول‌پاشی دیازینون بر کنترل پسیل گلابی (*Cacopsylla pyricola* Foerster) گزارش شد روش تزریق به تنه درخت در مقایسه با محلول‌پاشی علاوه بر کاهش مصرف حشره‌کش می‌تواند منجر به کنترل بهتر پسیل گلابی گردد (Ardestanirostami *et al*. 2017). محققان با بررسی اثر کنترل شیمیایی سوسک برگ‌خوار نارون (*Xanthogaleruca luteola* Muller) با سموم آزادیراختین، فنوکسی‌کارب، هگزافلومورون، لوفوکس، ایمیداکلوپراید، اکسی‌دی‌متون متیل و لوفنورون به روش تزریق به تنه درخت گزارش کردند حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید و لوفوکس با روش تزریق تنه درخت بیشترین تأثیر را بر کنترل سوسک برگ‌خوار نارون داشتند (Kiarasi *et al*. 2018). از آنجایی که تاکنون اثر بخشی سموم سایپرمترین و استامی‌پراید با روش تزریق به تنه برای کنترل سوسک سرخرطومی حنایی خرما در ایران مورد بررسی قرار نگرفته، همچنین با توجه به میزان خسارت بالای این آفت، این تحقیق با هدف بررسی اثر حشره‌کش‌های شیمیایی سایپرمترین و استامی‌پراید بر کنترل سرخرطومی حنایی خرما با روش تزریق به تنه درخت انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در نخلستان‌های شهرستان سراوان واقع در استان سیستان و بلوچستان با طول جغرافیایی ۶۲ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی با ۱۱۶۵ متر ارتفاع از سطح دریا در سال ۱۴۰۲ در قالب طرح طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. حشره‌کش‌های مورد آزمایش شامل سایپرمترین (EC 40 %، شرکت سم‌سازان) و حشره‌کش استامی‌پراید (SP 20 % شرکت ایگروچین) بودند. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های ۲/۵، ۳/۷۵ و ۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین ۴۰٪، غلظت‌های ۵، ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید ۲۰٪، ترکیب دو به دوی این حشره‌کش‌ها و شاهد بود. به‌منظور انجام آزمایش ابتدا درختان آلوده و هم‌سن (۱۰-۱۲ ساله)، شناسایی و علامت‌گذاری شدند. شناسایی درختان آلوده از طریق مشاهده نشانه‌های ظاهری ورود و تغذیه‌ی آفت روی تنه درخت که همراه با بوی نامطبوع بود، انجام گرفت. سپس چنانچه درخت آلوده هرس نشده و دارای تنه‌جوش و پاجوش بود، درخت هرس شده و تنه جوش و پاجوش از آن جدا شد. در نهایت با استفاده از دریل بنزینی مدل ECO ساخت کشور ژاپن و مته ۲۰ میلی‌متری با قطر تقریبی یک سانتی‌متر، در ارتفاع ۱۵-۱۰ سانتی‌متری از سطح زمین و با زاویه ۳۰ درجه، در چهار جهت و در یک سوم عمق آن، چهار حفره ایجاد شد و با استفاده از سرنگ، محلول حشره‌کش‌ها مورد نیاز در آن قرار گرفت. برای تیمار حشره‌کش‌ها به تنه درخت از فرمولاسیون تجاری آن‌ها استفاده شد. در نهایت درب سوراخ‌ها با استفاده از میکروتیوب مسدود شد (Abbasi *et al*. 2019). عملیات تزریق حشره‌کش‌ها طی دو مرحله انجام شد. مرحله اول تزریق در تاریخ ۱۴۰۲/۰۱/۱۵ (ایجاد حفره در تنه درخت) و مرحله دوم یک هفته بعد در تاریخ ۱۴۰۲/۰۱/۲۱ (تزریق حشره‌کش‌ها) انجام گرفت. در تیمار شاهد ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و در سایر تیمارها مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر حشره‌کش‌ها به تنه هر درخت تزریق

