تحقیقات آفات گیاهی

علمی پژوهشی ۱۴۰۳ -۱۴(۴): ۱۷-۳۰	https://doi.org/ iprj.2025.29287.1617	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

اثرات کشندگی و زیرکشندگی اسانس‌های دو گونه از *Mentha* روی ویژگی‌های زیستی و تغذیه‌ای سوسک کشیش، *Rhyzopertha dominica*

عسگر عباداللهی*

https://orcid.org/0000-0003-3276-1608

گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده: سوسک کشیش، *Rhyzopertha dominica* (F.)، از آفات مهم محصولات انباری با گسترش جهانی است که به دانه‌های غلاتی مانند گندم و برنج خسارت اقتصادی قابل توجهی وارد می‌کند. در پژوهش حاضر، اثرات کشندگی و زیرکشندگی اسانس‌های استخراج‌شده از دو گونه از گیاهان جنس *Mentha* شامل *Mentha piperita* L. و *Mentha spicata* L. روی فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی و شاخص‌های تغذیه‌ای سوسک کشیش در دمای ۱±۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵± ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی بررسی شد. نتایج نشان داد که هر دو اسانس روی حشرات کامل سوسک کشیش سمی بودند که در آن، اسانس *M. piperita* با LC_{50} پایین‌تر (به‌ترتیب ۱۶/۷۲ و ۱۲/۵۵ میکرولیتر بر لیتر) سمیت تدخینی بیشتری نسبت به اسانس *M. spicata* (به‌ترتیب ۴۱/۱۱ و ۳۵/۷۳ میکرولیتر بر لیتر) بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت داشت. دوره تفریخ تخم و مدت زمان نشوونمای مراحل نابالغ آفت در تیمار با اسانس‌ها افزایش یافت. زادآوری ماده‌ها و طول عمر افراد بالغ همراه با فراسنجه‌های جمعیتی آفت شامل r (نرخ ذاتی افزایش جمعیت)، R_0 (نرخ خالص تولید مثل)، GRR (نرخ ناخالص تولید مثل) و λ (نرخ متناهی افزایش جمعیت) تحت تاثیر اسانس‌ها کاهش یافت. شاخص‌های تغذیه‌ای آفت تیمار شده با اسانس‌ها شامل شاخص مصرف، نرخ مصرف نسبی و نرخ رشد نسبی، در مقایسه با گروه شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت. نتایج نشان داد که اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* به‌عنوان عوامل گیاهی در دسترس و دوست‌دار محیط زیست، توانایی بالایی در مدیریت سوسک کشیش دارند.

واژه‌های کلیدی: سمیت، شاخص‌های تغذیه‌ای، عوامل گیاهی، فراسنجه‌های جدول زندگی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۹/۲۸

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۱/۶

Citation: Ebadollahi, A. (2025). Lethal and sublethal effects of essential oils of two *Mentha* species on the biological and nutritional characteristics of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. *Plant Pest Research*, *14*(*4*), 17-30. **Doi: https://doi.org/iprj.2025.29287.1617**

*Corresponding author: ebadollahi@uma.ac.ir

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

سوسک کشیش، *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae)، از آفات اصلی غلات انباری به‌ویژه گندم، جو و برنج در ایران و بسیاری از کشورهای جهان بوده و قادر به ایجاد خسارات کمی و کیفی گسترده‌ای روی این محصولات می‌باشد (Arthur *et al*., 2011; Su *et al*., 2019). این آفت دارای دوره نشو و نمای سریع و توانایی تولیدمثل بالایی است؛ به‌طوری‌که چرخه زندگی آن طی ۲۵ روز در دمای ۳۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۰ درصد تکمیل می‌شود و قادر است تا ۴۰۰ عدد تخم بگذارد. تخم‌های آفت اغلب روی دانه‌های سالم و یا شکسته غلات قرار داده شده و لاروها پس از تفریخ به‌طور مستقیم به دانه نفوذ کرده و از محتویات داخل دانه تغذیه می‌نمایند (Rees, 2007). با وجود اینکه استفاده از سموم شیمیایی روش اصلی کنترل آفات محصولات انباری محسوب می‌شود، کاربرد چنین ترکیباتی اثرات جانبی متعددی از قبیل آلودگی محیط زیست، تهدید سلامتی انسان و بروز مقاومت آفات را در پی دارد (Ahmad *et al*., 2024). برای مثال، مقاومت سوسک کشیش به فسفین، به عنوان یک حشره‌کش تدخینی پرمصرف در کنترل آفات انباری در سال‌های اخیر گزارش شده است (Aulicky *et al*., 2022). بنابراین، معرفی ترکیبات کم‌خطر و در عین حال کارآمد در کنترل آفات برای جایگزینی با سموم شیمیایی ضروری است.

اسانس‌های گیاهی به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه در اغلب اندام‌های گیاهی سنتز شده و از نظر شیمیایی دارای اجزای بسیار پیچیده‌ای هستند (Bakkali *et al*., 2008). در پژوهش‌های اخیر اثرات حشره‌کشی اسانس‌های گیاهی روی گونه‌های مهم حشرات آفت ثبت شده است (Isman & Grieneisen, 2014; Ebadollahi, 2023). سمیت تدخینی برخی از اسانس‌های گیاهی روی سوسک کشیش در سال‌های اخیر بررسی و گزارش شده است (Ebadollahi, 2018; Ebadollahi & Setzer, 2020). البته علاوه بر اثرات حاد کشندگی، نتایج پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که اسانس‌های گیاهی دارای اثرات زیرکشنده گسترده‌ای روی سوسک کشیش می‌باشند. برای مثال، اسانس کالیپتوس *Eucalyptus oleosa* F. Muell. ex Miq. علاوه بر اثرات کشندگی، اثرات ضدتغذیه‌ای قابل توجهی روی حشرات کامل سوسک کشیش دارد؛ به‌طوری‌که شاخص مصرف (CI[1])، نرخ مصرف نسبی (RCR[2]) و نرخ رشد نسبی (RGR[3]) در حشرات کامل تیمار شده به‌صورت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش می‌یابد (Ebadollahi, 2022). در بررسی‌های دیگر، اختلال در شاخص‌های تغذیه‌ای سوسک کشیش تحت تاثیر اسانس‌های سه گونه اکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca* F. Muell.، *E. procera* Denham و *E. spatulata* Hook.) و چهار گونه آویشن (*Thymus eriocalyx* (Ronniger) Jalas، *T. kotschyanus* Boiss. & Hohen.، *T. fallax* Fisch. & C.A. Mey. و *T. vulgaris* L.) گزارش شده است (Ebadollahi *et al*., 2022a; b). علاوه بر آن، بر اساس نتایج پژوهش‌های اخیر، کاربرد اسانس‌های گیاهی در فراسنجه‌های رشدی و جمعیتی حشرات آفت هم اختلال ایجاد می‌کند (Naseri *et al*., 2017; Sharifiyan *et al*., 2024). برای مثال، افزایش طول دوره رشدی و کاهش زنده‌مانی مراحل نابالغ، کاهش نشو و نما و طول عمر حشرات کامل نر و ماده سوسک کشیش تحت تاثیر اسانس‌های زنیان (*Carum copticum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) توسط نوری‌قنبلانی و همکاران (Nouri Ganbalani *et al*., 2023) ثبت شده است. بر اساس نتایج پژوهش بیان‌شده، فراسنجه‌های جمعیتی آفت شامل r (نرخ ذاتی افزایش جمعیت)، R_0 (نرخ خالص تولیدمثل) و λ (نرخ متناهی افزایش جمعیت) تحت تاثیر اسانس‌های این گیاهان کاهش یافت.

