تحقیقات آفات گیاهی

علمی پژوهشی ۱۴۰۴ -۱۵(۳): ۳۱-۴۴	https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31306.1650	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

اثر دورکنندگی ترکیبات چند گیاه غیرمیزبان روی سرخرطومی حنایی خرما *Rhynchophorus ferrugineus* در شرایط آزمایشگاهی

محمدعظیم دهواری [۱]
https://orcid.org/0009-0000-5179-9260

آرمان آوندفقیه [۲*]
https://orcid.org/0000-0002-4743-8830

علی احدیت [۳]
https://orcid.org/0000-0003-1812-5453

علی حسینی قرالری [۴]
https://orcid.org/0000-0002-1656-2628

۱ و ۳- گروه گیاه‌پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، ۲ و ۴- مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده: سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) مخرب‌ترین آفت درخت خرما (*Phoenix dactylifera* L.) در سراسر جهان است. در این تحقیق پاسخ‌های رفتاری حشرات کامل این آفت به ترکیبات استخراج‌شده از برگ سه گیاه غیرمیزبان شامل اشورک (*Rhazya stricta* Decne., Apocynaceae)، آنغوزه (*Ferula assa-foetida* L., Apiaceae) و چریش (*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae) و همچنین سه ترکیب خالص آلفا-پینن، اوژنول و تیمول ارزیابی شد. زیست‌سنجی‌ها در یک بویایی‌سنج استاتیک دو گزینه‌ای با تله سقوط و در قالب دو طرح آزمایشی انجام شدند: یک آزمون اجباری (بدون انتخاب) که در آن یک محفظه خالی با محفظه طعمه‌گذاری‌شده با مغز تنه خرما به همراه ماده مورد آزمایش مقایسه شد و یک آزمون اختیاری (دو گزینه‌ای)که در آن محفظه طعمه‌گذاری شده با مغز تنه میزبان با همان نوع محفظه به همراه ماده مورد آزمایش مقایسه شد. در آزمون اجباری، اسانس آنغوزه و تیمول قوی‌ترین اثر بازدارندگی (عدم انتخاب) را نشان دادند. در آزمون اختیاری جایی که بوها با رایحه میزبان در رقابت بودند، باز هم اسانس آنغوزه قوی‌ترین اثر دورکنندگی را از خود بروز داد و انتخاب محفظه حاوی بوی میزبان را به طور معناداری کاهش داد. جالب توجه است که اوژنول در مقدار پایین‌تر به‌عنوان تشدیدکننده (هم‌افزای) خاصیت جلب‌کنندگی بوی میزبان برای حشرات ماده عمل کرد. بر اساس نتایج ترکیبی هر دو زیست‌سنجی، اسانس آنغوزه (*F. assa foetida*) و تیمول به‌عنوان نامزدهای قدرتمند برای اختلال در رفتار میزبان‌یابی این آفت معرفی شده و برای گنجاندن در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت (IPM) پیشنهاد می‌شوند.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۵/۹
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۸/۱۸

واژه‌های کلیدی: آنغوزه، ترکیبات فرار گیاهی، تیمول، درخت خرما، دورکنندگی

***Citation*:** Dehvari, M. A., Avand-Faghih A., Ahadiyat, A. & Gharalari, A. H. (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. **DOI: https://doi.org/ 10.22124/iprj.2025.31306.1650**

*Corresponding author: armanfaghih@yahoo.fr

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan
This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)

مقدمه

سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Col.: Dryophthoridae)، به عنوان یکی از مخرب‌ترین و تهاجمی‌ترین آفات نخیلات در سطح جهان به شمار می‌رود که سالانه خسارات اقتصادی هنگفتی را برباغداران و صنعت خرما تحمیل می‌کند (Rochat *et al*., 2017; Faleiro *et al*., 2019). این آفت برای اولین بار در ایران از نخلستان‌های شهرستان سراوان (استان سیستان و بلوچستان) گزارش شد (Avand-Faghih, 1996) و در سال‌های اخیر به سایر استان‌های کلیدی تولید خرما از جمله کرمان، هرمزگان و فارس نیز گسترش یافته است (Dehvari *et al*., 2019). ماهیت پنهان‌زی آفت، که طی آن لاروها در داخل تنه درخت و به دور از دید مستقیم تغذیه کرده و موجب تخریب بافت‌های آوندی می‌شوند، تشخیص زودهنگام و کنترل آن را بسیار دشوار می‌سازد (Harith-Fadzilah *et al*., 2020). مدیریت این آفت به طور سنتی بر استفاده از سموم شیمیایی متمرکز بوده است. با این حال، نگرانی‌های روزافزون در مورد اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، پیدایش مقاومت در آفات و خطرات بالقوه برای سلامت انسان، پژوهشگران را به سمت یافتن راهکارهای مدیریتی پایدار و سازگار با محیط زیست سوق داده است (Tay *et al*., 2021). در این راستا، بهره‌گیری از ترکیبات فرار طبیعی گیاهان غیرمیزبان به عنوان ابزاری امیدوارکننده در مدیریت آفات، توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است (Jactel *et al*., 2001). این ترکیبات می‌توانند به عنوان یک خط دفاعی پیشگیرانه عمل کرده و از استقرار اولیه آفت روی گیاه میزبان ممانعت به عمل آورند. یکی از راهبردهای کلیدی در این زمینه، ایجاد اختلال در فرآیند شناسایی میزبان توسط آفت است. این مکانیسم که با عنوان "اثر پوشانندگی" نیز شناخته می‌شود، بر این اصل استوار است که ترکیبات فرار گیاهی غیرمیزبان می‌توانند با اتصال به گیرنده‌های بویایی حشره، توانایی آن را در ردیابی کایرومون‌های جاذب (ترکیبات شیمیایی ساطع شده از گیاه میزبان) مختل کرده و عملاً بوی گیاه میزبان را بپوشانند یا خنثی کنند (Guarino *et al*., 2015). این رویکرد دارای پتانسیل بالایی برای ادغام در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت (IPM)، به‌ویژه در استراتژی‌های نوینی مانند کشیدن–راندن و یا در تلفیق با عوامل کنترل بیولوژیک است (Levi-Zada *et al*., 2024). با وجود پتانسیل بالای این رویکرد، شکاف‌های پژوهشی قابل توجهی همچنان باقی است. کمبود پژوهش‌هایی که به طور سیستماتیک اثر دورکنندگی این گروه از ترکیبات گیاهی را در تقابل مستقیم با کایرومون طبیعی میزبان (بافت تنه نخل) ارزیابی کنند، به شدت احساس می‌شود. علاوه بر این، درک سازوکارهای رفتاری آفت در پاسخ به این ترکیبات در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی و با استفاده از ابزارهایی مانند بویایی‌سنج، برای انتخاب نامزدهای برتر برای بررسی‌های تکمیلی و میدانی، امری حیاتی است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف پر کردن این شکاف علمی طراحی شده است. هدف این پژوهش، بررسی اثر دورکنندگی سه گیاه غیرمیزبان شامل اشورک (*Rhazya stricta* Decne)، آنغوزه (*Ferula assa-foetida* L.) و چریش (*Azadirachta indica* A. Juss) و سه ترکیب مونوترپنی خالص (آلفا–پینن، اوژنول و تیمول) در حضور منبع بوی جاذب طبیعی (بافت تنه نخل) با استفاده از بویایی‌سنج است. هدف نهایی این پژوهش، شناسایی کارآمدترین ترکیب‌ها برای تحقیقات آتی در زمینه فرمولاسیون و کاربرد میدانی در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت ویرانگر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گیاهان مورد مطالعه، استخراج اسانس و عصاره‌ها

