

اثر ترکیبات چند گیاه غیرمیزبان بر رفتار تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae)

محمدعظیم دهواری^۱، آرمان آوندفقیه^{۲*}، علی احدیت^۱ و علی حسینی قرالی^۲

۱- گروه گیاهپزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران و ۲- مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: armanfaghih@yahoo.fr

چکیده

سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) مهمترین آفت نخایلات است. در این تحقیق اثر بازدارندگی مواد استخراج شده از برگ‌های سه گیاه غیرمیزبان سرخرطومی حنایی خرما شامل اشورک (*Rhazya Eshvarak*)، *stricta* Decne. (Apocynaceae)، آنگوزه، *Ferula assa-foetida* L. (Apiaceae) و چریش، *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) و همچنین اثر سه ترکیب گیاهی آلفا-پینن، اوژنول و تیمول به روش انتخابی و با سه دز یک، ۵ و ۱۰ درصد روی تخم‌ریزی آفت ارزیابی شد. برای این منظور در هر انتخاب به تفکیک، تعداد تخم‌های گذاشته شده در مدت ۳ روز بر روی مغز درخت خرما (شاهد) با بستر تخم‌ریزی آغشته به تیمار مقایسه شد. اثر تیمارهای مختلف با یکدیگر با استفاده از شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تعداد تخم‌ها روی بسترهای تخم‌ریزی تیمار شده، به استثناء دز یک درصد عصاره‌های گیاه چریش و دز یک درصد اوژنول، به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. کمترین تخم‌ریزی پس از استفاده از دز ۱۰ درصد تیمول (۱/۵±۰/۵۴) و دز ۱۰ درصد عصاره برگ اشورک (۱/۶±۰/۶۶) مشاهده شد. از نظر شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی، ترکیب مستخرجه از گیاهان غیرمیزبان و ترکیبات فرار گیاهی تفاوت معنی‌داری داشتند. آنگوزه با ۳۳±۶ درصد کمترین شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی را داشت که به طور معنی‌دار کمتر از شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی در تیمول و اشورک بود. بیشترین شاخص‌های بازدارندگی تخم‌ریزی مربوط به دز ۱۰ درصد تیمول (۸۵/۶۳±۴/۷۵ درصد) و دز ۱۰ درصد اشورک (۸۳/۳۲±۷/۷۰ درصد) بود که تفاوت معنی‌داری نداشتند. می‌توان از تیمول برای پوشاندن زخم‌های روی تنه درختان خرما برای جلوگیری از تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما و در نتیجه کاهش آلودگی‌های جدید توسط آفت استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فرار گیاهی، بازدارنده تخم‌ریزی، اشورک، تیمول، درخت خرما

Effects of some non-host plant components on oviposition behavior of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae)

Mohammad Azim Dehvari¹, Arman Avand-Faghih^{2*}, Ali Ahadiyat¹ & Ali Hosseini Gharalari²

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

*Corresponding author, E-mail: armanfaghih@yahoo.fr

Abstract

The red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) is the most destructive pest of palm trees. In this research, the anti-oviposition effect of the leaf extracts of 3 plant species, including *Rhazya stricta* Decne. (Apocynaceae), *Ferula assa-foetida* L. (Apiaceae) and *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae), together with three plant volatile compounds, including alpha-pinene, eugenol and thymol, were studied on red palm weevil in a choice test. Each leaf extract and volatile compounds were used in 3 doses (1, 5 and 10%). The number of eggs laid by red palm weevil on the treated tissues were compared to that on untreated date core (as control) during 3 days. Anti-oviposition index (AOI) was used to evaluate the effects of different treatments. The results indicated that the number of eggs on treated palm tissues were significantly lower compared with the untreated ones, except when the tissue was treated with 1% of eugenol or 1% of *A. indica*. The least number of eggs was observed on tissues treated with 10% of thymol (1.5 ± 0.54) and 10% of *R. stricta* (1.6 ± 0.66). Also significant differences were found among the AOIs of the tested deterrents. The least AOI was seen for *F. assa-foetida* (33 ± 6) significantly less than those of thymol and *R. stricta*. The most AOIs were for 10% of thymol ($85.63 \pm 4.75\%$) and 10% of *R. stricta* ($83.32 \pm 7.70\%$). These results suggest that thymol, can be used, as oviposition deterrence, for treating wounds produced on palm trunks, to prevent the new infestations by the red palm weevil.

Key words: Plant volatiles, anti-oviposition, *Rhazya stricta*, Thymol, Date palm

Received: 30 September 2018, Accepted: 5 January 2019.

مقدمه

سرخرطومی حنایی خرما، *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Col.: Dryophthoridae)، مهمترین آفت نخیلیات از جمله درختان خرما است که در چند دهه گذشته به سرعت در خاورمیانه، شمال آفریقا، کشورهای حوزه دریای مدیترانه و ایالات متحده آمریکا گسترش یافته است (Rochat et al., 2017). خسارت این آفت، برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۶۹ در نخلستان‌های شهرستان سراوان (استان سیستان و بلوچستان) گزارش شد (Avand-Faghih, 1996). ولی در سال‌های اخیر تا استان‌های کرمان، هرمزگان و فارس نیز گسترش یافته است. حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما به مواد فرار متصاعد شده از بافت مغز تنه نخیلیات جلب می‌شوند (Avand-Faghih, 1996). حشرات ماده تخم‌های خود را به صورت انفرادی در بافت‌های نرم و تازه تنه گیاه میزبان قرار می‌دهند. لاروها ضمن تغذیه از دستجات آوندی، جوانه مرکزی و غلاف‌های تازه و لیفی نشده، کانال‌هایی در جهت مختلف ایجاد می‌کنند. در اثر تغذیه لاروها از دستجات آوندی درختان حالت تشنگی از خود نشان داده که در نهایت می‌تواند موجب مرگ و یا شکسته شدن درخت شود (Avand-Faghih, 1998). در سال‌های اخیر بررسی‌های متعدد در زمینه روش‌های گوناگون کنترل خسارت این آفت به خصوص کنترل زراعی (El-Mergawy & Al-Ajlan, 2011) و کاربرد ترکیبات جلب‌کننده شامل فرومون تجمعی و مواد فرار گیاه میزبان (Dembilio & Jacas, 2013; Sarwar, 2016)، بیولوژیک (Lakwah et al., 2011; Sallam et al., 2012) و شیمیایی (El-Mergawy & Al-Ajlan, 2011) انجام شده است. اگر چه طیف گسترده‌ای از دشمنان طبیعی سرخرطومی حنایی خرما گزارش شده است، ولی به دلیل این که مراحل مختلف زندگی این آفت در داخل تنه درخت پنهان می‌باشند، هیچ یک از آنها در حال حاضر به کار گرفته نشده‌اند (El-Mergawy & Al-Ajlan, 2011). کنترل شیمیایی سرخرطومی حنایی خرما به منظور پیشگیری از وقوع آلودگی و با درمان درختان آلوده به روش‌های مختلف از جمله محلول‌پاشی، گازدهی یا تزریق حشره‌کش‌ها در تنه و یا خاک انجام می‌شود. این روش‌ها دارای محدودیت‌ها و معایب زیادی مانند استفاده مقادیر زیادی از سموم حشره‌کش، امکان عدم نفوذ سموم در کانال‌های ایجاد شده در تنه درخت به علت مسدود بودن آنها توسط فضولات و بقایای به جا مانده از تغذیه لاروها و همچنین آثار سوء زیست محیطی می‌باشند (Gunawardena & Gunatilake, 1993; Abraham et al., 1998; Hallett et al., 1999; Murphy & Briscoe, 1999). تله‌های فرومونی سرخرطومی حنایی خرما به دلیل این که حشرات جوان جفتگیری کرده و آماده تخم‌ریزی را شکار می‌کنند، نقش مهمی در شکار انبوه آفت و کاهش

