The University of Tehran Press

Iranian Journal of Plant Protection Science

Online ISNN: 2008-4781

Homepage: http://ijpps.ut.ac.ir/

Investigation of Emamectin Benzoate Insecticide Efficacy For Prevention of Infestation of The Red Palm Weevil, *Rhynchophorus Ferrugineus* And Determining Its Residues in Date Palm Fruit And Vascular Tissue

Kazem Mohammadpour[1] ✉, Vahide Mahdavi[2], Ali Mohammadipour[3], Fatemeh Shafaghi[4]

1. Corresponding Author, Department of Entomology Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran. Iran. E-mail: k.mohammadpour@areeo.ac.ir
2. Department of Pesticide Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran. Iran. E-mail: v_mahdavi@areeo.ac.ir
3. Department of Entomology Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran. Iran. E-mail: a.mohammadipour@areeo.ac.ir
4. Department of Entomology Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran. Iran. E-mail: fshafaghi@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 7 April 2025

Revised: 4 May 2025

Accepted: 31 May 2025

Published online: Spring and Summer 2025

Keywords:

Date Palm, Revive, Insecticide Residue, Rhynchophorus ferrugineus.

ABSTRACT

Red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* is one of the most important pests of different palms. The efficacy of the new insecticide, emamectin benzoate (Revive II, ME 9.5%), on the prevention of the infestation caused by RPW, as well as its residue in date palm fruit and core, were evaluated in this study. Trials were implemented in Sisan and Baluchestan and Fars provinces. Revive II was injected in four sides of the trunk Treatments included the injection of 25 and 50 ml of Revive II per tree. A separated plot of date palms without any insecticide injection was considered as control, as well as date palms without injection in the treatment plot and alternately with treated date palms. The results showed that the infestation was zero in the treated plots, while in the 4 control plots, the average of infested date palms in Fars province were 0.68, 0.68, 0.84, and 0.52, and in Sistan and Baluchestan province were 0.12, 0.76, 0.24, and 0.08. Also, residues of the emamectin benzoate in both volumes were present in the vascular tissue and date fruit at the permitted level six months after injection, but one year later, there were no insecticide residues. It was found that one single injection will be effective in protecting from the red palm weevil. It is recommended to inject the emamectin benzoate (Revive II, ME 9.5%) with 25 ml in autumn after harvesting date until six months before harvest time.

Cite this article: Mohammadpour, K., Mahdavi, V., Mohammadipour, A. & Shafaghi, F. (2025). *Investigation of Emamectin Benzoate Insecticide Efficacy For Prevention of Infestation of The Red Palm Weevil, Rhynchophorus Ferrugineus And Determining Its Residues in Date Palm Fruit And Vascular Tissue*. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 56 (1), 121-138. DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.405123.1007097

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.405123.1007097

Extended Abstract

Introduction

Objective

The red palm weevil is the most destructive pests of the date palm. The pest is currently distributed not only in Sistan and Baluchestan Province but also in the provinces of Kerman, Hormozgan, Fars, Bushehr, Yazd and South Khorasan. Dates are a strategic product that, in addition to domestic consumption and the livelihoods of growers, also holds a special position in terms of exports and foreign exchange earnings. Since the red palm weevil is a key pest of dates, it annually reduces date yields in infested areas. Until now, damage-control operations for the red palm weevil in infested areas of Iran have largely relied on surveying limited infested date groves by skilled labor to identify infested trees based on signs of infection and treating them by fumigation with aluminum phosphide tablets. The use of this method, in addition to problems such as the need for skilled workers, has the risk of re-infestation of date trees after fumigation is completed. Research has shown that the new insecticide Revive 2 (generic name Emamectin Benzoate) with a microemulsion formulation (ME 9.5%) used in the Canary Islands prevents damage from this pest. Pesticides are among the most important contaminants in food, and monitoring their residues in agricultural products is an essential requirement for understanding the safety status of products. Monitoring and measuring pesticide residues in agricultural products, especially fresh produce and products such as dates that directly reach human consumption, is being carried out in various countries around the world in order to assess the health and safety of the population. Therefore, this study was conducted with the aim of examining and monitoring the residue levels of the new insecticide Revivo that is used in preventing infestation and damage from the red palm weevil in dates.

Materials and Methods

In this study, Certified Reference materials (CRMs), acetonitrile and Poly Secondary Amin (PSA) were purchased from Sigma-Aldrich, Scharlau (Barcelona, Spain) and Agilent company (USA), respectively.

The study was carried out using emamectin benzoate (Revive II, ME 9.5%) insecticide in the form of injection on four sides of infested tree trunk to preventing infestation of the date palm by *R. ferrugineus* in the Sisan and Baluchestan and Fars provinces. Treatments included ReviveII (ME 9.5%) with concentrations of 25 and 50 ml per tree (requested by the company), control trees (without injection) in two cases, including the control piece as a single and separate piece and adjacent control trees. A quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe (QuEChERS)-based sample preparation method coupled with ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UHPLC-MS/MS) in dynamic multiple reaction monitoring (dMRM) mode was developed to determine the residues of the 3 pesticides in treated tomato samples.

Results and discussion

Research have shown that the new insecticide Revive 2, with the generic name emamectin benzoate and a microemulsion formulation (ME 9.5%), has prevented damage from red palm weevil in some countries. This study showed that the infestation was zero in the treatment plots, while in the 4 control plots, the average contamination in Fars province were 0.68, 0.68, 0.84, and 0.52, and in Sistan and Baluchestan province were 0.12, 0.76, 0.24, and 0.08. our result showed that in the vascular tissue of the date palm, one month after injecting a dose of 25 ml of insecticide into the base of the tree, the insecticide was not detectable in the first month, and a decreasing trend in the presence of residues was observed from the third month to one year. Also, in the vascular tissue of date palms, a decreasing trend in the presence of residues is observed from one month to one year after injecting a dose of 50 ml of insecticide into the base of the tree. By ignoring the first point, the increasing trend of the residue was shown in the date fruit until the 6th month and then a decrease until the following year. At the injection dose of 50 ml, the increasing trend of the residue in the date fruit until the 6th month and then a decrease until the following year is noticeable. Measurements of Revive insecticide in vascular tissue and date fruit showed that preharvest interval was 6 months. One year after injection, there were no insecticide residues in the vascular tissue samples of the injected trees. Although the residual amounts increased over the six months, this may be related to the nature of the release of this insecticide, as it gradually spread to the upper parts of the trunk. Of course, the method of irrigation can also affect the release of the insecticide.

Conclusions

It was found that one single injection will be effective in protecting from the red palm weevil. It is recommended to inject the emamectin benzoate (Revive II, ME 9.5%) at concentration of 25 ml in autumn after harvesting date until six months before harvest time.

Author Contributions

Kazem Mohammadpour: Resources, Funding acquisition, Validation, Visualization, Supervision, Writing-original draft **Vahideh Mahdavi**: Formal analysis, Data curation, Methodology, **Ali Mohammadipour**: Sample treatment, planning, Investigation; **Fatemeh Shafaghi**: Writing-original draft

Data availability statement

Data will be available upon request.

Acknowledgements

The authors greatly thank the Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP) to provide the necessary facilities and equipment.

Ethical considerations

Not applicable.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

نشریه دانش گیاهپزشکی ایران، دوره ۵۶، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۶۸-۲۴۲۳

Homepage: http://ijpps.ut.ac.ir/

بررسی کارایی حشره‌کش امامکتین بنزوات جهت پیشگیری از آلودگی سرخرطومی حنایی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus*) و تعیین باقیمانده آن در میوه و بافت آوندی خرما

کاظم محمدپور[۱] ✉ | وحیده مهدوی[۲] | علی محمدی پور[۳] | فاطمه شفقی[۴]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات حشره شناسی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: k.mohammadpour@areeo.ac.ir

۲. بخش تحقیقات آفتکشها موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران،ایران. رایانامه: v_mahdavi@areeo.ac.ir

۳. بخش تحقیقات حشره شناسی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران،ایران. رایانامه: a.mohammadipour@areeo.ac.ir

۴. بخش تحقیقات حشره شناسی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: fshafaghi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰
تاریخ انتشار: بهار و تابستان ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
درخت خرما، ریوایو، باقیمانده حشره‌کش، سرخرطومی حنایی خرما.