گیاهان مورد مطالعه به شرح جدول ۱ از رویشگاه‌های طبیعی آنها در استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شدند.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و تاریخ جمع‌آوری گیاهان

Table 1. Geographic specifications and collecting dates of the plants

Common English Name	Scientific name	Geographical Coordinates (UTM)	Region Name	Altitude (meters)	Collecting Date (YYYY/MM/DD)
Asafoetida	*Ferula assa-foetida*	41R 365289 3009903	Mehrestan County, Birk Mountain Highlands	2106	2016/03/24
Rhazya	*Rhazya stricta*	41R 423092 3036855	Saravan County, Shams-Abad Plain	1210	2016/05/30
Neem	*Azadirachta indica*	41R 252133 3010875	Iranshahr County, Baluchestan Agricultural and Natural Resources Research Center	529	2016/06/21

گیاهان جمع‌آوری شده بلافاصله در سایه و در دمای اتاق خشک شدند. فرآیند خشک شدن تا زمانی ادامه یافت که نمونه‌ها به‌طور کامل ترد و شکننده شدند و سپس در بسته‌های پلاستیکی بسته‌بندی و تا زمان استخراج عصاره یا اسانس در یخچال (چهار درجه سلسیوس) نگهداری شدند تا اتلاف ترکیبات فرار به کمترین مقدار ممکن برسد. عملیات اسانس‌گیری (برای آنغوزه) و عصاره‌گیری (برای اشورک و چریش) انجام شد. اسانس‌گیری آنغوزه به وسیله دستگاه کلونجر با دو بالون صورت گرفت. برای استخراج اسانس، ابتدا برگ‌های خشک‌شده گیاه آنغوزه با آسیاب برقی به‌طور کامل پودر شدند. مقدار ۱۰۰ گرم از برگ پودر شده در هر بالون ریخته شده و ۱۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت سه ساعت به روش تقطیر با آب، اسانس آن استخراج شد. اسانس برگ آنغوزه در ظروف شیشه‌ای در بسته با رنگ تیره که با ورقه آلومینیومی پوشانده شده بود تا زمان انجام بررسی‌ها در یخچال (چهار درجه سلسیوس) نگهداری شد. برای عصاره‌گیری از برگ‌های اشورک از حلال متانول و برای برگ‌های چریش از حلال اتر نفت استفاده شد. نمونه‌های گیاهی کاملاً خشک‌شده از برگ‌های این دو گیاه با استفاده از آسیاب برقی پودر شده و ۲۵۰ گرم از پودر به ظروف شیشه‌ای درب‌دار مخصوص منتقل و ۶۰۰ میلی‌لیتر از حلال مورد نظر به آن اضافه و سپس به مدت ۴۸ ساعت در یخچال (چهار درجه سلسیوس) برای خیساندن در حلال نگهداری شدند. بعد از این مدت نمونه‌ها از یخچال خارج و به مدت ۲ ساعت روی دستگاه شیکر با ۲۵۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. پس از آن، نمونه‌ها به مدت ۲۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با ۴۵۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند تا عصاره گیاهی به‌طور کامل از تفاله آن جدا شود. عصاره‌های جمع‌آوری‌شده از کاغذ صافی (MUNKTELL filter Discs, Grade: 392, Dia: 125mm) عبور داده شده و عصاره‌های رقیق به‌دست‌آمده به‌وسیله دستگاه تقطیر در خلأ در دمای ۴۰ درجه سیلسیوس تغلیظ و تا زمان انجام بررسی‌ها در ظروف شیشه‌ای تیره در یخچال (چهار درجه سلسیوس) نگهداری شدند.

ترکیبات گیاهی سنتتیک و حلال های مورد استفاده

مواد شیمیایی اصلی مورد استفاده در این تحقیق شامل آلفا-پینن، اوژنول و تیمول بودند. مشخصات کامل این ترکیبات، از جمله درصد خلوص، شرکت و کشور سازنده و شماره ثبت CAS، در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات ترکیبات خالص شیمیایی مورد استفاده در زیست‌سنجی‌ها

Table 2. Specifications of the pure chemical compounds used in the bioassays

Chemical Name	Purity	Manufacturer	Country of Origin	CAS Number
α-Pinene	≥ 97.0 %	Merck	Germany	80-56-8
Eugenol	>99%	Merck	Germany	97-53-0
Thymol	≥98.5%	Sigma	USA	89-83-8

برای تیمارهای جامد (تیمول، عصاره اشورک و چریش) یک محلول استوک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم/میلی‌لیتر تهیه شد. سپس حجم‌های ۵ و ۱۰ میکرولیتر از این محلول استوک برای رسیدن به دزهای نهایی ۵ و ۱۰ میلی‌گرم (به‌ترتیب دز پایین و بالا) استفاده شد. برای ترکیبات مایع (اسانس آنغوزه، آلفاپینن و اوژنول) که نیازی به حلال نداشتند، حجم‌های ۵ و ۱۰ میکرولیتر به‌طور مستقیم استفاده شدند و جرم معادل آن‌ها بر اساس چگالی (جدول ۳) محاسبه شد. برای تیمول از حلال استون، برای عصاره اشورک از حلال متانول و برای عصاره چریش از حلال اتر نفت استفاده شد. جزئیات دقیق محاسبه‌ها و مقادیر نهایی جرم برای هر تیمار در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر جرمی (میلی‌گرم) مقادیر پایین و بالا برای ترکیبات استخراج‌شده گیاهی و ترکیبات خالص مورد استفاده در زیست‌سنجی‌ها

Table 3. Mass values (mg) of the low and high doses for the plant extracts treatments and pure compounds used in the bioassays

Treatment name	Treatment type	Low Dose (mg)	High dose (mg)	Density (g/mL)	Stock Concentration (mg/mL)
Rhazya stricta Extract	Solid Extract	5	10	-	1000
Azadirachta indica Extract	Solid Extract	5	10	-	1000
Thymol	Solid Compound	5	10	-	1000
α-Pinene	Liquid Compound	4.29	8.58	0.858	-
Eugenol	Liquid Compound	5.30	10.60	1.06	-
Ferula assa-foetida Oil	Liquid Essential Oil	4.60	9.20	0.92	-