جمعیت آن ایفا می‌نمایند (Faleiro *et al.*, 2003). با این حال نگرانی‌هایی در مورد احتمال گسترش و افزایش آلودگی به آفت در نخلستان‌هایی که تله‌های فرمونی نصب شده است، وجود دارد. در برخی موارد مشاهده شده که تعدادی از سوسک‌های جلب‌شده در داخل تله وارد نشده و در بیرون تله و یا روی درختی که تله به آن متصل است، فرود آمده و گاهی نیز در صورت مستعد بودن درخت منجر به آلودگی آن شده است (Mohammadpour *et al.*, 2008; Guarino *et al.*, 2013).

تخم‌ریزی مرحله مهمی از تولیدمثل و تعیین اندازه جمعیت حشرات است. بنابراین بازدارندگی از تخم‌ریزی حشرات آفت می‌تواند موجب کاهش جمعیت آنها و کمک به کنترل خسارت آنها شود (Li *et al.*, 2007). بازدارندگی مواد فرار گیاهان غیر میزبان روی تخم‌ریزی حشرات گیاه‌خوار به عنوان یک استراتژی برای ایجاد اختلال رفتاری در مدیریت تلفیقی آفات مطرح است. در این روش انتظار می‌رود که مواد فرار گیاهان غیرمیزبان با اختلال در جستجوگری حشرات کامل (Schmutterer, 1990; Gould, 1991; Foster & Harris, 1997) و یا اختلال در فیزیولوژی دستگاه تولیدمثل حشرات ماده (Papachristos & Stamopoulos, 2002) موجب کاهش در تخم‌ریزی شوند. در زمینه بازدارندگی ترکیبات فرار گیاهان غیر میزبان روی تخم‌ریزی حشرات گیاه‌خوار می‌توان به پژوهش‌های انجام شده روی گونه‌های *Acanthoscelides obtectus* Say (Papachristos & Stamopoulos, 2002)، *Callosobruchus maculatus* (F.) (Mobarakyan *et al.*, 2015) و *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Taghizadeh-Saroklaee, *et al.*, 1996) اشاره نمود.

آنگوزه، *Ferula assa-foetida* L. (Apiaceae)، اشورک، *Rhazya stricta* Decne. (Apocynaceae)، و چریش، *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) از گیاهان غیر میزبان سرخرطومی حنایی خرما و دارای اثرات کشندگی، دورکنندگی و ضدتغذیه‌ای روی حشرات می‌باشند (Elhag, 2000; Alqurashi & Bakhshwain, 2010; Goldansaz *et al.*, 2012; Madkour *et al.*, 2013; Heidari Alizadeh *et al.*, 2017). پراکنش اشورک و چریش در ایران محدود به جنوب کشور و پراکنش گیاه آنگوزه تقریباً در تمام مناطق کشور است (Ali *et al.*, 2017; Kaviani *et al.*, 2014; Heidari Alizadeh *et al.*, 2017). آلفا-پینن، تیمول و اوژنول از منوترپن‌های رایج گیاهی هستند. این ترکیبات گیاهی اثرات کشندگی، دورکنندگی و ضدتغذیه‌ای روی حشرات دارند (Hummelbrunner & Isman, 2001; Oehlschlager & Gonzalez, 2001; Wilson & Isman, 2006; Ribeiro *et al.*, 2015; Singh, 2017). منبع تیمول، گیاه *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) می‌باشد (Ebadollahi & Jalali, 2015). اوژنول نیز یک ترکیب فنولی و از اجزای عمده *Cinnamomum aromaticum* Nees (دارچین) (Sendi, 2015) و آلفا-پینن از ترکیبات رایج درختان کاج می‌باشد (Wilson & Isman, 2006). (2001).

با توجه به آن که اطلاعات کافی در خصوص تأثیر مواد فرار گیاهان غیرمیزبان بر تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما در کشور موجود نمی‌باشد، در این پژوهش اثر سه گیاه غیرمیزبان شامل اشورک، آنگوزه و چریش (دارای پراکنش گسترده) و نیز سه ترکیب گیاهی آلفا-پینن، اوژنول و تیمول روی تخم‌ریزی این حشره آفت بررسی شد. نتایج این پژوهش می‌تواند در جلوگیری از ایجاد آلودگی‌های جدید توسط سرخرطومی حنایی خرما در کنار سایر روش‌های کنترل آفت در برنامه مدیریت تلفیقی استفاده شود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گیاهان مورد مطالعه

گیاهان آنغوزه و اشورک از رویشگاه طبیعی آن در شهرستان سراوان (استان سیستان و بلوچستان) به ترتیب در بهار و تابستان ۱۳۹۵، جمع‌آوری شدند. گیاه چریش در تیرماه ۱۳۹۵، از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان (ایران‌شهر) جمع‌آوری شد. گیاهان جمع‌آوری شده بلافاصله در سایه و در دمای اتاق خشک و سپس در بسته‌های پلاستیکی بسته‌بندی گردیدند و تا زمان استخراج عصاره یا اسانس در یخچال (دمای حدود ۴ درجه سلسیوس) نگهداری شدند.

تهیه اسانس و عصاره‌های گیاهان مورد مطالعه

عملیات اسانس‌گیری (برای آنغوزه) و یا عصاره‌گیری (برای اشورک و چریش) در شهریورماه ۱۳۹۵ در آزمایشگاه حشره‌شناسی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران انجام شد. به علت عدم وجود اسانس برای اشورک و چریش از روش عصاره‌گیری برای این گیاهان استفاده شد.

