



خواص حشره‌کشی اسانس‌های زنیان و زیره سبز روی شپشه برنج، *Sitophilus oryzae*: سمیت تدخینی، فعالیت ضدتغذیه‌ای و تاثیر در فراسنجه‌های زیستی و جمعیتی

عسگر عباداللهی*

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

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

چکیده: شپشه برنج، *Sitophilus oryzae* (L.)، یکی از خطرناک‌ترین آفات دانه‌های غلاتی مانند برنج، گندم، جو و ذرت در ایران و بسیاری از کشورهای جهان است. در پژوهش حاضر، فعالیت‌های حشره‌کشی اسانس‌های زیره سبز و زنیان روی شپشه برنج بررسی شد. بررسی اجزای شیمیایی اسانس‌ها نشان داد که بتا-پینن، کومین-آلدهید، سایمن و گاما-ترپینن در اسانس زیره سبز و سایمن، تیمول، گاما-ترپینن و آلفا-پینن در اسانس زنیان ترکیبات غالب بودند. مقادیر LC_{50} ۲۴ ساعته اسانس‌های زیره سبز و زنیان به ترتیب ۱۰۰/۸۹ و ۱۷۲/۴۸ میکرولیتر بر لیتر برآورد شد. تیمار حشرات کامل شپشه برنج با مقادیر LC_{30} اسانس‌های زیره سبز و زنیان (به ترتیب ۷۴/۲۸ و ۱۳۰/۳۱ میکرولیتر بر لیتر) باعث افزایش معنی‌دار طول دوره رشد و نمو پیش از بلوغ آفت شد. دوره پیش از تخم‌گذاری افراد بالغ و کل دوره پیش از تخم‌گذاری تحت تاثیر اسانس‌ها افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشت. زادآوری و طول عمر حشرات کامل نر و ماده و همچنین فراسنجه‌های جمعیتی آفت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) تحت تاثیر اسانس‌ها کاهش یافت. شاخص‌های تغذیه‌ای آفت هم شامل شاخص مصرف، نرخ مصرف نسبی و نرخ رشد نسبی تحت تاثیر مقادیر LC_{30} اسانس‌های زیره سبز و زنیان کاهش پیدا کرد. بنابراین، اسانس‌های زیره سبز و زنیان به عنوان آفت‌کش‌های طبیعی کارآمد و دوستدار محیط زیست در راستای جایگزینی با ترکیبات شیمیایی خطرناک در مدیریت شپشه برنج برای انجام بررسی‌های تکمیلی پیشنهاد می‌شوند.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۹/۲۸

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۱/۱۸

واژه‌های کلیدی: آفت انباری، اثرات زیرکشندگی، حشره‌کش‌های گیاهی، سمیت

Citation: Ebadollahi, A. (2025). Insecticidal effects of ajwain and cumin essential oils against the rice weevil, *Sitophilus oryzae*: Fumigant toxicity, antinutritional activity, and effect on biological and population parameters. *Plant Pest Research*, 15(1), 1-15. Doi: <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.29459.1620>



*Corresponding author: ebadollahi@uma.ac.ir

مقدمه

شپشه برنج، *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)، از آفات مهم برنج در ایران و بسیاری از کشورهای جهان محسوب می شود. این حشره پراکنش جهانی داشته و در هر دو مرحله حشره کامل و لارو قادر به ایجاد خسارت اقتصادی روی دانه های غلات انباری از قبیل برنج، گندم، جو و ذرت می باشد (Bagheri-Zenouz, 2010). البته علاوه بر دانه های غلات، دامنه گسترده ای از محصولات انباری شامل میوه های خشک، دانه های روغنی، حبوبات، ادویه ها و سبزیجات خشک به عنوان میزبان می توانند توسط شپشه برنج مورد حمله قرار گیرند (Ebrahimi, 2020).

با وجود اینکه استفاده از آفت کش های شیمیایی روش اصلی کنترل آفات انباری محسوب می شود، کاربرد بی رویه این ترکیبات اثرات جانبی متعددی مانند آلودگی محیط زیست، تهدید سلامتی انسان و موجودات غیر هدف و توسعه مقاومت آفات را در پی داشته است (Curl et al., 2010; Khan & Khan, 2023; Barbosa et al., 2024). برای مثال، مقاومت شپشه برنج به فسفین، به عنوان یکی از سموم تدخینی متداول در کنترل آفات محصولات انباری، در سال های اخیر طی پژوهش های متعددی اثبات شده است (Nguyen et al., 2015; Holloway et al., 2016; Aulicky et al., 2022). از این رو، معرفی ترکیبات کم خطر و در عین حال کارآمد در کنترل آفات انباری ضروری می باشد.

