



اثر اتیل استات در بهبود عملکرد تله‌های فرومونی سرخرطومی حنایی خرما *Rhynchophorus ferrugineus*

محمدعظیم دهواری*

<https://orcid.org/0009-0000-5179-9260>

۱- گروه گیاه‌پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
آرمان آوندفقیه^۲

<https://orcid.org/0000-0002-4743-8830>

۲- مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده: سرخرطومی حنایی خرما، (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Col.: Dryophthoridae)، آفت کلیدی درختان خرما است. در شرایط مزه‌ای فرومون تجمعی این آفت به تنهایی جلب‌کنندگی کافی ندارد، لذا از بافت پارانیشیم تنه درخت خرما به عنوان طعمه گیاهی در کنار فرومون استفاده می‌شود. بنابراین شناسایی یک ترکیب سنتتیک ارزان و پایدار برای جایگزینی طعمه طبیعی ضروری است. برای ارزیابی کارایی اتیل استات، سه آزمایش میدانی اجرا شد. ابتدا عملکرد تله‌های حاوی (۱) فرومون، (۲) اتیل استات، (۳) فرومون+ اتیل استات و (۴) شاهد (تله بدون طعمه) بررسی شد. در آزمایش دوم، مقادیر مختلف طعمه گیاهی پارانیشیم تنه درخت خرما (۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ گرم) و سه دز اتیل استات (۴۵۰، ۸۵۰ و ۱۶۳۰ میلی‌گرم در روز) مقایسه شدند. در آزمایش سوم ترجیح حشرات نسبت به فرومون و اتیل استات، با استفاده از تله‌های جفتی که در فاصله نیم متر از یکدیگر قرار داشتند، بررسی شد. تیمارها شامل جفت تله‌های حاوی (۱) اتیل استات در هر دو تله، (۲) فرومون در هر دو تله، (۳) فرومون+ اتیل استات به صورت هم‌زمان در هر دو تله و (۴) فرومون در یک تله و اتیل استات در تله دیگر بودند. نتایج نشان داد ترکیب فرومون تجمعی با اتیل استات عملکردی هم‌افزا ایجاد می‌کند. بین دزهای مختلف اتیل استات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مقایسه جفتی تله‌ها، میزان شکار در تله حاوی فرومون به طور معنی‌داری بیشتر از تله حاوی اتیل استات بود. این ترجیح نشان می‌دهد که اتیل استات حشرات سرخرطومی حنایی خرما را از مسافت‌های دورتر جذب کرده و آن‌ها را به سمت تله‌های فرومونی هدایت می‌کند. اتیل استات می‌تواند به عنوان کایرومون هم‌افزای سنتتیک کارایی تله‌های فرومونی را افزایش داده و محدودیت‌های عملی برنامه‌های شکار انبوه این آفت را کاهش دهد.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۹/۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۱۱/۲۵

واژه‌های کلیدی: اتیل استات، تله فرومونی، کایرومون هم‌افزا، مدیریت تلفیقی آفت

Citation: Dehvari, M. A. & Avand-Faghih, A. (2026). Effect of ethyl acetate on improving the performance of pheromone based traps for the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*. *Plant Pest Research*, 15(4), 13-24. DOI: <https://doi.org/10.22124/iprj.2026.32369.1669>



*Corresponding author: az.dehvar@gmail.com

مقدمه

سرخرطومی حنایی خرما یکی از مخرب‌ترین آفات درخت خرما در جهان به شمار می‌رود و به‌عنوان آفتی شناخته می‌شود که قادر است باعث نابودی کامل درختان خرما شده و اغلب خسارت‌های گسترده‌ای را در کل باغ‌های خرما ایجاد نماید (Al-Dosary *et al.*, 2016). لاروهای این آفت درون بافت‌های داخلی نخل زندگی کرده و از آن تغذیه می‌کنند؛ از این‌رو دسترسی مستقیم سموم شیمیایی به محل فعالیت آن‌ها دشوار است و این امر سبب ناکارآمدی نسبی روش‌های مبارزه شیمیایی می‌شود (Llácer *et al.*, 2010). بنابراین، توسعه و به‌کارگیری شیوه‌های نوین کنترل در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است (Faleiro, 2020; Naveed *et al.*, 2023). در میان راهکارهای مدیریت تلفیقی، تله‌های فرومونی جایگاه ویژه‌ای دارند، زیرا با بهره‌گیری از فرومون تجمعی، به‌ویژه حشرات کامل جوان و آماده تخم‌ریزی را هدف قرار می‌دهند و از این طریق، به طور چشمگیری جمعیت آفت را کاهش می‌دهند (Faleiro *et al.*, 2003). باین‌حال، استفاده از فرومون تجمعی به‌تنهایی جلب‌کنندگی محدودی دارد (Abdel-Banat *et al.*, 2025) و افزودن بافت‌های نخل به مخزن تله و یا ترکیبات آلی فرار حاصل از بافت گیاه میزبان می‌تواند کارایی تله‌ها را به طور معنی‌داری افزایش دهد (Giblin-Davis *et al.*, 1996). باین‌حال، اثر تقویتی این بافت‌ها کوتاه‌مدت است و به‌طور معمول هر دو هفته یک‌بار باید جایگزین شوند؛ امری که تداوم و مقیاس‌پذیری عملیات کنترل را محدود می‌کند (Al-Zyoud *et al.*, 2021). در بسیاری از مناطق آلوده ایران، طعمه گیاهی حاصل از پاجوش‌ها به‌عنوان منبع بافت گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما چون پاجوش‌ها منبع اصلی تکثیر نخل محسوب می‌شوند، برداشت مداوم آن‌ها منجر به کاهش ذخایر تکثیرپذیر و محدودیت در استمرار کنترل زیستی می‌شود. این چالش، ضرورت شناسایی و به‌کارگیری پیام‌رسان‌های شیمیایی پایدار و ارزان‌قیمت را برجسته می‌سازد تا بتوانند جایگزین یا مکمل بافت‌های گیاهی در تله‌های فرومونی شوند (Avand-Faghih, 2004). در میان این ترکیبات، اتیل استات به‌عنوان یکی از ترکیبات آلی فرار شاخص بافت خرما، هم از نظر بویایی و هم از نظر پایداری فیزیکی - شیمیایی، گزینه‌ای مناسب برای جایگزینی بافت ناپایدار گیاه میزبان محسوب می‌شود (Vacas *et al.*, 2014). با این حال، تفاوت در پروفایل شیمیایی ترکیبات آلی فرار میان میزبان‌ها در مناطق جغرافیایی مختلف ممکن است موجب منجر به تفاوت در پاسخ‌های رفتاری و بویایی جمعیت‌های محلی آفت شود (Bruce & Pickett, 2011)؛ بنابراین، به‌منظور حفظ و پیشینه‌سازی کارایی سامانه‌های بویایی، انجام بررسی‌های منطقه‌ای برای بهینه‌سازی ترکیب فرومون و ترکیبات آلی فرار همراه آن، همراه با تعیین نرخ رهاسازی روزانه (دُر تبخیر) مناسب برای پایداری اثر هم‌افزایانه، ضروری به نظر می‌رسد (Henneken *et al.*, 2017; Vacas *et al.*, 2017).