چکیده

سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* ,از مهم‌ترین آفات نخیلات به‌شمار می‌رود. این تحقیق جهت ارزیابی کارایی حشره‌کش جدید امامکتین بنزوات (ریوایو ۲، ME 9.5%) در پیشگیری از آلودگی آفت و همچنین میزان باقیمانده آن در میوه و بافت آوندی درخت خرما انجام شد. ریوایو۲، به صورت تزریق در چهارطرف تنه‌درخت در دو استان سیستان‌وبلوچستان و فارس استفاده شد. تیمارها شامل حشره‌کش ریوایو۲ با حجم‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر بود که روی درختان سالم خرما تزریق شد. درختان شاهد در دو حالت در نظرگرفته شد که در حالت اول قطعه شاهد به‌صورت یک قطعه یکجا و درحالت دوم درختان شاهد در مجاور درختان تزریق‌شده، به‌صورت یک در میان بودند. نتایج نشان‌داد در قطعاتی که تزریق انجام شد، آلودگی صفر بود، درحالی‌که در قطعات شاهد میانگین درختان آلوده در استان فارس ۰/۶۸، ۰/۶۸، ۰/۸۴ و ۰/۵۲ درخت در قطعه و در استان سیستان‌وبلوچستان ۰/۱۲، ۰/۷۶، ۰/۲۴ و ۰/۰۸ درخت در قطعه بود. همچنین باقیمانده حشره‌کش امامکتین بنزوات در هردو حجم، شش ماه بعد از تزریق در حد مجاز در بافت آوندی و میوه موجود بود ولی یک سال بعد، در نمونه‌های مربوط به بافت آوندی درختان تزریق شده، باقی‌مانده حشره‌کش وجود نداشت. بنابراین، تزریق حشره‌کش ریوایو ۲، به تنه درخت خرمای سالم با حجم ۲۵ میلی‌لیتر به ازاء هر درخت با فاصله‌زمانی ۶ ماه تا برداشت محصول و یا تزریق پس‌ازبرداشت، از کارایی مناسب جهت پیشگیری از آلودگی سرخرطومی حنایی خرما برخوردار است.

استناد: محمدپور، کاظم؛ مهدوی، وحیده؛ محمدی پور، علی و شفقی، فاطمه (۱۴۰۴). بررسی کارایی حشره‌کش امامکتین بنزوات جهت پیشگیری از آلودگی سرخرطومی حنایی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus*) و تعیین باقیمانده آن در میوه و بافت آوندی خرما. *نشریه دانش گیاهپزشکی ایران*، ۵۶ (۱)، ۱۳۸-۱۲۱. DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.405123.1007097

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.405123.1007097

مقدمه

سرخرطومی حنایی خرما *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier.) (Col.: Dryophthoridae)، از مهم‌ترین آفات نخیلات می‌باشد. خسارت این آفت برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۶۹ روی درختان خرما در روستاهای حومهٔ شهرستان سراوان (استان سیستان و بلوچستان) گزارش شد (آوند فقیه،۱۳۷۴). این آفت در حال حاضر، علاوه بر استان سیستان و بلوچستان در استان‌های کرمان، هرمزگان، فارس، بوشهر، یزد و خراسان جنوبی نیز انتشار دارد. خرما از محصولات استراتژیک می‌باشد که علاوه بر مصرف داخلی، به لحاظ صادراتی و ارزآوری نیز جایگاه ویژه‌ای دارد. سرخرطومی حنایی خرما هرساله باعث کاهش عملکرد محصول خرما در مناطق آلوده می‌شود و تولید خرما در کشور را تهدید می کند. تاکنون عملیات کنترل خسارت سرخرطومی حنایی خرما در مناطق آلودهٔ ایران بیشتر برپایهٔ جستجوی درختان آلوده به وسیلهٔ نیروی انسانی ماهر با استفاده از علائم آلودگی و درمان آن‌ها به روش تدخین با قرص‌های فسفیدآلومینیوم بوده است. در این روش مشکلاتی از قبیل نیاز به کارگر با تجربه و امکان آلودگی مجدد درختان نخل پس از تیمار همواره وجود دارد. تحقیقات نشان داده است حشره‌کش جدید ریوایو۲ با نام عمومی امامکتین بنزوات و با فرمولاسیون میکرو امولسیون (ME 9.5%) در جزایر قناری سبب پیشگیری از خسارت این آفت شده است(Ferry and Gomes, 2019) آفت‌کش‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها در مواد غذایی می‌باشند و پایش باقیمانده آن‌ها در محصولات کشاورزی، یکی از الزامات اساسی برای آگاهی از شرایط ایمنی محصولات است. پایش و اندازه‌گیری باقیمانده آفتکش‌ها در محصولات کشاورزی به‌ویژه محصولات تازه‌خوری و یا محصولاتی مانند خرما که به‌طور مستقیم به مصرف تغذیه انسان می‌رسد، در کشورهای مختلف جهان در راستای آگاهی از سلامت و ایمنی سلامت جامعه در حال انجام است(Basij *et al.*,2025). وزارت جهاد کشاورزی نیز به‌عنوان متولی تولید محصولات کشاورزی، باید از سلامت محصولات تولیدی به لحاظ آلاینده‌ها مطمئن باشد. این اطلاعات می‌تواند نقش زیادی در برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت مصرف آفتکش‌ها ایفا کند. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی کارایی امامکتین بنزوات (ریوایو ۲، ME 9.5%) در پیشگیری از آلودگی و خسارت سرخرطومی حنایی خرما و پایش مقدار باقیمانده آن در میوه و بافت آوندی درخت خرما انجام شد

پیشینه پژوهش

سرخرطومی حنایی خرما، *R. ferrugineus*، جدی‌ترین و مخرب‌ترین آفت خرما و نارگیل است (Wattanapongsiri, 1966). این آفت از اواسط دههٔ ۱۹۸۰ در کشورهای غرب آسیا، شمال آفریقا و جنوب اروپا روی درختان خرما و نخل زینتی جزایر قناری گزارش شد. در سال ۱۹۸۴ این آفت همراه نخیلات وارداتی به کشور عربستان سعودی وارد شد (Bokhari *et al.*, 1992) و پس از آن در سال ۱۹۹۲ از کشور مصر در قاره آفریقا (Cox, 1993) و کشور اسپانیا در قاره اروپا (Barranco *et al.*, 1996) گزارش شد. خسارت اصلی سرخرطومی حنایی خرما توسط مرحله لاروی انجام می‌شود. لاروها تمام طول دوره زندگی خود را داخل نخل سپری کرده و ضمن تغذیه از دسته‌های آوندی، جوانه مرکزی و غلاف‌های تازه و لیفی نشده برگ، کانال‌هایی در جهت‌های مختلف ایجاد می‌کنند (Hanounik ,1998). در ایران، نیز میزان خسارت سرخرطومی حنایی خرما با سایر آفات خرما قابل مقایسه نیست و این آفت در مدت کوتاهی سبب مرگ نخل می‌شود (آوند فقیه، ۱۳۷۴).

با توجه به اینکه سرخرطومی حنایی خرما درون تنه درخت مراحل زندگی را سپری می‌کند، دسترسی به آن دشوار است. از ابتدای گزارش این آفت در سال ۱۳۶۹ تنها روش توصیه شده در کشور برای درمان درختان آلوده، استفاده از قرص‌های فسفید آلومینیوم جهت تدخین درختان آلوده می‌باشد. با توجه به اینکه لاروهای آفت از مغز درخت خرما تغذیه می‌کنند، در اثر این عمل، شیرابه‌ای غلیظ و بدبو از محل آلودگی تنه درخت تراوش می‌شود که خود یکی از راه‌های شناسایی وجود سرخرطومی حنایی خرما یا مراحل مختلف آن درون بافت تنه درخت، تنه‌جوش و یا پاجوش است (آوند فقیه، ۱۳۷۴). فزون براین، بررسی‌های صحرایی در نخلستان‌های عمان نشان داده است که تزریق حشره‌کش‌های دیمتوات (EC 40%) و نیز مخلوط حشره‌کش‌های

اندوسولفان و دیمتوات کارایی خوبی در بهبود درختان آلوده به سرخرطومی حنایی خرما داشته است در حالی که کارایی حشره‌کش‌های فنیتروتیون و روغن چریش به مراتب کمتر بوده است (Azam & Razavi, 2001).

کنترل شیمیایی تنها به عنوان یک راهکار برای درمان درختان آلوده در قالب برنامه مدیریت کنترل سرخرطومی حنایی خرما است و برای پیشگیری از آلودگی روش‌های مختلف از قبیل بهداشت نخلستان، فیزیکی و رفتاری (تله‌های فرومونی) کاربرد دارند. اهمیت سلامت عمومی، حفظ محیط زیست، هزینه‌های بالای ثبت سموم و ایجاد مقاومت در آفات کلیدی، محدودیت‌هایی را در مصرف سموم شیمیایی ایجاد کرده است. حشره‌کش‌هایی با ویژگی اثر روی فیزیولوژی حشرات، جایگزین مناسبی برای سایر گروه‌های حشره‌کش حاوی ترکیبات فسفره و کاربامات می‌باشند (Biddinger and Hull, 1995).