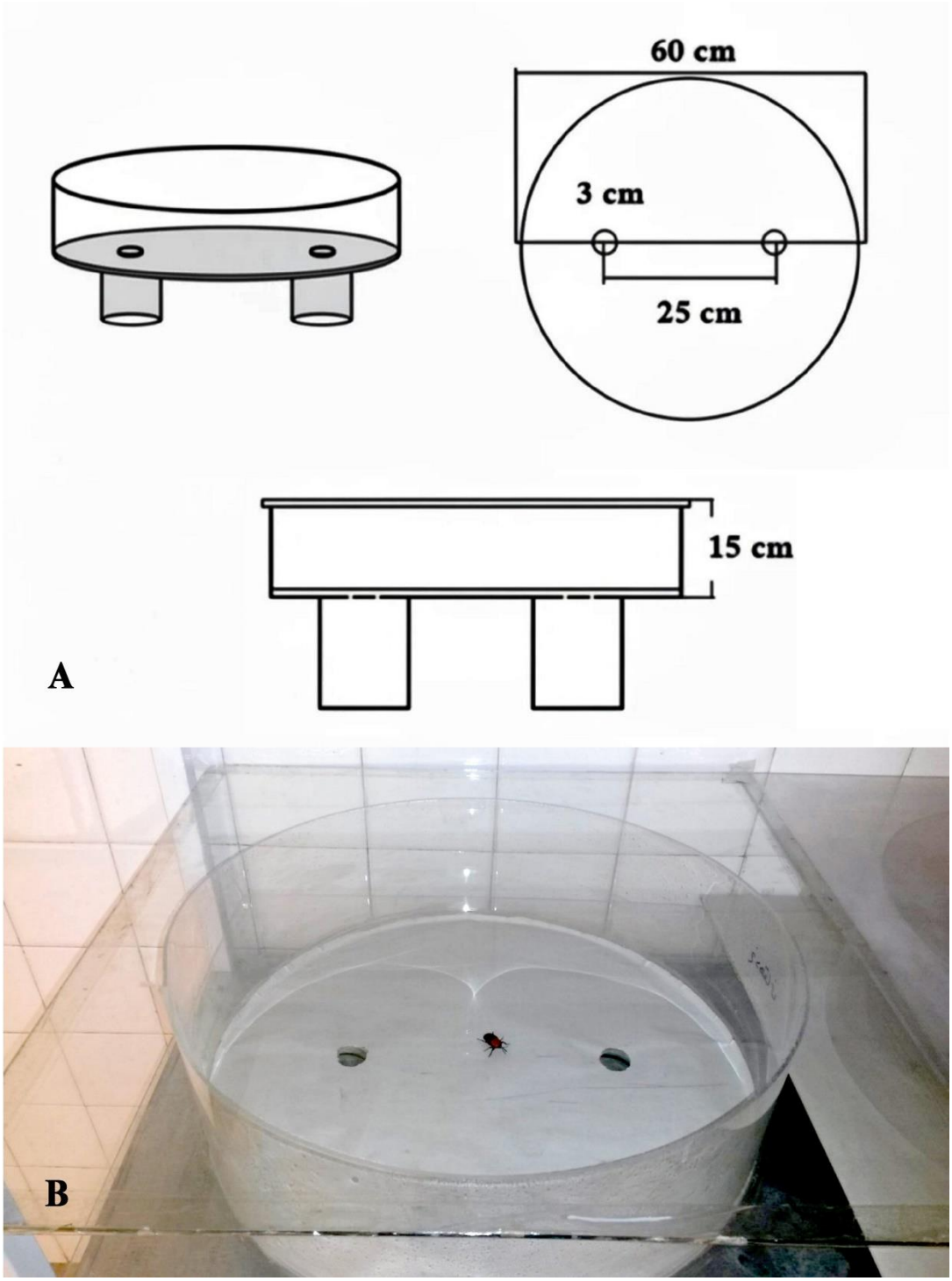
بویایی‌سنج

بویایی‌سنج مورد استفاده دو سوراخه و از نوع استاتیک بود. این بویایی‌سنج در سال ۱۹۹۱ توسط روشا برای مطالعه الگوی رفتاری پاسخ سرخرطومی آمریکایی نخیلات طراحی شده است(Rochat *et al*., 1991). دیواره بویایی‌سنج از جنس پلکسی‌گلاس شفاف به شکل استوانه با قطر ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر ساخته شده بود. کف بویایی‌سنج صفحه‌ای مستطیل شکل از جنس پلکسی‌گلاس شفاف به ابعاد ۶۰ ×۶۰ سانتی‌متر با دو سوراخ دایره‌ای شکل بود. قطر هر یک از این سوراخ‌ها ۳ سانتی‌متر و فاصله بین آن‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود. روی صفحه مستطیل شکل کف بویایی‌سنج با کاغذ پوشیده شد تا حشره به‌راحتی بتواند روی کف بویایی‌سنج حرکت نماید و از لیز خوردن آن جلوگیری شود. دو ظرف استوانه‌ای شیشه‌ای به قطر ۱۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر در زیر این سوراخ‌ها برای قرار دادن تیمار و شاهد قرار گرفت. درپوش بویایی‌سنج از جنس شیشه به ابعاد ۶۰×۶۰ سانتی‌متر بود. عملکرد این دستگاه بر خلاف بویایی‌سنج های دارای جریان هوا، مبتنی بر انتشار موادفرار در یک فضای بسته است(شکل ۱).

حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما

به منظور ارزیابی پاسخ حشراتی که از نظر فیزیولوژیکی و رفتاری نماینده جمعیت طبیعی و مهاجم آفت هستند، حشرات کامل به‌طور مستقیم از تله‌های فرومونی در مناطق آلوده جمع‌آوری شدند. تله‌های فرومونی به‌طور عمده سوسک‌های بالغ جوان و بالغ آماده تخمریزی را شکار می‌کنند که به طور فعال درگیر رفتار پراکنش و جستجوی میزبان هستند و مرتبط‌ترین گروه برای آزمودن اثرات دورکنندگی میزبان هستند. حشرات پس از جمع‌آوری از نخلستان به آزمایشگاه منتقل شدند و درآزمایشگاه دوره نوری ۱۲:۱۲ ساعت (روشنایی: تاریکی) در سطل‌های پلاستیکی ۱۸ لیتری نگهداری شدند و با بافت تازه مغز تنه درخت خرما تغذیه شدند. حشرات کامل قبل از آزمایش رفتارسنجی، به مدت ۲۴ ساعت به صورت انفرادی و بدون غذا در دمای اتاق (حدود ۳±۲۵ درجه سلسیوس)

نگهداری شدند. رطوبت نسبی محیط ۵±۳۰ درصد بود. حشرات مورد استفاده در آزمایش به‌منظور حذف تنش و عادت کردن به شرایط محیطی دو ساعت قبل از شروع آزمایش به اتاق مخصوص رفتارسنجی با نور قرمز منتقل شدند. هر حشره فقط یکبار مورد آزمایش بویایی‌سنجی قرار گرفت.