اسانس‌گیری آنغوزه به روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر (Clevenger) با دو بالون صورت‌گرفت. برای استخراج اسانس، ابتدا برگ‌های خشک شده گیاه آنغوزه با آسیاب برقی کاملاً پودر شدند. مقدار ۱۰۰ گرم از برگ پودر شده در هر بالون ریخته و ۱۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. پس از جوش آمدن کلونجر، عملیات استخراج اسانس به مدت سه ساعت انجام شد. اسانس برگ آنغوزه از دستگاه کلونجر خارج و 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 ($\geq 99.5\%$ Merck) و برای برگ‌های چریش از حلال اتر نفت (شرکت مجتمع شیمیایی دکتر مجللی، (Petroleum ether (40-60), Grade: Laboratory) استفاده شد. نمونه‌های گیاهی کاملاً خشک شده از برگ‌های این دو گیاه با استفاده از آسیاب برقی پودر شده و ۲۵۰ گرم از پودر به ظروف شیشه‌ای درب دار 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 (HERMLE, Z 33) با ۴۵۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت تا عصاره گیاهی کاملاً از تفاله آن جدا شود. عصاره‌های جمع‌آوری شده از کاغذ صافی (MUNKTELL filter Discs, Grade: 392, Dia: 125mm) عبور داده و عصاره‌های رقیق به دست آمده به وسیله دستگاه تقطیر در خلأ در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تغلیظ و تا زمان انجام بررسی‌ها در ظروف شیشه‌ای تیره در یخچال (چهار درجه سلسیوس) نگهداری شدند.

برای انجام آزمایش‌ها از محلول‌های یک، پنج و ده درصد اسانس برگ آنغوزه در حلال استون (\geq Merck, 99.00%) استفاده شد. برای تهیه محلول‌های یک، پنج و ده درصد عصاره‌های برگ‌های گیاه اشورک و چریش به ترتیب از حلال‌های متانول و اترنفت (حلال‌های مورد استفاده در روند عصاره‌گیری) استفاده شد.

ترکیبات گیاهی مصنوعی

سه ترکیب گیاهی مصنوعی که اثر دورکنندگی و ضد تخم‌گذاری آنها در منابع مختلف و روی حشرات دیگر گزارش شده است، شامل آلفا-پینن ($\geq 97.0\%$ Merck)، اوژنول ($>99\%$ Merck) و تیمول ($\geq 98.5\%$ Sigma)

برای بررسی اثر آنها روی تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما انتخاب شدند. برای انجام آزمایش‌ها از محلول‌های یک، پنج و ده درصد این ترکیبات در حلال استون ($\geq 99.00\%$ Merck) استفاده شد.

حشرات مورد استفاده

حشرات کامل سرخرطومی حنایی خرما از شفیره‌های جمع‌آوری شده با دست از درختان خرما آلوده به سرخرطومی حنایی خرما در شهرستان سراوان تأمین شدند. شفیره‌ها بعد از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل و در ظرف‌های پلاستیکی شفاف به ابعاد $7 \times 5 \times 5$ سانتی‌متر به صورت انفرادی تا زمان خروج حشرات کامل، در دمای اتاق (25 ± 3 درجه سلسیوس) و ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی قرار گرفتند. هر جفت حشره نر و ماده پس از خروج از شفیره تا زمان انجام آزمایش در یک ظرف پلاستیکی شفاف به ابعاد $7 \times 5 \times 5$ سانتی‌متر قرار داده شد. برای انجام آزمایش‌ها از حشرات کامل نر و ماده با عمر ۱۰ تا ۱۵ روز استفاده شد.

بستر تخم‌ریزی

بافت تازه مغز (Core) پاجوش درخت خرما با رقم مضافتی به عنوان بستر تخم‌ریزی حشرات ماده استفاده شد. روز قبل از آزمایش پاجوش مورد نیاز با استفاده از اره موتوری از پایه‌های مادری جدا و به آزمایشگاه منتقل شد. بسترهای تخم‌ریزی در روز قبل از آزمایش به ابعاد $8 \times 4 \times 1/5$ سانتی‌متر با استفاده از اره هرس دستی برش زده شد. سپس با استفاده از آب شسته شدند تا از خاک و ضایعات ناشی از عملیات برش تمیز شوند. سپس در دمای اتاق روی کاغذ قرار داده شدند تا سطح آنها خشک شود. بسترهای تخم‌ریزی تا شروع آزمایش در روز بعد، داخل کیسه‌های پلاستیکی شفاف در یخچال چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند.

روش اجرای آزمایش

آزمایش‌ها به روش آزمون انتخابی (Choice Test) انجام شد. برای بررسی اثر بازدارندگی ترکیبات گیاهان غیر میزبان روی تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما، در دو طرف یک ظرف پلاستیکی شفاف به ابعاد $20 \times 10 \times 5$ سانتی‌متر، دو بستر تخم‌ریزی به فاصله ۱۰ سانتی‌متر و یک جفت حشره ماده و نر قرار داده شد. به منظور تهویه ظروف و تنفس حشرات، روی درپوش آنها ۲۰ سوراخ به قطر حدود سه میلی‌متر ایجاد شد. هر بستر تخم‌ریزی به مدت یک دقیقه در ۵۰ میلی‌لیتر محلول ترکیب گیاهی (تیمار) یا در حلال مورد استفاده برای آن (شاهد) غوطه‌ور شدند. پس از آن بسترهای تخم‌ریزی تیمار و شاهد به مدت دو ساعت در دمای اتاق (25 ± 3 درجه سلسیوس) روی کاغذ قرار داده شدند تا حلال تبخیر شود. هر آزمایش با ۱۰ تکرار برای هر دز از هر ترکیب گیاهی انجام شد. آزمایش‌ها به مدت ۷۲ ساعت در تاریکی و در دمای 25 ± 3 درجه سلسیوس انجام شد. پس از ۷۲ ساعت، حشرات کامل نر و ماده از ظروف تخم‌ریزی خارج و بسترهای تخم‌ریزی تیمار شده و شاهد با دقت شکافته شده و تعداد تخم‌های گذاشته شده روی آنها شمارش و ثبت شد.

محاسبات آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. از دو روش مختلف برای بررسی اثر بازدارندگی ترکیبات گیاهی مورد بررسی در این تحقیق بر روی تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما استفاده شد. روش اول- برای مقایسه تعداد تخم‌ها روی هر یک از بسترهای تخم‌ریزی تیمار با شاهد (در هر انتخاب به تفکیک) از آزمون غیر پارامتریک ویلکاکسون (Wilcoxon) استفاده گردید (Joachim-Bravo et al., 2001). از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۴) برای تجزیه آماری در این روش استفاده شد.

روش دوم - برای محاسبه شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی (Anti-oviposition Index) تیمارهای مختلف با یکدیگر از فرمول زیر استفاده شد (Pascual-Villalobos & Robledo, 1998).

$$AOI = 100 \times (C-T) / (C+T)$$

که در آن AOI شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی، C تعداد تخم‌های گذاشته شده روی شاهد و T تعداد تخم‌های گذاشته شده روی مغز درخت خرما تیمار شده بود. کلیه مقادیر منفی شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی، قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، صفر در نظر گرفته شد (Udo, 2011).