اخیرا حشره‌کش جدید ریوایو۲ با نام عمومی امامکتین بنزوات و با فرمولاسیون میکرو امولسیون (ME 9.5%) معرفی شده است (Mashal and Obeidat, 2019). ماده مؤثره این حشره‌کش امامکتین بنزوات از گروه آورمکتین‌ها می‌باشد که حاصل از فعالیت باکتری اکتینومایست خاکزی با نام علمی *Stereptomyces avermitilis* Ōmura (Actinomycetales: Streptomycetaceae) است (Burg *et al*., 1979). آورمکتین‌ها به بخش‌های مختلف از جمله گیرنده‌های گلوتامات و گاما آمینوبوتیریک اسید (GABA) در کانال‌های یون کلر به سیستم عصبی حشرات پیوند می‌شوند (Joansson *et al*., 1997). امامکتین بنزوات یک حشره‌کش گوارشی است که علاوه بر تاثیر تماسی، دارای اثر ترانس‌لامینار (Translaminar) یا سیستمیک موضعی (Local systemic) است به نحوی که پس از تزریق این ترکیب، از یک قسمت با غلظت بالا به قسمت دیگر بافت با غلظت پایین حرکت کرده و تمام آن بافت را تحت پوشش قرار می‌دهد. این حشره‌کش برای کنترل کنه‌ها و مینوزها نیز استفاده شده است (Wing *et al*., 2000).

روش‌شناسی پژوهش

تزریق حشره‌کش

تحقیق حاضر در دو استان سیستان و بلوچستان (شهرستان سراوان، روستای بخشان) و فارس (شهرستان خنج، روستای فیشور) اجرا شد. تزریق حشره‌کش ریوایو۲ (ساخت شرکت سینجنتا، کشور سوئیس) در دو حجم ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر در ۲۵ درخت سالم خرما انجام شد. برای هر حجم تزریق دو حالت شاهد (شامل ۲۵ درخت) در نظر گرفته شد. در یک حالت قطعه شاهد به صورت یک‌جا و در مجاورت قطعه درختان تزریق شده با فاصله ۵ متر بود و در حالت دوم در مجاور هر درخت تزریق شده یک درخت شاهد بدون تزریق در نظر گرفته شد. جهت اجرای آزمایش چهار باغ در هر منطقه انتخاب شد، که دارای رقم مضافتی در شهرستان سراوان و خاصویی در شهرستان خنج بودند. عملیات تزریق در ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری تنه درخت از سطح زمین در اردیبهشت‌ماه در شهرستان خنج و در اسفندماه در شهرستان سراوان در سال ۱۴۰۲ انجام شد. بدین منظور، ابتدا با استفاده از مته مخصوص چوب با قطر ۱۰ میلی‌متر در چهار طرف درخت در ارتفاع مذکور چهار سوراخ با زاویه ۳۰ درجه ایجاد شد، به طوری که طول هر سوراخ یک سوم قطر تنه درخت بود (Mashal and Obeidat, 2019). سپس، حجم مساوی از حشره‌کش امامکتین بنزوات (ریوایو۲، ME 9.5%) به طور مستقیم و بدون اختلاط با آب با استفاده از دستگاه تزریق با فشار ۵ بار به داخل چهار سوراخ ایجاد شده وارد و سوراخ‌های مذکور با استفاده از چسب باغبانی مسدود شد. دستگاه تزریق ساخت شرکت سینجنتا (کشور سوئیس) و دارای یک صفحه نمایش می‌باشد که با انتخاب نوع درخت، حجم محلول تزریقی و فشار لازم بر روی این صفحه تنظیم می‌شود. این دستگاه دارای یک لانس می باشد که داخل سوراخ ایجاد شده قرار گرفته و محلول به داخل تنه گیاه منتقل می‌شود.

تعیین کارایی حشره‌کش

به منظور تعیین کارایی حشره‌کش ریوایو ۲ در پیشگیری از آلودگی درختان خرما به سرخرطومی حنایی خرما، در زمان‌های دوهفته، یک، دو، سه، شش و ۱۲ ماه پس از عملیات تزریق، درختان شاهد و تیمار شده از نظر آلودگی به سرخرطومی حنایی

خرما مورد بررسی قرار گرفتند. برای تعیین آلودگی درختان، علائم آلودگی در روی تنه درختان شامل ترشح شیرابه و وجود براده‌های حاصل از تغذیه لارو مورد بررسی قرار گرفت.

نمونه‌برداری برای تعیین باقیمانده حشره‌کش

الف– استخراج حشره‌کش از میوه خرما: نمونه‌های آزمایشگاهی میوه خرما با وزن تقریبی ۵۰۰ گرم به طور تصادفی از درختانی که حشره‌کش به آن‌ها تزریق شده بود جمع‌آوری و در کیسه‌های پلی‌اتیلنی و در داخل یخدان به آزمایشگاه اندازه‌گیری باقیمانده سموم بخش تحقیقات آفت‌کش‌ها در موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور منتقل شدند. نمونه‌های میوه (۵۰۰ گرم) از سه درخت تزریق شده و سه درخت بدون تزریق در مراحل رشدی کیمری، خارک و خرما جمع آوری شدند. از روش کچرز (QuEChERS) برای استخراج باقی‌مانده در نمونه‌های میوه خرما استفاده شد. برای آماده سازی، ابتدا هسته‌های خرما جدا و پس از تکه کردن هر یک از میوه‌های خرما و سپس مخلوط نمودن آن‌ها، ۲۰۰ گرم از نمونه خرد شده، با ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سرد به تدریج مخلوط و با استفاده از هموژنایزر یکنواخت شد. مخلوط خمیری حاصل به مدت یک ساعت به منظور نفوذ کامل آب در بافت خرما در تکانه[1]قرار داده شد. از خمیر به‌دست آمده در این مرحله، ۲۰ گرم در فالکن ۵۰ میلی‌لیتری توزین و با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر استونیتریل حاوی ۱٪ استیک اسید، فرایند استخراج کلی[2]انجام شد. به مخلوط حاصل، ۴ گرم سولفات منیزیم بدون آب، یک گرم سدیم کلرید و ۱/۵ گرم سدیم استات افزوده و این مخلوط با سرعت بالا به مدت یک دقیقه هم زده[3]شد. سپس، فاز آلی از بافت آبی با سانتریفوژ به مدت ۵ دقیقه و با دور۳۴۵۰ دور در دقیقه جدا شده و ۸ میلی‌لیتر از فاز آلی بدست آمده از این مرحله، به مدت ۱۲ ساعت برای حذف قند، موم و سایر مواد همراه [4]در دمای C° ۲۱- قرار داده شد. فالکن پس از خروج از فریزر به مدت یک دقیقه با دور ۳۴۵۰ دور در دقیقه مجدداً سانتریفوژ شد و ۵ میلی‌لیتر از فاز بالایی را برداشته و به فالکن ۱۵ میلی‌لیتری حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم از ترکیب آمین اولیه ثانویه (PSA)[5] و ۶۰۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم بدون آب، اضافه شد. پس از هم‌زدن شدید به مدت ۳ دقیقه، مجددا به مدت ۳ دقیقه با ۳۴۵۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. یک میلی‌لیتر از فاز بالایی حاصل را برداشته و در ویال مناسب با فیلتر سرسرنگی PTFE (LabService Analytica, Bologna, Italy) با قطر ذرات ۰/۴۵ میکرون، قبل از تزریق به دستگاه UHPLC-MS/MS فیلتر شد (Eslami *et al*., 2021).