شکل ۱- بویایی‌سنج دوحفره‌ای: A- نمودار شماتیک، B- تصویر

Figure 1. Two-well olfactometer: A- Schematic diagram, B- Picture

روش اجرای آزمایش

پاسخ حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرمای زیر نور قرمز و در دمای اتاق (حدود ۳±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۳۰-۳۵ درصد) در ابتدای فاز روشنایی و بازه زمانی ۸:۰۰ الی ۱۴:۰۰ انجام شد. هر حشره به عنوان یک تکرار مستقل در نظر گرفته شده است. برای هر ترکیب به صورت جداگانه با ۲۰ حشره نر و ۲۰ حشره ماده به مدت ۳۰ دقیقه بررسی شد. در خارج از اتاق آزمایش حجم مورد نظر از ترکیب مورد بررسی با استفاده از سورنگ طرح هامیلتون ۵ میکرولیتری (Model:W-131-5) ساخت چین روی بریده‌های کاغذ صافی به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر قرار گرفت. بریده کاغذ صافی(MUNKTELL filter Discs, Grade: 392, Dia: 125mm) آغشته به هر ترکیب، بلافاصله با استفاده از پنس به ظروف زیر سوراخ‌ها منتقل شد. پس از آن حشره مورد آزمایش به آرامی از ظرف نگهداری خارج و با دست در قسمت مرکزی صفحه بویایی‌سنج و مابین دو سوراخ و در فاصله مساوی از هر دو سوراخ قرار داده شد. وقتی‌که حشره بلافاصله و به‌محض قرار دادن در کف بویایی‌سنج به‌سرعت حرکت می‌کرد (این عمل استرس ناشی از انتقال با دست تلقی شد) از آزمایش حذف و حشره دیگری جایگزین شد. حشراتی که برای یک دوره مشخص (۱۵ دقیقه) هیچ حرکتی از خود نشان نمی‌دادند، به عنوان غیرپاسخ‌دهنده[1] ثبت و از تحلیل‌های آماری انتخاب حذف می‌شدند. حشراتی که در طول ۳۰ دقیقه زمان آزمایش فعال بودند، اما به هیچ یک از دو انتخاب بویایی‌سنج انتخاب مشخصی نشان ندادند (یعنی در سوراخ‌ها سقوط نکرده یا در دهانه آن‌ها برای مدت معین باقی نماندند)، به عنوان بدون انتخاب[2] ثبت شدند. در دو حالت رفتار حشره به‌عنوان پاسخ در نظر گرفته شد، حشره داخل ظرف استوانه‌ای قسمت زیر دستگاه سقوط می‌کرد یا حشره قسمت جلویی بدن خود را درون یکی از سوراخ‌ها قرار داده و به مدت یک دقیقه در این حالت باقی می‌ماند. از مغز پاجوش درخت خرما رقم مضافتی قطعات مکعب شکل به ابعاد ۱×۱×۱ سانتی‌متر به عنوان کایرومون طبیعی استفاده شد. بررسی رفتار حشرات در بویایی‌سنج در قالب ۵ سری آزمایش به شرح زیر انجام شد: ۱-رفتار حشرات کامل در بویایی‌سنج خالی و بدون هیچ ماده، ۲- رفتار حشرات کامل به بوی گیاه میزبان، ۳- رفتار حشرات کامل به ترکیبات مختلف بدون حضور بوی گیاه میزبان، ۴-رفتار حشرات کامل به بوی گیاه میزبان در حضور ترکیبات مختلف (اثر پوشانندگی بوی گیاه میزبان در حالت اجباری)، ۵- اثر دورکنندگی ترکیبات مختلف در حالت اختیاری روی حشرات کامل. برای کنترل دقیق اثر حلال یک شاهد حلال در نظر گرفتیم. به این صورت که در بازوی تیمار کاغذ صافی آغشته به محلول ترکیب مورد آزمایش در حلال و به طور همزمان در بازوی شاهد یک کاغذ صافی آغشته به همان حجم از حلال خالص قرار گرفت.

محاسبه‌های آماری

داده‌های حاصل از آزمایش‌های رفتاری بویایی‌سنج با استفاده از دو روش مکمل زیرتحلیل شدند.

۱) تحلیل آماری انتخاب (Choice Analysis):

برای ارزیابی معنادار بودن انتخاب حشرات بین بازوی تیمار و بازوی شاهد، داده‌های حاصل از آزمایش‌های رفتاری بویایی‌سنج با استفاده از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته (Generalized Linear Models, GLM) و رویه GENMOD در نرم‌افزار SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) تحلیل شدند. متغیر پاسخ در این مدل‌ها، تعداد حشراتی بود که هر یک از دو بازوی بویایی‌سنج (تیمار یا شاهد) را انتخاب کردند. با فرض توزیع دوجمله‌ای برای این داده‌های شمارشی-نسبتی و استفاده از تابع پیوند لوجیت[3]، احتمال انتخاب بازوی تیمار توسط حشرات مدل‌سازی شد. در هر آزمایش، هر حشره به عنوان یک

[1]. Non-responsive
[2]. No choice
[3]. Logit Link Function

واحد تکرار مستقل (تعداد ۲۰ نر و ۲۰ ماده در هر تیمار) در نظر گرفته شد. به منظور بررسی اثر جنسیت بر پاسخ‌های رفتاری، تحلیل‌ها برای نرها و ماده‌ها به صورت جداگانه انجام شد.

۲) شاخص درصد دورکنندگی (Percentage Repellency Index):

برای کمی‌سازی شدت اثر دورکنندگی یا جلب‌کنندگی هر ترکیب، از فرمول PR = [(C-T) / (C+T)] × 100 شاخص درصد دورکنندگی محاسبه شد که در این فرمول PR درصد دورکنندگی، C تعداد حشرات پاسخ‌داده به گزینه مغز درخت خرما به‌تنهایی و T تعداد حشرات پاسخ‌داده به گزینه مغز درخت خرما در حضور ترکیب گیاهی هستند. بر اساس این فرمول، مقادیر مثبت PR نشان‌دهنده اثر دورکنندگی[1] و مقادیر منفی نشان‌دهنده اثر جلب‌کنندگی یا هم‌افزایی[2] است. مقدار صفر نیز بیانگر عدم تمایل حشره به هر یک از دو گزینه می‌باشد (Sharaby & Al-Dosary, 2014).

نتایج

بررسی رفتار حشرات کامل در بویایی‌سنج خالی و بدون هیچ ماده

برای ارزیابی عدم وجود سوگیری مکانی[3] در دستگاه، یک آزمایش کنترل با دو انتخاب خالی (هوای پاک در مقابل هوای پاک) انجام شد. تحلیل آماری نشان داد که انتخاب حشرات بین دو بازو هیچ تفاوت معناداری نداشت و توزیع آن‌ها تصادفی بود (نرها: χ^2=0.37; df=1; P=0.5447 و ماده‌ها: χ^2=0; df=1; P=1). این نتایج تأیید می‌کند که دستگاه فاقد هرگونه سوگیری ذاتی بوده و انتخاب‌های مشاهده‌شده در آزمایش‌های بعدی، فقط ناشی از پاسخ حشرات به محرک‌های بویایی ارائه‌شده است.

بررسی رفتار حشرات کامل به بوی گیاه میزبان

به منظور اعتبارسنجی سیستم بویایی‌سنج و تأیید توانایی حشرات در جهت‌یابی به سمت بوی میزبان، یک آزمایش شاهد انجام شد که در آن، حشرات بین بازوی حاوی بافت تنه نخل خرما و یک بازوی خالی (شاهد) حق انتخاب داشتند. نتایج (جدول ۴) نشان داد که حشرات نر و ماده تمایل بسیار شدیدی به سمت بوی میزبان از خود نشان دادند. تحلیل آماری تأیید کرد که انتخاب بازوی حاوی بافت نخل به طور معناداری بیشتر از بازوی خالی بود (نرها: χ^2=11.87; df=1; P<0.001؛ ماده‌ها: χ^2=19.91; df=1; P<0.001) این نتایج ثابت می‌کند که سوسک سرخرطومی حنایی در شرایط آزمایشگاهی ما، به طور مؤثری از ترکیبات آلی فرار برای مکان‌یابی میزبان خود استفاده می‌کند و سیستم بویایی‌سنج به درستی کار می‌کند.