میانگین‌های شاخص‌های بازدارندگی تخم‌ریزی پس از تبدیل $\text{Arcsin}\sqrt{X}$ مورد تجزیه واریانس (ANOVA) با استفاده از روش General Linear Model قرار گرفتند. برای گروه‌بندی تیمارها از آزمون Tukey در سطح آماری پنج درصد استفاده شد. تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار Minitab™ 16 انجام شد.

نتایج

مقایسه تعداد تخم‌ها در هر انتخاب به تفکیک

میانگین (خطای معیار ±) تعداد تخم‌های گذاشته شده در بسترهای تخم‌ریزی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. بیشترین تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط سرخرطومی حنایی روی مغز درخت خرما (شاهد) مشاهده شد (از $10/1 \pm 1/53$ تا $18 \pm 2/97$). تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط یک حشره ماده سرخرطومی حنایی خرما روی همه بسترهای تیمار شده به وسیله ترکیبات گیاهی کمتر از شاهد بود. کمترین تخم‌ریزی در مدت سه روز در تیمار تیمول با دز ۱۰ درصد ($1/5 \pm 0/54$) و پس از آن در عصاره برگ اشورک با دز ۱۰ درصد ($1/6 \pm 0/66$) بود. برای هر انتخاب، تعداد تخم‌های گذاشته شده روی بستر تخم‌ریزی تیمار شده، به استثناء دز یک درصد تیمارهای عصاره گیاه چریش و اوژنول، به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود (جدول ۱). نتایج، به جز در مورد اسانس برگ آنگوزه، نشان دهنده کاهش تعداد تخم گذاشته شده با افزایش دز ترکیبات گیاهان غیرمیزبان بود.

مقایسه تیمارهای مختلف

نتایج نشان داد که شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی در گیاهان غیرمیزبان و ترکیبات فرار گیاهی تفاوت معنی‌داری داشتند ($F_{(5,172)} = 6.81; P < 0.001$). بیشترین شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی متعلق به تیمول با 66 ± 4 درصد بود که به جز اشورک (55 ± 6 درصد) با سایر ترکیبات تفاوت معنی‌دار داشت. در بین ترکیبات گیاهی آزمایش شده اسانس گیاه آنگوزه با 33 ± 6 کمترین درصد بازدارندگی تخم‌ریزی را داشت (شکل ۱).

شاخص‌های بازدارندگی تخم‌ریزی برای دزهای یک، پنج و ۱۰ درصد تمام ترکیبات به ترتیب 49 ± 3 ، 25 ± 4 و 63 ± 4 درصد بود که با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند ($F_{(2,172)} = 28.93; P < 0.001$). نتایج نشان داد که با افزایش دز، بازدارندگی تخم‌ریزی به طور معنی‌داری افزوده شد.

بیشترین شاخص‌های بازدارندگی تخم‌ریزی در دزهای ۱۰ درصد تیمول به میزان $85/63 \pm 4/75$ و اشورک به میزان $83/32 \pm 7/70$ درصد بود که تفاوت معنی‌داری نداشتند. شاخص‌های بازدارندگی تخم‌ریزی در دزهای مختلف عصاره برگ اشورک ($F_{(2,27)} = 21.68; P < 0.001$) و ترکیبات تیمول ($F_{(2,27)} = 8.69; P < 0.01$)، اوژنول ($F_{(2,27)} = 18.66; P < 0.001$) و آلفا-پینن ($F_{(2,27)} = 4.82; P < 0.05$) معنی‌دار و در دزهای مختلف عصاره چریش ($F_{(2,27)} = 2.84; P = 0.076$) و اسانس آنگوزه ($F_{(2,27)} = 0.31; P = 0.737$) معنی‌دار نبود. مقادیر شاخص‌های بازدارندگی تخم‌ریزی در دزهای مختلف ترکیبات گیاهی آزمایش شده همراه با گروه‌بندی آنها در (جدول ۲) نشان داده شده است. در گیاه اشورک تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های بازدارندگی تخم‌ریزی در هر سه دز

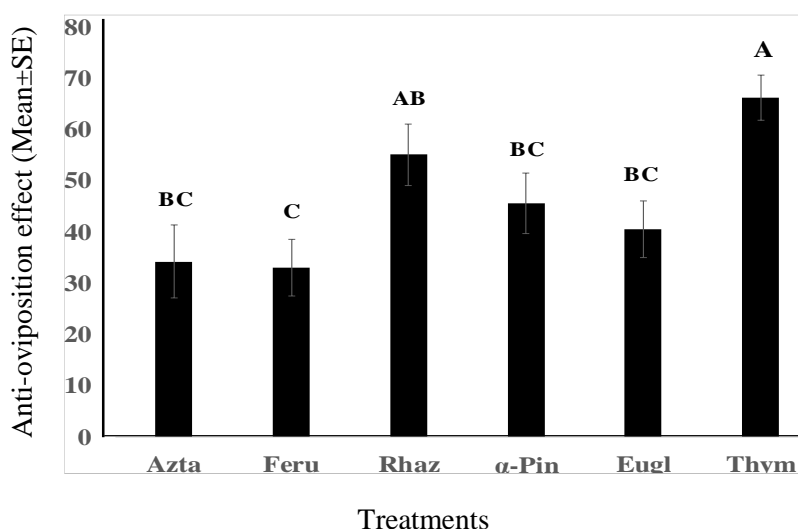
آزمایش شده مشاهده شد. در آلفا-پینن تفاوت معنی‌دار فقط بین دز یک درصد و ۱۰ درصد، در اوژنول تفاوت معنی‌دار بین دز یک درصد با دزهای پنج و ۱۰ درصد و در تیمول تفاوت معنی‌دار بین دز یک درصد با ۱۰ درصد مشاهده شد.

جدول ۱- مقایسه میانگین (\pm خطای استاندارد) تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط سرخرطومی حنایی خرما در مدت سه روز روی مغز درخت خرما تیمار شده با ترکیبات و عصاره‌های گیاهی در مقایسه با تیمار شاهد

Table 1- Mean (\pm SE) of eggs laid by female *Rhynchophorus ferrugineus* on date core treated by non-host plants components