نعناع گیاهی چند ساله از جنس *Mentha* در تیره نعنائیان (Lamiaceae) است که در اصل بومی مناطق مدیترانه‌ای بوده و در بیشتر نقاط جهان از جمله ایران به‌عنوان یک سبزی معطرکشت می‌شود (Moghaddam *et al*., 2013). اسانس‌های استخراج شده از گونه‌های مختلف گیاهان این جنس جزو اسانس‌های پرکاربرد در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی هستند (Reddy *et al*.,

[1]. Consumption Index
[2]. Relative Consumption Rate
[3]. Relative Growth Rate

2016: Hudz *et al*., 2023). هم‌چنین اثرات زیستی متعدد این اسانس‌ها روی قارچ‌ها، باکتری‌ها و نماتدها گزارش شده است (Giamperi *et al*., 2002; Jirovetz *et al*., 2009; D'Addabbo & Avato, 2021). پژوهش‌های انجام شده نشان داده‌اند که برخی از اسانس‌های استخراج شده از گونه‌های مختلف جنس *Mentha* می‌توانند در مدیریت حشرات آفت مورد توجه قرار گیرند. برای مثال، سمیت تدخینی اسانس نعناع فلفلی *M. piperita* L. روی موریانه‌های کارگر *Reticulitermes dabieshanensis* Wang & Li، افراد بالغ کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch و حشرات کامل شپشه قرمز آرد *Tribolium castaneum* Herbst و سوسک توتون *Lasioderma serricorne* L. گزارش شده است (Pang *et al*., 2020; De Souza *et al*., 2022; Wu *et al*., 2023).

با توجه به لزوم استفاده از ترکیبات کم‌خطر و کارآمد در کنترل آفات، در تحقیق حاضر سمیت تدخینی اسانس‌های استخراج شده از دو گونه نعناع شامل نعناع فلفلی *M. piperita* و نعناع اخضر *M. spicata* روی حشرات کامل سوسک کشیش بررسی شد. همچنین، اثرات زیرکشندگی اسانس‌های مورد مطالعه روی فراسنجه‌های زیستی، جدول زندگی و شاخص‌های تغذیه‌ای آفت ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

تهیه اسانس‌ها

اسانس‌های نعناع فلفلی (*M. piperita*) و نعناع اخضر (*M. spicata*) از شرکت باریج اسانس کاشان خریداری شده و تا زمان استفاده در ظروف شیشه‌ای با روکش آلومینیومی در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگه‌داری شدند.

پرورش سوسک کشیش

جمعیت اولیه سوسک کشیش از کلنی موجود در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. پرورش آفت داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای (به طول ۲۱، عرض ۱۴ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر) که دهانه آن برای تأمین تهویه با پارچه توری پوشانده شده بود، صورت گرفت. پس از ریختن ۲۰۰ گرم گندم خرد شده (رقم قابوس)، حشرات کامل داخل ظروف رهاسازی شدند. ظروف پرورش در اتاقک رشد با شرایط دمایی ۱ ± ۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی نگهداری شدند (Razmjou *et al*., 2024). از حشرات کامل یک روزه برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

سمیت تدخینی

با توجه به نتایج آزمایش‌های مقدماتی، غلظت‌هایی که موجب تلفات ۲۵ و ۷۵ درصدی آفت شدند، انتخاب و سایر غلظت‌ها بر اساس فواصل لگاریتمی محاسبه شدند (۳۹/۹۸ – ۹/۲۸ میکرولیتر بر لیتر برای اسانس *M. piperita* و ۶۹/۲۶ – ۲۳/۲۶ میکرولیتر بر لیتر برای اسانس *M. spicata*). سمیت تدخینی اسانس‌ها علیه حشرات کامل یک روزه سوسک کشیش درون ظروف شیشه‌ای یک لیتری به‌عنوان اتاقک تدخین انجام گرفت. قطعات کاغذ صافی به قطر ۳ سانتی‌متر با غلظت‌های مد نظر از هر اسانس به‌صورت جداگانه تیمار شدند. هر قطعه کاغذ صافی تیمار شده داخل درپوش ظرف شیشه‌ای حاوی حشرات کامل سوسک کشیش (۲۰ عدد) چسبانده شدند. بعد از بستن درپوش ظروف، اطراف درپوش‌ها با پارافیلم به‌صورت غیر قابل نفوذ به هوا برای جلوگیری از خروج بخارهای اسانس‌ها پوشانده شد. در گروه شاهد تمام مراحل به جز تیمار کاغذهای صافی انجام گرفت. تلفات آفت بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت ثبت شد و هر آزمایش ۴ بار تکرار شد.

اثرات زیرکشندگی اسانس‌ها روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جمعیتی سوسک کشیش

برای بررسی اثر زیرکشندگی اسانس‌ها روی فراسنجه‌های رشدی و جدول زندگی آفت، ابتدا ۲۰۰ عدد حشره کامل یک روزه آفت به‌صورت تصادفی و بدون تعیین جنسیت انتخاب شده و با مقادیر LC_{30} اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* (به‌ترتیب برابر با ۸/۷۲ و ۲۸/۴۳ میکرولیتر بر لیتر) به‌صورت جداگانه همانند روش توضیح داده شده در آزمایش سمیت تدخینی تیمار شدند.

پس از ۲۴ ساعت، هر جفت حشره نر و ماده برای تخم‌گذاری به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری حاوی ۳ گرم گندم (رقم قابوس) منتقل و تعداد تخم‌های گذاشته‌شده و طول عمر آنها روزانه ثبت شد. این کار تا زمان مرگ همه حشرات کامل ادامه یافت. از داده‌های یادداشت‌شده برای بررسی ویژگی‌های زیستی مراحل قبل از بلوغ (طول دوره‌های رشدی تخم، لارو و شفیره و زنده‌مانی قبل از بلوغ) و افراد بالغ (طول دوره تخم‌گذاری، زادآوری و طول عمر حشرات کامل) استفاده شد. از نرخ زنده‌مانی سنی-مرحله‌ای (l_x؛ زنده‌مانی در سن x) و نرخ زادآوری سنی-مرحله‌ای (m_x؛ تعداد تخم‌های گذاشته شده در دوره تولیدمثل) برای برآورد فراسنجه‌های جدول زندگی آفت استفاده شد (Chi & Liu, 1985).