با توجه به نتایج پژوهش های اخیر، شپشه برنج حساسیت بالایی به ترکیبات گیاهی به خصوص اسانس های گیاهی داشته و امکان مدیریت آفت با این ترکیبات میسر می باشد (Abdelgaleil et al., 2016; Draz et al., 2022; Khoobdel et al., 2022). برای مثال، اسانس های نارنگی (*Citrus reticulata* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) علاوه بر خاصیت کشندگی روی حشرات کامل شپشه برنج با مقدار LC_{50} (غلظت کشنده ۵۰ درصد) ۱۰۴/۵ و ۱۰۸/۱ میلی گرم بر کیلو گرم بذر گندم طی ۲۱ ساعت، در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلو گرم بذر گندم باعث کاهش معنی دار درصد نتاج نسل اول آفت نسبت به گروه شاهد شده است (Abo Arab et al., 2022). در پژوهشی دیگر، استفاده از غلظت ۶ میلی گرم بر سانتی متر مربع از اسانس های ریحان، سیاه دانه (*Nigella Sativa* L.) و اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) تلفات بالای ۹۵ درصد در حشرات کامل شپشه برنج طی ۴۸ ساعت ایجاد کرده است (Al-Harbi et al., 2021). علاوه بر آن، مشخص شده است که ترکیبات موجود در اسانس های گیاهی به خصوص مونوترپن ها و سسکوئیدی ترپن ها سمیت قابل توجهی روی شپشه برنج دارند و ارتباط مستقیم خواص حشره کشی اسانس ها با این ترکیبات به اثبات رسیده است (Cardiet et al., 2012; Kim et al., 2013; Koutsaviti et al., 2018). برای مثال، کیم و همکاران (Kim et al., 2013) علاوه بر اینکه نشان دادند اسانس های شوید (*Anethum graveolens* L.)، زیره سیاه (*Carum carvi* L.) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) سمیت بالایی روی حشرات کامل شپشه برنج دارند، سمیت اسانس ها را با ترکیبات موجود در آن ها از قبیل آنتول، کاروون، کومین آلدهید، لینالول اکساید و نرال مرتبط دانستند. در پژوهشی دیگر، وانگ و همکاران (Wang et al., 2015) نشان دادند که وجود ترپن های لیمونن، ۴-ترپینئول و آلفا-ترپینئول به عنوان ترکیبات غالب اسانس گیاه کوکب (*Dahlia pinnata* Cav.) ارتباط مستقیمی با سمیت تدخینی این اسانس روی حشرات کامل شپشه برنج دارند. اسانس های زنیان (*Carum copticum* L.) و زیره سبز به عنوان گیاهان دارویی و خوراکی متداول و در دسترس از تیره چتریان^۱ از نظر استعداد حشره کشی در پژوهش های اخیر مورد توجه قرار گرفته اند. برای مثال، پیری و همکاران (Piri et al., 2020) سمیت اسانس زنیان و ترکیب عمده آن تیمول را به ترتیب با مقادیر LC_{50} ۶/۱ و ۷/۷ میکرو لیتر بر میلی لیتر روی لاروهای مینوز گوجه فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)) گزارش کردند. در پژوهشی دیگر، سمیت اسانس زیره سبز روی حشرات کامل سوسک کشیش (*Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae)) و شپشه آرد (*Tribolium confusum* Jacquelin du Val. (Coleoptera: Tenebrionidae)) توسط ضیائی و همکاران (Ziaee et al., 2023) گزارش شد.

^۱. Apiaceae

فراسنجه‌های زیستی و جمعیتی ابزارهایی کارآمد برای درک بویایی جمعیت حشرات تحت تاثیر شرایط مختلف محیطی بوده و در مدیریت حشرات آفات می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند (Price et al., 2011). نتایج پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که استفاده از اسانس‌های گیاهی علاوه بر کشندگی، دارای اثرات زیرکشندگی روی فراسنجه‌های زیستی و جمعیتی حشرات آفات محصولات انباری هستند (Jafari et al., 2021; Elbehery & Ibrahim, 2022; Nouri Ganbalani et al., 2022). برای مثال، جعفری و همکاران (Jafari et al., 2021) نشان دادند که استفاده از اسانس‌های ریحان (*O. basilicum*)، مرزنجوش (*Origanum vulgare* Mill.) و نعناع (*Mentha spicata* L.) فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی بید سیب‌زمینی (*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)) شامل طول دوره‌های لاروی، شفیره‌گی، زنده‌مانی قبل از بلوغ، طول دوره تخم‌ریزی، زادآوری و طول عمر حشرات کامل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) را به صورت معنی‌داری کاهش می‌دهند. بنابراین، با هدف معرفی آفت‌کش‌های طبیعی کم‌خطر در کنترل شپشه برنج، اثرات حشره‌کشی اسانس‌های زیره سبز و زنیان شامل سمیت تدخینی و اثرات زیرکشندگی روی فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی و شاخص‌های تغذیه‌ای آفت در پژوهش حاضر مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین به دلیل وجود ارتباط مستقیم بین خواص حشره‌کشی و اثرات زیستی اسانس‌ها، اجزای شیمیایی اسانس‌های زیره سبز و زنیان بررسی شده و ارتباط احتمالی ترکیبات موجود در آن‌ها با خواص حشره‌کشی مورد مطالعه بحث شد.