گردید. ۲۱ روز پس از تزریق، تنه درخت با استفاده از اره موتوری شکافته شد و تعداد لاروهای زنده و مرده و حشرات کامل در کانال‌های لاروی و تنه، شمارش گردید. در انتها، محل شکافته شده تا زمان خشک‌شدن توسط گونی چتایی پوشانده شد تا از ورود و حمله مجدد آفت جلوگیری گردد. تلفات به صورت درصد لارو مرده و زنده در یک نخل محاسبه شد و برای اصلاح درصد تلفات از فرمول ابوت (Abbott 1925) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

## نتایج

نتایج واریانس نشان داد اثر حشره‌کش‌های سایپرمترین و استامی‌پراید بر تعداد لارو زنده، تعداد لارو مرده، تعداد حشره کامل زنده و مرده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و بر تلفات حشره کامل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

**جدول ۱.** تجزیه واریانس تاثیر حشره‌کش‌های سایپرمترین و استامی‌پراید بر تعداد کل لارو، حشره کامل *Rhynchophorus ferrugineus* و درصد مرگ و میر.

**Table 1**. Analysis of variance of the effect of cypermethrin and acetamiprid pesticides on total number of larvae, adult and mortality of *Rhynchophorus ferrugineus*.

| Source of variation | df | Mean square | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Number of total larvae | Number of live larvae | Larval mortality | Number of total adults | Number of live adults | Adult mortality |
| Treatment | 15 | 20.94** | 87.89** | 25.75** | 8.46** | 12.89** | 2100.34* |
| Error | 32 | 5.20 | 5.41 | 0.89 | 3.31 | 2.87 | 173.60 |
| CV% | - | 13.04 | 20.40 | 7.56 | 23.80 | 17.65 | 13.76 |

* and ** denotes significance level of 1% and 5% respectively

نتایج مقایسه میانگین اثر تزریق حشره‌کش‌های سایپرمترین و استامی‌پراید نشان داد کاربرد حشره‌کش‌ها منجر به کاهش قابل توجه تعداد لارو زنده شد. افزایش غلظت حشره‌کش سایپرمترین منجر به کاهش معنی‌دار تعداد لارو زنده شد و در بالاترین غلظت سایپرمترین (پنج میلی‌لیتر در لیتر) تعداد لارو زنده به یک عدد به ازای هر نفر درخت خرما کاهش یافت. افزایش غلظت حشره‌کش استامی‌پراید نیز منجر به کاهش معنی‌دار تعداد لارو زنده شد بطوریکه تزریق ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید توانست تعداد لارو زنده را در مقایسه با تزریق ۵ و ۷/۵ گرم در لیتر استامی‌پراید به یک عدد لارو زنده کاهش دهد. در تیمار ترکیبی ۲/۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین، کاربرد غلظت بالای استامی‌پراید (۱۰ گرم در لیتر) منجر به کاهش شدید تعداد لارو زنده شد. روند مشابهی در مورد غلظت‌های ۳/۷۵ و ۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین نیز مشاهده گردید. به‌طوری که تزریق ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید در هر دو غلظت یاد شده موجب کاهش معنی‌دار تعداد لارو زنده شد و در تیمار \پنج میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید تعداد لارو زنده به صفر رسید (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر تزریق حشره‌کش‌های سایپرمترین و استامی‌پراید بر درصد تلفات لارو زنده نشان داد بیشترین و کمترین درصد تلفات لارو زنده به‌ترتیب در تیمار تزریق پنج میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۱۰ گرم در لیتراستامی‌پراید (صد درصد) و تیمار شاهد (صفر درصد) مشاهده شد. با افزایش غلظت سایپرمترین درصد تلفات لارو زنده افزایش یافت بطوریکه غلظت پنج میلی‌لیتر در لیتر آن در مقایسه با غلظت‌های ۲/۵ میلی‌لیتر در لیتر(۴۷/۰۳ درصد) و ۳/۷۵ میلی‌لیتر درلیتر (۸۶/۳۲ درصد)، منجر به ۹۳/۶۹ درصد تلفات در لارو زنده شد. در مورد حشره‌کش استامی‌پراید، غلظت ۱۰ گرم در لیتر در مقایسه با دو غلظت دیگر (۵ و ۳/۷۵ گرم در لیتر) نقش مؤثرتری در افزایش درصد تلفات لارو زنده داشت. به‌نحوی که تزریق ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید، درصد تلفات لارو زنده را در مقایسه با غلظت‌های ۵ گرم در لیتر (۵۵/۶۶ درصد) و ۷/۵ گرم در لیتر (۶۸/۰۶ درصد)، ۹۲/۷۸ درصد افزایش داد. در تیمار مصرف ترکیبی ۲/۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + استامی‌پراید، کاربرد غلظت ۱۰ گرم در لیتراستامی‌پراید به‌ترتیب منجر به افزایش ۹۷/۹۱ درصد تلفات لارو زنده نسبت به غلظت‌های ۳/۷۵ و ۵ گرم در لیتر استامی‌پراید شد. در تیمار ترکیبی ۳/۷۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + استامی‌پراید، بیشترین غلظت استامی‌پراید (۱۰ گرم در لیتر) بالاترین درصد تلفات لارو زنده را به خود اختصاص داد. هر چند بین این غلظت و غلظت ۷/۵ گرم در لیترتفاوت

معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۲). در بالاترین غلظت سایپرمترین + استامی‌پراید، افزایش غلظت استامی‌پراید به طور قابل توجهی منجر به افزایش درصد تلفات لارو زنده شد. تزریق غلظت پنج میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید افزایش صد درصدی در تلفات لارو زنده را نسبت به تیمارهای پنج میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + پنج گرم در لیتر استامی‌پراید (۸۵/۶۱ درصد) و پنج میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۷/۵ گرم در لیتراستامی‌پراید (۹۷/۱۰ درصد) به دنبال داشت (جدول ۲).

**جدول ۲.** مقایسه میانگین مجموع لارو شمارش شده، تعداد لارو زنده و درصد تلفات لارو *Rhynchophorus ferrugineus* در تیمارهای موضعی آفت‌کش بعد از ۲۱ روز.

**Table 2.** Mean of the effect of pesticide treatments on total number of counted larvae, the number of live larvae and the percentage of larval mortality of *Rhynchophorus ferrugineus* after 21 days.

| Treatment | Number of total larvae | Number of live larvae | Larval mortality (%) |
|---|---|---|---|
| Cypermethrin 2.5 mL $L^{-1}$ | 17 $^{bcd}$ | 9 $^{b}$ | 47.03 $^{e}$ |
| Cypermethrin 3.75 mL $L^{-1}$ | 14 $^{d}$ | 5 $^{d}$ | 86.32 $^{b}$ |
| Cypermethrin 5 mL $L^{-1}$ | 15 $^{cd}$ | 1 $^{fgh}$ | 93.69 $^{ab}$ |
| Acetamipride 5 g $L^{-1}$ | 16 $^{bcd}$ | 7 $^{c}$ | 55.66 $^{de}$ |
| Acetamipride 7.5 g $L^{-1}$ | 16 $^{bcd}$ | 2 $^{efg}$ | 68.06 $^{c}$ |
| Acetamipride 10 g $L^{-1}$ | 14 $^{d}$ | 1 $^{fgh}$ | 92.78 $^{ab}$ |
| Cypermethrin 2.5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 5 g $L^{-1}$ | 19 $^{b}$ | 6 $^{cd}$ | 68.64 $^{c}$ |
| Cypermethrin 2.5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 7.5 g $L^{-1}$ | 19 $^{b}$ | 5 $^{d}$ | 73.58 $^{c}$ |
| Cypermethrin 2.5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 10 g $L^{-1}$ | 16.33 $^{bcd}$ | 2 $^{fg}$ | 97.91 $^{a}$ |
| Cypermethrin 3.75 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 5 g $L^{-1}$ | 14 $^{d}$ | 5 $^{d}$ | 64.48 $^{cd}$ |
| Cypermethrin 3.75mL $L^{-1}$ + Acetamipride 7.5 g $L^{-1}$ | 19 $^{b}$ | 3 $^{e}$ | 84.51 $^{b}$ |
| Cypermethrin 3.75 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 10 g $L^{-1}$ | 17 $^{bcd}$ | 0 $^{h}$ | 100 $^{a}$ |
| Cypermethrin 5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 5 g $L^{-1}$ | 13.66 $^{d}$ | 2.3 $^{fg}$ | 85.61 $^{b}$ |
| Cypermethrin 5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 7.5 g $L^{-1}$ | 19.66 $^{ab}$ | 0.66 $^{fgh}$ | 97.10 $^{a}$ |
| Cypermethrin 5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 10 g $L^{-1}$ | 23.33 $^{a}$ | 0 $^{h}$ | 100 $^{a}$ |
| Control | 18 $^{bc}$ | 18 $^{bc}$ | 0 $^{f}$ |