Treatment	Dose%	Mean number of eggs \pm SE		Z	P
		Untreated core	treated core		
<i>Azadirachta indica</i>	1	13.4 \pm 2.92	8.6 \pm 1.78	-1.253	0.210 ^{n.s.}
	5	14.4 \pm 1.93	7 \pm 1.30	-2.502	0.012*
	10	12 \pm 1.85	5 \pm 1.11	2.628	0.009**
<i>Ferula-assaeta</i>	1	12.18 \pm 0.69	7 \pm 1.44	-2.241	0.025*
	5	15.1 \pm 1.77	8.9 \pm 1.07	-2.315	0.021*
	10	13.3 \pm 2.17	5.4 \pm 0.97	-2.655	0.008**
<i>Rhazya stricta</i>	1	12.8 \pm 1.38	8.1 \pm 0.91	-2.478	0.013*
	5	16.5 \pm 1.66	4.2 \pm 0.62	-3.752	0.0002**
	10	18 \pm 2.97	1.6 \pm 0.66	-3.794	0.0001**
Alpha- pinene	1	10.3 \pm 1.15	6.4 \pm 0.87	-2.278	0.023*
	5	12.6 \pm 0.89	4.5 \pm 1.27	-3.202	0.002**
	10	13.2 \pm 1.99	3.2 \pm 0.78	-3.488	0.0005**
Eugenol	1	10.1 \pm 1.53	7 \pm 0.68	-1.820	0.069 ^{ns}
	5	13 \pm 1.13	4.5 \pm 0.60	-3.763	0.0002**
	10	15 \pm 1.25	3.8 \pm 0.48	-3.755	0.0002**
Thymol	1	13.6 \pm 1.29	5.2 \pm 2.69	-3.413	0.0006**
	5	14.17 \pm 0.32	3.6 \pm 0.85	-3.753	0.0002**
	10	15.9 \pm 1.47	1.5 \pm 0.54	-3.759	0.0002**

*, **: Number of eggs laid in test and control are significantly different at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively (Wilcoxon non parametric test).



شکل ۱- اثر بازدارندگی تخم‌ریزی ترکیبات گیاهی آزمایش شده روی سرخرطومی حنایی خرما

Fig. 1. Deterrent effect of tested non-host plants and plant volatiles on the oviposition of *Rhynchophorus ferrugineus*
(Azta= *Azadirachta indica*, Feru= *Ferula assa-foetida*, Rhaz= *Rhazya stricta*, α -pin= Alpha-pinene, Eugl= Eugenol, Thym= Thymol)

جدول ۲- میانگین درصد بازدارندگی تخم‌ریزی ترکیبات گیاهی مختلف روی سرخرطومی حنایی خرما

Table 2- Means (\pm SE) of anti-oviposition effects of different non-host plants and plant volatiles on *Rhynchophorus ferrugineus*

Dose	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Ferula assa-foetida</i>	<i>Rhazya stricta</i>	Thymol	Eugenol	Alpha-pinene
1	21.72 \pm 8.93 ^{n.s.}	39.01 \pm 9.7 ^{n.s.}	24.89 \pm 5.87 ^c	46.33 \pm 18.31 ^b	11.52 \pm 10.93 ^b	23.09 \pm 8.28 ^b
5	40.69 \pm 7.94 ^{n.s.}	26.35 \pm 3.08 ^{n.s.}	60.44 \pm 3.27 ^b	67.23 \pm 7.46 ^{ab}	50.03 \pm 4.89 ^a	51.83 \pm 9.43 ^{ab}
10	50.51 \pm 10.45 ^{n.s.}	40.51 \pm 10.35 ^{n.s.}	83.32 \pm 7.70 ^a	85.63 \pm 4.75 ^a	60.11 \pm 3.02 ^a	62.09 \pm 9.06 ^a

The means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P < 0.05$).

بحث

یافتن میزبان گیاهی مناسب برای تأمین نیازهای تغذیه‌ای و هم چنین مکان تخم‌ریزی توسط حشرات گیاهخوار بسیار مهم است. پذیرش یا عدم پذیرش یک گیاه به وسیله حشره گیاهخوار برای تغذیه و تخم‌ریزی بستگی به پاسخ رفتاری حشره به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گیاه دارد (Renwick & Chew, 1994). در بین ویژگی‌های شیمیایی، مواد فرار گیاه میزبان نقش حیاتی در انتخاب میزبان توسط حشرات گیاهخوار دارد. تخم‌ریزی مرحله مهمی از چرخه زندگی حشرات می‌باشد. اگر از تخم‌ریزی حشرات جلوگیری شود، چرخه زندگی آنها مختل شده و رشد جمعیت آنها کاهش می‌یابد. اثر محرک‌های تخم‌ریزی در گیاهان میزبان می‌تواند به وسیله مواد بازدارنده تخم‌ریزی (Oviposition deterrent) با غلظت‌های مناسب پنهان شده و در نتیجه موجب اختلال رفتار تخم‌ریزی حشرات ماده شود (Kumari & Kaushik, 2016). ترکیبات بازدارنده تخم‌ریزی در گیاهان غیرمیزبان به عنوان یک نشانه به حشره ماده این پیام را منتقل می‌کنند که گیاه سمی می‌باشد و بنابراین از تخم‌گذاری روی آن خودداری نماید (Narangoda & Karunaratne, 2009; Singh *et al.*, 2011).

اثر گیاهان و ترکیبات مورد آزمایش در این تحقیق (غیر از آلفا-پینن) روی بازدارندگی تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما تاکنون گزارش نشده است. اما اثر بازدارندگی تخم‌ریزی برخی دیگر از گیاهان غیرمیزبان شامل اسانس‌های گل میخک (*Syzygium aromaticum* L.)، اوکالیپتوس، علف لیمو (*Cymbopogon citratus* (DC. ex Nees) Stapf) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Abdel Kareim *et al.*, 2017) و همچنین ترکیبات گیاهی دیگر شامل ژرانیول (Geraniol) و 1-octen-3-ol (Guarino *et al.*, 2015) روی سرخرطومی حنایی خرما گزارش شده است.

نتایج این پژوهش نشان داد که ترکیبات گیاهی آزمایش شده، به استثنای کمترین دز (یک درصد) از عصاره برگ چربش و اوژنول، دارای اثر بازدارندگی بر تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما بودند. فعالیت ضد تخم‌ریزی آلفا-پینن روی سرخرطومی حنایی خرما توسط Guarino *et al.* (2015) تأیید شده است. این پژوهشگران اثر ضد تخم‌ریزی آلفا-پینن را در سه دز ۲، ۱۰ و ۲۰ میکرولیتر در دو جمعیت جغرافیایی سرخرطومی حنایی خرما در ایتالیا و اسرائیل بررسی کردند. نتایج به دست آمده در دو جمعیت مورد مطالعه متفاوت بود. در جمعیت ایتالیا کاهش تخم‌ریزی در دزهای ۱۰ و ۲۰ میکرولیتر آلفا-پینن بیشتر از دز ۲ میکرولیتر بود. ولی در جمعیت اسرائیل کاهش تخم‌ریزی در دز ۲۰ میکرولیتر کمتر از دزهای ۱۰ و ۲ میکرولیتر بود. اثر کمتر آلفا-پینن در دز بیشتر ممکن است ناشی از اثر اشیاعی این ترکیب در این دز و کاهش ترجیح تخم‌ریزی حشره در شاهد نسبت به تیمار باشد (Guarino *et al.*, 2015). نتایج این بررسی نشان داد که برای آلفا-پینن شاخص بازدارندگی تخم‌ریزی

جمعیت آفت در کشور بیشتر به جمعیت ایتالیا شباهت دارد. به این ترتیب که کاهش تخم‌ریزی در دز ۱۰ درصد به طور معنی داری بیشتر از دز ۱ درصد بود، ولی کاهش تخم‌ریزی با دز ۵ درصد این ترکیب تفاوت معنی داری با دزهای ۱ و ۱۰ درصد نداشت. به عبارت دیگر، در این بررسی نیز مانند جمعیت ایتالیا یک کاهش تخم‌ریزی معنی دار وابسته به دز در غلظت ۱۰ درصد مشاهده شد.