ب– استخراج حشره‌کش از بافت آوندی خرما: در زمان های یک، سه، شش و ۱۲ ماه پس از عملیات تزریق، نمونه‌های ۵۰ گرمی از بافت آوندی خرما از قاعده درخت (ارتفاع تقریبی ۳۰ سانتیمتر) و ارتفاع یک متری تنه سه نفر درخت تزریق شده، تهیه شد. ابتدا کل نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه در معرض هوای آزاد و در دمای آزمایشگاه خشک شدند. همه نمونه‌های خشک شده آسیاب و به‌طور کامل به‌صورت پودر یکنواخت درآمد. معادل وزن خشک به‌دست آمده، آب مقطر سرد به نمونه اضافه شد. خمیر به‌دست آمده به مدت یک ساعت در تکانه جهت نفوذ آب به داخل نمونه‌ها قرار داده شد. ۲۰ گرم از خمیر حاصل در فالکن ۵۰ میلی‌لیتری توزین و با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر استونیتریل حاوی یک درصد استیک اسید، فرایند استخراج کلی انجام گرفت. به مخلوط حاصل، ۴ گرم منیزیم سولفات بدون آب، یک گرم سدیم کلرید و ۱/۵ گرم سدیم استات افزوده و مخلوط سریعا و به شدت به مدت یک دقیقه ورتکس شد. با سانتریفوژ به مدت ۵ دقیقه و با ۳۴۵۰ دور در دقیقه، فاز آلی از بافت آبی جدا شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر از فاز آلی برداشته و به فالکن ۱۵ میلی‌لیتری حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم از ترکیب آمین اولیه

1. Shaker
2. Total Extraction
3. Vortex
4. Co-extraction
5. Primary Secondary Amin

ثانویه و ۱۵۰۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم بدون آب و ۳۰ میلی‌گرم ترکیب کربن پیوندشده گرافیتی اضافه شد. پس از هم‌زدن شدید به مدت یک دقیقه، مجدداً به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۴۵۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. یک میلی‌لیتر از فاز بالایی حاصل برداشته و در ویال مناسب با فیلتر سرسرنگی PTFE با قطر ذرات ۰/۴۵ میکرون، قبل از تزریق به دستگاه UHPLC-MS/MS فیلتر شد.

روش تجزیه دستگاهی

الف– شرایط شویش در UHPLC: تعیین نوع و درصد فاز متحرک

برای جداسازی از فازهای متحرک استونیتریل و آب حاوی ۰/۱ درصد فرمیک اسید استفاده شد که شرایط شویش طبق جدول (۱) بود.

جدول ۱. شرایط شویش استفاده شده در HPLC جهت استخراج آنالیت مورد مطالعه.

فشار ماکزیمم (بار)	جریان (میلی‌لیتر/دقیقه)	درصد فاز متحرک (استونیتریل)	زمان (دقیقه)
۴۰۰	۰/۴	۱۰	۰/۱
۴۰۰	۰/۴	۱۰۰	۷
۴۰۰	۰/۴	۱۰۰	۱۳
۴۰۰	۰/۴	۱۰	۲۰

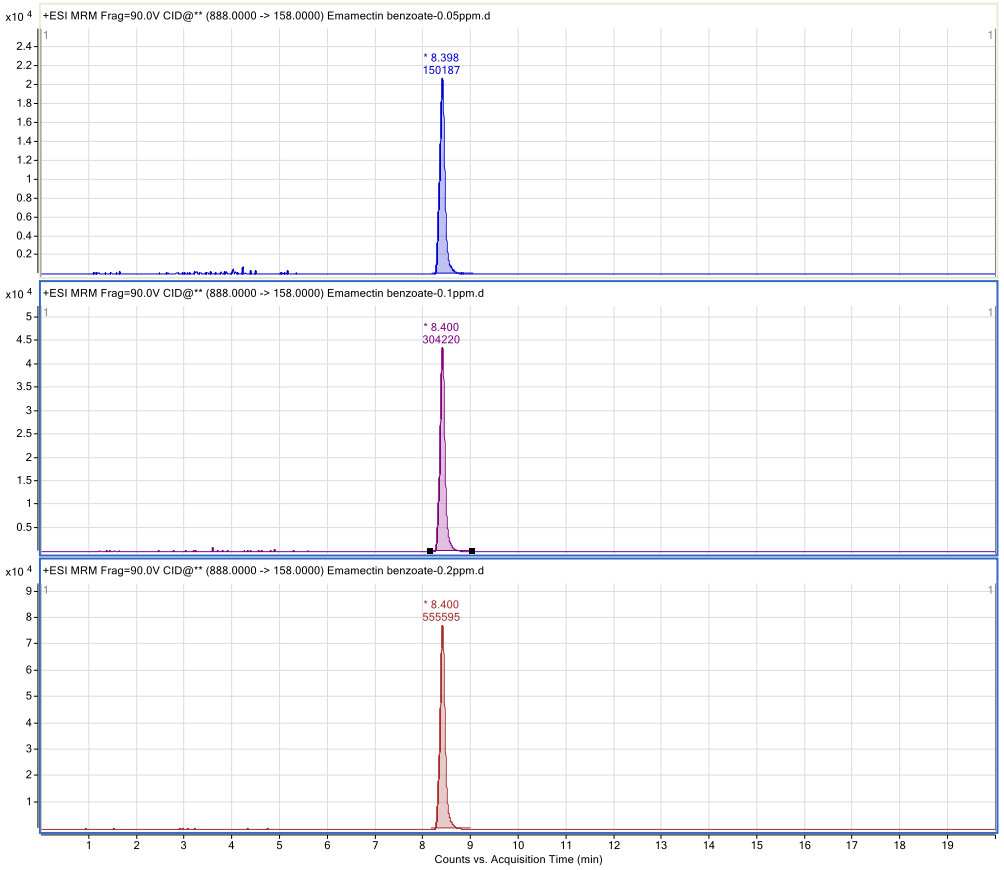
ب– کالیبره کردن دستگاه LC-MS/MS با استاندارد امامکتین بنزوات

ابتدا با تزریق مستقیم محلول استاندارد ۱ µg/ml از محلول استاندارد امامکتین بنزوات به آشکارساز MS، ولتاژ قطعه قطعه شدن[1](F.V.) یون والد[2]و انرژی برخورد برای هر یک از یون‌های دختر[3]یا یون‌های تولیدی[4]هر یک از ترکیبات بهینه شد. به‌عبارتی در این مرحله، بهترین شرایط برای تشخیص با حساسیت بالا برای هر یک از ترکیبات تعیین شد که اطلاعات شرایط بهینه در جدول (۲) و شکل (۱) نشان داده شده است.

جدول ۲. شرایط بهینه برای بدست آوردن حداکثر حساسیت نسبت به امامکتین بنزوات.

نام ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)	ولتاژ قطعه‌قطعه شدن یون والد $[M+H]^+$ (ولت)	انرژی برخورد یون کیفی (m/z) (الکترون ولت)	انرژی برخورد یون کمی (m/z) (الکترون ولت)	Dwell time (ms)
امامکتین بنزوات (ریوایو ۲)	۸/۴	۸۸۷ (۱۱۰)	۸۲ (۲۰)	۱۵۸ (۱۵)	۷۰

1. Fragmentation Voltage
2. Precursor Ion
3. Daughter Ion
4. Product Ion

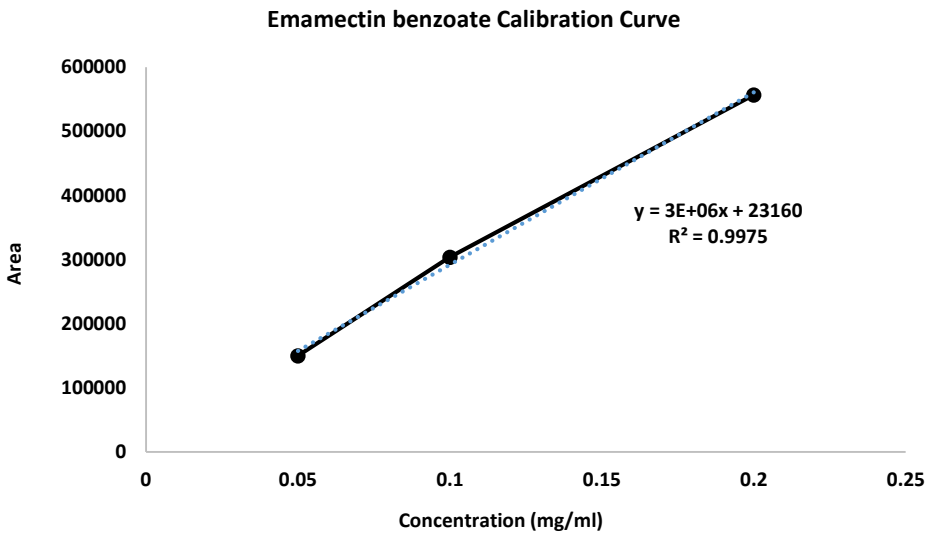


شکل ۱. کروماتوگرام TIC استاندارد امامکتین بنزوات در غلظت‌های[1] ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر.

ج– مشخصه‌های جرمی امامکتین بنزوات:

امامکتین بنزوات با جرم مولکولی ۸۸۶ g/mol در شرایط اسیدی یک پروتون گرفته و به فرم کاتیونی با جرم ۸۸۷ در دستگاه دیده می‌شود. این ترکیب دارای یون کمی‌سازی با ۱۵۸ m/z و یون تأییدی (کیفی) ۸۲ m/z است. پس از تیون کردن دستگاه برای این یون والد و یون‌های حاصل از این شکست در حالت MRM دستگاه، فرایند جداسازی در HPLC و شناسایی در MS انجام گرفت. منحنی کالیبراسیون امامکتین بنزوات در نمودار شماره (۲) نشان داده شده است.