بر این اساس، پژوهش حاضر باهدف ارزیابی نقش اتیل استات در بهبود شکار جمعیت منطقه‌ای سرخرطومی حنایی خرما در تله‌های فرومونی در شرایط صحرائی و در شرایط محیطی استان سیستان و بلوچستان، شهرستان سراوان انجام شد. در ادامه با توجه به فقدان داده‌های میدانی که که کارایی نسبی دُرهای مختلف رهاسازی روزانه اتیل استات را در مقایسه با مقادیر متفاوت بافت پارانیشیم گیاهی نخل خرما، به‌عنوان طعمه گیاهی رایج منطقه، ارزیابی کرده باشند، دُرهای مختلف رهاسازی روزانه اتیل استات با مقادیر متفاوت بافت پارانیشیم گیاهی پاجوش درخت خرما، مقایسه شد تا اثر نسبی هر یک بر میزان جلب‌کنندگی در تله‌های فرومونی مشخص شود. همچنین نقش احتمالی اثر تقویتی اتیل استات از منظر تعامل آن با فرومون تجمعی و ارزیابی نقش نسبی و هم‌زمان آن‌ها در فرایند جلب و جذب سرخرطومی حنایی خرما مورد بررسی قرار گرفت. نوآوری این تحقیق در ارزیابی مستقیم ترجیح رفتاری سرخرطومی خرما میان فرومون تجمعی و اتیل استات در شرایط واقعی مزرعه است؛ موضوعی که تاکنون در بررسی‌های پیشین به‌طور هم‌زمان و مقایسه‌ای بررسی نشده است.

مواد و روش‌ها

محل و زمان انجام آزمایش

بررسی‌ها در نخلستان‌های آلوده به آفت سرخرطومی حنایی خرما، واقع در استان سیستان و بلوچستان، شهرستان سراوان (27°22'15"N 62°19'57"E، ارتفاع ۱۱۷۲ از سطح دریا)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی از اردیبهشت تا مهر ماه سال ۱۳۸۸ و به مدت ۲۷ روز برای هر آزمایش انجام شد.

تله‌ها، مواد و روش اجرای آزمایش

تله‌های مورد استفاده از نوع سطلی با حجم ۱۸ لیتر و رنگ قرمز بودند. روی درب هر سطل، پنج منفذ شعاعی ذوزنقه‌ای شکل برای ورود حشرات تعبیه شد. پخش‌کننده‌های فرومون، اتیل استات و طعمه بویایی گیاهی خرما با سیم مفتول نرم به درب سطل متصل و درون تله آویزان شدند (شکل ۲). فاصله بین هر دو تله در یک بلوک حداقل ۵۰ متر و فاصله بین بلوک‌ها حداقل ۳۰۰ متر در نظر گرفته شد (Mohammadpour *et al.*, 2011). فرومون تجمعی ساخت شرکت *Agricens* کشور انگلیس شامل ۴۰۰ میلی‌گرم فروژینئول ([4-methyl-5-nonanol] ferrugineol) (Agrisense, UK; 400 mg) بود. اتیل استات از نوع آزمایشگاهی با خلوص ۹۹/۵ درصد و ساخت شرکت مرک آلمان (Merck, Germany) بود. پخش‌کننده‌های اتیل استات بطری پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE) به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر بود. در بخش فوقانی هر بطری، به وسیله مفتول داغ، یک سوراخ به قطر تقریبی یک سانتی‌متر ایجاد و یک لوله میکروسانتریفیوژ در محل سوراخ نصب شد به طوری که حدود ۰/۵ سانتی‌متر از آن داخل بطری قرار می‌گرفت. یک فتیله نخی به قطر ۵ میلی‌متر (شرکت فتیله‌سازی گلچین ایران) به گونه‌ای قرار داده شد که یک انتهای آن با کف داخلی بطری تماس داشته باشد و انتهای دیگر آن در بالاترین نقطه پخش‌کننده قرار گیرد. فتیله و لوله میکروسانتریفیوژ با استفاده از چسب به صورت ثابت به یکدیگر متصل شدند. پخش‌کننده‌های با نرخ رهایش متفاوت، با تعبیه تعداد متفاوتی سوراخ‌های ریز روی لوله میکروسانتریفیوژ ساخته شدند (شکل ۱- B). هر پخش‌کننده به مدت یک هفته با اتیل استات پر و در شرایط محیطی مورد آزمایش قرار گرفت و به مدت هفت روز، توزین روزانه آنها به منظور تعیین نرخ تبخیر و کالیبراسیون انجام شد. طعمه گیاهی از پاجوش‌های درخت خرماي رقم مضافتی تهیه شد. پاجوش‌ها یک روز پیش از آغاز آزمایش از پایه مادری جدا و به کارگاه نجاری منتقل شدند تا آماده‌سازی شوند. در این مرحله، بخش‌های اضافی و خشک آن با اهر برقی حذف و سپس بافت پارانشیمی زنده درونی به تناسب تیمارهای مختلف جدا و برای استفاده به‌عنوان طعمه گیاهی آماده شد (شکل ۱- A).



شکل ۱- A- نمونه‌های طعمه گیاهی تهیه‌شده از بافت تنه نخل در سه وزن مختلف، B- اجزای مختلف پخش‌کننده اتیل استات شامل محفظه

اصلی و درپوش تنظیم‌کننده خروج بخار، C- نحوه قرارگیری تله در نخلستان

Figure 1. A- Plant bait samples prepared from date-palm trunk tissue in three different weights, B- Components of the ethyl-acetate dispenser, including the main container and vapor-release regulating cap, C- Placement of the trap in the date-palm orchard

نحوه نصب و بازرسی تله‌ها

تله‌ها در نزدیکی پایه درختان خرما و در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک مستقر شدند تا از واژگونی در اثر باد و عوامل محیطی جلوگیری شود (شکل ۱-۱). بازدیدها هر سه روز یک‌بار انجام شد و حشرات کامل جمع‌آوری شده، شمارش و در فرم‌های مخصوص ثبت شدند. هر ۹ روز یک‌بار پخش‌کننده‌های فرومون و ایتیل استات توزین، میانگین دُز رهاسازی روزانه برای هر پخش‌کننده محاسبه و طعمه‌های گیاهی تعویض شدند. به‌منظور حذف اثرات مکانی، چیدمان تیمارها در هر بلوک هر ۹ روز یکبار با استفاده از جدول اعداد تصادفی مجدداً به صورت تصادفی تعیین شد.