اثرات زیرکشندگی اسانس‌ها روی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات کامل سوسک کشیش

اثرات ضد تغذیه‌ای اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* روی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات کامل سوسک کشیش تحت تاثیر غلظت‌های ۳۰ درصد اسانس‌ها (LC_{30} به‌ترتیب برابر با ۸/۷۲ و ۲۸/۴۳ میکرولیتر بر لیتر) به‌صورت جداگانه بررسی شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت از تیمار حشرات کامل آفت (۲۰۰ عدد)، حشرات زنده مانده در ۷ گروه ۱۰ عددی (به‌صورت جداگانه برای هر اسانس و شاهد) داخل ظروف پتری ۶ سانتی‌متری حاوی ۳ گرم بذر گندم (رقم قابوس) منتقل شدند. وزن حشرات کامل قبل و بعد از تغذیه، وزن غذای داده شده و وزن غذای باقی‌مانده در انتهای آزمایش (بعد از ۱۴ روز) تعیین شد. شاخص‌های تغذیه‌ای آفت شامل شاخص مصرف (CI: Consumption Index)، نرخ مصرف نسبی (RCR: Relative Consumption Rate)، نرخ رشد نسبی (RGR: Relative Growth Rate) و کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI: Efficiency of Conversion of Ingested Food) با استفاده از رابطه‌های زیر برآورد شدند (Waldbauer, 1968):

$CI = F/A$ (رابطه ۱)، $RCR = F/TA$ (رابطه ۲)، $RGR = G/TA$ (رابطه ۳) و $ECI = G/F$ (رابطه ۴)

در این رابطه‌ها، F، A، T و G به‌ترتیب وزن خشک غذای خورده شده (میلی‌گرم)، میانگین وزن خشک حشرات در طول دوره تغذیه (میلی‌گرم)، دوره تغذیه (روز) و وزن خشک کسب شده در طول دوره تغذیه (میلی‌گرم) می‌باشند. شاخص بازدارندگی تغذیه (FDI: Feeding Deterrence Index) با استفاده از رابطه $FDI = [(C - T)/C] \times 100$ محاسبه شد که در آن C و T به‌ترتیب نشان‌دهنده میانگین وزن غذای خورده شده در گروه‌های شاهد و تیمار می‌باشد (Isman *et al.*, 1990).

تجزیه داده‌ها

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنف در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ ارزیابی شد. داده‌های حاصل از سمیت تدخینی و فعالیت ضدتغذیه‌ای اسانس‌ها تجزیه واریانس شده و با استفاده از آزمون توکی مقایسه میانگین شدند. داده‌های مربوط به آزمایش‌های زیست‌سنجی برای محاسبه غلظت‌های کشنده و برآورد اطلاعات مربوط به خطوط رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ تجزیه پروبیت شدند. داده‌های حاصل از بررسی فراسنجه‌های جدول زندگی آفت با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MSChart تجزیه شدند (Chi, 2022). فراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از روش بوت‌استرپ، ۱۰۰،۰۰۰ بار تکراردار شد. همچنین، وجود اختلاف آماری بین فراسنجه‌های زیستی با استفاده از آزمون بوت‌استرپ جفت شده (Paired bootstrap test) انجام شد ($P<0.05$).

نتایج

سمیت تدخینی

با توجه به نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنف داده‌های مربوط به بررسی سمیت تدخینی اسانس‌های *M. piperita* (Z = 0.591; Significant (2 tailed) = 0.876) و *M. spicata* (Z = 0.562; Significant (2 tailed) = 0.910) روی حشرات کامل سوسک کشیش دارای توزیع نرمال بودند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غلظت‌های مورد استفاده از اسانس‌های *M. piperata* (F=45.252; *df*=5, 35; *P*<0.001) و *M. spicata* (F=90.401; *df*=5, 35; *P*<0.001) و زمان‌های در معرض

قرارگیری (به‌ترتیب $F=23.188$; $df=1, 35$; $P<0.001$ و $F=16.001$; $df=1, 35$; $P<0.001$) اثر معنی‌داری در مرگ و میر آفت داشتند. با این حال، اثر متقابل غلظت‌های اسانس‌ها و زمان‌های مورد مطالعه در مرگ و میر آفت معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین تلفات حشرات کامل سوسک کشیش تحت تاثیر اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* در شکل ۱ ارائه شده است. بیشترین درصد تلفات آفت (۹۰ درصد) مربوط به بالاترین غلظت مورد مطالعه از دو اسانس (به‌ترتیب ۳۹/۹۸ و ۶۹/۲۶ میکرولیتر بر لیتر) بعد از ۴۸ ساعت می‌باشد.

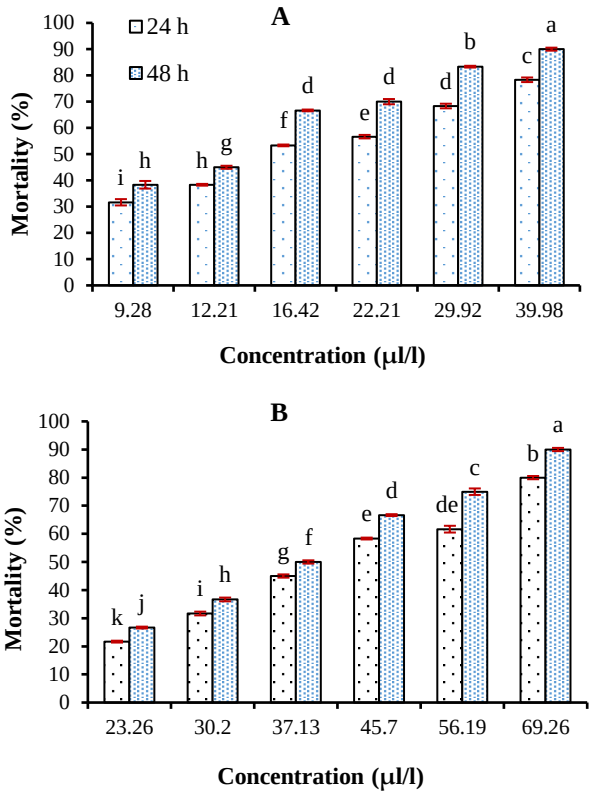
نتایج تجزیه پروبیت داده‌های سمیت تدخینی نشان داد که حساسیت آفت به اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* با افزایش زمان افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که مقادیر LC_{50} اسانس‌ها به‌ترتیب از ۱۶/۷۲ و ۴۱/۱۱ میکرولیتر بر لیتر در زمان ۲۴ ساعت به ۱۲/۵۵ و ۳۵/۷۳ میکرولیتر بر لیتر در زمان ۴۸ ساعت کاهش یافت. همچنین، با توجه به مقادیر LC_{50} اسانس‌ها و عدم هم‌پوشانی حدود اطمینان مربوطه، اسانس *M. piperita* سمیت بیشتری نسبت به اسانس *M. spicata* در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت داشت (جدول ۱).

اثرات زیرکشندگی اسانس‌ها روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جمعیتی سوسک کشیش

استفاده از LC_{30} اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* باعث افزایش معنی‌دار مدت زمان تفریخ تخم، طول دوره‌های لاروی، شفیرگی و نشو و نمای پیش از بلوغ سوسک کشیش شد ($P<0.05$). طول دوره‌های لاروی و شفیرگی و مدت زمان نشو و نمای پیش از بلوغ سوسک کشیش در تیمار اسانس *M. piperita* افزایش بیشتری نسبت به تیمار *M. spicata* داشت. با این حال، مقادیر مربوط به زنده‌مانی مراحل نابالغ سوسک کشیش در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

با توجه به جدول ۳، اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* دوره‌های زیستی مراحل بالغ سوسک کشیش را تحت تاثیر قرار دادند. دوره پیش از تخم‌گذاری افراد بالغ (APOP) تحت تاثیر اسانس *M. spicata* افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد. با این حال، کل دوره پیش از تخم‌گذاری (TPOP) در تیمار اسانس *M. piperita* نسبت به گروه شاهد بیشتر بود. کمترین دوره تخم‌گذاری در تیمار اسانس *M. spicata* مشاهده شد. زادآوری آفت تحت تاثیر هر دو اسانس کاهش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشت ($P<0.05$). همچنین طول عمر حشرات کامل نر و ماده سوسک کشیش کاهش معنی‌داری در تیمار با اسانس‌ها داشت و بیشترین کاهش تحت تاثیر اسانس *M. spicata* مشاهده شد (جدول ۳).