1. Total Ion Chromatogram (TIC)



شکل ۲. منحنی درجه‌بندی مبنا امامکتین بنزوات.

بازیابی این حشره‌کش در بافت خرما برابر با ۱۰۴ درصد با RSD برابر ۱۰/۳ درصد در سطح غلظتی mg/kg ۰/۱ و در پوست خرما ۱۱۵ درصد با RSD ۱۵ درصد است. با توجه به حساسیت این حشره‌کش در دستگاه UHPLC-MS/MS، حد کمی قابل حصول برای این حشره‌کش برابر mg/kg ۰/۰۰۵ محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

با توجه به وجود یا عدم وجود درخت آلوده در قطعه تزریق شده و قطعه شاهد، تجزیه آماری بر اساس آزمون T-test انجام گرفت. لازم به ذکر است که برای چهار حالت مختلف تزریق که در روش تحقیق ذکر شده است، چهار قطعه شاهد انتخاب شد و هر حالت تزریق با قطعه شاهد خود از نظر آلودگی مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش و بحث

مقایسه آلودگی درختان خرما به سرخرطومی حنایی خرما در درختان تیمار شده با حجم ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر از حشره‌کش ریوایو ۲ و شاهد در استان فارس نشان داد در هر دو حجم تزریقی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با قطعه شاهد (در هر دو روش) وجود داشته است (جدول ۳). آلودگی درختان در استان فارس در مرداد ماه و صرفا در درختان شاهد مشاهده شد و نتایج مربوط به این زمان می باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین آلودگی به سرخرطومی حنایی خرما در درختان تزریق شده با حشره‌کش ریوایو ۲ و درختان بدون تزریق (شاهد)در استان فارس (شهرستان خنج روستای فیشور) در مرداد ماه.

شماره آزمایش*	صفت	حالت درختان تزریق شده و شاهد	درختان تزریق شده		درختان شاهد		T	P
			میانگین تعداد درختان آلوده	اشتباه استاندارد	میانگین تعداد درختان آلوده	اشتباه استاندارد		
۱		۲۵ میلی لیتر (شاهد در قطعه جدا)	۰	۰	۰/۶۸	۰/۱۲	۲/۹۴	۰/۰۰۵

۲	آلودگی درخت به سرخرطومی حنایی خرما	۲۵ میلی لیتر (شاهد در مجاور تیمار)	۰	۰	۰/۶۸	۰/۱۳	۲/۷۵	۰/۰۰۸
۳		۵۰ میلی لیتر (شاهد در قطعه جدا)	۰	۰	۰/۸۴	۰/۱۹	۳/۲۹	۰/۰۰۱
٤		۵۰ میلی لیتر (شاهد در مجاور تیمار)	۰	۰	۰/۵۲	۰/۱۶	۲/۹۴	۰/۰۰۵

*هر آزمایش به صورت مستقل از دیگر آزمایشات انجام شده است

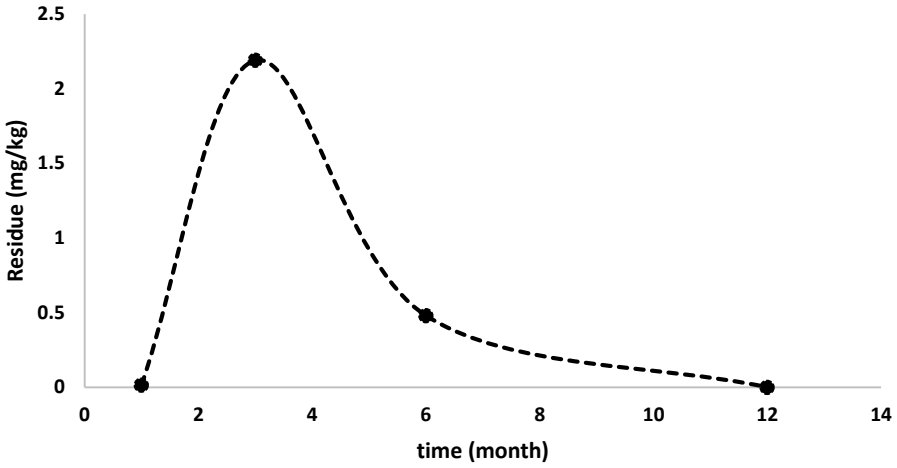
همچنین مقایسه آلودگی درختان خرما به سرخرطومی حنایی خرما در درختان تزریق شده با حجم‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر حشره‌کش ریوایو ۲ و شاهد در منطقه بلوچستان نشان داد در هر دو حجم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با قطعه شاهد (در هر دو روش) وجود داشته است (جدول ۴). آلودگی درختان در استان سیستان و بلوچستان در خرداد ماه و صرفا در درختان شاهد مشاهده شد و نتایج مربوط به این زمان می باشد.

جدول ٤. مقایسه میانگین آلودگی به سرخرطومی حنایی خرما در درختان تزریق شده با حشره کش ریوایو ۲ و درختان بدون تزریق (شاهد) در استان سیستان و بلوچستان (شهرستان سراوان، روستای بخشان) در خرداد ماه.

شماره آزمایش*	صفت	حالت درختان تزریق شده و شاهد	درختان تزریق شده		درختان شاهد		T	P
			میانگین تعداد درختان الوده	اشتباه استاندارد	میانگین تعداد درختان الوده	اشتباه استاندارد		
۱	آلودگی درخت به سرخرطومی حنایی خرما	۲۵ میلی لیتر (شاهد در قطعه جدا)	۰	۰	۰/۱۲	۰/۰۸	۳/۳۱	۰/۰۰۱
۲		۲۵ میلی لیتر (شاهد در مجاور تیمار)	۰	۰	۰/۷۶	۰/۱۳	۳/۱۴	۰/۰۰۲
۳		۵۰ میلی لیتر (شاهد در قطعه جدا)	۰	۰	۰/۲۴	۰/۱۱	۳/۷۸	۰/۰۰۴
٤		۵۰ میلی لیتر (شاهد در مجاور تیمار)	۰	۰	۰/۰۸	۰/۰۱	۳/۵۱	۰/۰۰۱

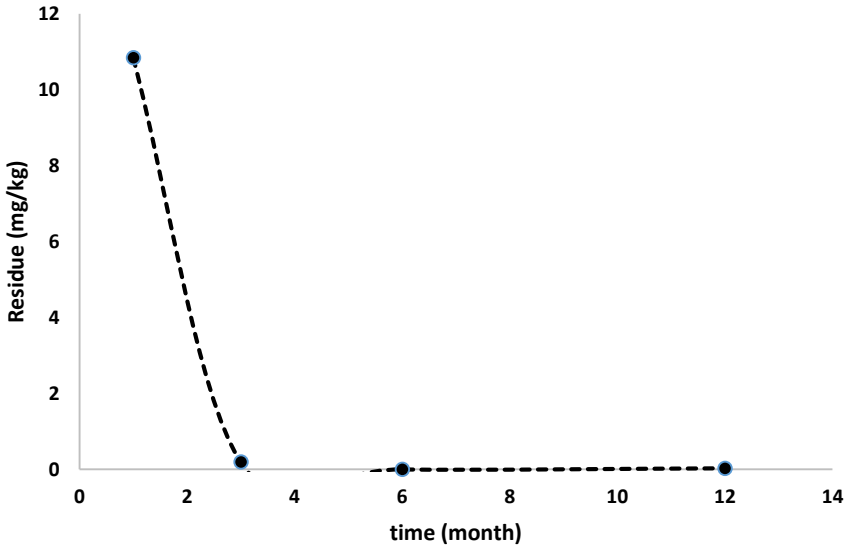
*هر آزمایش به صورت مستقل از دیگر آزمایشات انجام شده است

پس از استخراج و آنالیز و با استفاده از منحنی کالیبراسیون، فرایند اندازه‌گیری باقیمانده امامکتین بنزوات برای نمونه‌های بافت چوبی و میوه خرما انجام گرفت که شرح نتایج مربوط به استان فارس در شکل‌های ۳ تا ۸ جدول (۵) آمده است.