آزمایش‌ها

۱- بررسی اثر ایتیل استات بر عملکرد شکار تله‌های فرومونی

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱- تله دارای فرومون تجمعی آفت، ۲- تله دارای ایتیل استات با رهاسازی ۷۶۵ میلی‌گرم در هر روز، ۳- تله دارای فرومون تجمعی به همراه ایتیل استات با رهاسازی ۷۶۵ میلی‌گرم در هر روز و ۴- تله بدون فرومون و ایتیل استات (شاهد).

۲- مقایسه دُزهای متفاوت ایتیل استات با وزن‌های مختلف مغز درخت خرما

در این مرحله، هدف مقایسه تأثیر مقادیرهای مختلف طعمه گیاهی با دُزهای گوناگون ایتیل استات بر میزان جلب و شکار آفت بود. آزمایش زیر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با هشت تکرار اجرا شد. تیمارها شامل: ۱- فرومون تجمعی + ۲۰۰ گرم طعمه گیاهی، ۲- فرومون تجمعی + ۵۰۰ گرم طعمه گیاهی، ۳- فرومون تجمعی + ۱۵۰۰ گرم طعمه گیاهی، ۴- فرومون تجمعی + ایتیل استات دز ۴۵۰ میلی‌گرم در روز، ۵- فرومون تجمعی + ایتیل استات دز ۸۵۰ میلی‌گرم در روز و ۶- فرومون تجمعی + ایتیل استات دز ۱۶۳۰ میلی‌گرم در روز.

۳- مقایسه با استفاده از طرح مقایسه جفت تیمارها

در این آزمایش، کارایی تله‌های فرومونی در قالب دو تیمار اصلی به صورت مقایسه جفتی^۱ ارزیابی شد. برخلاف آزمایش قبلی که تمام تیمارها به طور هم‌زمان در یک بلوک بررسی می‌شدند، در این طرح هر دو تله مقایسه‌ای در یک محیط مشترک مستقر شدند؛ به گونه‌ای که امکان سنجش مستقیم کارایی نسبی تیمارها فراهم شود. مطالعه در ۳۶ باغ خرما اجرا شد و در مجموع نه آزمایش مستقل، هر یک با چهار تکرار، اجرا شد. گروه نخست شامل تله‌های فرومونی مجهز به طعمه گیاهی خرما به‌عنوان جاذب کارومونی طبیعی بود که در سه وزن متفاوت (۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ گرم در هر تله) استفاده شد. گروه دوم شامل تله‌هایی بود که از ایتیل استات به‌عنوان جاذب شیمیایی بهره می‌بردند؛ این ماده در سه سطح نرخ رهایش کنترل شده برابر با ۵۱۶، ۹۶۸ و ۱۸۹۴ میلی‌گرم در روز آزاد شد. ترکیب سه سطح وزن طعمه گیاهی با سه سطح نرخ رهایش ایتیل استات در قالب نه مقایسه زوجی ارزیابی شد که هر یک با چهار تکرار در باغ‌های مختلف اجرا شد. در مجموع، ۳۶ واحد آزمایشی تشکیل شد. داده‌های حاصل برای بررسی تفاوت‌ها در نرخ شکار، با استفاده از آزمون آماری مقایسه زوج تیماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۴- بررسی ترجیح آفت نسبت به منابع بویایی

به‌منظور بررسی نحوه اثر رفتاری و سینرژیک ایتیل استات، آزمایشی جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تکرار اجرا شد. در هر تیمار، دو تله بافاصله نیم متر از یکدیگر مستقر شدند. تیمارها شامل: ۱- ایتیل استات در هر دو تله، ۲- فرومون در هر دو تله، ۳- فرومون + ایتیل استات در هر دو تله به طور هم‌زمان و ۴- یک تله دارای فرومون و تله دیگر دارای ایتیل استات بودند. این طراحی امکان بررسی ترجیح رفتاری آفت نسبت به منابع بویایی مختلف و تعیین نقش ادراکی ایتیل استات در افزایش جلب‌کنندگی فرومون تجمعی را فراهم ساخت.

^۱ paired comparison

محاسبه‌های آماری

داده‌های حاصل از این پژوهش برای نرمال‌سازی و کاهش پراکندگی پس از تبدیل لگاریتمی $\ln(x+1)$ مورد تجزیه واریانس (ANOVA) قرار گرفتند. تحلیل‌های واریانس با استفاده از مدل خطی عمومی^۱ در نرم‌افزار Minitab (ver. 13.20) انجام شد. برای مقایسه و گروه‌بندی تیمارها از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد ($\alpha=5\%$) استفاده شد. در آزمایش سوم (مقایسه جفت تیمارها با هم) و همچنین آزمایش چهارم (بررسی ترجیح آفت نسبت به منابع بویایی) میانگین شکار روزانه در هر دوره آزمایشی پس از تبدیل $\ln(x+1)$ با استفاده از آزمون تی تست^۲ به وسیله نرم‌افزار Minitab مورد مقایسه قرار گرفت. در این مطالعه مفهوم هم‌افزایی به‌عنوان وضعیتی تعریف شد که در آن پاسخ مشاهده‌شده به ترکیب منابع بویایی، بیش از مجموع پاسخ به هر یک از آن‌ها به‌تنهایی باشد (Said et al., 2011). بر این مبنا، به‌منظور کمی‌سازی شدت هم‌افزایی، یک شاخص هم‌افزایی بر اساس تعداد حشرات شکار شده در تله‌ها تعریف شد. این شاخص به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$SI = \frac{N_{P+E}}{N_P + N_E}$$

N_{P+E} = تعداد حشرات شکار شده توسط تله‌های حاوی فرمون تجمعی به همراه اتیل استات؛ N_P = تعداد شکار تله‌های حاوی فرمون به‌تنهایی؛ N_E = تعداد شکار تله‌های حاوی اتیل استات به‌تنهایی
مقادیر $SI > 1$ نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی، مقدار $SI = 1$ بیانگر اثر افزایشی و مقادیر $SI < 1$ نشان‌دهنده اثر بازدارنده هستند.