جدول ۴- تعداد پاسخ حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* به مغز درخت خرما در بویایی‌سنج بعد از ۳۰ دقیقه

Table 4. The number of adult *Rhynchophorus ferrugineus* responses to date core in olfactometer after 30 minutes

Sex	Number of mover rpws*	Number of mover rpws			
		No choice	Choice		
			Total	Date core	Empty
Male	18	4	14	12***	2
Female	17	1	16	13***	3
Total	35	5	30	25***	5

Difference from the control (GENMOD Procedure Test) indicated by *** $P \leq 0.001$. Rpws* = red palm weevils.

[1]. Repellency
[2]. Attraction/Synergism
[3]. Positional Bias

الف- بررسی رفتار حشرات به ترکیبات مختلف بدون حضور بوی گیاه میزبان

به منظور بررسی خاصیت جلب‌کنندگی ترکیبات مورد آزمایش به‌تنهایی برای سوسک سرخرطومی حنایی آزمایش‌های انتخابی انجام شد. در این آزمایش‌ها، حشرات بین بازوی حاوی ترکیب مورد نظر و یک بازوی شاهد (حاوی هوای پاک) حق انتخاب داشتند. نتایج تحلیل PROC GENMOD نشان داد که در هیچ‌یک از تیمارها و مقادیر آزمایش‌شده، حشرات تمایل معناداری به سمت بازوی حاوی ترکیب در مقایسه با بازوی شاهد نشان ندادند ($P>0.05$ برای تمام موارد)(جدول ۵). این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که هیچ‌یک از ترکیبات به‌تنهایی به عنوان یک جلب‌کننده برای این آفت عمل نمی‌کنند و اثرات مشاهده‌شده در آزمایش‌های بعدی (که در حضور بوی میزبان انجام شد) مربوط به خاصیت دورکنندگی یا بازدارندگی آن‌ها است. هرچند برای اوژنول در مقدار بالا یک تمایل مرزی (غیرمعنادار) به سمت گزینه اوژنول مشاهده شد که می‌تواند نشان‌دهنده یک اثر جلب‌کنندگی ضعیف باشد.

ب- بررسی رفتار حشرات به بوی گیاه میزبان در حضور ترکیبات مختلف (اثر پوشانندگی بوی گیاه میزبان در حالت اجباری)

نتایج نشان داد که در مقایسه بین دو گزینه بویایی‌سنج (گزینه خالی بویایی‌سنج در مقابل گزینه بافت خرما+ ترکیب) بیشتر ترکیبات و عصاره‌های مورد آزمایش در دزهای پایین و بالا، تفاوت معنی‌داری برای حشرات نداشتند ($p>0.05$). با این حال، عصاره چریش در هر دو دز یک پاسخ رفتاری معنی‌دار در هر دو جنس نر و ماده ایجاد کرد. به طور مشابه، حشرات نر به طور معنی‌داری به دز پایین اوژنول (۵/۳۰ میلی‌گرم) واکنش نشان دادند؛ در حالی که حشرات ماده تنها به دز بالای اسانس آنغوزه (با مقدار ۹/۲۰ میلی‌گرم) پاسخ معنی‌داری بروز دادند. برای سایر تیمارها شامل تیمول، آلفا-پینن و عصاره اشورک در هیچ‌یک از دزها و جنسیت‌ها، ترجیح معنی‌داری نسبت به گزینه خالی مشاهده نشد (جدول ۶).

ج - بررسی اثر دورکنندگی ترکیبات مختلف در حالت اختیاری

در آزمون ترجیح رفتاری حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما ، انتخاب حشرات بین بازوی حاوی بوی ترکیبات گیاهی (به‌علاوه بستر بافت خرما) و بازوی شاهد (بستر بافت خرما به‌تنهایی) را می‌سنجد. نتایج نشان داد که چندین ترکیب اثر دورکنندگی معنی‌داری از خود نشان دادند (جدول ۷). اسانس آنغوزه قوی‌ترین اثر دورکنندگی را داشت و در هر دو دز پایین (۴/۶۰ میلی‌گرم) و بالا (۹/۲۰ میلی‌گرم) برای هر دو جنس نر و ماده به طور بسیار معنی‌داری دافعه ایجاد کرد ($P<0.01$). آلفا-پینن در دز پایین (۴/۲۹ میلی‌گرم) برای نرها و در دز بالا (۸/۵۸ میلی‌گرم) برای هر دو جنس نر و ماده، دورکننده بود. تیمول الگوی مشابهی با آلفا-پینن داشت و در دز پایین (۵ میلی‌گرم) برای نرها و در دز بالا (۱۰ میلی‌گرم) برای هر دو جنس، خاصیت دورکنندگی معنی‌داری نشان داد. اوژنول و عصاره چریش اثرات محدودتری داشتند. اوژنول تنها در دز پایین (۵/۳۰ میلی‌گرم) برای ماده‌ها و عصاره چریش تنها در دز بالا (۱۰ میلی‌گرم) برای ماده‌ها دورکننده بود. عصاره اشورک در هیچ‌یک از دزها و جنسیت‌ها، پاسخ رفتاری معنی‌داری را در حشرات ایجاد نکرد ($P<0.05$).

درصد پاسخ رفتاری حشرات (دورکنندگی یا جاذبه) برای هر تیمار در جدول ۸ محاسبه و ارائه شده است. در این محاسبه‌ها، مقادیر مثبت نمایانگر دورکنندگی و مقادیر منفی نمایانگر جاذبه است. نتایج نشان داد که اسانس آنغوزه با اختلاف زیاد، قوی‌ترین ترکیب دورکننده بود. این اسانس در دز پایین (۴/۶۰ میلی‌گرم) دورکنندگی کلی ۹۲٪ و در دز بالا (۹/۲۰ میلی‌گرم) دورکنندگی کامل (۱۰۰٪) را برای هر دو جنس نر و ماده به ثبت رساند. تیمول نیز با دورکنندگی ۸۳٪ در دز پایین (که برای نرها به ۱۰۰٪ می‌رسید) و دورکنندگی ۱۰۰٪ برای ماده‌ها در دز بالا، در رتبه دوم قرار گرفت. ترکیبات آلفا-پینن، عصاره چریش و عصاره اشورک اثرات دورکنندگی ضعیف تا متوسطی (بین ۱۵٪ تا ۶۷٪) از خود نشان دادند. نکته قابل توجه این بود که اوژنول تنها ترکیبی بود که در دز پایین (۵/۳۰ میلی‌گرم) خاصیت جاذبه (۲۱٪-) از خود نشان داد که این اثر به‌طور عمده مربوط به حشرات ماده (۶۰٪-) بود.