بیشترین بازدارندگی تخم‌ریزی بین گیاهان آزمایش شده در دز ۱۰ درصد عصاره برگ اشورک (۳۲/۸۳ درصد) مشاهده شد. بازدارندگی تخم‌ریزی در دز ۱۰ درصد میخک، اوکالیپتوس، علف لیمو و ریحان به ترتیب ۷۴/۸۰، ۷۷/۶۶، ۱۵/۴۸ و ۳۰/۴۴ درصد بود (Abdel Kareim et al., 2017) که درصد بازدارندگی تخم‌ریزی اشورک در این تحقیق تقریباً برابر مقدار گزارش شده از اثر میخک بود. اثر ضد تخم‌ریزی دزهای ۱/۰ و ۵/۰ درصد عصاره متانولی اشورک همچنان روی *Callosobruchus maculatus* F. نشان داده شده است (به ترتیب ۹/۵۲ و ۹/۸۳ درصد) (Elhag et al., 1999). علاوه بر این اثر دورکنندگی عصاره این گیاه روی حشره *Oryzaephilus surinamensis* L. نیز گزارش شده است (Alqurashi & Bakhshwain, 2010; Madkour et al., 2013). (2000) Elhag خاصیت بازدارندگی تخم‌ریزی چند گیاه از جمله عصاره دانه چریش و برگ اشورک را روی *C. maculatus* بررسی کرد که در آن بازدارندگی تخم‌ریزی اشورک بیشتر از دانه چریش بود که با نتایج این پژوهش همسو است. بررسی‌های تجزیه و شناسایی ترکیبات اشورک نشان داد که بیش از ۱۰۰ آلکالوئید و چند ترکیب غیر آلکالوئیدی در قسمت‌های مختلف گیاه به ویژه در برگ آن موجود می‌باشند (Ahmad et al., 1983; Marwat et al., 2012; Ahmad et al., 2014).

در این تحقیق کمترین اثر ضد تخم‌ریزی با اسانس آنگوزه مشاهده شد. در منابع مورد بررسی، اثر آنگوزه روی بازدارندگی تخم‌ریزی دو زنبور پارازیتوئید تخم شامل *Trichogramma embryophagum* Hartig و *T. evanescens* Westwood گزارش شده است (Poorjavad, et al., 2014). همچنین اثر ضد تغذیه‌ای این گیاه روی *Tribolium castaneum* Herbst و اثر دورکنندگی بر *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Bahrami et al., 2016) و اثر دورکنندگی بر *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Moharramipour et al., 2004; Nazemi Rafi & Moharramipour, 2008) و *Sitophilus* (Peyrovi et al., 2011) و *Aphis gossypii* Glover (Koorki et al., 2018) و اثر حشره‌کشی روی *zeamais* Motschulsky (Islam et al., 2017) مورد مطالعه قرار گرفته است. با وجود گزارش‌های متعدد در خصوص اثر دورکنندگی آنگوزه روی حشرات مختلف، در این پژوهش ضعیف‌ترین اثر بازدارندگی تخم‌ریزی برای این گیاه مشاهده شد.

در بین ترکیبات گیاهی، تیمول در بالاترین دز (۱۰ درصد) بیشترین درصد بازدارندگی تخم‌ریزی *Tribolium* (۷۵/۶۳±۸۵) را بر سرخرطومی حنایی خرما داشت. خاصیت دورکنندگی تیمول بر حشرات کامل *Tribolium confusum* Jacquelin du val نیز گزارش شده است (Tunc & Erler, 2003). اثر ضد تخم‌ریزی آلفا-پینن و اوژنول در همه دزها کمتر از تیمول بود و بازدارندگی تخم‌ریزی این دو ترکیب با هم تفاوت معنی دار نداشتند. اثر دورکنندگی سه ترکیب گیاهی آلفا-پینن، اوژنول و تیمول بر روی سرخرطومی حنایی خرما در شرایط آزمایشگاه نشان داده شده است. تیمول و آلفا-پینن ۸۰ درصد و اوژنول ۶۰ درصد دورکنندگی برای حشرات سرخرطومی حنایی خرما از هر دو جنس ماده و نر داشتند (Sharaby & Al-Dosary, 2014). همچنین اثر دورکنندگی آلفا-پینن روی حشرات کامل سرخرطومی آمریکایی نخیلیات، *Rhynchophorus palmarum* L. نشان داده شده است (Oehlschlager & Gonzalez, 2001).

نتایج این پژوهش مؤید کارایی بیشتر تیمول و عصاره برگ اشورک در بازدارندگی تخم‌ریزی سرخرطومی-حنایی در مقایسه با سایر ترکیبات گیاهی بود. ترکیبات گیاهی با اثر بازدارندگی بر تخم‌ریزی به علت آثار سوء کمتر بر محیط زیست و سلامت انسان نسبت به حشره‌کش‌ها برتری دارند. ترکیبات گیاهی که در این مقاله معرفی شده‌اند، می‌توانند به عنوان یک استراتژی اختلال رفتاری و در قالب مدیریت تلفیقی سرخرطومی حنایی خرما، در زمانی که حشرات ماده در جستجوی مکان مناسب برای تخم‌ریزی می‌باشند، استفاده شوند. در حال حاضر برای جلوگیری از تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما محل زخم‌های تنه درختان خرما با استفاده از حشره‌کش کاربایل پوشانده می‌شود، اما به علت آثار سوء زیست محیطی، کاربرد این حشره‌کش در کشور ممنوع شده است. محلول‌پاشی این ترکیبات ضد تخم‌ریزی روی زخم‌های ایجاد شده در اثر عملیات باغبانی مانند حذف تنه جوش، جداسازی پاجوش برای تکثیر درختان خرما، هرس دمبرگ خرما و یا در اثر خسارت سایر آفات خرما، می‌تواند موجب اختلال در تخم‌ریزی آفت شود. با توجه به سهولت دسترسی به تیمول، استفاده از آن برای پوشاندن زخم‌های روی تنه درختان خرما برای جلوگیری از تخم‌ریزی سرخرطومی حنایی خرما توصیه می‌شود. همچنین با توجه به بازدارندگی تخم‌ریزی عصاره برگ گیاه اشورک پیشنهاد می‌شود تا مواد مؤثره این گیاه با خاصیت ضد تخم‌ریزی روی سرخرطومی حنایی خرما شناسایی شوند.