Means with different letter in each column are significantly different at according to LSD ($p \leq 0/05$).

نتایج مقایسه میانگین تزریق حشره‌کش‌های سایپرمترین و استامی‌پراید بر تعداد حشره زنده نشان داد با افزایش غلظت حشره‌کش سایپرمترین، تعداد حشره زنده کاهش یافت. افزایش غلظت حشره‌کش استامی‌پراید نیز منجر به کاهش تعداد حشره زنده شد. هر چند اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۵، ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتراستامی‌پراید مشاهده نگردید. در بالاترین غلظت سایپرمترین + استامی‌پراید، افزایش غلظت استامی‌پراید منجر به کاهش تعداد حشره زنده شد و کمترین تعداد حشره زنده در تیمار تزریق ۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۱۰ گرم در لیتراستامی‌پراید به دست آمد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین تزریق حشره‌کش‌های سایپرمترین و استامی‌پراید نشان داد کاربرد حشره‌کش‌ها منجر به افزایش قابل توجه تلفات حشره گردید. بدین‌صورت که بیشترین تلفات حشره در تیمار کاربرد پنج میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۱۰ گرم در لیتراستامی‌پراید مشاهده شد. کمترین تلفات حشره کامل نیز در تیمار شاهد به‌دست آمد. افزایش غلظت حشره‌کش سایپرمترین منجر به افزایش معنی‌دار درصد تلفات حشره شد و غلظت‌های ۵ و ۳/۷۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین نسبت به غلظت ۲/۵ میلی‌لیتر در لیتر (۱۶/۲۰ درصد) توانست به‌ترتیب تلفات حشره را ۴۵/۸۳ و ۳۲/۱۴ درصد افزایش دهد. در مورد حشره‌کش

استامی‌پراید روندی مشابه با حشره‌کش سایپرمترین مشاهده شد. افزایش غلظت استامی‌پراید منجر به افزایش درصد تلفات حشره شد. کاربرد ۱۰ گرم در لیتراستامی‌پراید در مقایسه با غلظت‌های ۵ گرم در لیتر (۲۳/۳۳ درصد) و ۷/۵ گرم در لیتر (۴۲/۸۶ درصد) منجر به افزایش ۵۰ درصدی تلفات حشره کامل سرخرطومی حنایی خرما شد. نتایج همچنین نشان داد تزریق ترکیبی حشره‌کش‌های سایپرمترین و استامی‌پراید نیز توانست تلفات حشره را افزایش دهد. تزریق ۲/۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین + ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید منجر به افزایش ۶۳/۰۶ درصدی تلفات حشره کامل گردید. روند مشابهی در تزریق ترکیبی ۳/۷۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین با غلظت‌های مختلف استامی‌پراید نیز مشاهده شد و با افزایش غلظت استامی‌پراید درصد تلفات حشره افزایش یافت. کاربرد بالاترین غلظت سایپرمترین (۵ میلی‌لیتر در لیتر) + ۱۰ گرم در لیتر استامی‌پراید، منجر به افزایش صد درصدی تلفات حشره کامل نسبت به شاهد (آب مقطر) گردید (جدول ۳).