بحث

رفتار بویایی حشرات گیاه‌خوار توسط برهم‌کنش پیچیده‌ای از سیگنال‌های شیمیایی جاذب و دافع کنترل می‌شود. تصمیم نهایی حشره برای پذیرش یا رد یک منبع، نه بر اساس سیگنال‌های منفرد، بلکه بر پایه پردازش یکپارچه کایرومون‌های میزبان در کنار آلومون‌های گیاهان غیرمیزبان شکل می‌گیرد. از این رو، رمزگشایی از چگونگی تعدیل جاذبه قدرتمند کایرومون میزبان (بافت تنه نخل) توسط ترکیبات فرار غیرمیزبان، سنگ بنای توسعه استراتژی‌های کنترلی مبتنی بر دستکاری رفتار برای سرخرطومی حنایی خرما محسوب می‌شود. نتایج آزمون اجباری، که در آن توانایی ترکیبات در بازداشتن حشرات از انتخاب منبع بوی میزبان سنجیده شد، به وضوح نشان داد که اسانس آنغوزه و تیمول قوی‌ترین اثرات بازدارندگی را دارند. این ترکیبات جذابیت کایرومون میزبان را به‌طور کامل خنثی کردند، به طوری که انتخاب حشرات تفاوتی با یک محفظه خالی نداشت. این اثر می‌تواند ناشی از پوشانندگی[1] سیگنال میزبان یا ایجاد یک دافعه فیزیولوژیک باشد. در مقابل، آلفا-پینن و عصاره اشورک نیز توانایی خود را در "پنهان‌سازی" سیگنال جاذب هرچند با قدرتی کمتر نشان دادند. آزمون انتخاب اختیاری که در آن رقابت مستقیم بین بوی میزبانِ تنها و بوی میزبان همراه با ترکیبات گیاهی سنجیده شد، تفاسیر ما را عمیق‌تر کرد و دورکنندگی حقیقی[2] را آشکار ساخت.

جدول ۵- تعداد پاسخ‌های حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما به اجزای گیاهان غیرمیزبان در بویایی‌سنج پس از ۳۰ دقیقه

Table 5. The number of adult *Rhynchophorus ferrugineus* responses to non-host plant components in olfactometer after 30 minutes

Non-host plant components	Dose (mg)	Sex	Number of mover rpws*	Number of mover rpws				χ^2	df	*P*
				No choice	Total	Choice				
						Non-host plant components	Empty			
Alpha-Pinene	4.29	Male	20	13	7	3	4 $^{n.s.}$	0.17	1	0.6769
		Female	18	14	4	2	2 $^{n.s.}$	0	1	1
	8.58	Male	20	19	1	0	1 $^{n.s.}$	1.41	1	0.2347
		Female	18	16	2	1	1 $^{n.s.}$	0	1	1
Eugenol	5.30	Male	20	20	0	0	0 $^{n.s.}$	0	1	1
		Female	18	16	2	1	1 $^{n.s.}$	0	1	1
	10.60	Male	20	9	11	8	3 $^{n.s.}$	3.22	1	0.0725
		Female	17	11	6	5	1 $^{n.s.}$	3.48	1	0.0619
Thymol	5	Male	19	15	4	2	2 $^{n.s.}$	0	1	1
		Female	17	13	4	2	2 $^{n.s.}$	0	1	1
	10	Male	20	18	2	1	1 $^{n.s.}$	0	1	1
		Female	17	15	2	1	1 $^{n.s.}$	0	1	1
Azadirachta indica	5	Male	17	14	3	1	2 $^{n.s.}$	0.37	1	0.5419
		Female	19	17	2	0	2 $^{n.s.}$	2.88	1	0.0895
	10	Male	18	14	4	1	3 $^{n.s.}$	1.17	1	0.2791
		Female	16	16	0	0	0 $^{n.s.}$	0	1	1
Ferula assa-foetida	4.60	Male	17	15	2	0	2 $^{n.s.}$	2.92	1	0.0877
		Female	15	13	2	0	2 $^{n.s.}$	2.92	1	0.0877
	9.20	Male	20	20	0	0	0 $^{n.s.}$	0	1	1
		Female	17	15	2	0	2 $^{n.s.}$	2.90	1	0.0877
Rhazya stricta	5	Male	17	17	0	0	0 $^{n.s.}$	0	1	1
		Female	19	18	1	1	0 $^{n.s.}$	2.88	1	0.0895
	10	Male	20	17	3	1	2 $^{n.s.}$	1.17	1	0.2791
		Female	18	17	1	0	1 $^{n.s.}$	0	1	1

Difference from the control (GENMOD Procedure test) indicated by: ns = not significant, * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$. Rpws* = red palm weevil.

[1]. Masking
[2]. True repellency

جدول ۶- تعداد پاسخ‌های حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما به اجزای گیاهان غیرمیزبان به‌علاوه مغز درخت خرما در بویایی‌سنج پس از ۳۰ دقیقه

Table 6. The number of adult *Rhynchophorus ferrugineus* responses to non-host plant components plus date palm core in olfactometer after 30 minutes

No-host plant components	Dose (mg)	Sex	Number of mover rpws*	Number of mover rpws				χ^2	df	*P*
				No choice	Choice					
					Total	No-host plant components+ date core	Empty			
Alpha-Pinene	4.29	Male	20	15**	5	4 n.s.	1	2.18	1	0.1394
		Female	19	15***	4	3 n.s.	1	1.16	1	0.2806
	8.58	Male	19	14**	5	3 n.s.	2	0.23	1	0.6303
		Female	20	16***	4	2 n.s.	2	0	1	1
Eugenol	5.30	Male	20	8 n.s.	12	11***	1	13.40	1	<0.001
		Female	19	5**	14	9 n.s.	5	1.13	1	0.1763
	10.60	Male	20	8 n.s.	12	7 n.s.	5	0.48	1	0.4894
		Female	19	15***	4	2 n.s.	2	0	1	1
Thymol	5	Male	19	14**	5	4 n.s.	1	2.20	1	0.1380
		Female	17	15***	2	1 n.s.	1	0.00	1	1
	10	Male	19	19***	0	0 n.s.	0	0	1	1
		Female	17	14***	3	2 n.s.	1	0	1	1
Azadirachta indica	5	Male	18	6*	12	10**	2	8.54	1	<0.01
		Female	18	8 n.s.	10	8*	2	5.25	1	<0.05
	10	Male	20	8 n.s.	12	10***	2	17.26	1	<0.001
		Female	20	9 n.s.	11	11***	0	19.53	1	<0.001
Ferula assa-foetida	4.60	Male	17	16***	1	0 n.s.	1	1.420	1	0.2340
		Female	18	16***	2	0 n.s.	2	2.89	1	0.0891
	9.20	Male	17	15***	2	0 n.s.	2	2.90	1	0.0887
		Female	19	16***	3	0*	3	4.42	1	<0.05
Rhazya stricta	5	Male	18	10 n.s.	8	6 n.s.	2	2.67	1	0.1025
		Female	19	12 n.s.	7	5 n.s.	2	1.62	1	0.2033
	10	Male	20	15**	5	4 n.s.	1	2.18	1	0.13940
		Female	18	13**	5	4 n.s.	1	2.22	1	0.1364

Difference from the control (GENMOD Procedure test) indicated by: ns = not significant, * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$. Rpws* = red palm weevil.