تدخین اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* فراسنجه‌های جمعیتی سوسک کشیش شامل مقادیر r، R_0، GRR و λ را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد ($P<0.05$). همچنین میانگین مدت زمان یک نسل تحت تاثیر اسانس‌ها نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت و میزان این افزایش در تیمار با اسانس *M. spicata* بیشتر بود (جدول ۴).



شکل ۱- درصد تلفات افراد بالغ *Rhyzopertha dominica* در برابر تدخین اسانس‌های *Mentha piperita* (A) و *Mentha spicata* (B)

Figure 1. Mortality percentage of the adults of *Rhyzopertha dominica* exposed to the fumigation of *Mentha piperita* (A) and *Mentha spicata* (B) essential oils

Columns followed by different letters are significantly different based on the Tukey test (P<0.05).

جدول ۱- تجزیه پروبیت داده‌های مربوط به سمیت تدخینی اسانس‌های *Mentha piperita* و *Mentha spicata* روی افراد بالغ *Rhyzopertha dominica*

Table 1. Probit analysis of data related to the fumigant toxicity of *Mentha piperita* and *Mentha spicata* essential oils against adults of *Rhyzopertha dominica*

Essential oil	Tim(h)	Lethal concentrations with 95% confidence limits (µl/l)			Slope ± SE	X^2 (df = 4)	Significant
		LC_{30}	LC_{50}	LC_{90}			
M. piperita	24	8.72 (6.02 - 10.69)	16.72 (14.44 - 19.41)	81.98 (53.71 - 189.79)	1.86 ± 0.32	0.97	0.81*
	48	7.76 (6.08 - 9.19)	12.55 (10.89 - 14.02)	40.60 (34.18 - 52.13)	2.51 ± 0.27	2.35	0.67*
M. spicata	24	28.43 (25.03 - 31.22)	41.11 (38.12 - 44.35)	101.22 (85.32 - 130.55)	3.28 ± 0.35	2.22	0.70*
	48	26.20 (23.32 - 28.59)	35.73 (33.27 - 38.10)	76.29 (67.77 - 89.96)	3.89 ± 0.37	2.40	0.66*

* Since the significance level is greater than 0.05, no heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

جدول ۲- اثرات زیرکشندگی مقادیر LC_{30} اسانس‌های *Mentha piperita* و *Mentha spicata* در نشو و نما و زنده‌مانی (میانگین ± خطای معیار) مراحل نابالغ *Rhyzopertha dominica*

Table 2. Sublethal effects of LC_{30} values of *Mentha piperita* and *Mentha spicata* essential oils on the development and survival of immature stages (mean ± SE) of *Rhyzopertha dominica*

Treatments	Egg incubation (day)	Larval and pupal period (day)	Development time (day)	Pre-adult survival (day)
M. piperita	7.076 ± 0.088 a	40.846 ± 0.374 a	47.971 ± 0.375 a	0.667 ± 0.061 a
M. spicata	7.142 ± 0.086 a	39.975 ± 0.174 b	47.065 ± 0.193 b	0.733 ± 0.058 a
Control	6.456 ± 0.065 b	34.174 ± 0.474 c	40.586 ± 0.458 c	0.766 ± 0.054 a

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P<0.05$).

جدول ۳- اثرات زیرکشندگی مقادیر LC_{30} اسانس‌های *Mentha piperita* و *Mentha spicata* روی دوره‌های تولیدمثلی، زادآوری و طول عمر (میانگین ± خطای معیار) افراد بالغ *Rhyzopertha dominica*

Table 3. Sublethal effects of LC_{30} values of *Mentha piperita* and *Mentha spicata* essential oils on the reproduction period, fecundity, and adult longevity (mean ± SE) of *Rhyzopertha dominica*

Treatments	APOP (day)	TPOP (day)	Oviposition period (day)	Fecundity (offspring)	Female adult longevity (day)	Male adult longevity (day)
M. piperita	3.263 ± 0.103 b	52.099 ± 0.577 a	32.476 ± 1.041 a	82.471 ± 3.803 b	47.861 ± 1.419 b	45.877 ± 1.695 b
M. spicata	3.862 ± 0.219 a	51.773 ± 0.994 ab	26.090 ± 0.992 b	77.066 ± 3.753 b	41.130 ± 1.367 c	38.345 ± 1.253 c
Control	3.137 ± 0.119 b	43.132 ± 0.683 b	35.532 ± 2.101 a	131.45 ± 8.087 a	72.195 ± 3.946 a	59.601 ± 3.371 a

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P<0.05$).
APOP: Adult pre-ovipositional period; TPOP: Total pre-ovipositional period.

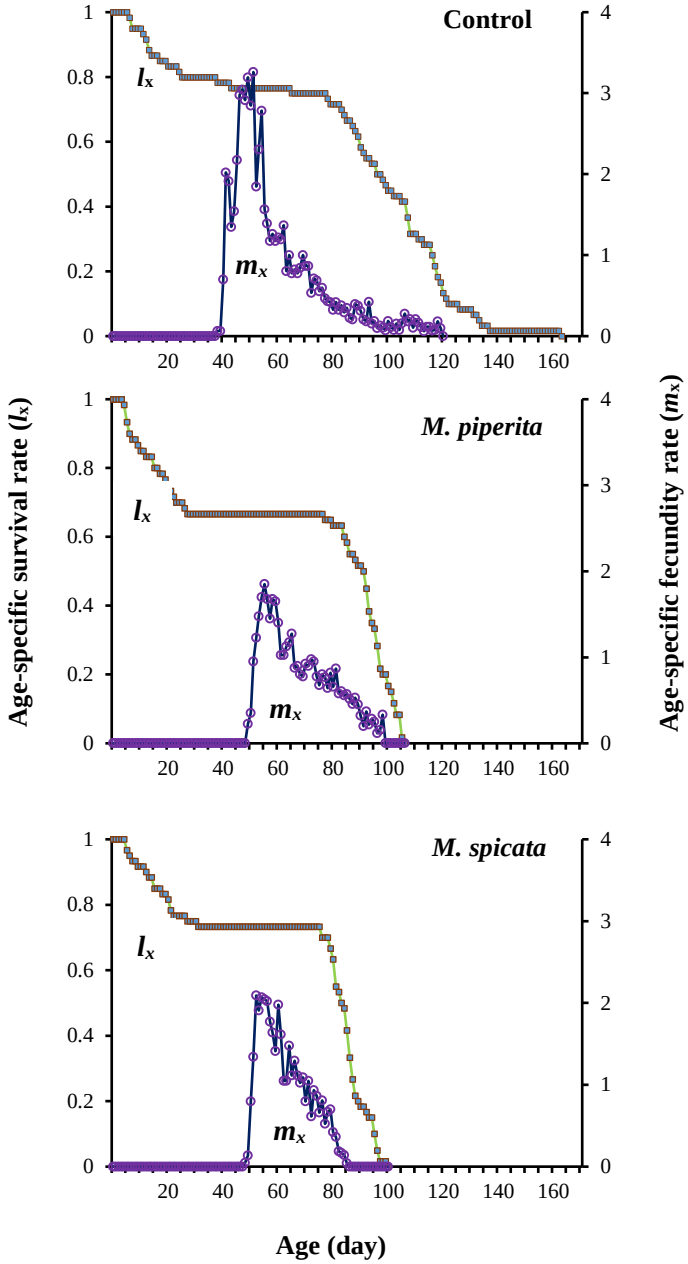
جدول ۴- اثرات زیرکشندگی مقادیر LC_{30} اسانس‌های *Mentha piperita* و *Mentha spicata* در فراسنجه‌های جدول زندگی (میانگین ± خطای معیار) *Rhyzopertha dominica*