**جدول ۳.** مقایسه میانگین مجموع حشرات کامل شمارش شده، تعداد حشرات کامل زنده و درصد تلفات حشرات کامل *Rhynchophorus ferrugineus* در تیمارهای موضعی آفت‌کش بعد از ۲۱ روز.

**Table 3.** Mean of the effect of pesticide treatments on total number of adults, the number of live adults and the percentage of adults mortality of *Rhynchophorus ferrugineus* after 21 days.

| Treatment | Number of total adults | Number of live adults | Adult mortality (%) |
|---|---|---|---|
| Cypermethrin 2.5 mL $L^{-1}$ | 8.33 $^{b}$ | 7 $^{b}$ | 16.20 $^{gh}$ |
| Cypermethrin 3.75 mL $L^{-1}$ | 7.33 $^{b}$ | 5 $^{c}$ | 32.14 $^{efg}$ |
| Cypermethrin 5 mL $L^{-1}$ | 7.33 $^{b}$ | 4 $^{cd}$ | 45.83 $^{de}$ |
| Acetamipride 5 g $L^{-1}$ | 6.66 $^{b}$ | 5 $^{c}$ | 23.33 $^{fg}$ |
| Acetamipride 7.5 g $L^{-1}$ | 7 $^{b}$ | 4 $^{cd}$ | 42.86 $^{def}$ |
| Acetamipride 10 g $L^{-1}$ | 8 $^{b}$ | 4 $^{cd}$ | 50 $^{de}$ |
| Cypermethrin 2.5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 5 g $L^{-1}$ | 6.33 $^{b}$ | 4 $^{cd}$ | 36.51 $^{efg}$ |
| Cypermethrin 2.5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 7.5 g $L^{-1}$ | 6 $^{b}$ | 4 $^{cd}$ | 50.95 $^{de}$ |
| Cypermethrin 2.5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 10 g $L^{-1}$ | 6.33 $^{b}$ | 2.33 $^{efg}$ | 63.06 $^{cd}$ |
| Cypermethrin 3.75 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 5 g $L^{-1}$ | 6.66 $^{b}$ | 3.6 $^{cde}$ | 42.20 $^{def}$ |
| Cypermethrin 3.75mL $L^{-1}$ + Acetamipride 7.5 g $L^{-1}$ | 6.66 $^{b}$ | 2.33 $^{efg}$ | 48.33 $^{de}$ |
| Cypermethrin 3.75 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 10 g $L^{-1}$ | 8.66 $^{b}$ | 1 $^{gh}$ | 76.85 $^{bc}$ |
| Cypermethrin 5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 5 g $L^{-1}$ | 7 $^{b}$ | 1.66 $^{fg}$ | 77.02 $^{bc}$ |
| Cypermethrin 5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 7.5 g $L^{-1}$ | 8 $^{b}$ | 1 $^{gh}$ | 87.37 $^{ab}$ |
| Cypermethrin 5 mL $L^{-1}$ + Acetamipride 10 g $L^{-1}$ | 9 $^{b}$ | 0 $^{h}$ | 100 $^{a}$ |
| Control | 13 $^{a}$ | 13 $^{a}$ | 0 $^{h}$ |

Means with different letter in each column are significantly different at according to LSD ($p \leq 0/05$).