جدول ۷- مقایسه تعداد پاسخ‌های حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما به اجزای گیاهان غیرمیزبان به‌علاوه مغز درخت خرما با مغز درخت خرما به‌تنهایی در بویایی‌سنج پس از ۳۰ دقیقه

Table 7. Comparison of the number of responses of adult *Rhynchophorus ferrugineus* to non-host plant components plus date palm core versus date palm core alone in olfactometer after 30 minutes

Non-host plant components	Dose (mg)	Sex	Number of mover rpws*	Number of mover rpws				χ^2	df	*P*
				Choice						
				No choice	Total	No-host plant components+ date core	Date core			
Alpha-pinene	4.29	Male	20	7 n.s.	13	3*	10	5.81	1	<0.05
		Female	18	7 n.s.	11	3 n.s.	8	3.37	1	0.066
	8.58	Male	19	8 n.s.	11	2**	9	6.65	1	<0.01
		Female	20	13 n.s.	7	1*	6	4.72	1	<0.05
Eugenol	5.30	Male	19	1***	18	8 n.s.	10	0.42	1	0.5154
		Female	19	4***	15	12**	3	9.40	1	<0.01
	10.60	Male	19	8 n.s.	11	7 n.s.	4	1.16	1	0.2809
		Female	20	8 n.s.	12	5 n.s.	7	0.48	1	0.4894
Thymol	5	Male	19	6*	13	0*	13	25.13	1	<0.05
		Female	16	9 n.s.	7	2 n.s.	5	1.69	1	0.1937
	10	Male	20	13 n.s.	7	1*	6	4.72	1	<0.05
		Female	17	12*	5	0**	5	7.80	1	<0.01
Azadirachta indica	5	Male	19	7 n.s.	12	5 n.s.	7	0.49	1	0.4844
		Female	18	6*	12	5 n.s.	7	0.50	1	0.4787
	10	Male	17	6 n.s.	11	3 n.s.	8	3.45	1	0.0631
		Female	18	6*	12	3*	9	4.66	1	<0.05
Ferula assa-foetida	4.60	Male	19	5**	14	0***	14	28.12	1	<0.001
		Female	18	8 n.s.	10	1**	9	9.86	1	<0.01
	9.20	Male	19	6*	13	0***	13	25.13	1	<0.001
		Female	20	11 n.s.	9	0***	9	15.13	1	<0.001
Rhazya stricta	5	Male	17	5*	12	5 n.s.	7	0.52	1	0.4731
		Female	18	4***	14	6 n.s.	8	0.47	1	0.4936
	10	Male	16	5*	11	4 n.s.	7	1.26	1	0.2619
		Female	19	7 n.s.	12	5 n.s.	7	0.49	1	0.4842

Difference from the control (GENMOD Procedure test) indicated by: ns = not significant, * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$. Rpws* = red palm weevil.

جدول ۸- درصد دورکنندگی ترکیبات مختلف برای حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما

Table 8. Percentage of repellency of different compounds for adult *Rhynchophorus ferrugineus*

Non-host plant components	**Dose (mg)**	**Percentage repellency**		
		Male	**Female**	**Total**
Alpha-pinene	4.29	53	45	50
	8.58	64	71	67
Eugenol	5.30	11	-60	-21
	10.60	-27	16	-4
Thymol	5	100	43	83
	10	71	100	50
Azadirachta indica	5	17	17	17
	10	45	50	47
Ferula assa-foetida	4.60	100	80	92
	9.20	100	100	100
Rhazya stricta	5	17	14	15
	10	27	17	21

در این شرایط رقابتی، اسانس آنغوزه و تیمول مجدداً به عنوان قوی‌ترین ترکیبات ظاهر شدند و حشرات به طور فعال از بازوی حاوی این مواد دوری کردند. اثر دورکنندگی پایدار آنغوزه که در این پژوهش برای اولین بار برای سرخرطومی حنایی خرما گزارش می‌شود، به احتمال زیاد به ترکیبات آلی گوگردی فراوان در این گیاه بازمی‌گردد که به عنوان بازدارنده‌های قوی برای حشرات شناخته شده‌اند (Khalilipour Roknabady *et al*., 2014). نتایج ما در خصوص اثر دافع تیمول و آلفا-پینن نیز با گزارش‌های پیشین همخوانی دارد (Oehlschlager & Gonzalez, 2001; Sharaby & Al-Dosary, 2014; Guarino *et al*., 2015; Dehvari *et a*l., 2019). نکته برجسته و متناقض این تحقیق، رفتار دوگانه اوژنول بود. در حالی که این ترکیب در آزمون اجباری اثر بازدارندگی ضعیفی داشت، در آزمون اختیاری و در مقدار پایین، به یک جاذب هم‌افزا[1] برای حشرات ماده تبدیل شد و جذابیت بوی میزبان را به طور معناداری افزایش داد. این پدیده، اهمیت پارادایم گشتالت بویایی[2] را نمایان می‌سازد. طبق این پارادایم، سیستم عصبی، یک ترکیب پیچیده را نه به صورت مجموعه‌ای از اجزای آن، بلکه به عنوان یک واحد ادراکی کل‌نگر و منحصر به فرد پردازش می‌کند (Deisig *et al*., 2006; Riffell *et al*., 2009). رفتار متضاد مشاهده‌شده برای اوژنول (جاذب هم‌افزا) در مقابل تیمول (دافع) در تحقیق ما، شاهدی بر این مدعا است. این نشان می‌دهد که هویت و تأثیر یک سیگنال شیمیایی منفرد، به‌شدت تحت تأثیر غلظت و زمینه بویایی (حضور یا عدم حضور بوی میزبان) تعیین می‌شود. یکی دیگر از یافته‌های قابل توجه این پژوهش، مشاهده تفاوت‌های جنسیتی در پاسخ به برخی ترکیبات بود. نتایج نشان داد که یک الگوی ثابت برای حساسیت جنسیتی وجود ندارد و این پاسخ‌ها به شدت به برهم‌کنش خاص بین جنسیت حشره و ترکیب شیمیایی وابسته است، که این خود یک یافته جالب بوده و به پیچیدگی سیستم بویایی حشرات اشاره دارد. مقایسه نتایج دو الگوی آزمایشی نیز یک پیامد رفتاری مهم برای استراتژی‌های مدیریتی دارد. در آزمون اجباری، حشرات به طور کامل از منبع دارای دافع اجتناب کردند. اما در آزمون اختیاری، در حضور یک منبع جاذب خالص و رقیب، خطای تصمیم‌گیری در حشرات افزایش یافت. این یافته یک پیام کلیدی برای استراتژی کشیدن-راندن[3] دارد: برای کارایی حداکثری بخش «راندن[4]»، پاکسازی ناحیه محافظت‌شده از جاذب‌های رقیب (مانند بقایای گیاهی میزبان یا تله‌های فرومونی قدیمی) ضروری است تا از بروز تصمیم‌گیری نادرست در آفت و کاهش کارایی عامل دافع جلوگیری شود. در جمع‌بندی، این پژوهش اسانس آنغوزه و تیمول را به عنوان کاندیداهای برتر برای توسعه ابزارهای کنترل رفتاری علیه سرخرطومی حنایی خرما معرفی می‌کند. با این حال، تعمیم این یافته‌های آزمایشگاهی به کاربرد عملی در نخلستان با محدودیت‌هایی مواجه است. شرایط کنترل‌شده آزمایشگاه تفاوت چشمگیری با اکوسیستم پیچیده مزرعه (با حضور باد، نوسان‌های دما و بوهای رقیب) دارد و آزمون‌های کوتاه‌مدت حاضر، پدیده‌هایی مانند عادت‌پذیری حشره به دافع‌ها را ارزیابی نمی‌کنند. موفقیت در کاربرد میدانی، در گرو پژوهش‌های آتی در زمینه فرمولاسیون‌های پایدار با رهایش کنترل‌شده خواهد بود تا بتوان بر ناپایداری ذاتی این ترکیبات فرار در شرایط محیطی غلبه کرد. بنابراین، بررسی‌های آتی باید بر ارزیابی میدانی این ترکیب‌ها، تعیین مقدار بهینه و توسعه فرمولاسیون‌های کاربردی برای دستیابی به یک راهکار مدیریتی مؤثر و پایدار متمرکز شوند.