مواد و روش‌ها

اسانس‌های گیاهی

اسانس‌های گیاهان زنیان (*C. copticum*) و زیره سبز (*C. cyminum*)، از شرکت باریج اسانس کاشان خریداری شدند و تا زمان استفاده داخل ظروف شیشه‌ای با روکش آلومینیومی در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شدند. اجزای شیمیایی اسانس‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گاز (Agilent 7890B, Santa Clara, CA, USA) متصل به طیف‌سنج جرمی (Agilent 5977A) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی بررسی شد. طول، قطر و ضخامت ستون کروماتوگرافی گازی (HP-5ms) به ترتیب ۳۰ متر، ۰/۲۵ میلی‌متر و ۰/۲۵ میکرومتر بود. محلول اسانس با رقیق کردن در متانول به نسبت ۱:۱۰ تهیه شد. یک میکرولیتر از محلول در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس به دستگاه تزریق شد و از هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت ۰/۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد (Akhtari et al., 2022). شناسایی ترکیبات با مقایسه زمان‌های بازدارندگی ($Retention Time = RT$) و الگوی طیف‌های ترسیم شده توسط طیف‌سنج با منابع کتابخانه‌ای موجود در دستگاه شامل Wiley 7n.1 (Wiley, New York, USA) و NIST (Standard Reference Data, Gaithersburg, USA) انجام گرفت.

پرورش شپشه برنج

جمعیت اولیه شپشه برنج از کلنی موجود در گروه گیاهپزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. پرورش آفت در داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای که دهانه آن به منظور تأمین تهویه با پارچه توری پوشانده شده بود، صورت گرفت. پس از ریختن ۲۰۰ گرم برنج (رقم هاشمی)، ۵۰ عدد حشره کامل به داخل ظروف رهاسازی شدند و ظروف پرورش در اتاقک رشد با شرایط دمایی 28 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند (Cao et al., 2024). از حشرات کامل یک تا سه روزه برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

سمیت تدخینی اسانس‌ها

برای بررسی سمیت تدخینی اسانس‌های زیره سبز و زنیان، از حشرات کامل یک تا سه روزه شپشه برنج استفاده شد. دامنه غلظت‌ها با انجام آزمایش‌های اولیه و به روش لگاریتمی محاسبه شدند؛ غلظت‌های ۶۶/۴۰ تا ۱۵۳/۵۱ میکرولیتر بر لیتر از اسانس زیره سبز و ۱۱۴/۲۴ تا ۲۳۲/۰۵ از اسانس زنیان. بیست عدد حشره کامل آفت به داخل ظروف شیشه‌ای یک لیتری به عنوان اتاقک تدخین منتقل

شدند. قطعات دایره‌ای شکل کاغذ صافی به قطر ۳ سانتی‌متر تهیه شده و غلظت‌های مد نظر از هر اسانس به‌طور جداگانه به‌وسیله میکروپیپت روی قطعات کاغذ صافی ریخته شد. کاغذهای صافی تیمار شده داخل درپوش ظروف شیشه‌ای چسبانده شدند. جهت جلوگیری از خروج بخارات اسانس‌ها درپوش‌های ظروف بلافاصله به‌صورت غیر قابل نفوذ به هوا بسته شدند. در گروه‌های شاهد تمام مراحل به‌جز اضافه کردن غلظت‌های اسانس‌ها تکرار شدند. آزمایش‌ها در ۶ غلظت به همراه شاهد انجام گرفته و ۳ مرتبه تکرار شدند. تلفات حشرات در فواصل زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت به‌صورت پیوسته ثبت گردید.

اثر اسانس‌ها روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جمعیتی شپشه برنج

برای بررسی اثر زیرکشنده گی اسانس‌ها روی فراسنجه‌های جدول زندگی آفت، ابتدا ۲۰۰ عدد حشره کامل یک تا سه روزه شپشه برنج تحت تاثیر غلظت کشنده ۳۰ درصد اسانس‌های زیره سبز و زنیان (LC_{30})؛ به‌ترتیب ۷۴/۲۸ و ۱۳۰/۳۱ میکرولیتر بر لیتر قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت، هر جفت حشره نر و ماده برای تخم‌ریزی به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری حاوی ۲ گرم برنج (رقم هاشمی) منتقل شدند. ثبت تعداد تخم‌های گذاشته‌شده و نتایج مربوط به مراحل زیستی مختلف تا زمان مرگ همه حشرات کامل ادامه پیدا کرد و از داده‌های یادداشت‌شده برای بررسی ویژگی‌های زیستی مراحل قبل از بلوغ (طول دوره رشد و نمو و زنده‌مانی قبل از بلوغ) و افراد بالغ (طول دوره تخم‌ریزی، زادآوری و طول عمر حشرات کامل نر و ماده) استفاده شد. از نرخ زنده‌مانی سنی-مرحله‌ای (l_x)؛ نرخ زنده‌مانی در سن x و نرخ زادآوری سنی-مرحله‌ای (m_x)؛ تعداد تخم‌های گذاشته‌شده در دوره تولید مثل) برای برآورد فراسنجه-های جدول زندگی آفت استفاده شد (Chi & Liu, 1985).