مرحله سنی که موجود زنده در معرض سم قرار می‌گیرد در میزان حساسیت آن نقش به‌سزایی دارد. در این خصوص بررسی اثر تزریق غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌های مورد بررسی روی لارو سرخرطومی حنایی خرما نشان داد که هر دو حشره‌کش قادرند تعداد لاروهای زنده سرخرطومی حنایی را کاهش دهند اما میزان حساسیت لاروها به این دو نوع حشره‌کش با هم متفاوت بود. افزایش غلظت هر دو حشره‌کش تعداد لارو زنده را کاهش داد. مقایسه کم‌ترین غلظت‌های هر دو حشره‌کش (۲/۵ میلی‌لیتر در لیتر سایپرمترین و ۵ گرم در لیتر استامی‌پراید) نشان داد تزریق استامی‌پراید تعداد لاروهای زنده کمتری برجای گذاشت اما در غلظت بالای هر دو حشره‌کش تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. سایپرمترین رایج‌ترین حشره‌کش پایروتروئید مصنوعی نوع II است که مانند سایر پایرتروئیدها، برای القای اثرات نوروتوکسیک در گونه‌های هدف طراحی شده است. نحوه عمل این حشره‌کش مربوط به باز شدن طولانی مدت کانال‌های سدیم در سیستم عصبی مرکزی است، که منجر به تحریک بیش

از حد نورون‌ها، لرزش شدید و مرگ حشره می‌شود (Kaisarevic *et al*. 2019). اختلاف در تاثیر حشره‌کش‌ها ممکن است به دلیل اختلاف در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها مانند وزن مولکولی (سایپرمترین ۴۱۶/۳ گرم بر مول و استامی‌پراید ۲۲۲/۷ گرم بر مول)، خاصیت چربی‌دوستی یا آب دوستی آن‌ها، نحوه فرمولاسیون و نحوه عمل آن‌ها باشد (Ashtari *et al*. 2020). وزن مولکولی کمتر استامی‌پراید و سیستمیک بودن آن می‌تواند دلیلی بر اثرگذاری بیشتر این آفت‌کش بر کاهش تعداد لارو زنده باشد. نتایج تحقیقات نشان داد کاربرد دو میلی‌لیتر در لیتر آفت‌کش سایپرمترین منجر به کنترل لارو و سوسک سرخرطومی حنایی خرما گردید (Al-Ayedh *et al*. 2016). خاصیت حشره‌کشی استامی‌پراید توسط محققین مختلف روی پسیل آسیایی مرکبات (Golmohammadi *et al*. 2017) گزارش شده است.