Table 4. Sublethal effects of LC_{30} values of *Mentha piperita* and *Mentha spicata* essential oils on the life table parameters of *Rhyzopertha dominica*

Treatments	*GRR* (offspring per adult)	R_0 (offspring per adult)	r (day $^{-1}$)	λ (day $^{-1}$)	T (day)
M. piperita	40.819 ± 6.969 b	26.092 ± 5.077 b	0.0502 ± 0.0033 b	1.052 ± 0.0034 b	64.553 ± 0.775 a
M. spicata	39.039 ± 6.223 b	28.255 ± 4.997 b	0.0541 ± 0.0030 b	1.056 ± 0.0032 b	61.457 ± 0.403 b
Control	65.419 ± 10.780 a	48.105 ± 8.708 a	0.0719 ± 0.0038 a	1.075 ± 0.0041 a	53.666 ± 0.791 c

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P<0.05$).
R_0: net reproductive rate; r: intrinsic rate of increase; λ: finite rate of increase; T: mean generation time.

با توجه به شکل ۲ و نرخ زنده‌مانی سنی-مرحله‌ای (l_x)، فاصله بین مرحله تخم تا مرگ آخرین ماده در تیمارهای شاهد و اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* به‌ترتیب ۱۶۳، ۱۰۶ و ۱۰۰ روز می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار زادآوری ویژه سنی-مرحله‌ای (m_x) در گروه شاهد و اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* به‌ترتیب ۳/۲۶، ۱/۸۵ و ۲/۰۹ تخم (به‌ترتیب بعد از ۵۱، ۵۵ و ۵۲ روز) بود. به عبارت دیگر، زنده‌مانی سنی-مرحله‌ای و زادآوری سنی-مرحله‌ای سوسک کشیش تحت تاثیر اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت (شکل ۲).



شکل ۲- نرخ زنده‌مانی سنی-مرحله‌ای (l_x) و نرخ زادآوری سنی-مرحله‌ای (m_x) *Rhyzopertha dominica* در برابر تدخین اسانس‌های *Mentha piperita* و *Mentha spicata* و گروه شاهد

Figure 2. Age-specific survival rate (l_x) and age-specific fecundity (m_x) of *Rhyzopertha dominica* exposed to the fumigation of *Mentha piperita* and *Mentha spicata* essential oils and control group

اثرات زیرکشندگی اسانس‌ها روی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات کامل سوسک کشیش

تاثیر مقادیر LC_{30} اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* روی شاخص‌های ضد تغذیه‌ای حشرات کامل سوسک کشیش در جدول ۵ نشان داده است. شاخص مصرف، نرخ مصرف نسبی و نرخ رشد نسبی در حشرات تغذیه‌کرده از غذای تیمار شده با اسانس‌های مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P<0.05$). همچنین تیمار غذا با اسانس *M. piperita*

کارایی تبدیل غذای خورده شده در حشره آفت را نسبت به گروه شاهد کاهش داد. شاخص بازدارندگی تغذیه اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* به‌ترتیب ۴۹/۰۶ و ۳۱/۱۳ درصد برآورد شد (جدول ۵).

جدول ۵- اثرات ضد تغذیه‌ای (میانگین ± خطای معیار) مقادیر LC_{30} اسانس‌های *Mentha piperita* و *Mentha spicata* علیه افراد بالغ *Rhyzopertha dominica*

Table 5. Anti-nutritional effects (mean±SE) of the LC_{30} values of *Mentha piperita* and *Mentha spicata* essential oils against *Rhyzopertha dominica* adults

Treatment	CI (mg/mg)	RCR (mg/mg/day)	RGR (mg/mg/day)	ECI (%)	FDI (%)
Control	14.803 ± 1.52 a	1.057 ± 0.109 a	0.0169 ± 0.002 a	1.583 ± 0.108 a	-
M. piperita	8.334 ± 0.663 b	0.595 ± 0.047 b	0.0044 ± 0.002 b	0.753 ± 0.199 b	49.06
M. spicata	11.286 ± 1.011 b	0.806 ± 0.072 b	0.0071 ± 0.002 b	0.934 ± 0.341 ab	31.13
ANOVA	$F_{2,18} = 8.33$	$F_{2,18} = 8.33$	$F_{2,18} = 9.61$	$F_{2,18} = 3.40$	-
	$P = 0.0027$	$P = 0.0027$	$P = 0.0014$	$P = 0.0559$	-

Means in a column followed by different lowercase letters are significantly different (Tukey test; $P<0.05$). CI, ECI, PCR, RGR, and FDI are consumption index, efficiency of conversion of ingested food, relative consumption rate, relative growth rate, and feeding deterrence index, respectively.

بحث

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* روی حشرات کامل سوسک کشیش سمیت تدخینی قابل توجهی دارند. خواص حشره‌کشی برخی از اسانس‌های گیاهی روی سوسک کشیش در سال‌های اخیر بررسی و گزارش شده است. برای مثال، سمیت تدخینی اسانس کرفس (*Apium graveolens* L.) روی حشرات کامل سوسک کشیش با مقدار LC_{50} ۵۳/۵۱ میکرولیتر بر لیتر طی ۲۴ ساعت گزارش شده است (Ebadollahi, 2018). در پژوهشی مشابه، سمیت تدخینی اسانس مرزه طالشی (*Satureja intermedia* C. A. Mey) روی حشرات کامل سوسک کشیش با مقدار LC_{50} ۲۴ ساعته ۱۲/۸ میکرولیتر بر لیتر گزارش شد (Ebadollahi & Setzer, 2020). همچنین، همسو با نتایج پژوهش حاضر، سمیت تدخینی اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* به‌ترتیب با مقادیر LC_{50} ۲۴ ساعته ۰/۳۷ و ۰/۱۵ میکرولیتر بر لیتر روی موریانه‌های کارگر *R. dabieshanensis* گزارش شده است (Wu *et al*., 2023). در پژوهشی دیگر، سمیت تدخینی اسانس *M. piperita* با مقدار LC_{50} ۲۴ ساعته ۱۱/۰ میکرولیتر بر لیتر روی کنه تارتن دولکه‌ای ثبت شده است (De Souza *et al*., 2022). با این حال، مقادیر LC_{50} ۲۴ ساعته اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* در پژوهش حاضر (به‌ترتیب از ۱۶/۷۲ و ۴۱/۱۱ میکرولیتر بر لیتر) با مقادیر متناظر برآورد شده در مطالعات بیان‌شده متفاوت می‌باشد. به نظر می‌رسد اختلاف در سمیت اسانس‌های مذکور می‌تواند ناشی از متفاوت بودن گونه آفت مورد مطالعه و عوامل تاثیرگذار در اجزای شیمیایی این اسانس‌ها از قبیل شرایط جغرافیایی و آب و هوایی مختلف باشد (Wu *et al*., 2023).