نتایج

۱ - بررسی اثر اتیل استات بر عملکرد شکار تله‌های فرومونی

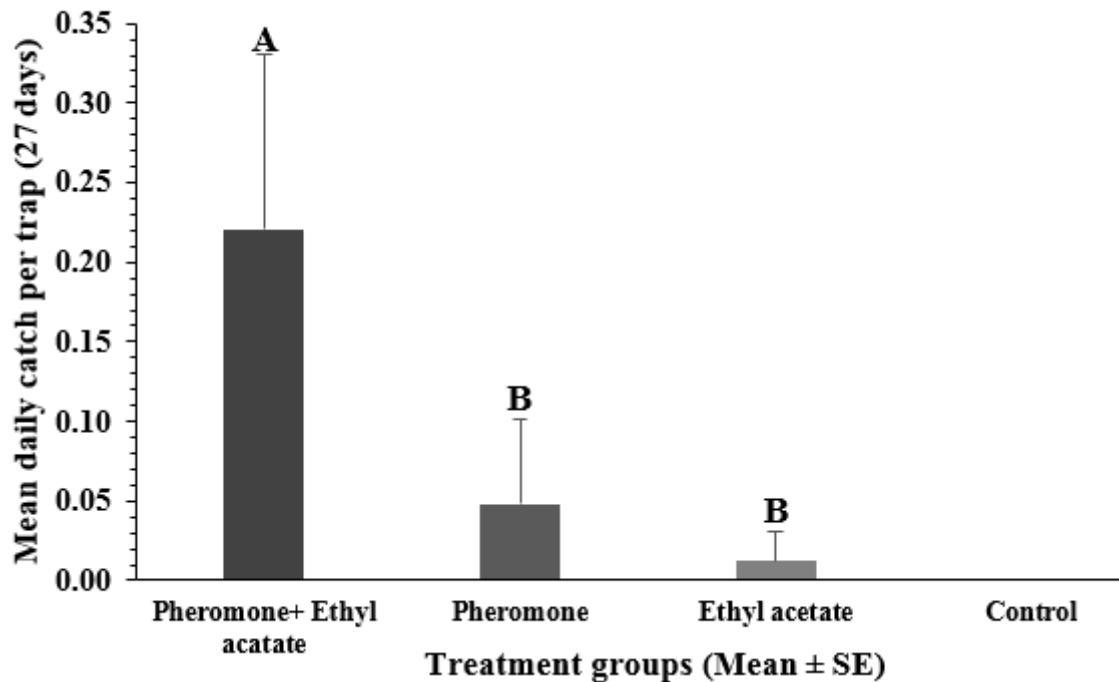
تجزیه واریانس داده‌های میانگین شکار سرخرطومی حنایی خرما در تله‌ها نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($F_{3,56} = 33.49; P < 0.001$) و اثر بلوک معنی‌دار نبود ($P = 0.192$). بر اساس آزمون گروه‌بندی میانگین‌ها (Tukey) (5%)، تیمار حاوی فرمون + اتیل استات با میانگین شکار 0.221 ± 0.110 در گروه آماری A قرار گرفت. در حالی که تیمار فرمون به‌تنهایی (0.048 ± 0.053) و تیمار اتیل استات به‌تنهایی (0.012 ± 0.019) هر دو در گروه آماری B طبقه‌بندی شدند. اثر بلوک معنی‌دار نبود ($F = 1.48, P = 0.192$).

به‌منظور کمی‌سازی اثر هم‌افزایی بین فرمون تجمعی و اتیل استات، شاخص هم‌افزایی^۳ به‌صورت نسبت تعداد شکار مشاهده شده در تیمار ترکیبی به مجموع شکارهای هر یک از ترکیبات به‌تنهایی محاسبه شد. بر اساس تعداد واقعی شکار شده در تله‌ها (فرمون: ۱۰ حشره، اتیل استات: ۳ حشره و فرمون+اتیل استات: ۴۶ حشره؛ مجموع کل = ۵۹)، مقدار شاخص سینرژیستی برابر با $3/68$ به‌دست آمد که نشان‌دهنده اثر افزایشی قوی بین فرمون و اتیل استات است (شکل ۲). در این آزمایش دز رهاسازی روزانه فرمون ۷/۵ میلی‌گرم و دز رهاسازی اتیل استات ۷۶۵ میلی‌گرم در روز محاسبه شد.

^۱. General Linear Model

^۲. Paired t- Test

^۳. Synergy Index



شکل ۲- میانگین تعداد شکار روزانه به ازای هر تله در طول ۲۷ روز (\pm خطای معیار) سوسک سرخرطومی حنایی خرما تحت تیمارهای طعمه‌ای مختلف. ستون‌هایی که حروف متفاوت دارند نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار هستند.

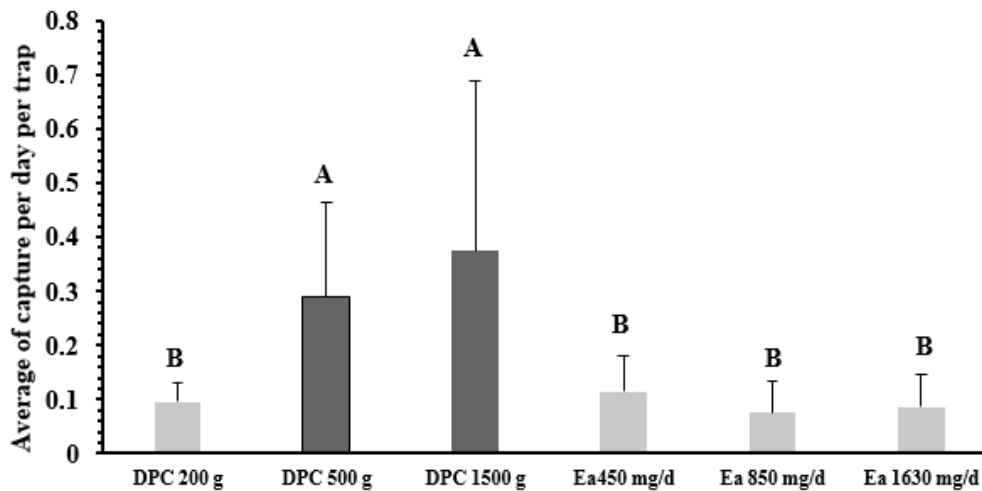
Figure 2. Mean daily catch per trap over 27 days (\pm SE) of *Rhynchophorus ferrugineus* under different bait treatments. Bars with different letters indicate significant.