اثر اسانس‌ها روی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات کامل شپشه برنج

اثرات ضد تغذیه‌ای غلظت‌های کشنده ۳۰ درصد اسانس‌های زیره سبز و زنیان (LC_{30})؛ به‌ترتیب ۷۴/۲۸ و ۱۳۰/۳۱ میکرولیتر بر لیتر) روی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات کامل شپشه برنج به‌صورت جداگانه بررسی شد. حشرات کامل آفت (۲۰۰ عدد) با مقادیر LC_{30} اسانس‌ها تیمار شده و پس از ۲۴ ساعت، حشرات زنده مانده (به‌صورت جداگانه برای هر اسانس و شاهد) در هفت گروه ۱۰ عددی به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری حاوی دو گرم بذر برنج (رقم هاشمی) منتقل شدند. وزن حشرات کامل قبل و بعد از تغذیه، وزن غذای داده شده و وزن غذای باقی‌مانده در انتهای آزمایش بعد از ۲ هفته تعیین شد. شاخص‌های تغذیه‌ای آفت شامل شاخص مصرف (CI)^۱، نرخ مصرف نسبی (RCR)^۲، نرخ رشد نسبی (RGR)^۳ و کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI)^۴ با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Waldbauer, 1968)؛

$$CI = F/A$$

$$RCR = F/TA$$

$$RGR = G/TA$$

$$ECI = G/F$$

در این روابط، F ، A ، T و G به‌ترتیب میانگین وزن خشک حشرات در طول دوره تغذیه (میلی گرم)، وزن خشک غذای خورده‌شده (میلی گرم)، دوره تغذیه (روز) و وزن خشک کسب‌شده در طول دوره تغذیه (میلی گرم) می‌باشند. همچنین شاخص بازدارندگی تغذیه (FDI)^۵ با استفاده از رابطه زیر برآورد شد؛

$$FDI = [(C - T)/C] \times 100$$

که در آن C و T به‌ترتیب میانگین وزن غذای خورده‌شده در گروه‌های شاهد و تیمار می‌باشند (Isman et al., 1990).

تجزیه داده‌ها

داده‌های سمیت تدخینی اسانس‌های زیره سبز و زنیان از نظر نرمال بودن با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنف ارزیابی شدند. داده‌های حاصل از سمیت تدخینی و فعالیت ضدتغذیه‌ای اسانس‌ها تجزیه واریانس شده و با استفاده از آزمون توکی در سطح

¹. Consumption Index

². Relative Consumption Rate

³. Relative Growth Rate

⁴. Efficiency of Conversion of Ingested Food

⁵. Feeding Deterrence Index

احتمال ۵ درصد مقایسه میانگین شدند. داده‌های مربوط به آزمایش‌های سمیت تدخینی به منظور محاسبه غلظت‌های کشنده و تخمین اطلاعات مربوط به خطوط رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) تجزیه پرویت شدند. وجود اختلاف آماری بین فراسنجه‌های زیستی با استفاده از آزمون بوت‌استرپ جفت‌شده^۱ انجام گرفت ($P < 0.05$). داده‌های حاصل از بررسی فراسنجه‌های جدول زندگی آفت با استفاده از روش بوت‌استرپ، ۱۰۰,۰۰۰ بار تکراردار شده و با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MSChart تجزیه آماری شدند (Chi, 2022).

نتایج

اجزای شیمیایی اسانس‌ها

نتایج بررسی اجزای شیمیایی اسانس‌های زیره سبز و زنیان در جدول ۱ نشان شده است. از مجموع ۹۲/۱۹ درصد از ترکیبات شناسایی شده در اسانس زیره سبز، ۶۸/۵۱ درصد اجزا مربوط به ترپن‌ها شامل مونوترپن‌های هیدروکربنه (۶۴/۰۴ درصد)، مونوترپنوئیدها (۲۲/۲۰ درصد)، سسکوئی‌ترپن‌های هیدروکربنه (۲/۴۱ درصد) و سسکوئی‌ترپنوئیدها (۰/۴۷ درصد) بودند. در بین ترکیبات ترپنی، بتا-پینن (۲۱/۱۸ درصد)، کومین‌آلدئید (۲۰/۶۱ درصد)، سایمن (۱۹/۹۰ درصد)، گاما-ترپنین (۱۱/۶۹ درصد) و آلفا-پینن (۸/۰۵ درصد) بیشترین مقدار را در اسانس زیره سبز داشتند. با این حال، ترکیب غیر ترپنی کومیک اسید (۲/۷۸ درصد) هم درصد بالایی در این اسانس داشت.

مونوترپن‌های هیدروکربنه (۵۸/۵۱ درصد) و مونوترپنوئیدها (۳۳/۳۶ درصد) ترکیبات اصلی اسانس زنیان را شامل شدند و در مجموع ۹۱/۸۷ درصد اجزای اسانس را به خود اختصاص دادند. در بین ترکیبات شناسایی شده، سایمن (۳۲/۵ درصد)، تیمول (۲۸/۳۹ درصد)، گاما-ترپنین (۲۰/۷۴ درصد)، آلفا-پینن (۳/۸۷ درصد) و کارواکرول (۳/۰۴ درصد) بیشترین مقدار را داشتند.