به‌طور کلی، مواجه حشرات با ترکیبات حشره‌کش مثل اسانس‌های گیاهی می‌تواند موجب افزایش طول مدت مراحل رشدی قبل از بلوغ شده و در نتیجه باعث کاهش زنده‌مانی و افزایش میزان مرگ و میر آن‌ها شود (Naseri *et al*., 2017). بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تدخین اسانس‌های *M. piperata* و *M. spicata* موجب افزایش معنی‌دار مدت زمان تفریخ تخم، طول دوره‌های لاروی و شفیرگی و نشو و نمای پیش از بلوغ سوسک کشیش شد. همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، افزایش طول دوره نشو و نمای سوسک کشیش تحت تاثیر اسانس‌های زنیان و رازیانه توسط نوری قنبلانی و همکاران گزارش شده است (Nouri Ganbalani *et al*., 2023). دوره پیش از تخم‌گذاری افراد بالغ (APOP) و کل دوره پیش از تخم‌گذاری (TPOP) تحت تاثیر اسانس‌ها افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد. زادآوری و طول عمر حشرات کامل نر و ماده سوسک کشیش تحت تاثیر اسانس‌های *M.*

piperata و *M. spicata* کاهش معنی‌داری داشت. در تایید نتایج پژوهش حاضر،کاهش زادآوری و طول عمر حشرات کامل سوسک کشیش تحت تاثیر اسانس‌های گیاهی در پژوهش‌های اخیر گزارش شده است (Abo Arab *et al*., 2022; Nouri Ganbalani *et al*., 2023; Mohamed & Abotaleb, 2024). فراسنجه‌های جمعیتی سوسک کشیش شامل مقادیر r، R_0، GRR و λ تحت تاثیر اسانس‌های *M. piperata* و *M. spicata* به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. همچنین میانگین مدت زمان یک نسل تحت تاثیر اسانس‌ها نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت. علاوه بر آن، مقادیر l_x و m_x سوسک کشیش تحت تاثیر این اسانس‌ها کاهش پیدا کرد. نتایج مشابهی از نظر کاهش فراسنجه‌های جمعیتی r، R_0 و λ و مقادیر l_x و m_x در سوسک کشیش تحت تاثیر اسانس‌های گیاهی در پژوهش‌های اخیر ثبت شده است (Nouri Ganbalani *et al*., 2023). در حقیقت کاهش مقدار r به‌عنوان مهم‌ترین فراسنجه برای پیش‌بینی رشد جمعیت، می‌تواند ناشی از زنده‌مانی، زادآوری و مقدار R_0 کمتر و در عین حال دوره نشو و نمای طولانی‌تر آفت باشد (Naghizadeh *et al*., 2019). این امر نشان می‌دهد که برخی از اسانس‌های گیاهی از قبیل اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* علاوه بر سمیت حاد کشندگی، از نظر داشتن اثرات زیرکشندگی روی شاخص‌های جمعیتی سوسک کشیش هم می‌توانند مورد توجه قرار گیرند.

استفاده از مقادیر LC_{30} اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* شاخص‌های تغذیه‌ای شامل شاخص مصرف، نرخ مصرف نسبی و نرخ رشد نسبی را در حشرات کامل سوسک کشیش کاهش داد. کارایی تبدیل غذای خورده شده در حشره آفت تحت تاثیر اسانس *M. piperita* نسبت به گروه شاهد کاهش یافت. همچنین شاخص بازدارندگی تغذیه‌ای اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* به‌ترتیب ۴۹/۰۶ و ۳۱/۱۳ درصد برآورد شد. کاهش نرخ مصرف نسبی نشان می‌دهد که حشره تحت تاثیر تدخین اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* از خوردن غذا خودداری کرده است. احتمالا ترکیبات موجود در اسانس در عملکرد سیگنال‌های تحریک‌کننده تغذیه آفت اختلال ایجاد می‌کنند. همچنین با کاهش نرخ رشد نسبی که می‌تواند ناشی از کاهش مصرف نسبی و کارآیی تبدیل غذای هضم شده باشد، نرخ بهره‌برداری حشره از غذا کاهش پیدا کرده است (Ikawati *et al*., 2020). احتمالا کاهش مصرف نسبی، نرخ رشد نسبی و کارآیی تبدیل غذای هضم شده روی فراسنجه‌های زیستی و جمعیتی آفت تاثیرگذار بوده است. به عبارت دیگر، افزایش معنی‌دار مدت زمان تفریخ تخم، طول دوره‌های لاروی و شفیرگی و رشد و نمو سوسک کشیش در کنار کاهش زادآوری، طول عمر و فراسنجه‌های جمعیتی آفت می‌تواند ناشی از اختلال در شاخص‌های تغذیه‌ای آفت تحت تاثیر تدخین اسانس‌های *M. piperata* و *M. spicata* باشد. مشابه یافته‌های پژوهش حاضر، کاهش شاخص‌های تغذیه‌ای سوسک کشیش تحت تاثیر برخی از اسانس‌های گیاهی در پژوهش‌های اخیر گزارش شده است. برای مثال، تدخین مقادیر LC_{30} اسانس‌های استخراج شده از گونه‌های *E. microtheca*، *E. procera* و *E. spatulata* اکالیپتوس (به‌ترتیب ۱۲/۶۰، ۱۰/۶۶ و ۲۱/۸۴ میکرولیتر بر لیتر) موجب کاهش معنی‌دار شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات کامل سوسک کشیش شامل شاخص مصرف، نرخ مصرف نسبی و نرخ رشد نسبی شد (Ebadollahi *et al*., 2022a). در پژوهشی مشابه، کاهش مقادیر شاخص مصرف، نرخ مصرف نسبی، نرخ رشد نسبی و کارایی تبدیل غذای خورده‌شده حشرات کامل سوسک کشیش، همانند آنچه که در مورد اسانس *M. piperita* در پژوهش حاضر مشاهده شد، تحت تاثیر اسانس آویشن کوهی *T. kotschyanus* توسط عباداللهی و همکاران (Ebadollahi *et al*., 2022b) ثبت شده است. مقدار شاخص بازدارندگی تغذیه‌ای اسانس آویشن کوهی در این پژوهش در غلظت ۷۵/۵۷ میکرولیتر بر لیتر (LC_{30})، ۴۰/۸۲ درصد بود. نتایج پژوهش‌های بیان‌شده، همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، نشان می‌دهند که کارآیی تغذیه‌ای حشرات کامل سوسک کشیش در برابر تدخین برخی از اسانس‌های گیاهی کاهش می‌یابد. البته باید توجه داشت که تفاوت در مقادیر مربوط به غلظت‌های کشنده ۳۰ درصد و درصد بازدارندگی تغذیه‌ای می‌تواند ناشی از تفاوت در گونه گیاهی مورد مطالعه باشد. در یک تحقیق، اثرات بازدارندگی تغذیه‌ای اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* روی لاروهای برگ‌خوار مصری پنبه (*Spodoptera littoralis* (Boisduval)) در غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر سانتی‌متر مربع به‌ترتیب برابر با ۷۴/۶ و ۷۲/۸ درصد توسط والکارسل و همکاران (Valcárcel *et al*., 2021) گزارش شده است. علاوه بر آن، این پژوهشگران نشان دادند که اثرات کشندگی