تفاوت در واکنش آفت به سموم شیمیایی در مراحل مختلف چرخه زندگی می‌تواند تواند ناشی از تفاوت‌های فیزیولوژیک مانند وجود سازوکارهای دفاعی متفاوت در مراحل مختلف زندگی سرخرطومی حنایی خرما باشد (Almasi *et al*. 2016). نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد اثرگذاری بیشتر این حشره‌کش‌ها بر روی مرحله لاروی بوده و از آنجا که خسارت اصلی سرخرطومی حنایی خرما در مرحله لاروی ایجاد می‌شود و با توجه به تغذیه لاروها از دستجات آوندی به نظر می‌رسد مصرف حشره‌کش سیستمیک استامی‌پراید در ترکیب با حشره‌کش تماسی و گوارشی سایپرمترین می‌تواند موجب کاهش تعداد لارو زنده گردد. نتایج آزمایش حاضر همچنین نشان‌دهنده اثر بخش بودن روش تزریق حشره‌کش به تنه درخت در کاهش تعداد لارو زنده بود که با نتایج تحقیق سایر محققین مبنی بر افزایش اثربخشی حشره‌کش استامی‌پراید با روش تزریق به تنه درخت در کنترل زنجرک انبه (Askari Seyahooei *et al*. 2019) هم‌خوانی دارد. در تحقیقی با مقایسه اثر محلول‌پاشی و تزریق سم فلوپیرادیفورون۲۰ ٪ بر کنترل سرخرطومی حنایی خرما، گزارش شد تزریق ۲۰ گرم ماده مؤثره از سم فلوپیرادیفورون به همراه ۱۰۰ میلی‌لیتر آب توانست تعداد لارو زنده را در هر درخت به‌طور معنی‌داری کاهش دهد و منجر به کنترل ۱۰۰ درصدی لارو سرخرطومی حنایی خرما شد (Abbasi *et al*. 2019). مطالعات متعدد همچنین حاکی از اثر مثبت تزریق سم به تنه درخت در کنترل آفات بلوط (Svihra *et al*. 2004)، کاج (Fettig *et al*. 2013) و سیب (Coslor *et al*. 2019) بوده است. محققان همچنین اثر بخشی حشره‌کش‌های پایروتیروئیدی را در کنترل لارو و سوسک سرخرطومی حنایی خرما در گزارش و بیان کردند حشره‌کش‌های سایپرمترین نسبت به دلتامترین و پرمترین دارای اثر کشندگی بیشتری می‌باشد (El-Saad *et al*. 2001). پژوهشگران گزارش کردند کاربرد حشره‌کش سایپریمترین به‌طور مؤثری منجر به کاهش تعداد لارو و سوسک سرخرطومی حنایی خرما شد و کاربرد غلظت مناسب این حشره‌کش می‌تواند نقش به‌سزایی در کنترل سرخرطومی حنایی خرما ایفا کند (Wakil *et al*. 2018).

بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که روش تزریق می‌تواند یکی از راهکارهای موثر و کارا در کنترل شیمیایی سوسک سرخرطومی حنایی خرما باشد. با توجه به اینکه این روش به‌طور عملی در ایران برای کنترل این آفت به کار گرفته نشده است، پیشنهاد می‌گردد که برای کنترل شیمیایی لاروها و حشرات آفت، از تزریق سم به تنه نخل با استفاده از حشره‌کش‌های سایپرمترین و استامی‌پراید و یا سایر سموم مناسب استفاده شود. مشاهدات این تحقیق نشان‌دهنده کارایی بالای هر دو حشره‌کش مورد آزمایش در کنترل آفت بود. با این حال، استفاده ترکیبی از این دو حشره‌کش نتایج به مراتب بهتری را به همراه داشت و منجر به افزایش قابل توجه مرگ و میر در لاروها و حشرات کامل نسبت به زمانی که هر یک از آنها بطور جداگانه مورد استفاده قرار می‌گرفت، گردید. بطوریکه بالاترین میزان تلفات حشره و لارو در بالاترین غلظت مصرف ترکیبی این دو حشره‌کش مشاهده شد. یافته‌های این پژوهش به‌وضوح اهمیت بکارگیری روش‌های کاربرد توأم و اختلاط آفت-کش‌ها در مدیریت تلفیقی آفات (IPM) را نمایان می‌کند. با توجه به چالش‌های موجود در کنترل آفات و تأثیرات منفی استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌ها، این روش می‌تواند جایگزینی علمی و پایدار برای دستیابی به نتایج مطلوب در کشاورزی پایدار باشد.

## سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه زابل به خاطر حمایت مالی این مطالعه (IR-UOZ-GR-0821) تشکر و قدردانی می‌نمایند. پژوهش حاضر بخشی از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد نگارنده اول در رشته حشره‌شناسی کشاورزی است.

**References**


Abbott WS, 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265–267.

Abbasi J, Dabiri H, Zargari M, Taheri YB, Zare S, 2019. Evaluation of the effect of Flupyradifurone20% (Sivanto) and the trunk injection method to control red palm weevil (RPW) *Rhynchophorus ferrugineus* Olive. in Iran. *IAU Entomological Research Journal* 11: 115–125.

Ardestanirostami H, Sheikhigarjan A, Arbab A, Javadzade M, 2017. Control of pear psylla, *Cacopsylla pyricola* by trunk injection of azadirachtin and complete fertilizer. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 2: 153–261.