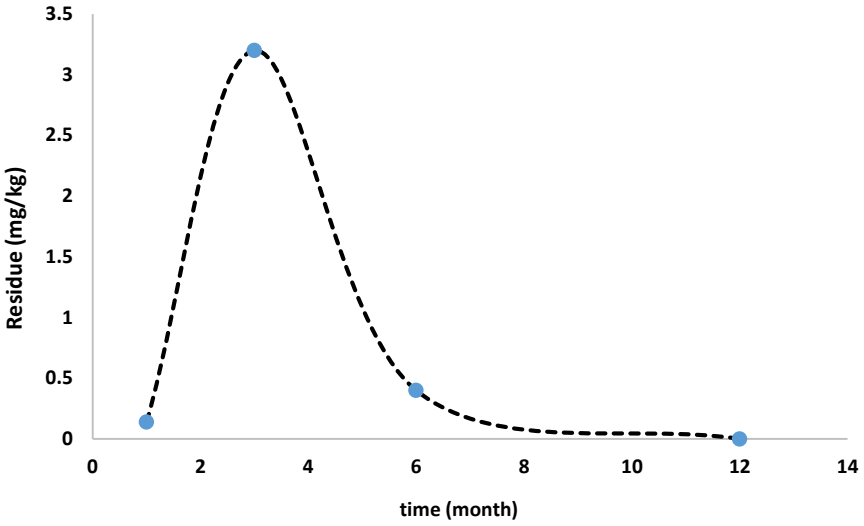
شکل ۳. نمودار باقیمانده امامکتین بنزوات (تیمار ۲۵ میلی‌لیتر) موجود در بافت آوندی درخت خرما در زمان‌های مختلف پس از تزریق در نمونه‌برداری از قاعده درخت در استان فارس

در بافت آوندی خرما تا یک ماه پس از تزریق ۲۵ میلی‌لیتر حشره‌کش به قاعده درخت، حشره‌کش ردیابی نشد و از ماه سوم تا یک سال روند کاهشی از وجود باقیمانده مشاهده شد.



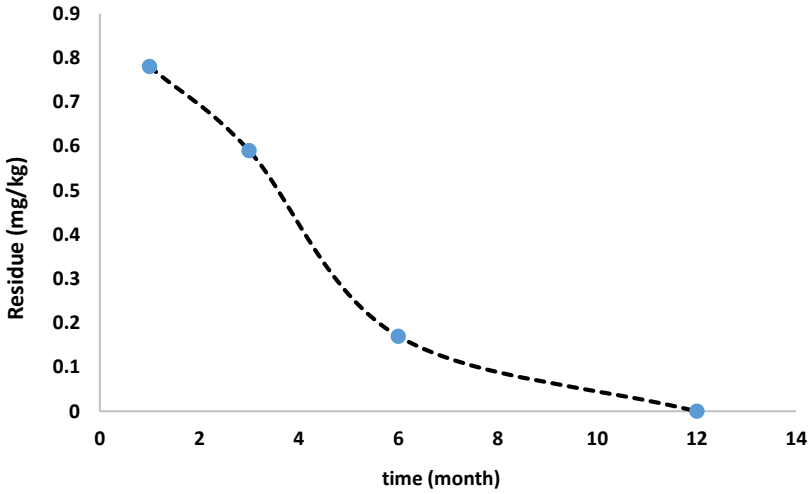
شکل ٤. نمودار باقیمانده امامکتین بنزوات (تیمار ۵۰ میلی‌لیتر) موجود در بافت آوندی درخت خرما در زمان‌های مختلف پس از تزریق در نمونه‌برداری از قاعده درخت در استان فارس

همانطور که در شکل (۴) دیده می‌شود در بافت آوندی خرما از یک ماه پس از تزریق۵۰ میلی‌لیتر حشره‌کش به قاعده درخت تا یک سال روند کاهشی از وجود باقیمانده مشاهده می‌شود.



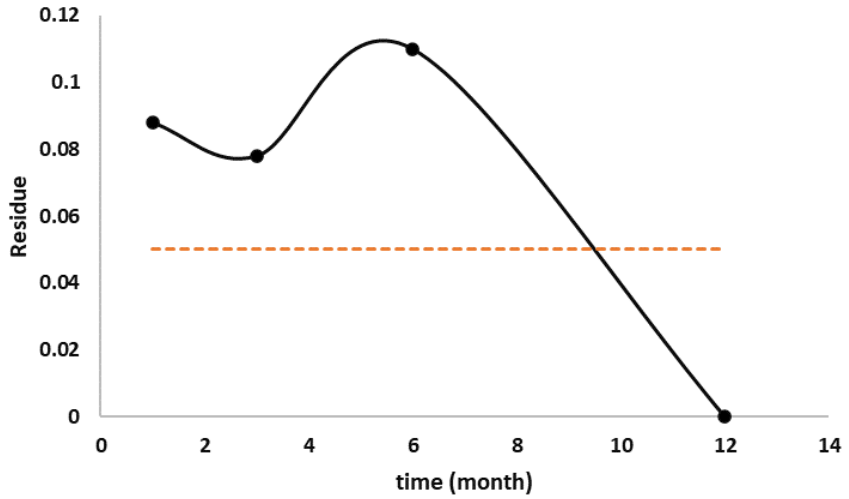
شکل ۵. نمودار باقیمانده امامکتین بنزوات (تیمار ۲۵ میلی‌لیتر) موجود در بافت آوندی درخت خرما در زمان‌های مختلف پس از تزریق در نمونه‌برداری از ارتفاع یک متری تنه درخت در استان فارس

در شکل (۵) در بافت آوندی خرما از یک ماه پس از تزریق ۲۵ میلی‌لیتر حشره‌کش و نمونه‌برداری از ارتفاع یک متری از قاعده درخت مشابه با شکل (۳) از ماه سوم باقیمانده حشره‌کش در بافت آوندی قابل مشاهده است که روند کاهشی تا یک سال در نمونه‌برداری‌ها مشاهده می‌شود.



شکل ٦. نمودار باقیمانده امامکتین بنزوات (تیمار ۵۰ میلی‌لیتر) موجود در بافت آوندی درخت خرما در زمان‌های مختلف پس از تزریق و نمونه‌برداری از ارتفاع یک متری تنه درخت

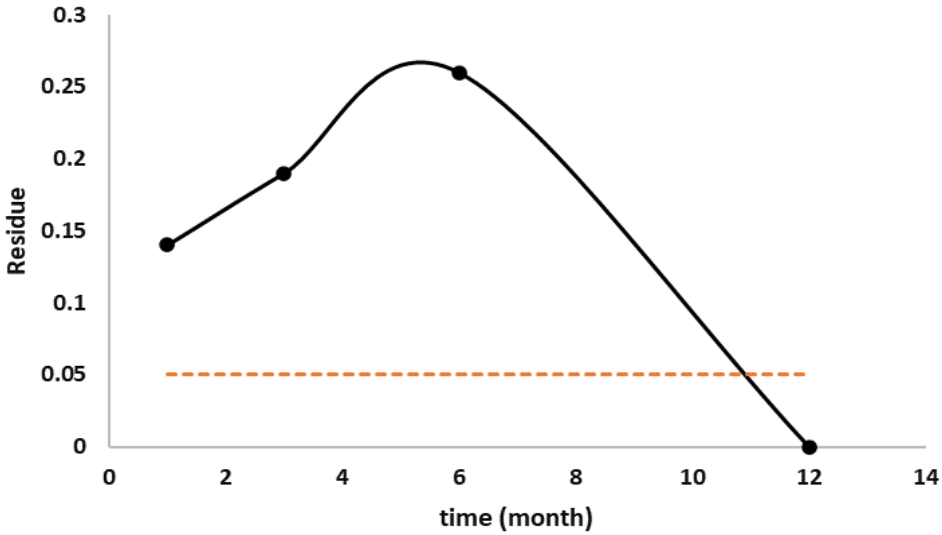
همانطور که در شکل (۶) دیده می‌شود در بافت آوندی خرما از فاصله یک ماه پس از تزریق۵۰ میلی‌لیتر حشره‌کش و نمونه‌برداری از ارتفاع یک متری از قاعده درخت مشابه با شکل (۴) تا یک سال روند کاهشی از وجود باقیمانده مشاهده می‌شود.



شکل ۷. نمودار باقیمانده امامکتین بنزوات (تیمار ۲۵ میلی‌لیتر) موجود در میوه خرما در زمان‌های مختلف پس از تزریق در مقایسه با شاخص حد مجاز ۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم،

خط چین نشان دهنده مقدار مجاز امامکتین (۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم) در ایران می باشد.

در شکل (۷) با اغماض از نقطه اول، می‌توان روند افزایشی باقیمانده در میوه خرما را تا ماه ششم و سپس، کاهش تا یک سال بعد را مشاهده کرد. هم‌چنین، در شکل (۸) در حجم تزریقی ۵۰ میلی‌لیتر، روند افزایشی باقیمانده در میوه خرما تا ماه ششم و سپس، کاهش تا یک سال بعد قابل ملاحظه است جدول (۵).



شکل ۸. نمودار باقیمانده امامکتین بنزوات (تیمار۵۰ میلی‌لیتر) موجود در میوه خرما در زمان‌های مختلف پس از تزریق در مقایسه با شاخص حد مجاز ۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم.