و ضد تغذیه‌ای این اسانس‌ها با ترکیبات خالص موجود در آنها از قبیل ترپن‌های منتون، منتول و لیمونن در اسانس *M. piperita* و کاروون، ۸،۱-سینئول و منتول در اسانس *M. spicata* ارتباط دارد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اثرات کشندگی و ضدتغذیه‌ای اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* احتمالا به‌دلیل تاثیر جداگانه و هم‌زمان ترکیبات خالص حشره‌کش در این اسانس‌ها می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تدخین اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* می‌تواند تلفات بالایی در جمعیت حشرات کامل سوسک کشیش ایجاد کند. علاوه بر اثرات حاد کشندگی، مواجه آفت با غلظت زیرکشنده اسانس‌ها (LC_{30}) موجب بروز اختلال‌های گسترده‌ای در فراسنجه‌های زیستی و جمعیتی و شاخص‌های تغذیه‌ای آفت می‌شود. بنابراین، اسانس‌های *M. piperita* و *M. spicata* را به‌عنوان عوامل کنترل طبیعی کارآمد و در عین حال در دسترس برای کنترل سوسک کشیش می‌توان پیشنهاد داد. با این حال، تهیه فرمولاسیون‌های جدید در راستای افزایش کارآیی حشره‌کشی و دوام این عوامل، شناسایی ترکیبات خالص و بررسی اثرات حشره‌کشی جداگانه و هم‌زمان آنها و همچنین بررسی اثرات جانبی این اسانس‌ها روی موجودات غیر هدف از قبیل شکارگرها و پارازیتوئیدها می‌تواند در تصمیم‌گیری برای امکان کاربرد این عوامل به‌عنوان جایگزین‌های کم‌خطر و کارآمد برای آفت‌کش‌های شیمیایی مثمر ثمر باشد.

سپاسگزاری

از حمایت‌های مالی مسئولین محترم دانشگاه محقق اردبیلی از پژوهش حاضر قدردانی می‌شود.

References

Abo Arab, R. B., El-Tawelah, N. M., Abouelatta, A. M., & Hamza A. M. (2022). Potential of selected plant essential oils in management of *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.) on wheat grains. *Bulletin of the National Research Centre*, *46*, 192. **DOI: https://doi.org/10.1186/s42269-022-00894-x**

Ahmad, M. F., Ahmad, F. A., Alsayegh, A. A., Zeyaullah, M., AlShahrani, A. M., Muzammil, K., Saati, A. A., Wahab, S., Elbendary, E. Y., Kambal, N., Abdelrahman, M. H., & Hussain, S. (2024). Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, *10*(7), e29128. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29128**

Arthur, F., Ondier, G., & Siebenmorgen, T. (2011). Impact of *Rhyzopertha dominica* (F.) on quality parameters of milled rice. *Journal of Stored Products Research*, *48*, 137-142. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.10.010**

Aulicky, R., Stejskal, V., Frydova, B., & Athanassiou, C. (2022). Evaluation of Phosphine resistance in populations of *Sitophilus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis* and *Rhyzopertha dominica* in the Czech Republic. *Insects*, *13*(12), 1162. **DOI: https://doi.org/10.3390/insects13121162**

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*, *46*(2), 446–475. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106**

Chi, H. (2022). TWOSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. **http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWOSEX-MSChart.zip**

Chi, H., & Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute Zoology Academia Sinica*, *24*, 225-240.

D'Addabbo, T., & Avato, P. (2021). Chemical Composition and nematicidal properties of sixteen essential oils-a review. *Plants*, *10*(7), 1368. **DOI: https://doi.org/10.3390/plants10071368**

De Souza, L. P., Zuim, V., Stinguel, P., Pinheiro, P. F., & Zago, H. B. (2022). Toxicity of essential oil of *Mentha piperita* (Lamiaceae) and its monoterpenoid menthol against *Tetranychus urticae* Kogan 1836 (Acari: Tetranychidae). *An Acad Bras Ciênc*. *94*, e20200427. **DOI: https://doi.org/ 10.1590/0001-3765202220200427**

Ebadollahi, A. (2018). Fumigant toxicity and repellent effect of seed essential oil of celery against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* F. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *21*(1), 146-154. **DOI: https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1445036**

Ebadollahi, A. (2022). Chemical composition, fumigant toxicity and biochemical and anti-nutritional effects of the essential oil of *Eucalyptus oleosa* Muell. against the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.). *Plant Pest Research, 12*(2): 35-50. **DOI: https://doi.org/10.22124/iprj.2022.5793**

Ebadollahi, A. (2023). Plant essential oil: Natural-origin insecticides and acaricides (1st ed.). University of Mohaghegh Ardabili Press, Ardabil, Iran. (In Persian).

Ebadollahi, A., & Setzer, W.N. (2020). Evaluation of the toxicity of *Satureja intermedia* C. A. Mey essential oil to storage and greenhouse insect pests and a predator ladybird. *Foods, 9*, 712. **DOI: https://doi.org/10.3390/foods9060712**

Ebadollahi, A., Naseri, B., Abedi, Z., & Setzer, W. N. (2022b). Chemical profiles and insecticidal potential of essential oils isolated from four *Thymus* species against *Rhyzopertha dominica* (F.). *Plants, 11*(12), 1567. **DOI: https://doi.org/10.3390/plants11121567**

Ebadollahi, A., Naseri, B., Abedi, Z., Setzer, W. N., & Changbunjong, T. (2022a). Promising insecticidal efficiency of essential oils isolated from four cultivated *Eucalyptus* species in Iran against the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.). *Insects, 13*(6), 517. **DOI: https://doi.org/10.3390/insects13060517**

Giamperi, L., Fraternale, D., & Ricci, D. (2002). The in vitro action of essential oils on different organisms. *Journal of Essential Oil Research*, *14*, 312-318. **DOI: https://doi.org/10.1080/ 10412905.2002.9699865**

Hudz, N., Kobylinska, L., Pokajewicz, K., Horčinová Sedláčková, V., Fedin, R., Voloshyn, M., Myskiv, I., Brindza, J., Wieczorek, P. P., & Lipok, J. (2023). *Mentha piperita*: Essential oil and extracts, their biological activities, and perspectives on the development of new medicinal and cosmetic products. *Molecules*, *28*, 7444. **DOI: https://doi.org/10.3390/ molecules28217444**