۲- مقایسه اثر دزهای متفاوت اتیل استات با اثر مقادیر مختلف وزن مغز درخت خرما

تجزیه واریانس داده‌های میانگین شکار سرخرطومی حنایی خرما در تله‌ها نشان داد بین تیمارهای مختلف آزمایش تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($F_{5,84}=13.26$; $P<0.001$) و اثر بلوک معنی‌دار بود ($P=0.001$). بر اساس آزمون گروه‌بندی (Tukey, 5%)، بیشترین میانگین شکار مربوط به تیمار حاوی ۱۵۰۰ گرم مغز درخت خرما همراه با فرومون بود (0.375 ± 0.314) که همراه با تیمار دارای ۵۰۰ گرم مغز درخت خرما (0.288 ± 0.176) در گروه آماری A قرار گرفتند. سایر تیمارها شامل ۲۰۰ گرم مغز درخت خرما + فرومون (0.154 ± 0.034) و دوزهای مختلف اتیل استات (۴۵۰، ۸۵۰ و ۱۶۳۰ میلی‌گرم در روز) همراه فرومون، با میانگین‌های به ترتیب (0.115 ± 0.065 ، 0.074 ± 0.058 ، 0.087 ± 0.061) در گروه آماری B قرار گرفتند. ۲۰۰ گرم طعمه گیاهی درخت خرما از نظر میزان جلب سرخرطومی خرما با تمام دزهای اتیل استات برابری نشان داد و تفاوت معنی‌داری میان آنها مشاهده نشد. همچنین افزایش مقدار طعمه گیاهی از ۵۰۰ گرم به ۱۵۰۰ گرم تفاوت معنی‌داری در میانگین شکار ایجاد نکرد (شکل ۳). در این آزمایش دز رهاسازی فرومون ۱۵ میلی‌گرم در روز محاسبه شد.

۳- مقایسه با استفاده از طرح مقایسه جفت تیمارها

تجزیه و تحلیل آماری نتایج ۹ مقایسه زوجی انجام شده در قالب طرح تله جفتی فقط در دو مقایسه، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. این موارد شامل مقایسه ۲۰۰ گرم طعمه گیاهی با ۱۸۹۱ میلی‌گرم در روز اتیل استات ($t=3.30$; $df=3$; $p=0.007$) و همچنین مقایسه ۵۰۰ گرم طعمه گیاهی در مقایسه با ۹۶۸ میلی‌گرم در روز اتیل استات ($t=3.053$; $df=3$; $p=0.005$) بود. در سایر مقایسه‌ها، تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف طعمه گیاهی خرما و دزهای اتیل استات مشاهده نشد ($P>0.05$).



شکل ۳- میانگین تعداد شکار روزانه به ازای هر تله در طول ۲۷ روز (± خطای معیار) سوسک سرخرطومی حنایی خرما تحت تیمارهای طعمه گذاری شده با پنیر خرما: سه مقدار متفاوت از طعمه گیاهی (۲۰۰، ۵۰۰، ۱۵۰۰ گرم) و اتیل استات: سه نرخ رهایش (۴۵۰، ۸۵۰، ۱۶۳۰ میلی گرم در روز)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها بیانگر تفاوت معنی دار بین تیمارها هستند.

DPC= پنیر تنه درخت خرما، Ea= اتیل استات

Figure 3. Mean daily catch per trap (over 27 days ± SE) of *R. ferrugineus* in traps baited with three levels of date palm core (DPC: 200 g, 500 g, 1500 g) and three release rates of ethyl acetate (Ea: 450 mg/d, 850 mg/d, 1630 mg/d). Different letters above bars indicate significant differences among treatments. DPC= date palm core, Ea= Ethyl acetate

۴- بررسی مکانیسم اثر اتیل استات در شکار سرخرطومی حنایی خرما به وسیله تله فرومونی

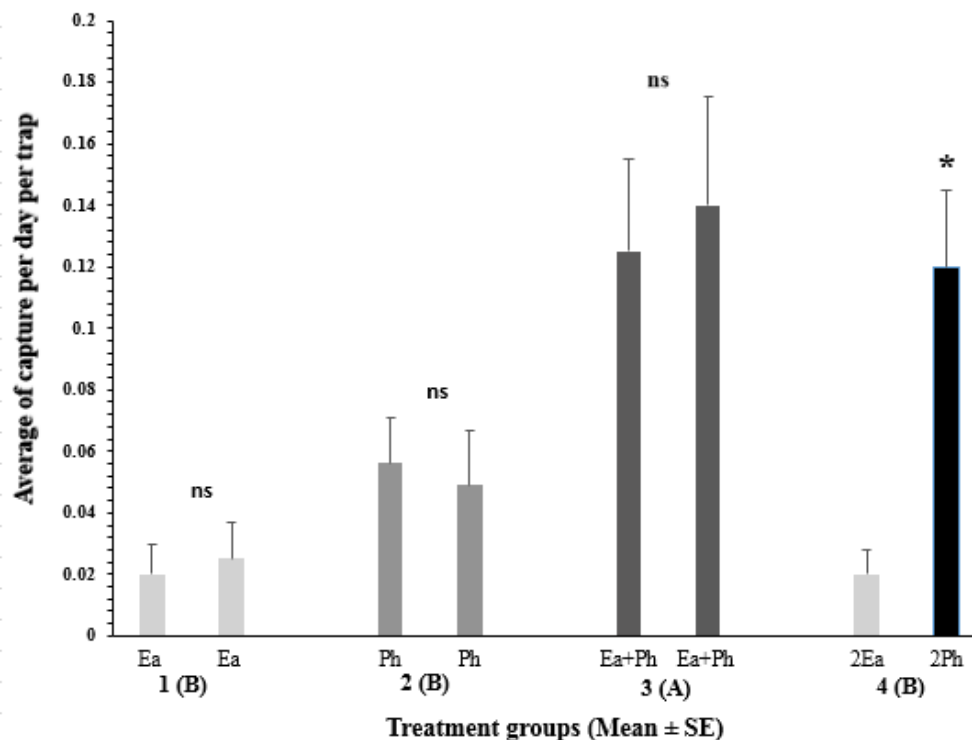
نتایج تجزیه واریانس میانگین شکار در تله‌ها نشان داد بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی داری وجود دارد ($F_{3,175}=7.39$; $P<0.001$). براساس آزمون گروه‌بندی (Tukey, 5%)، تیمار فرومون+ اتیل استات در گروه آماری A و سایر تیمارها شامل فرومون تنها، اتیل استات تنها، و شاهد در گروه B قرار گرفتند.