سپاسگزاری

نویسندگان از آقایان دکتر سهراب ایمانی و دکتر یحیی استادی برای همکاری در استخراج اسانس و عصاره-های گیاهی سپاسگزاری می‌نمایند.

References

- Abdel Kareim, A. I., Mohamed, A. M., Rashed, A. A., Said Ahmed, F. M., Qasim, M. A. & Mohsen Saad, M. (2017). Oviposition deterrent effect of four essential oils against the date palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier. *Middle East Journal of Agriculture Research* 6(4), 1336-1345.
- Abraham, V. A., Shuaibi, M. A., Faleiro, J. R., Abozuhairah, R. A. & Vidyasagar, P. S. (1998). An integrated management approach for red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. A key pest of date palm in the Middle East. *Journal of Agricultural and Marine Sciences* 3(1), 77-83.
- Ahmad, M., Muhammed, S., Mehjabeen, Jahan, N., Jan, S. U. & Qureshi, Z. U. R. (2014). Anti-dermatitis, anxiolytic and analgesic effects of *Rhazya stricta* from Balochistan. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* 27(3), 481-486.
- Ahmad, Y., Fatima, K. & Le Quesne, P. W. (1983). Further alkaloidal constituents of the leaves of *Rhazya stricta*. *Phytochemistry* 22(4), 1017-1019.
- Ali, B. H., Al-Qarawi, A. A., Bashir, A. K. & Tanira, M. O. (2000). Phytochemistry, pharmacology and toxicity of *Rhazya stricta* Decne: A review. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives* 14(4), 229-234.

- Alqurashi, A. D. & Bakhashwain, A. A.** (2010). Insecticidal and repellent effect of some indigenous plant extracts against saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: silvanidae). *Plant Protection and Pathology, Mansoura University* 1(8): 665 – 672.
- Avand-Faghih, A.** (1996). The biology of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera, Curculionidae) in Saravan region (Sistan & Baluchistan province, Iran). *Applied Entomology and Phytopathology* 63(1/2), 61-86. [In Persian with English summary]
- Avand-Faghih, A.** (1998). Research on the Control of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Col.: Curculionidae) with synthetic attractants in Sistan & Blouchestan province (Iran). *A thesis submitted in partial fulfilment for the degree of M.Sc. in Agricultural Entomology*. 162 pp. [In Persian with English summary]
- Bahrami, R., Kocheili, F. & Ziaee, M.** (2016). Effects of asafoetida, geranium and walnut leaves essential oils on nutritional indices and progeny reduction on *Rhyzopertha dominica* adults (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Crop Protection* 5(3), 369-375. [In Persian]
- Dembilio, Ó. & Jacas, J. A.** (2013). Biological control of *Rhynchophorus ferrugineus*. In *Colloque méditerranéen sur les ravageurs des palmiers, Nice, France, 16-18 Janvier 2013*. Association Française de Protection des Plantes (AFPP).
- Ebadollahi, A. & Jalali Sendi, J.** (2015). A review on recent research results on bio-effects of plant essential oils against major Coleopteran insect pests. *Toxin Reviews* 34(2), 76-91.
- Elhag, E.A., El Nadi, A. H. & Zaitoon, A. A.** (1999). Ovipositional deterrence of methanolic and etherial extracts of five plants to the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Agricultural and Marine Sciences* 4(2), 27-33.
- Elhag, E. A.** (2000). Deterrent effects of some botanical products on oviposition of the cowpea bruchid *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Pest Management* 46(2), 109-113.
- El-Lakwah, F. A. M., EL-Banna, A. A., El-Hosary, R. A. & El-Shafei, W. K. M.** (2011). Impact of certain factors and agricultural practices on infestation of date palm trees by the Red Palm Weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* (Oliv.)). *Egyptian Journal of Agricultural Research* 89 (3), 1119-1127.
- El-Mergawy, R. A. A. M. & Al-Ajlan, A. M.** (2011). Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier): economic importance, biology, biogeography and integrated pest management. *Journal of Agricultural Science and Technology* 1, 1-23.
- Faleiro, J. R., 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.
- Foster, S. P. & Harris, M. O.** (1997). Behavioral manipulation methods for insect pest-management. *Annual Review of Entomology* 42(1), 123-146.
- Goldansaz, S. H., Talaei, L., Poorjavad, N. & Dehghani, Y. H.** (2012). Inhibition of carob moth damage using *Ferula assafoetida* essential oil in pomegranate orchards of Iran. In *II International Symposium on the Pomegranate* 103, 129-131.
- Gould, F.** (1991). Arthropod behavior and the efficacy of plant protectants. *Annual Review of Entomology* 36(1), 305-330.
- Guarino, S., Peri, E., Bue, P. L., Germanà, M. P., Colazza, S., Anshelevich, L., Ravid, R. & Soroker, V.** (2013). Assessment of synthetic chemicals for disruption of *Rhynchophorus ferrugineus* response to attractant-baited traps in an urban environment. *Phytoparasitica*, 41(1), 79-88.
- Guarino, S., Colazza, S., Peri, E., Bue, P. L., Germanà, M. P., Kuznetsova, T., Gindin, G. & Soroker, V.** (2015). Behaviour- modifying compounds for management of the red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Oliver). *Pest Management Science* 71(12), 1605-1610.
- Gunawardena, N. & Gunatilake, R.** (1993). Preliminary studies on host attractant of the coconut pest, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 21(1), 93-101.
- Hallett, R. H., Oehlschlager, A. C. & Borden, J. H.** (1999). Pheromone trapping protocols for the Asian palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Pest Management*, 45(3), 231-237.
- Haris, M. H., Nang, M. L. S., Chuah, T. S. & Wahizatul, A. A.** (2014). The efficacy of synthetic food baits in capturing red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) in campus area of Universiti Malaysia Terengganu. *Serangga* 19(1) 63-81.
- Heidari Alizadeh, B., Heidari, A. & Modares Najafabadi, S. S.** (2017). Preparation of emulsifiable concentrate (EC 1.28%) formulation based on neem seed extract, (*Azadirachta indica*) and investigating its efficacy on green peach aphid (*Myzus persicae*). *Applied Entomology and Phytopathology* 84(2), 279-290. [In Persian with English summary]
- Islam, T., Iqbal, J., Abdullah, K. & Khan, E. A.** (2017). Evaluation of some plant extracts against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 54(4), 737-741.
-