خط چین نشان دهنده مقدار مجاز امامکتین (۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم) در ایران می باشد.

جدول ۵. باقیمانده حشره‌کش امامکتین بنزوات در میوه خرما مربوط به منطقه فارس یکسال(۱۲ ماه) بعد از تزریق.

باقیمانده حشره‌کش امامکتین بنزوات	**نمونه**
بدون باقیمانده	بافت آوندی(تیمار ۲۵ میلی لیتر)
بدون باقیمانده	بافت آوندی (تیمار۵۰ میلی لیتر)
بدون باقیمانده	میوه (تیمار ۲۵ میلی لیتر)
بدون باقیمانده	میوه (تیمار ۵۰ میلی لیتر)

با توجه به اینکه در منطقه بلوچستان درختان مورد آزمایش جوان و با سن ۵ تا ۱۰ سال بودند، ارتفاع درختان کمتر از یک متر بود، بنابراین نمونه‌برداری فقط از قاعده درخت انجام شد. از طرف دیگر، از آنجایی که زمان تزریق اواخر اسفند ماه بود، بنابراین در یک ماه بعد از تزریق، هنوز میوه شکل نگرفته و موجود نبود. نتایج بررسی وضعیت باقیمانده امامکتین بنزوات در میوه خرمای منطقه بلوچستان در جدول (۶) آمده است.

جدول ٦. میزان باقیمانده حشره‌کش امامکتین بنزوات در نمونه‌های مربوط به منطقه بلوچستان در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری.

٦ ماه	**باقیمانده** امامکتین بنزوات **۳ ماه**	**یک ماه**	**نمونه**
بدون باقیمانده	<LOQ	درخت میوه نداشته	میوه (تیمار ۲۵ میلی‌لیتر)
بدون باقیمانده	<LOQ	درخت میوه نداشته	میوه (تیمار ۵۰ میلی‌لیتر)
بدون باقیمانده	بدون باقیمانده	درخت میوه نداشته	میوه (شاهد)
<LOQ	0.005	<LOQ	بافت آوندی (تیمار ۲۵ میلی‌لیتر) نمونه‌برداری از قاعده تنه
<LOQ	0.005	<LOQ	بافت آوندی (تیمار ۵۰ میلی‌لیتر) نمونه‌برداری از قاعده تنه
بدون باقیمانده	بدون باقیمانده	بدون باقیمانده	بافت آوندی (شاهد)

Limit of Quantification (LOQ): 0.005 mg/kg

نتایج به دست آمده نشان داد که تزریق حشره‌کش ریوایو ۲، به داخل تنه درخت خرمای سالم با حجم های ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر به ازاء هر درخت با روش انجام شده در این تحقیق، از کارایی مناسب جهت پیشگیری از آلودگی به سرخرطومی حنایی خرما برخوردار بود. با توجه به اینکه در هر دو غلظت مصرفی آفت‌کش هیچ آلودگی ثبت نگردید، بنابراین، تزریق ۲۵ میلی‌لیتر از حشره‌کش ریوایو ۲، جهت پیشگیری از آلودگی تا شش ماه پس از تزریق قابل توصیه است. Gomez و Ferry (۲۰۱۹) کارایی حشره‌کش ریوایو (۳/۵ درصد) را به روش پیشگیری با غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر به صورت تزریق در درختان خرمای زینتی گونه *Phoenix canariensis* برای کنترل سرخرطومی حنایی خرما بررسی کردند. لازم به ذکر است این پژوهشگران برای ارزیابی، دمبرگ‌های انتهایی درختان مذکور را در زمان‌های ۳،۱ ، ۶ و ۱۲ ماه پس از تزریق از درخت جدا نموده و به صورت مصنوعی با لارو سرخرطومی حنایی خرما آلوده نمودند. مشاهدات این محققین نشان داد که

میزان مرگ ومیر لاروها در این دمبرگ‌ها، بین ۸۶ تا ۱۰۰ بود و تعداد بسیار کمی از لاروها زنده ماندند. هم‌چنین، در پژوهش دیگری که توسط Ferry(2019) در جنوب فرانسه به روش پیشگیری بر روی ۳۰۰۰ نخل زینتی غیر آلوده، با حشره‌کش ریوایو ۲، انجام شد، نشان داد که پس از تزریق در یک نوبت و برای یک بازه یک‌ساله، صرفا حدود ۱/۴ درصد از این نخیلات به سرخرطومی حنایی خرما آلوده شده بودند. با توجه به نتایج و بررسی‌های فوق، به نظر می‌رسد استفاده از حشره‌کش ریوایو به صورت تزریق در تنه درخت خرما برای پیشگیری از آلودگی سرخرطومی حنایی خرما می‌تواند مؤثر باشد. تزریق حشره‌کش ریوایو ۴ درصد و ریوایو ۹/۵ درصد در نخلستان های اردن نشان داد که یک نوبت تزریق به ترتیب موجب ۸۸/۱ و ۹۸/۸ درصد تلفات شد. داده‌های توصیفی مربوط به علائم ظاهری آلودگی و درصد تلفات آفت در داخل تنه درختان خرما بیانگر آن بود که درختان تیمارشده با این حشره‌کش‌ها، به مدت یک سال به‌طور کامل عاری از آلودگی سرخرطومی حنایی خرما باقی ماندند (Mashal and Obeidat, 2019). در مطالعه ای دیگر در کشور عربستان، میکرو تزریق حشره کش ریوایو، نشان داد این حشره‌کش تاثیر بالایی بر میزان مرگ و میر سرخرطومی حنایی خرما در تمامی مراحل رشدی داشت، به طوری‌که تلفات ۱۰۰ درصدی در مراحل لاروی و شفیرگی مشاهده شد و پس از گذشت دو ماه، نیز میزان تلفات لاروها ۸۶ درصد رسید (Rasool *et al.*, 2021).

با وجود نتایج حاصل باید توجه داشت که بر اساس مطالعات قبلی روش تزریق حشره‌کش‌ها برای درمان درختان آلوده از کارایی قطعی برخوردار نبوده است. کارایی حشره‌کش ریوایو ۲ در کنترل سرخرطومی حنایی خرما به روش تزریق در درختان آلوده طبیعی در سال ۱۳۹۹ در دو منطقه جیرفت و سراوان بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که حشره‌کش مذکور با حجم‌های ۲۵ و ۱۵ میلی‌لیتر به ازای هر درخت از کارایی قطعی در درمان درختان آلوده برخوردار نبوده، به طوری که پس از تزریق حشره‌کش مذکور به تنه درختان آلوده، مراحل زندگی آفت در داخل تنه درخت آلوده، زنده بودند (محمدپور، ۱۴۰۰). بررسی‌های انجام شده در اسپانیا نشان داده است که کاربرد حشره‌کش‌هایی از قبیل کاربارایل و ایمیداکلوپرید به صورت تزریق از کارایی مناسبی در مرگ و میر سرخرطومی حنایی خرما در محیط آزمایشگاهی برخوردار است. در حالی‌که در نخلستان و شرایط صحرایی با تزریق این سموم نتیجه مؤثر و قطعی حاصل نشد. دلیل عمده آن عدم دریافت سموم سیستمیک توسط مراحل مختلف زندگی سرخرطومی حنایی خرما ذکر شده است. زیرا که لاروهای آفت برای شفیره شدن به قسمت‌های خارجی تنه بر می‌گردند و بیشتر در پشت دمبرگ‌ها و در محل اتصال آن‌ها به تنه اصلی پیله ساخته و به شفیره تبدیل می‌شوند. این قسمت‌های خارجی‌تر تنه درختان که دمبرگ‌ها در آن قرار دارند، عموما از بافت‌های مرده تشکیل شده و در نتیجه امکان رسیدن سموم مایع به همراه شیره نباتی در این قسمت‌ها وجود ندارد (Ferry and Gomes, 2002). بررسی‌های به‌عمل آمده در سراوان نشان دادند که تزریق حشره‌کش‌های رقیق نشده شامل مونوکروتوفوس، مونوکروتوفوس + دی کلروس، دیمتوات و فنتیون در داخل یک حفره ایجاد شده در بالا و پایین محل آلودگی به وسیله آفت، تاثیر کافی در کنترل سرخرطومی حنایی خرما نداشته است (آوندفقیه، ۱۳۷۷). هم‌چنین، محلول‌پاشی حشره‌کش ایمیداکلوپراید (کونفیدور®، SC 350) به صورت مخلوط با خاک سایه‌انداز درخت بعد از برداشت محصول (با غلظت‌های ۸/۵، ۱۵، ۱۱ و ۲۰ میلی‌لیتر در آب به ازای هر درخت) از کارایی در کنترل سرخرطومی حنایی خرما برخوردار نبوده است (محمدپور و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد سموم سیستمیک مایع روی لاروهای سنین بالا، شفیره و حشرات کامل بی‌تاثیر است، اما قادر به از بین بردن لاروهای سرخرطومی حنایی خرما در سنین اولیه می‌باشد.