Al-Ayedh H, Hussain A, Rizwan-ul-Haq M, Al-Jabr AM, 2016. Status of insecticide resistance in field-collected populations of *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Agriculture & Biolology* 18: 103–110.

Almasi A, Askari Seyahooei M, Khajehzadeh Y, 2016. The toxicity of acetamiprid, dicholorvos and azadirachtin pesticides on melon aphid, *Aphis gossypii* Glover and *Lysiphlebus fabarum* Marshall. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 47: 151–162.

Ashtari S, Sabhi G, Talebi Jahromi K, 2020. Effects of four insecicides on immature stages of *Trichogramma evanescens* westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) egg parasitoid of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae*). Journal of Applied Research in Plant Protection* 9: 45–58.

Askari Seyahooei M, Bagheri A, Morshedi S, Fallahzadeh M, Amiri S, *et al.*, 2019. Trunk injection a promising approach for long-lasting suppression of mango leaf hopper, *Idioscopus clypealis*. *Toxicology & Pest Control* 11: 123–129.

Coslor CC, Sundin GW, Wise JC, 2019. The efficacy of trunk injections of emamectin benzoate and phosphorous acid for control of obliquebanded leafroller and apple scab on semi-dwarf apple. *Pest Management Science* 78: 1245–1259.

El-Saad MM, Ajlan AM, Shawir MS, Abdulsalam KS, Rezk MA, 2001. Comparative toxicity of four pyrethroid insecticides against red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) under laboratory conditions. *Journal of Pest & Environmental Science* 9: 63–76.

Fettig CJ, Burnside RE, Schultz ME, 2013. Injection of emamectin benzoate protects paper birch from birch leafminer (Hymenoptera: Tenthredinidae) for two field seasons. *Journal of Entomological Science* 48: 166–168.

Golmohammadi GR, Naseri M, Keyhanian AA, 2017. Studying the effects of some insecticides on different developing stages of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama in field conditon. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 6: 63–70.

Kiarasi M, Arbab A, Sheikhigarjan A, Moradi A, Mohammadipour A, 2018. Investigation on the efficacy of chemical control of Elm Leaf Beetle, *Xanthogaleruca luteola* Mull. by trunk injection. *Pesticides in Plant Protection Sciences* 1: 32–42.

Kaisarevic S, Tenji D, Mihajlovic V, Micic B, Francija E, *et al*., 2019. Comparative analyses of cellular physiological responses of non-target species to cypermethrin and its formulated product: Contribution to mode of action research. *Environmental Toxicology & Pharmacology* 65: 31–39.

Luaces PA, Herrera MDG, Gaiad JE, 2020. Trunk nutrition in fruit crops: An overview. *Fruit Crops* 1: 481–495.

Mule R, Fodale AS, Tucci A, 2002. Control of olive Verticillium wilt by trunk injection with different doses of fosetyl-Al and benomyl. *Acta Horticulturae* 586: 761–764

Piri A, Sahebzadeh N, Zibaee A, Khani A, 2021. Effect of some Botanicals and Imidacloprid on the Biochemical Parameters of Red Palm Weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier). *Journal of Iranian Plant Protection Research* 35: 39–55.

Svihra P, Crosby DF, Duckles B, 2004. Emergence suppression of bark and ambrosia beetles in infested oaks. *Journal of Arboriculture* 30: 62–66.

Wakil W, Yasin M, Qayyum MA, Ghazanfar MU, Al-Sadi AM, *et al.*, 2018. Resistance to commonly used insecticides and phosphine fumigant in red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) in Pakistan. *Plos One* 13(7): e0192628.

Wise JC, VanWoerkom AH, Acimovic SG, Sundin GW, Cregg BM, *et al.*, 2014. Trunk injection: a discriminating delivering system for horticulture crop IPM. *Entomology, Ornithology & Herpetology* 3: 1–12.