تحلیل زوجی عملکرد تله‌ها با استفاده از آزمون تی زوجی در تیمارهای با جفت تله مشابه، شامل اتیل استات ($t=-0.30$)، فرومون ($P=0.77$)، فرومون ($P=0.824$ ، $t=0.22$) و فرومون+ اتیل استات ($P=0.547$ ، $t=-0.61$) تفاوت معنی داری بین دو تله نشان نداد. با وجود این، در تیمار چهارم، در مقایسه متقابل (تله حاوی فرومون در برابر تله حاوی اتیل استات)، تفاوت معنی دار بین تعداد شکار مشاهده شد ($P=0.036$ ، $t=-2.22$)، که این نتیجه نشان داد که اتیل استات دارای تأثیر هم‌افزایانه بر فرومون حتی در فاصله نیم متری از آن است (شکل ۴). در این آزمایش دز رهاسازی فرومون ۱۳/۳ میلی گرم و دز رهاسازی اتیل استات ۴۱۸ میلی گرم در روز محاسبه شد.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن اتیل استات به تله‌های فرومونی، به عنوان یک عامل هم‌افزا، با تقویت سیگنال بویایی ادراک شده در مقیاس فضایی وسیع‌تر، میزان شکار سرخرطومی حنایی خرما را به طور معنی داری افزایش داده و با یافته‌های پیشین درباره اثر هم‌افزایی ترکیبات فرار گیاهان میزبان از جمله اتیل استات با فرومون تجمعی این آفت همخوانی دارد (Abdel-Azim *et al.*, 2021; Firdaus *et al.*, 2020; Dalbon *et al.*, 2021). با این حال، در یک مطالعه میدانی دیگر گزارش شده است که افزودن اتیل استات به تله‌های فرومونی سرخرطومی حنایی خرما به افزایش معنی دار میزان شکار منجر نشده است (Vacas *et al.*, 2013). تفاوت مشاهده شده در کارایی هم‌افزایی اتیل استات در این پژوهش با نتایج ما را می‌توان به تفاوت در شرایط اکولوژیکی

حاکم بر دو منطقه، شرایط فنی اجرای طرح (معماری تله و فاصله‌گذاری میان تله‌ها) و همچنین تفاوت‌های درون‌گونه‌ای (ژنتیکی و اکولوژیکی) میان جمعیت‌های محلی سرخرطومی حنایی خرما نسبت داد؛ به طوری که این تفاوت‌ها می‌تواند منجر به بروز نتایج متفاوت شود.



شکل ۴ - میانگین تعداد شکار روزانه به ازای هر تله (در طول ۲۷ روز). تیمارهایی که دارای یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند. ns = غیر معنی دار؛ * = وجود اختلاف معنی دار بین تله‌های مجاور (2Ea در مقایسه با 2Ph). (Ea = فرومون)، (Ph = اتیل استات).

Figure 4. Mean daily catch per trap (over 27 days). Treatments sharing the same letter do not differ significantly (0.05); ns = non-significant; * = significant difference between adjacent traps (2Ea vs 2Ph). Ph= Pheromone, Ea= Ethyle acatate

نتایج آزمایش دوم به روشنی نشان داد که تله‌های فرومونی حاوی ۵۰۰ گرم و ۱۵۰۰ طعمه گیاهی شکار معنی داری بیشتر از تله‌های فرومونی شامل اتیل استات داشتند. این تفاوت می‌تواند ناشی از ماهیت متفاوت دو منبع بویایی باشد؛ به گونه‌ای که اتیل استات یک ترکیب سنتتیک منفرد است، در حالی که طعمه گیاهی مجموعه‌ای پیچیده از ترکیبات فرار میزبان را آزاد می‌کند. ادراک چنین مخلوطی از ترکیبات فرار گیاهی نقشی محوری در شناسایی میزبان و در نهایت بروز پاسخ‌های رفتاری در حشرات دارد، و پاسخ به یک مخلوط کامل می‌تواند با پاسخ به اجزای منفرد آن متفاوت باشد (Guarino *et al.*, 2010; Bruce & Pickett, 2011). در نتیجه، این ترکیب پیچیده از سیگنال‌های شیمیایی به احتمال اطلاعات بویایی کامل تر و واقع‌گرایانه‌تری را برای حشره فراهم می‌سازد و می‌تواند در فرآیند مکان‌یابی میزبان و ورود به تله مؤثرتر عمل کند. با توجه به یافته‌های مقایسه مقادیر مختلف طعمه گیاهی و اتیل استات می‌توان پیشنهاد کرد که در تله‌های فرومونی بهره‌مند از سینترژیست طبیعی پارانشیم درخت خرما، مقادیر در حد ۵۰۰ گرم طعمه گیاهی و سینترژیست سنتتیک اتیل استات به میزان ۴۵۰ میلی‌گرم در روز می‌تواند کفایت کند و به‌عنوان یک گزینه عملی برای بهبود کارایی تله‌های فرومونی در پایش و شکار در نظر گرفته شود. اما در آزمایش سوم، با وجود این که میانگین تعداد شکار در

تله‌های فرومونی حاوی طعمه گیاهی بیشتر از تله‌های حاوی اتیل استات بود، الگوی تفاوت‌ها مشابه آزمایش دوم مشاهده نشد. این تفاوت نتایج می‌تواند ناشی از تفاوت در نحوه اجرای طرح آزمایشی و همچنین تفاوت در روش تجزیه و تحلیل داده‌ها بین این دو آزمایش باشد.