در این پژوهش، اندازه‌گیری حشره‌کش امامکتین بنزوات در بافت آوندی و میوه خرما نشان داد که دوره کارنس این حشره‌کش ۶ ماه می‌باشد. یک سال بعد از تزریق، در نمونه‌های مربوط به بافت آوندی درختان تزریق شده، باقی‌مانده حشره‌کش وجود نداشت. اگرچه مقادیر باقی‌مانده در طی شش ماه روند افزایشی داشته است، این موضوع ممکن است مربوط به ماهیت انتشار این حشره‌کش باشد به طوری که به‌تدریج در قسمت‌های بالایی تنه منتشر شده است. البته نحوه آبیاری هم می‌تواند بر

نحوه انتشار حشره‌کش تاثیر داشته باشد. در منطقه فارس آبیاری درختان آزمایشی به صورت بابلر و منظم هر ۳ روز انجام می‌شد، اما آبیاری در منطقه بلوچستان به صورت غرقابی و هر ۱۲ تا ۱۵ روز و به صورت نامنظم انجام می‌شد. با توجه به اینکه آزمایش در باغ‌های کشاورزان و در شرایط کاملا طبیعی بود، آبیاری توسط خود باغدار انجام می‌شد.

نتیجه‌گیری

تزریق حشره‌کش امامکتین بنزوات (ریوایو ۲، ME 9.5%) به تنه درخت خرمای سالم با حجم ۲۵ میلی‌لیتر به ازاء هر درخت با روش انجام‌شده در این تحقیق، از کارایی مناسب جهت پیشگیری از آلودگی به سرخرطومی حنایی خرما برخوردار است. زمان انجام تزریق، باید ۶ ماه تا برداشت محصول فاصله داشته باشد و یا پس از برداشت محصول انجام شود. در صورتی که تزریق در فاصله زمانی کمتر از ۶ ماه تا برداشت انجام شود، باید محصول آن فصل معدوم و برای انسان و دام مورد استفاده قرار نگیرد. هم‌چنین، لازم است تا پس از تزریق، آبیاری درختان به طور منظم انجام شود.

سپاسگزاری

نگارندگان از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور به جهت فراهم نمودن امکانات و تجهیزات مورد نیاز اجرای این پروژه تحقیقاتی سپاسگزاری می‌نمایند.

هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

منابع

آوندفقیه، آ. (۱۳۷۴) . بیولوژی سوسک سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv.، در سراوان (استان سیستان و بلوچستان). *نشریهٔ آفات و بیماریهای گیاهی*. جلد۶۳ شماره های ۱و۲، صفحات ۸۶-۶۱.

آوندفقیه، آ. (۱۳۷۷).گزارش نهایی پروژه بررسی مقدماتی روش‌های کنترل شیمیایی سوسک سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. *انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان*،۱۰ صفحه.

محمدپور، ک. (۱۳۸۴). گزارش نهایی پروژه بررسی کارایی حشره‌کش ایمیداکلوپرید (کونفیدورSC350) در کنترل سوسک سرخرطومی حنایی خرما. *انتشارات موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور*،۲۲ صفحه.

محمدپور، ک. (۱۴۰۰). گزارش نهایی پروژه بررسی کارایی حشره‌کش امامکتین بنزوات (ریوایو ۲، ME 9.5%) در درمان درختان آلوده به سرخرطومی حنایی خرما. *انتشارات موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور*،۳۲ صفحه.

Azam, K. M. & Razavi, S. A. (2001). Control of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliver, using prophylactic spraying of date palms and trunk injection. *Proceeding of the Second International Conference on Date Palms* (Al-Ain, UAE, March 25-27, 2001), 216-222.

Avand Faghih, A. (1996). Study on biology of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv in Baluchestan, *Journal of Applied Entomology and Phytopathology.63(1,2),61-86.* [*In Persian*).

Avand Faghih, A. (1999). Preliminary investigation chemical control methods of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. Baluchestan Agricultural and Natural Resources Center Publications. 10 pp. (*in Persian*).

Barranco, P., Pena, J. D. L. and T. Cabello. (1996). Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivere), new pest in Europe.*Phytoma-Espana*. 76, 36- 40.

Basij, M., Tezerji, N. S., Shirani, M., & Mahdavi, V. (2025). Simultaneous screening of 211 pesticide residues in date fruits in Iran and health risk assessments based on Monte Carlo simulation. *Scientific Reports Nature*, 15, 6545. https://doi.org/10.1038/s41598-025-87638-9

Biddinger, D. J. & Hull, L. A. (1995) Hull. Effects of several types of insecticides on the mite

predator, *Stethorus punctum* (Coleoptera: Coccinellidae), including insect growth regulators and abamectin. *Journal of Economic Entomology*, 88 (2), 358–366. https://doi.org/10.1093/jee/88.2.358

Bokhari, U. G & Abuzuhira, A. (1992). Diagnostic tests for red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* infested date palm trees. *Arab Journal of Scientific Research*. 10 (3), 93- 104.

Burg R.W., Miller, B.M., Baker, E.E., Birnbaum J, Currie, S.A., Hartman, R. Yu-Lin, K., Monaghan, R.L., Olson, G., Putter, I., Tunac, J.B., Wallick, H., Stapley, E.O., Oiwa, R & Omura, S. (1979). Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. *Antimicrobial Agents Chemotherapy* 15, 361-367. https://doi.org/10.1128/aac.15.3.361

Cox, M. L. (1993). Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, in Egypt. *FAO Plant Protection Bulletin*. 41 (1), 30- 31.

Eslami, Z., Mahdavi, V.& Tajdar-oranj, B. (2021). Probabilistic health risk assessment based on Monte Carlo simulation for pesticide residues in date fruits of Iran. *Environmental Science and Pollution Research.* doi:10.1007/s11356-021-13542-0

Ferry, M & Gomes. S. (2002). The red palm weevil in the Mediterranean area. *Journal of the International Palm Society*. 46(4), 25-28.

Ferry, M & Gomes, S. (2019). The red palm weevil in the Mediterranean area. *Arab Society for Plant Protection*. 37(2), 124-129.

Hanounik S. B. (1998). Steinememátids and Heterorhabditids as biological control agents for the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Sultan Qabus University Journal Scientific Research Agriculture Science.* 3. 95–102. doi:10.24200/jams.vol3iss1pp95-102

Joansson, R.K., Brown, R., Cartwright, B., Cox, D., Dunbar, D.M., Dybas, R. A., Eckel, C., Lasota, J.A., Mookerjee, P.K., Norton, J.A., Peterson, R. F., Starner, V. R. & White, S. (1997). Emamectin benzoate: a novel avermectin derivative for control of lepidopterous pests. In: *Proceeding of the Third International Workshop*. The management of diamondback moth and other crucifer pests, November 1996, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 171-177.

Mohammadpour, K. (2006). Investigation on efficacy of imidacloprid (Confidor SC 350%) insecticide for treating trees infested with red palm weevil. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran. 22 pp. (*in Persian*)**.**

Mohammadpour,K.(2022). Investigation on efficacy of emamectin benzoate insecticide (Revive II, ME 9.5%) for damage prevention of the red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Oliv.) palm. Iranian Research Institute of Plant Protection. Tehran, Iran. 32 pp. (*in Persian*).

Mashal, M. M. & Obeidat, B. F. (2019). The efficacy assessment of emamectin benzoate using micro injection system to control red palm weevil. *National Agricultural Research Centre* (NARC), 1-7. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01833

Rasool, K. J., Husain, M., Salman, S., Abbas, N., Mehmood, K., Sutanto, K. D. & Aldawood, A. (2021). Toxicity and field efficacy of emamectin benzoate (ARETOR) against Red Palm Weevil, by using Syngenta Tree Micro-Injection technique. *International Journal of Agriculture & Biology*, 25:1120–112. DOI: 10.17957/IJAB/15.1771

Wattanapongsiri, A. (1966). A revision of the genera *Rhynchophorus* and *Dynamis* (Col.: Curculionidae). Department of Agriculture Science Bulletin. Department of Agriculture, Thailand. 1(1), 328 pp.

Wing, K. D., Sacher, M., Kagaya, Y., Tsurubuchi, Y., Mulderig, L., Connair, M & Schnee, M. (2000). Bioactivation and mode of action of the oxidiazine indoxacarb in insects. *Crop Protection*, 19, 537-545. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00070-3