سمیت اسانس‌ها

بر اساس نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، داده‌های حاصل از سمیت اسانس‌های زیره سبز ($Z = 0.750$; Significant) و زنیان ($Z = 0.910$; Significant (2 tailed) = 0.378) روی حشرات کامل شپشه برنج دارای توزیع نرمال بودند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غلظت‌های مورد مطالعه از اسانس‌های زیره سبز ($F = 59.483$; $df = 5, 35$; $P < 0.001$) و زنیان ($F = 70.906$; $df = 5, 35$; $P < 0.001$) و زمان‌های در معرض قرارگیری در برابر تدخین این اسانس‌ها (به ترتیب $F = 19.444$; $df = 1, 35$; $P < 0.001$ و $F = 14.294$; $df = 1, 35$; $P < 0.001$) اثر معنی‌داری در تلفات آفت داشتند. با این حال، اثرات متقابل غلظت‌های اسانس‌ها و زمان‌های مورد مطالعه در تلفات آفت معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین غلظت مورد مطالعه از اسانس‌های زیره سبز و زنیان (به ترتیب ۱۵۳/۵۱ و ۲۳۲/۰۵ میکرولیتر بر لیتر) بیشترین درصد تلفات حشرات کامل شپشه برنج مربوط به تدخین بعد از ۴۸ ساعت را به وجود آوردند (به ترتیب ۸۳/۳۳ و ۸۵/۰۰ درصد) (شکل ۱).

نتایج تجزیه پرویت داده‌های سمیت تدخینی اسانس‌های زیره سبز و زنیان در جدول ۲ نشان داده شده است. مقادیر LC_{50} اسانس‌های زیره سبز و زنیان بعد از ۲۴ ساعت به ترتیب ۱۰۰/۸۹ و ۱۷۲/۴۸ میکرولیتر بر لیتر بود که با افزایش زمان تا ۴۸ ساعت به ترتیب تا ۸۳/۱۳ و ۱۵۵/۶۰ میکرولیتر بر لیتر کاهش پیدا کرد. به عبارتی دیگر، حساسیت حشرات کامل شپشه برنج با افزایش زمان به اسانس‌ها افزایش یافت. همچنین، با توجه به مقادیر پایین LC_{50} اسانس‌ها در هر دو زمان مورد مطالعه و عدم هم‌پوشانی حدود اطمینان مربوطه، اسانس زیره سبز سمیت بیشتری نسبت به اسانس زنیان داشت. مقادیر LC_{30} ۲۴ ساعته اسانس‌های زیره سبز و زنیان (به ترتیب ۷۴/۲۸ و ۱۳۰/۳۱ میکرولیتر بر لیتر) برای انجام آزمایش‌های زیرکشدگی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲).

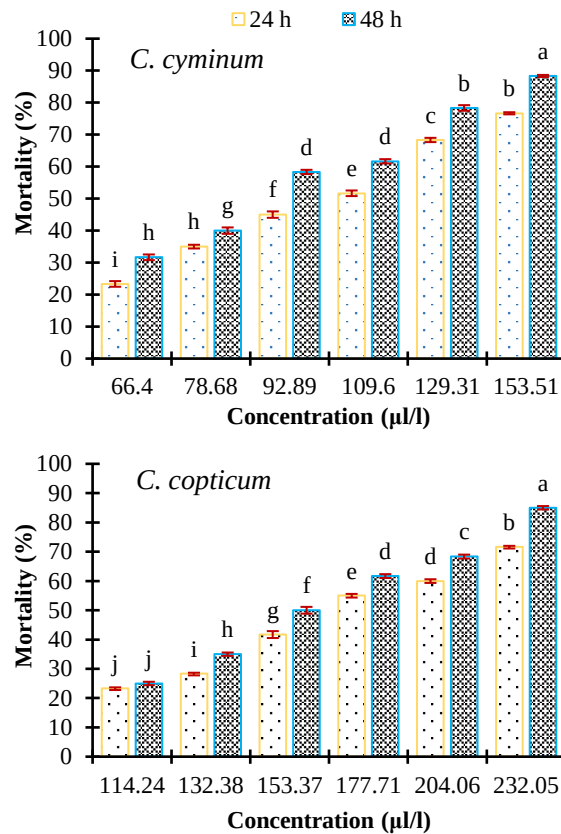
^۱. Paired bootstrap test

جدول ۱- اجزای شیمیایی اسانس های *Cuminum cyminum* و *Carum copticum*

Table 1. Chemical composition of *Cuminum cyminum* and *Carum copticum* essential oils