نتایج آزمایش چهارم نشان داد که تیمار ترکیبی فرومون همراه با اتیل استات (در حالتی که هر دو منبع در یک تله قرار داشتند) بیشترین میزان شکار را در مقایسه با تیمارهای منفرد ایجاد کرد و نقش هم‌افزای اتیل استات را دوباره تأیید نمود. با این حال، هنگامی که منبع فرومون و اتیل استات با فاصله‌ای حدود نیم متر از یکدیگر قرار گرفتند، میانگین شکار تفاوت معنی‌داری با تیمارهای منفرد (فرومون تنها یا اتیل استات تنها) نشان نداد. این الگو بیانگر آن است که بروز اثر هم‌افزایی به هم‌پوشانی فضایی دو سیگنال بویایی وابسته است و جدایی فیزیکی منابع، حتی در فاصله‌های کوتاه، می‌تواند یکپارچگی پیام بویایی دریافت‌شده توسط حشره را کاهش دهد. در آزمون ترجیح بین فرومون و اتیل استات، حشرات به‌طور معنی‌داری فرومون را بر اتیل استات ترجیح دادند. این رفتار ترجیحی بین فرومون و اتیل استات دقیقاً در تضاد با الگوی مشاهده‌شده با طعمه گیاهی بود که در انتخاب بین فرومون و طعمه گیاهی در فاصله نیم‌متری از هم تعداد حشراتی که طعمه گیاهی را در مقابل فرومون ترجیح دادند، به‌طور معنی‌داری بیشتر از تله مجاور آن بود (Mohammadpour *et al.*, 2018). این تفاوت می‌تواند ناشی از آن باشد که پاسخ رفتاری حشره به یک مخلوط کامل بویایی لزوماً معادل پاسخ به اجزای منفرد آن نیست؛ به‌ویژه آنکه بافت طبیعی خرما شامل طیف متنوعی از ترکیبات تخمیری از جمله استرها، الکل‌ها و اسیدها است که در مجموع می‌توانند مجموعه کامل‌تری از کدهای بویایی لازم برای فعال‌سازی رفتار قطع پرواز و فرود را فراهم کنند (Avand-Faghih *et al.*, 2008). جذب سرخرطومی‌ها در فواصل دور از گیاه میزبان به‌عنوان آنموتاکیسی^۱ شناخته می‌شود که به‌طور عمده تحت تأثیر فرومون تجمعی قرار دارد. در حالی که در فواصل کوتاه از گیاه میزبان، تغییر رفتار سرخرطومی و گرایش آن به سوی گیاه میزبان که به آن کلینوکینتیک^۲ گفته می‌شود به‌طور عمده تحت تأثیر بوهای گیاه میزبان است (Jaffé *et al.*, 1993). اتیل استات به‌احتمال زیاد با تقویت سیگنال فرومون تجمعی در جهت‌یابی دوربرد وابسته به باد (آنموتاکیسی) سرخرطومی حنایی خرما نقش دارد، هرچند که به‌تنهایی برای القای رفتارهای نزدیک‌برد پذیرش گیاه میزبان (کلینوکینتیک) کافی نیست. در برنامه‌های کنترل آفت، جایگزینی کامل طعمه‌های گیاهی با ترکیبات منفرد ممکن است منجر به کاهش کارایی تله‌ها شود و برای دستیابی به بیشترین کارایی در شکار یا کنترل انبوه، افزودن منبع بویایی طبیعی یا مجموعه کامل نشانه‌های بویایی میزبان (پروفایل کامل ترکیبات فرار گیاهی) ضروری به نظر می‌رسد. از منظر مدیریتی، ترکیب فرومون+ اتیل استات برای پایش آفت مناسب است، درحالی‌که در کانون‌های آلودگی، در عملیات شکار انبوه آفت، طعمه گیاهی همچنان غیرقابل جایگزین بوده و حذف آن می‌تواند به کاهش کارایی تله‌ها منجر شود (Vacas *et al.*, 2013). آینده مدیریت آفت سرخرطومی حنایی خرما می‌تواند بر استراتژی رفتاری «کشیدن - راندن»^۳ استوار شود، بر این اساس، در بخش «کشیدن» تله‌های ترکیبی شامل فرومون، اتیل استات و مقدار حداقلی از طعمه گیاهی طبیعی پیرامون نخلستان استفاده شوند (Jaffé *et al.*, 1993)؛ تا اتیل استات دامنه جذب اولیه فرومون را گسترش دهد و طعمه گیاهی به تکمیل پاسخ رفتاری فرود در تله‌ها کمک می‌کند. هم‌زمان، در بخش «راندن»، مدیریت منابع بویایی جاذب و ناخواسته نخلستان با استفاده از ترکیبات ضد تخم‌گذاری و دورکننده می‌تواند از تجمع، فرود و تخم‌ریزی آفت روی درختان خرما جلوگیری شود و کارایی تله‌های فرومونی در چارچوب برنامه مدیریت تلفیقی آفت افزایش یابد (Dehvari *et al.*, 2019; 2025). به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد اتیل استات به‌عنوان یک کایرومون هم‌افزای سنتتیک، پتانسیل بهبود کارایی تله‌های فرومونی را دارد و با تقویت اثر فرومون حشرات را از فاصله دورتر به سمت تله‌ها هدایت کند.

1. Anemotaxis

2. Klinokinetic

3. Push-Pull

علاوه بر این، اتیل استات می‌تواند با کاهش نیاز به مقادیر زیاد طعمه گیاهی و طولانی‌تر کردن بازه زمانی تعویض آن، محدودیت‌های اجرایی تله‌گذاری را کاهش داده و کارایی برنامه شکار انبوه را در چارچوب مدیریت تلفیقی این آفت بهبود می‌بخشد. با این حال؛ برخی محدودیت‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. در این مطالعه تنها یک ترکیب سنتتیک منفرد (اتیل استات) از پروفایل پیچیده بوهای میزبان ارزیابی شده است. در این راستا، پژوهش‌های آینده باید بر شناخت جامع پروفایل بویایی میزبان متمرکز شود. همچنین، تعیین نقش و سهم نسبی اجزای منفرد در کل پروفایل بویایی می‌تواند به شناسایی ترکیبات دارای بیشترین پتانسیل هم‌افزایی با فرمون منجر شود. افزون بر این، ارزیابی اثر هم‌زمان بوهای طبیعی و مصنوعی بر رفتارهای کلیدی شامل توقف پرواز و فرود حشرات، زمینه‌ساز افزایش کارایی رفتاری تله‌های فرومونی خواهد بود.

References

- Abdel-Azim, M. M., Aldosari, S. A., Mumtaz, R., Vidyasagar, P. S., & Shukla, P. (2017). Pheromone trapping system for *Rhynchophorus ferrugineus* in Saudi Arabia: Optimization of trap contents and placement. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(12), 936-948. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2017.v29.i12.1564>
- Abdel-Banat, B. M., El-Shafie, H. A., & Faleiro, J. R. (2025). A comprehensive analysis of more than a century of research on red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*: trends, gaps, and future directions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 24, 102449. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102449>
- Al-Dosary, N. M. N., Al-Dobai, S., & Faleiro, J. R. (2016). Review on the management of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier in date palm *Phoenix dactylifera* L. *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 28(1). DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015-10-897>
- Al-Zyoud, F., Shibli, R., & Ghabeish, I. (2021). Current Status, Challenges, Management and Future Perspectives of the Red Palm Weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera, Curculionidae) Eradication-A Review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 9(6), 697-714. DOI: [http://dx.doi.org/10.18006/2021.9\(6\).697.714](http://dx.doi.org/10.18006/2021.9(6).697.714)
- Avand-Faghih, A. (2004). Identification et application agronomique de synergistes végétaux de la phéromone du charançon *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) 1790. PhD. Thesis. INAPG (AgroParisTech).
- Avand-Faghih, A., Mohammadpour, K., & Rochat, D. (2008). Investigation of the role of aggregation pheromone and plant bait in trapping the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae). The 18th Iranian Plant Protection Congress, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran. (in Farsi)
- Bruce, T. J., & Pickett, J. A. (2011). Perception of plant volatile blends by herbivorous insects—finding the right mix. *Phytochemistry*, 72(13), 1605-1611. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.04.011>
- Dalbon, V. A., Acevedo, J. P. M., Ribeiro Junior, K. A. L., Ribeiro, T. F. L., Silva, J. M. D., Fonseca, H. G., Santana, A. E. G., & Porcelli, F. (2021). Perspectives for synergic blends of attractive sources in South American palm weevil mass trapping: Waiting for the red palm weevil Brazil invasion. *Insects*, 12(9), 828. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12090828>
- Dehvari, M. A., Avand-Faghih, A., Ahadiyat, A., & Hosseini Gharalari, A. (2019). Effects of some non-host plants components on oviposition behavior of the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Col.: Dryophthoridae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 39(1), 17-31. (in Farsi). DOI: <https://doi.org/10.22117/JESI.2019.123530.1265>
- Dehvari, M. A., Avand-Faghih, A., Ahadiyat, A., & Hosseini Gharalari, A. (2025). Evaluation of repellent effect of several non-host plant compounds on red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*) under laboratory conditions. *Plant Pest Research*, 15(3), 31–44. (in Farsi) DOI: <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31306.1650>
- Faleiro, J., Rangnekar, P. A., & Satarkar, V. R. (2003). Age and fecundity of female red palm weevils *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier)(Coleoptera: Rhynchophoridae) captured by pheromone traps in coconut plantations of India. *Crop Protection*, 22(7), 999-1002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00114-5](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00114-5)