Ikawati, S., Himawan, T., Abadi, A. L., & Tarno, H. (2020). Fumigant and feeding deterrent activity of essential oils against *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemophloeidae). *Biodiversitas, 21,* 4301-4308. **DOI: https://doi.org/10.13057/biodiv/d210948**

Isman, M. B., & Grieneisen, M. L. (2014). Botanical insecticide research: Many publications, limited useful data. *Trends in Plant Science, 19*, 140-145. **DOI: https://doi.org/10.1016/ j.tplants.2013. 11.005**

Isman, M. B., Koul, O., Luczynski, A., Kaminski, J. (1990). Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadiractin content. *Journal of Agriculture and Food Chemistry, 38,* 1406-1411. **DOI: https://doi.org/10.1021/jf00096a024**

Jirovetz, L., Buchbauer, G., Bail, S., Denkova, Z., Slavchev, A., Stoyanova, A., Schmidt, E., & Geissler, M. (2009). Antimicrobial activities of essential oils of mint and peppermint as well as some of their main compounds. *Journal of Essential Oil Research, 21,* 363-366. **DOI: https://doi.org/10.1080/ 10412905.2009.9700193**

Moghaddam, M., Pourbaige, M., Kourosh, Tabar, H., Farhadi, N., & Ahmadi Hosseini, S. M. (2013). Composition and antifungal activity of peppermint (*Mentha piperita*) essential oil from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants, 16*, 506-512. **DOI: https://doi.org/10.1080/0972060X. 2013.813265**

Mohamed, E. M., & Abotaleb, A. O. (2024). Investigating the impact of select oils on mortality and progeny production of *Rhyzopertha dominica* infesting wheat. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Development, 1,* 173-187. **DOI: https://doi.org/10.21608/JASSD.2024.260957.1005**

Naghizadeh, S., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Golizadeh, A., & Esmaielpour, B. (2019). Insecticidal activity of essential oils from *Artemisia absinthium* L., *Artemisia dracunculus* L. and *Achillea millefolium* L. against *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Crop Protection, 8*, 479-489. **http://jcp.modares.ac.ir/article-3-23118-en.html**

Naseri, B., Abedi, Z., Abdolmaleki, A., Jafary-Jahed, M., Borzoui, E., & Mansouri, S.M. (2017). Fumigant toxicity and sublethal effects of *Artemisia khorassanica* and *Artemisia sieberi* on *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Insect Science, 15*(5), 100. **DOI: https://doi.org/10.1093/jisesa/iex073**

Nouri Ganbalani, G., Abedi, Z., Mottaghinia, L., & Nouri, A. (2023). Lethal and sublethal effects of essential oils of Ajwain (*Carum copticum* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) along with diatomaceous earth on some life table parameters of the lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, *53*(2), 209-224. **DOI: 10.22059/ijpps.2022.345412.1007008**

Pang, X., Feng, Y. X., Qi, X. J., Wang, Y., Almaz, B., Xi, C., & Du, S. S. (2020). Toxicity and repellent activity of essential oil from *Mentha piperita* Linn. leaves and its major monoterpenoids against three stored product insects. *Environmental science and pollution research international*, *27*(7), 7618–7627. **DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-019-07081-y**

Razmjou, J., Ebadollahi, A., & Abedi, Z. (2024). Effect of wheat cultivars, with varying resistance levels to *Rhyzopertha dominica*, on life history parameters of the ectoparasitoid wasp *Anisopteramalus calandrae*. *Journal of Stored Products Research*, *109*, 102475. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102475**

Reddy, S. E., Kirti Dolma, S., Koundal, R., & Singh, B. (2016). Chemical composition and insecticidal activities of essential oils against diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Natural Product Research*, *30*, 1834-1838. **DOI: https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1068772**

Rees, D. (2007). Insects of stored grain: A pocket reference. CSIRO Publishing, Australia.

Sharifiyan, M., Mehrkhou, F., & Negahban, M. (2024). Sublethal effects of nanoformulated *Mentha pulegium* L. Essential oil on the biological and population growth parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, (Hemiptera: Aleyrodidae). *Scientific Reports*, *14*(1), 1-13. **DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-024-78249-x**

Su, L., Adam, B. D., Arthur, F. H., Lusk, J. L., & Meullenet, J. F. (2019). The economic effects of *Rhyzopertha dominica* on rice quality: Objective and subjective measures. *Journal of Stored Products Research*, *84*, 101505. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.08.002**

Valcárcel, F., Olmeda, A. S., González, M. G., & Andrés, M. F. (2021). Acaricidal and insect antifeedant effects of essential oils from selected aromatic plants and their main components. *Frontiers in Agronomy*, *3*, 662802. **DOI: https://doi.org/10.3389/fagro.2021.662802**

Waldbauer, G.P. (1968). The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*, *5*, 229-288. **DOI: https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60230-1**

Wu, Z., Jin, C., Chen, Y., Yang, S., Yang, X., Zhang, D., & Xie, Y. (2023). *Mentha* spp. Essential Oils: A potential toxic fumigant with inhibition of acetylcholinesterase activity on *Reticulitermes dabieshanensis*. *Plants*, *12*(23), 4034. **DOI: https://doi.org/10.3390/plants12234034**

Plant Pest Research

Research paper 2024- 14 (4): 17-30	https://doi.org/ iprj.2025.29287.1617	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

Lethal and sub-lethal effects of essential oils of two *Mentha* species on the biological and nutritional characteristics of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*

A. Ebadollahi*

Department of Plant Sciences, Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

✉ ebadollahi@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-3276-1608

Received: 18 December 2024 | *Accepted:* 25 January 2025 |

Abstract

The lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.), with a worldwide distribution, is among the important pests of stored products, which causes significant economic damage to cereal grains such as wheat and rice. The lethal and sub-lethal effects of essential oils extracted from two species of the *Mentha*, including *Mentha piperita* L. and *Mentha spicata* L., on biological and life-table parameters and nutritional indices of *R. dominica* at 28±1°C, 60±5% relative humidity, and 14:10 h (light:darkness) photoperiod were evaluated in the current study. Results indicated that both essential oils were toxic to the adults of *R. dominica*, in which *M. piperita* essential oil with lower LC_{50} (16.72 and 12.55 µl/l, respectively) had more fumigant toxicity compared to*M. spicata* essential oil (41.11 and 35.73 µl/l, respectively) after 24 and 48 h. The egg incubation period and development time of immature stages were increased by essential oils' treatments. Female fecundity and adults longevity along with population parameters of the pest, including *r* (intrinsic rate of population increase), R_0 (net reproductive rate), *GRR* (gross reproductive rate), and λ (finite rate of population increase), exposed to the essential oils were decreased. Nutritional indices, including consumption index, relative consumption rate, and relative growth rate, of pest treated with essential oils were also significantly reduced compared to the control group. Results revealed that *M. piperita* and *M. spicata* essential oils, as available and eco-friendly botanical agents, possess significant potential for the management of *R. dominica*.

Key words: Botanical agents, life-table parameters, nutritional indices, toxicity

Citation: Ebadollahi, A. (2025).Lethal and sublethal effects of essential oils of two *Mentha* species on the biological and nutritional characteristics of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. *Plant Pest Research*, *14*(*4*), 17-30. **Doi: https://doi.org/ iprj.2025.29287.1617**

*Corresponding author: ebadollahi@uma.ac.ir

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)