Identified Components	Formula and classification	<i>C. cyminum</i>		<i>C. copticum</i>	
		RT	%	RT	%
α -Thujene	$C_{10}H_{16}^{MH}$	6.726	0.19	-	-
α -Pinene	$C_{10}H_{16}^{MH}$	6.938	8.05	6.955	3.87
β -Pinene	$C_{10}H_{16}^{MH}$	8.649	21.18	-	-
β -Myrcene	$C_{10}H_{16}^{MH}$	8.969	0.31	8.935	1.40
Carene	$C_{10}H_{16}^{MH}$	9.536	0.30	-	-
Cymol	$C_{10}H_{16}^{MH}$	10.056	19.90	10.096	32.5
Limonene	$C_{10}H_{16}^{MH}$	10.371	1.23	-	-
γ -Terpinene	$C_{10}H_{16}^{MH}$	11.166	11.69	11.246	20.74
<i>p</i> -Cymenene	$C_{10}H_{16}^{MH}$	11.945	1.19	-	-
1,8-Cineole	$C_{10}H_{18}O^{OM}$	-	-	11.411	0.35
Linalool	$C_{10}H_{18}O^{OM}$	12.248	0.12	12.265	0.11
4-Terpineol	$C_{10}H_{18}O^{OM}$	14.434	0.43	14.393	0.82
Terpineol	$C_{10}H_{18}O^{OM}$	14.817	0.13	15.034	0.24
Cuminic aldehyde	$C_{10}H_{12}O^{OM}$	15.864	20.61	-	-
(S)-Carvone	$C_{10}H_{14}O^{OM}$	-	-	16.722	0.41
Phellandral	$C_{10}H_{16}O^{OM}$	16.923	0.58	-	-
Thymol	$C_{10}H_{14}O^{OM}$	-	-	17.014	28.39
Carvacrol	$C_{10}H_{14}O^{OM}$	17.461	0.33	17.638	3.04
Eugenol	$C_{10}H_{12}O_2^O$	-	-	18.794	0.11
Methyl cumate	$C_{11}H_{14}O_2^O$	19.137	0.29	-	-
Cumic acid	$C_{10}H_{12}O_2^O$	20.791	2.78	-	-
β -Farnesene	$C_{15}H_{24}^{SH}$	20.871	0.11	-	-
Zingiberene	$C_{15}H_{24}^{SH}$	21.392	1.98	-	-
Curcumene	$C_{15}H_{24}^{SH}$	21.460	0.11	-	-
Caryophyllene oxide	$C_{15}H_{24}^{SH}$	23.606	0.21	-	-
Carotol	$C_{15}H_{26}O^{OS}$	23.858	0.23	-	-
Nerolidol	$C_{15}H_{26}O^{OS}$	34.666	0.24	-	-
Monoterpene Hydrocarbon (MH)			64.04		58.51
Oxygenated Monoterpene (OM)			22.20		33.36
Sesquiterpene Hydrocarbon (SH)			2.41		-
Oxygenated Sesquiterpene (OS)			0.47		-
Others (O)			3.07		0.11
Total			92.19		91.98

RT is Retention Time. The compounds with lower than 0.10 were not shown.



شکل ۱- درصد تلفات حشرات کامل *Sitophilus oryzae* تحت تاثیر تدخین اسانس های *Cuminum cyminum* و *Carum copticum*

Figure 1. Mortality percentage of the adults of *Sitophilus oryzae* exposed to the fumigation of *Cuminum cyminum* and *Carum copticum* essential oils. Columns followed by different letters are significantly different based on the Tukey test ($P < 0.05$)

تاثیر در فراسنجه های زیستی و جدول زندگی شیشه برنج

تیمار حشرات کامل شیشه برنج با مقادیر LC_{30} اسانس های زیره سبز و زنیان باعث افزایش معنی دار طول دوره رشد و نمو پیش از بلوغ آفت شد ($P < 0.05$). با این حال، مدت زنده ماندن مراحل قبل از بلوغ آفت تحت تاثیر اسانس ها اختلاف معنی داری با گروه شاهد نداشت (جدول ۳). دوره پیش از تخم گذاری افراد بالغ (APOP) و کل دوره پیش از تخم گذاری (TPOP) تحت تاثیر اسانس ها افزایش معنی داری نسبت به گروه شاهد داشت. البته دوره پیش از تخم گذاری افراد بالغ افزایش بیشتری در تیمار اسانس زیره سبز نسبت به تیمار اسانس زنیان داشت. طول دوره تخم گذاری افراد بالغ هم تحت تاثیر اسانس ها نسبت به گروه شاهد کاهش معنی داری داشت ($P < 0.05$). زادآوری و طول عمر حشرات کامل نر و ماده شیشه برنج تحت تاثیر اسانس ها کاهش معنی داری نسبت به گروه شاهد داشت ($P < 0.05$). با این حال، مقدار کاهش در شاخص های بیان شده تحت تاثیر اسانس زیره سبز بیشتر بود (جدول ۳).

تغییر در فراسنجه های جدول زندگی شیشه برنج تحت تاثیر اسانس های زیره سبز و زنیان در جدول ۴ نشان داده شده است. فراسنجه های جمعیتی شیشه برنج شامل مقادیر r ، R_0 و GRR و λ تحت تاثیر اسانس ها در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی داری داشتند ($P < 0.05$). با این حال، میانگین مدت زمان یک نسل تحت تاثیر اسانس ها نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۴).

جدول ۲- تجزیه پروبیت داده های به دست آمده از سمیت تدخینی اسانس های *Cuminum cyminum* و *Carum copticum* روی حشرات کامل *Sitophilus oryzae*

Table 2. Probit analysis of data obtained from the fumigant toxicity of *Cuminum cyminum* and *Carum copticum* essential oils against adults of *Sitophilus oryzae*

Essential oil	Time (h)	Lethal concentrations with 95% confidence limits ($\mu\text{l/l}$)			Slope $\pm$ SE	X^2 ($df = 4$)	Sig.
		LC ₃₀	LC ₅₀	LC ₉₀			
<i>C. cyminum</i>	24	74.28 (66.49 - 80.39)	100.89 (94.76 - 107.41)	213.21 (184.12 - 266.73)	3.94 $\pm$ 0.45	0.92	0.92*
	48	66.55 (59.31 - 72.26)	87.13 (81.55 - 92.17)	168.27 (151.54 - 195.79)	4.48 $\pm$ 0.46	2.52	0.64*
<i>C. copticum</i>	24	130.31 (118.31 - 139.56)	172.48 (163.12 - 183.27)	342.22 (295.34 - 431.80)	4.31 $\pm$ 0.52	1.00	0.91*
	48	123.36 (113.13 - 131.43)	155.60 (147.93 - 163.08)	274.43 (248.86 - 316.30)	5.20 $\pm$ 0.53	1.97	0.74*