- Jaques, J. A., Riolo, P., Audsley, N., Barroso, J. M., Dembilio, O., Isidoro, N., Minuz, R. L., Nardi, S., Llopis, V. N., Beaudoin-Ollivier, L. & Moraga, E. Q.** (2017). Control measures against *Rhynchophorus ferrugineus* and *Paysandisia archon*. PP.255-279 in Soroker, V. & Colazza, S. (Ed.) *Handbook of Major Palm Pests: Biology and Management*. 344 pp. Wiley-Blackwell Publishing Company.
- Hummelbrunner, L. A. & Isman, M. B.** (2001). Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 715-720.
- Joachim-Bravo, I. S., Fernandes, O. A., Bortoli, S. A. & Zucoloto, F. S.** (2001). Oviposition behavior of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae): association between oviposition preference and larval performance in individual females. *Neotropical Entomology*, 30(4), 559-564.
- Kavianpour, M., Dabbagh, G. R., Taki, M., Shirdeli, M. & Mohammadi, S.** (2014). Effect of fresh gum of assafoetida on the damage reduction of pomegranate fruit moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Lep., Pyralidae) in Shahreza City. *International Journal of Biosciences* 5(5), 86-91.
- Koorki, Z., Shahidi-Noghabi, S., Mahdian, K. & Pirmaoradi, M.** (2018). Chemical composition and insecticidal properties of several plant essential oils on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 21(2), 420-429.
- Kumari, A. & Kaushik, N.** (2016). Oviposition deterrents in herbivorous insects and their potential use in integrated pest management. *Indian Journal of Experimental Biology* 54, 163-174.
- Li, S. Q., Fang, Y. L. & Zhang, Z. N.** (2007). Effects of volatiles of non-host plants and other chemicals on oviposition of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Pest Science* 80(2), 119-123.
- Madkour, M. H., Zaitoun, A. A. & Singer, F. A.** (2013). Repellent and toxicity of crude plant extracts on saw-toothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis* L.). *Food Agriculture and Environment* 11(2), 381-384.
- Marwat, S. K., Usman, K., Shah, S. S., Anwar, N. & Ullah, I.** (2012). A review of phytochemistry, bioactivities and ethno medicinal uses of *Rhazya stricta* Decsne (Apocynaceae). *African Journal of Microbiology Research* 6(8), 1629-1641.
- Mobarakyan, M., Karimzadeh-Esfahani, J., Moeeni-Naghdeh, N. & Emami, M. S.** (2015). Insecticidal effects of six medical plants extract on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col.: Bruchidae). *Journal of Plant Protection* 29(4), 499-510. [In Persian]

- Mohammadpour, K., Farazmand, H. & Avand-Faghieh, A.** (2008). 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 Persian with English summary]
- Moharrampour, S., Nazemirafieh, J. Morovati, M. Talebi, A. & Fathipour, Y.** (2004). Response of *Tribolium castaneum* (Herbst) to the gum extract of *Ferula assafoetida* L. *Proceeding of the 16th Iranian Plant Protection Congress*, Tabriz University, 232.
- Murphy, S. T. & Briscoe, B. R.** (1999). The red palm weevil as an alien invasive: biology and the prospects for biological control as a component of IPM. *Biocontrol news and information*, 20(1), 35N-46N.
- Narangoda, S. R. C. N. K. & Karunaratne, M. M. S. C.** (2009). Oviposition deterrent and insecticidal activities of some indigenous plant extracts against the rice moth, *Corcyra cephalonica* (Stainton). *Vidyodaya Journal of Science* 14, 143- 150.
- Nazemi Rafi, J. & Moharamipour, S.** (2008). Repellency of *Nerium oleander* L., *Lavandulla officinalis* L. and *Ferula assafoetida* L. extracts on *Tribolium castaneum* (Herbst). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23 (4), 443-452. [In Persian with English summary]
- Oehlschlager, A. C. & Gonzalez, L.** (2001). Advances in trapping and repellency of palm weevils. In *Proceedings of the Second International Conference on Date Palms* 358-365.
- Papachristos, D. P. & Stamopoulos, D. C.** (2002). Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 38(2), 117-128.
- Pascual-Villalobos, M. J. & Robledo, A.** (1998). Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants. *Industrial Crops and Products*, 8(3), 183-194.
- Peyrovi, M., Goldansaz, S. H. & Jahromi, K. T.** (2011). Using *Ferula assafoetida* essential oil as adult carob moth repellent in Qom pomegranate orchards (Iran). *African Journal of Biotechnology* 10(3), 380-385.
- Poorjavad, N., Goldansaz, S. H. & Dadpour, H.** (2014). Effect of *Ferula assafoetida* essential oil on some biological and behavioral traits of *Trichogramma embryophagum* and *T. evanescens*. *BioControl* 59(4), 403-413.
- Renwick, J. A. A. & Chew, F. S.** (1994). Oviposition behavior in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology* 39(1), 377-400.
- Ribeiro, R. C., Zanuncio, T. V., de Sousa Ramalho, F., da Silva, C. A. D., Serrão, J. E. & Zanuncio, J. C.** (2015). Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. *Industrial Crops and Products* 74, 139-143.

- Rochat, D., Dembilio, O., Jaques, J. A., Suma, P., La, A., Pergola, R. H., Hamidi, R., Kontodimas, D. & Soroker, V.** (2017). *Rhynchophorus ferrugineus*: taxonomy, distribution, biology, and life cycle. pp. 69-104 in Soroker, V. & Colazza, S. (Ed.) *Handbook of Major Palm Pests: Biology and Management*. 344 pp. Wiley-Blackwell Publishing Company.
- Sallam, A. A., El-Shafie, H. A. F. & Al-Abdan, S.** (2012). Influence of farming practices on infestation by red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) in date palm: a case study. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 2(8), 370-376.
- Sarwar, M.** (2016). Biological control of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) by the natural enemies. *International Journal for Research in Biology & Pharmacy* 2(7), 22-35.
- Schmutterer, H.** (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology* 35(1), 271-297.
- Singh, R., Koul, O., Rup, P. J. & Jindal, J.** (2011). Oviposition and feeding behavior of the maize borer, *Chilo partellus*, in response to eight essential oil allelochemicals. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 138(1), 55-64.
- Singh, S.** (2017). Natural plant products - As protectant during grain storage: A review, *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(3), 1873-1885.
- Sharaby, A. & Al-Dosary, M.** (2014). An electric air flow olfactometer and the olfactory response of *Rhynchophorus ferrugineus* weevil to some volatile compounds. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 1, 40-50.
- Taghizadeh-Saroklaee, A., Noori-Ghanbalani, G., Rafhice Dastjerdi, H. & Hadiyan, J.** (1996) Sensitivity of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Col:Chrysomelidae) to essential oils and major compounds of several medicinal plants. *Journal of Plant Protection* 29(2), 238-249. [In Persian]
- Tunc, I. & Erler, F.** (2003). Repellency and repellent stability of essential oil constituents against *Tribolium confusum*. *Journal of Plant Diseases and Protection* 110(4), 394-400.
- Udo, I. O.** (2011). Potentials of *Zanthoxylum xanthoxyloides* (LAM.) for the control of stored product insect pests. *Journal of Stored Products and Postharvest Research* 2(3), 40-44.
- Wilson, J. A. & Isman, M. B.** (2006). Influence of essential oils on toxicity and pharmacokinetics of the plant toxin thymol in the larvae of *Trichoplusia ni*. *The Canadian Entomologist* 138(4), 578-589.