- Faleiro, J. R. (2006). A review of the issues and management of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Rhynchophoridae) in coconut and date palm during the last one hundred years. *International journal of tropical Insect Science*, 26(3), 135-154. DOI: <https://doi.org/10.1079/IJT2006113>
- Faleiro, J. R. (2020). Evolving trends in semiochemical mediated technologies against red palm weevil. *International Webinar Advances in Red Palm Weevil Research and Management*, 63-74.
- Firdaus, M. M., Chuah, T. S., & Wahizatul, A. A. (2020). Synergistic Effect of Synthetic Pheromone and Kairomone-Releasing Food Baits in Mass Trapping System of Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 494: 012050. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/494/1/012015>
- Giblin-Davis, R. M., Oehlschlager, A. C., Perez, A., Gries, G., Gries, R., Weissling, T. J., ... & Gonzalez, L. M. (1996). Chemical and behavioral ecology of palm weevils (Curculionidae: Rhynchophorinae). *Florida Entomologist*, 79 (2), 153-167. DOI: <https://doi.org/10.2307/3495812>
- Guarino, S., Bue, P. L., Peri, E., & Colazza, S. (2011). Responses of *Rhynchophorus ferrugineus* adults to selected synthetic palm esters: electroantennographic studies and trap catches in an urban environment. *Pest Management Science*, 67(1), 77-81. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2035>
- Henneken, J., Goodger, J. Q., Jones, T. M., & Elgar, M. A. (2017). Diet-mediated pheromones and signature mixtures can enforce signal reliability. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 4, 145. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00145>
- Llácer, E., Dembilio, O., & Jacas, J. A. (2010). Evaluation of the efficacy of an insecticidal paint based on chlorpyrifos and pyriproxyfen in a microencapsulated formulation against *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(2), 402-408. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC09310>
- Mohammadpour, K., Farazmand, H., & AVAND, F. A. (2011). Effect of plant baits, shape and place of trap on the efficiency improvement of pheromone traps for red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv.(Col., Dryophthoridae) *Journal of Entomological Research*, 3(1), 63-72. (in Farsi) DOI: 10.1556/038.53.2018.013
- Mohammadpour, K., Avand-Faghih, A., & Hosseini-Gharalari, A. (2018). The effect of date palm tissue and aggregation pheromone on attraction and trapping of Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv.(Col.: Dryophthoridae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 53(2), 233-239. DOI: <https://doi.org/10.1556/038.53.2018.013>
- Naveed, H., Andoh, V., Islam, W., Chen, L., & Chen, K. (2023). Sustainable pest management in date palm ecosystems: Unveiling the ecological dynamics of Red Palm Weevil (Coleoptera: Curculionidae) infestations. *Insects*, 14(11), 859. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects14110859>
- Vacas, S., Primo, J., & Navarro-Llopis, V. (2013). Advances in the use of trapping systems for *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae): traps and attractants. *Journal of Economic Entomology*, 106(4), 1739-1746. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC13105>
- Vacas, S., Primo, J., Navarro-Llopis, V., & Jacas, J. A. (2014). Identification of pheromone synergists for *Rhynchophorus ferrugineus* trapping systems from *Phoenix canariensis* palm volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(26), 6053-64. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf502663y>
- Vacas, S., Melita, O., Michaelakis, A., Milonas, P., Minuz, R. L., Riolo, P., Abbass, M. K., Lo Bue, P., Colazza, S., Peri, E., Soroker, V., Livne, Y., Primo, J., & Navarro-Llopis, V. (2017). Lures for red palm weevil trapping systems: Aggregation pheromone and synthetic kairomone. *Pest Management Science*, 73(1), 223–231. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4289>

Effect of ethyl acetate on improving the performance of pheromone traps for the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*

M. A. Dehvari^{1*}, A. Avand-Faghih²

1. Department of Plant Protection, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, 2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

✉ az.dehvar@gmail.com
✉ armanfaghih@yahoo.fr

 <https://orcid.org/0009-0000-5179-9260>
 <https://orcid.org/0000-0002-4743-88305>

Received: 23 November 2025 | Accepted: 14 February 2026 |

Abstract

The red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Col.: Dryophthoridae), is key pest of date palm trees. In field conditions, the aggregation pheromone of this pest alone does not sufficiently attractive, so the parenchymal tissue of the date palm trunk commonly used as a plant bait alongside the pheromone. Therefore, identifying an inexpensive and stable synthetic compound to replace the natural bait is essential. To evaluate the efficacy of ethyl acetate, three field experiments were conducted. Initially, the performance of traps containing (1) pheromone, (2) ethyl acetate, (3) pheromone+ethyl acetate, and (4) an unbaited control was evaluated. In the second experiment, different amounts of plant-based bait derived from the parenchymal tissue of the date palm trunk (200, 500, and 1500 g) and three doses of ethyl acetate (450, 850, and 1630 mg day⁻¹) were compared. In the third experiment, insect preference for pheromone versus ethyl acetate was examined using paired traps placed 0.5 m apart. Treatments included paired traps baited with (1) ethyl acetate in both traps, (2) pheromone in both traps, (3) pheromone+ethyl acetate simultaneously in both traps, and (4) pheromone in one trap and ethyl acetate in the other. The results showed that combining the aggregation pheromone with ethyl acetate produced a synergistic effect. No significant differences were observed among the tested doses of ethyl acetate. In paired-trap comparisons, capture rates in pheromone-baited traps were significantly higher than those in traps containing ethyl acetate. This preference suggests that ethyl acetate attracts red palm weevils from longer distances and guides them toward pheromone traps. Ethyl acetate can be used as an effective synthetic synergistic kairomone to improve the efficiency of pheromone traps and reduce practical limitations in mass-trapping programs.

Key words: Ethyl acetate, integrated pest management, pheromone trap, synergistic kairomone

Citation: Dehvari, M. A. & Avand-Faghih, A. (2026). Effect of ethyl acetate on improving the performance of pheromone based traps for the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*. Plant Pest Research, 15(4), 13-24. DOI: <https://doi.org/10.22124/iprj.2026.32369.1669>



*Corresponding author: az.dehvar@gmail.com