References

Avand-Faghih, A. (1996). The biology of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera, Curculionidae) in Saravan region (Sistan & Balouchistan province, Iran). *Applied Entomology and Phytopathology*, *63*(1/2), 61-86. (in Farsi)

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**

[1]. Synergist
[2]. Olfactory Gestalt
[3]. Push-Pull
[4]. Push

Deisig, N., Giurfa, M., Lachnit, H., & Sandoz, J. C. (2006). Neural representation of olfactory mixtures in the honeybee antennal lobe. *European Journal of Neuroscience*, *24*(4), 1161–1174. **DOI: https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2006.04959.x**

Faleiro, J. R., Ferry, M., Yaseen, T., & Al-Dobai, S. (2019). Overview of the gaps, challenges and prospects of red palm weevil management. *Arab Journal of Plant Protection*, *37*(2), 170-177. **DOI: https://doi.org/10.22268/ajpp-037.2.170177**

Guarino, S., Colazza, S., Peri, E., Bue, P. L., Germanà, M. P., Kuznetsova, T., & Soroker, V. (2015). Behaviour-modifying compounds for management of the red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Oliver). *Pest Management Science*, *71*(12), 1605-1610. **DOI: https://doi.org/10.1002/ps.3966**

Harith-Fadzilah, N., Haris-Hussain, M., Abd Ghani, I., Zakaria, A., Amit, S., Zainal, Z., & Hassan, M. (2020). Physical and physiological monitoring on red palm weevil-infested oil palms. *Insects*, *11*(7), 407. **DOI: https://doi.org/10.3390/insects11070407**

Jactel, H., Van Halder, I., Zhang, Q. H. & Schlyter, F. (2001). Non-host volatiles disrupt the response of the stenographer bark beetle, *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Scolytidae), to pheromone-baited traps and maritime pine logs. *Integrated Pest Managment Review 6* (3-4), 197–207.

Khalilipour Roknabady, M., Samih, M. A., Jafari Nodoshen, A., & Ziaii Meadboni, M. A. (2014). The Effect of gum extract and natural sex pheromone traps of carob moth *Ectomyelois Ceratoniae* Zeller (Lep. Pyralidae) on pest damage and its eggs parasitism by *Trichogramma Brassicae* Bezdenko. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 23,* 67-83. (In Farsi)

Levi-Zada, A., Steiner, S., Ben-Aziz, O., Protasov, A., & Soroker, V. (2024). Sequential Isolation of Essential Oils Repellent to the Red Palm Weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Chemical Ecology*, *50*, 30–41**. DOI: https://doi.org/10.1007/s10886-023-01451-0**

Oehlschlager, A. C., & Gonzalez, L. (2001). Advances in trapping and repellency of palm weevils. Proceedings of the Second International Conference on Date Palms, Al Ain, United Arab Emirates, March 25–27, 2001, pp. 358-365. https://iraqi-datepalms.net/al-mrkz-alalamy/almotamarat/second-international-conference-on-date-palms-march-25-27-2001

Riffell, J. A., Lei, H., Abrell, L., & Hildebrand, J. G. (2009). Neural basis of a pollinator's buffet: Olfactory specialization and learning in the sphinx moth *Manduca sexta*. *The Journal of Experimental Biology*, *212*(3), 373–385. **DOI: https://doi.org/10.1126/science.1225843**

Rochat, D., Dembilio, O., Jaques, J. A., Suma, P., Pergola, A. L., Hamidi, R., Kontodimas, D. & Soroker, V. (2017). *Rhynchophorus ferrugineus*: Taxonomy, distribution, biology, and life cycle. In V. Soroker & Colazza, S. (Eds.), Handbook of major palm pests: Biology and management. Wiley-Blackwell Publishing Company, pp. 69-104.

Rochat, D., Gonzalez, A. V., Mariau, D., Villanueva, A. G., & Zagatti, P. (1991). Evidence for male-produced aggregation pheromone in American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Chemical Ecology*, *17*(6), 1221-1230.

Sharaby, A., & Al-Dosary, M. (2014). An electric air flow olfactometer and the olfactory response of *Rhynchophorous ferrugineus* weevil to some volatile compounds. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 1(1): 40-50. **DOI: https://doi.org/10.9734/jaeri/2014/11854**

Tay, K. Y., Asari, A., Salleh, S. A., & Azmi, W. A. (2021). Eugenol and thymol derivatives as antifeedant agents against red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae) larvae. *Insects*, *12*(6), 556. **DOI: https://doi.org/10.3390/insects12060556**

Plant Pest Research

Research paper 2025- 15 (3): 31-44	https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31306.1650	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

Evaluation of repellent effect of several non-host plant compounds on red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* under laboratory conditions

M. A. Dehvari[1], A. Avand-Faghih[2*], A. Ahadiyat[3] and A. H. Gharalari[4]

1 & 3. Department of Plant Protection, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, 2 & 4. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

✉ az.dehvar@gmail.com
✉ armanfaghih@yahoo.fr
✉ ali.ahadiyat@hotmail.com
✉ ahosseinig@gmail.com

https://orcid.org/0009-0000-5179-9260
https://orcid.org/0000-0002-4743-8830
https://orcid.org/0000-0003-1812-5453
https://orcid.org/0000-0002-1656-2628

Received: 30 July 2025 | *Accepted:* 8 November 2025 |

Abstract

The red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) is the most destructive pest of the date palm (*Phoenix dactylifera* L., Arecaceae) worldwide. This study evaluated the behavioral responses of adult weevils to leaf extracts from three non-host plants *Rhazya stricta* Decne. (Apocynaceae), *Ferula assa-foetida* L. (Apiaceae), and *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) and to three pure compounds: α-pinene, eugenol, and thymol. Bioassays were performed in a two-choice pitfall static olfactometer under two experimental designs: a no-choice (compulsory) test, comparing an empty jar with a date palm core-baited jar plus the tested substance, and a two-choice (optional) test, comparing host-baited jar with the same host-baited jar plus the tested substance. In the no-choice test, *F. assa-foetida* extract and thymol produced the strongest deterrent (non-preference) effects. In the two-choice test, where odors competed against the host scent, *F. assa-foetida* again demonstrated the strongest repellent effect, significantly decreasing the selection of the jar baited with the host. Interestingly, at lower dose, eugenol functioned as a synergist for host odor in females. Based on the combined results of both bioassays, *F. assa-foetida* essential oil and thymol are identified as strong candidates for disrupting host-finding behavior in this pest, and they are suggested for inclusion integrated pest management (IPM) programs.

Key words: Date palm, *Ferula assa-foetida*, Plant volatiles, repellant, Thymol

Citation: Dehvari, M. A., Avand-Faghih A., Ahadiyat, A. & Gharalari, A. H. (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. **DOI: https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31306.1650**

*Corresponding author: armanfaghih@yahoo.fr

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan
This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)