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

جدول ۳- اثرات زیر کشندگی اسانس های *Cuminum cyminum* و *Carum copticum* در فراسنجه های زیستی (میانگین $\pm$ خطای معیار) *Sitophilus oryzae*

Table 3. Sublethal effects of *Cuminum cyminum* and *Carum copticum* essential oils on the biological parameters (mean $\pm$ SE) of *Sitophilus oryzae*

Treatments	Control	<i>C. cyminum</i>	<i>C. copticum</i>
Developmental time (day)	38.24 $\pm$ 0.25 b	43.32 $\pm$ 0.25 a	42.174 $\pm$ 0.32 a
Preadult survival (day)	0.833 $\pm$ 0.049 a	0.717 $\pm$ 0.059 a	0.767 $\pm$ 0.054 a
APOP (day)	3.540 $\pm$ 0.133 c	4.261 $\pm$ 0.112 b	4.897 $\pm$ 0.201 a
TPOP (day)	41.922 $\pm$ 0.314 b	47.612 $\pm$ 0.413 a	47.378 $\pm$ 0.509 a
Oviposition period (day)	42.572 $\pm$ 1.449 a	23.935 $\pm$ 1.320 c	27.843 $\pm$ 1.218 b
Fecundity (offspring)	256.799 $\pm$ 12.821 a	86.570 $\pm$ 5.391 c	140.249 $\pm$ 8.138 b
Female adult longevity (day)	60.073 $\pm$ 1.983 a	31.586 $\pm$ 1.661 c	38.583 $\pm$ 1.285 b
Male adult longevity (day)	49.824 $\pm$ 2.376 a	29.474 $\pm$ 1.694 c	35.787 $\pm$ 1.711 b

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

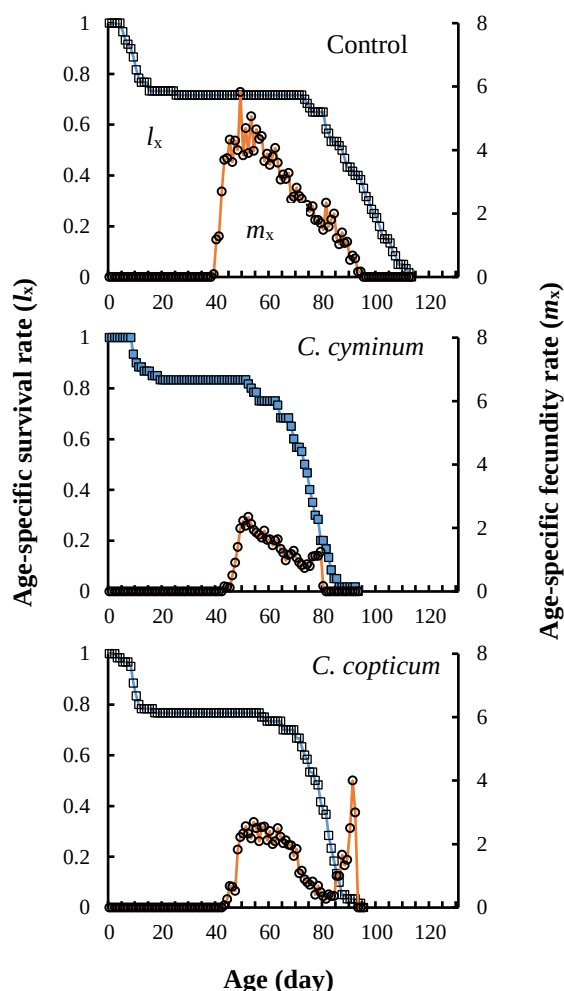
با توجه به شکل ۲ و نرخ زندهمانی سنی-مرحله ای (l_x)، فاصله بین مرحله تخم تا مرگ آخرین ماده در تیمارهای شاهد و اسانس های زیره سبز و زنیان به ترتیب ۱۱۲، ۸۶ و ۹۵ روز می باشد. به عبارتی دیگر، مقدار l_x شپشه برنج تحت تاثیر اسانس ها کاهش یافته است. بیشترین مقدار زادآوری ویژه سنی-مرحله ای (m_x) در گروه شاهد و اسانس های زیره سبز و زنیان به ترتیب ۵/۸۴، ۲/۳۵ و ۴ تخم (به ترتیب بعد از ۴۹، ۵۲ و ۹۱ روز) بود. به عبارتی دیگر، مقدار m_x شپشه برنج هم در تیمار اسانس ها در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافته است. همچنین تاثیر اسانس زیره سبز در میزان کاهش مقادیر l_x و m_x آفت بیشتر از اسانس زنیان بود (شکل ۲).

جدول ۴- اثرات زیرکشنندگی اسانس‌های *Cuminum cyminum* و *Carum copticum* در فراسنجه‌های جدول زندگی
(میانگین $\pm$ خطای معیار) *Sitophilus oryzae*

Table 4. Sublethal effects of *Cuminum cyminum* and *Carum copticum* essential oils on the life table parameters of *Sitophilus oryzae*

Treatments	Control	<i>C. cyminum</i>	<i>C. copticum</i>
GRR (offspring per adult)	148.928 $\pm$ 20.988 a	48.129 $\pm$ 8.048 b	76.017 $\pm$ 18.079 b
R_0 (offspring per adult)	102.704 $\pm$ 17.044 a	33.105 $\pm$ 5.816 b	44.418 $\pm$ 8.682 b
r (day ⁻¹)	0.0827 $\pm$ 0.0033 a	0.0605 $\pm$ 0.0031 b	0.0642 $\pm$ 0.0037 b
λ (day ⁻¹)	1.0862 $\pm$ 0.0036 a	1.0624 $\pm$ 0.0033 b	1.0663 $\pm$ 0.0038 b
T (day)	55.829 $\pm$ 0.529 a	57.576 $\pm$ 0.686 a	58.806 $\pm$ 0.795 a

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



شکل ۲- نرخ زنده‌مانی سنی-مرحله‌ای (l_x) و نرخ زادآوری سنی-مرحله‌ای (m_x) *Sitophilus oryzae* در گروه شاهد و تیمار اسانس‌های *Cuminum cyminum* و *Carum copticum*

Figure 2. Age-specific survival rate (l_x) and age-specific fecundity rate (m_x) of *Sitophilus oryzae* at control group and the treatment of *Cuminum cyminum* and *Carum copticum* essential oils

تاثیر در شاخص های تغذیه ای شپشه برنج

شاخص مصرف (CI)، نرخ مصرف نسبی (RCR) و نرخ رشد نسبی (RGR) در حشرات کامل شپشه برنج که تحت تاثیر اسانس های زیره سبز و زنیان قرار گرفته بودند، به طور معنی داری نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا کرد ($P < 0.05$). تاثیر اسانس ها در کاهش شاخص کارایی غذای خورده شده در مقایسه با گروه شاهد معنی دار نبود. شاخص بازدارندگی تغذیه اسانس های زیره سبز و زنیان هم به ترتیب ۴۹/۹۹ و ۵۹/۷۲ درصد برآورد شد (جدول ۵).

جدول ۵- اثرات ضد تغذیه ای (میانگین $\pm$ خطای معیار) اسانس های *Cuminum cyminum* و *Carum copticum* روی افراد

بالغ *Sitophilus oryzae*

Table 5. Anti-nutritional effects (mean $\pm$ SE) of *Cuminum cyminum* and *Carum copticum* essential oils on the adults of *Sitophilus oryzae*

Treatment	CI (%)	RCR (mg/mg/day)	RGR (mg/mg/day)	ECI (%)	FDI (%)
Control	12.019 $\pm$ 1.671 a	0.859 $\pm$ 0.119 a	0.0162 $\pm$ 0.0021 a	2.035 $\pm$ 0.272 a	-
<i>C. cyminum</i>	5.704 $\pm$ 0.459 b	0.408 $\pm$ 0.033 b	0.0069 $\pm$ 0.0007 b	1.689 $\pm$ 0.093 a	49.99
<i>C. copticum</i>	4.480 $\pm$ 0.559 b	0.320 $\pm$ 0.039 b	0.0060 $\pm$ 0.0013 b	1.796 $\pm$ 0.199 a	59.72
ANOVA	F _{2,18} = 14.80 P = 0.0002	F _{2,18} = 14.81 P = 0.0002	F _{2,18} = 14.10 P = 0.0002	F _{2,18} = 0.77 P = 0.4772	-

Mean values in a column followed by different lowercase letter are significantly different based on the Tukey's 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

اجزای شیمیایی اسانس های زیره سبز و زنیان در برخی از پژوهش های اخیر بررسی شده است. برای مثال، ضیایی و همکاران (Ziaee et al., 2014) نشان دادند که گاما-ترپنین ۷-آل (۳۱/۹ درصد)، کومین آلدئید (۲۸/۸ درصد)، پارا-سایمن (۹/۶ درصد)، گاما-ترپنین (۹/۴ درصد) و آلفا-ترپنین ۷-آل (۴/۹ درصد) ترکیبات غالب اسانس زیره سبز می باشند. گاما-ترپنین و کومین آلدئید در پژوهش حاضر هم درصد بالایی در اسانس زیره سبز داشتند. با این حال، ترکیبات گاما-ترپنین ۷-آل و آلفا-ترپنین ۷-آل که از ترکیبات غالب اسانس مطالعه شده توسط ضیایی و همکاران (Ziaee et al., 2014) بودند، در پژوهش حاضر وجود نداشتند. در مقابل، ترکیب کومیک اسید که درصد بالایی در اسانس پژوهش حاضر داشت (۲/۸ درصد)، توسط ضیایی و همکاران (Ziaee et al., 2014) گزارش نشده است. در پژوهشی دیگر، رزمجو و همکاران (Razmjou et al., 2016) نشان دادند که تیمول (۵۲/۲۳ درصد)، سایمن (۲۰/۴۱ درصد)، گاما-ترپنین (۱۲/۵۸ درصد)، دکان (۳/۸۸ درصد) و کارواکربول (۲/۰۴ درصد) بیشترین مقدار را در اسانس زنیان دارند. با وجود اینکه ترکیبات بیان شده در پژوهش حاضر هم شناسایی شدند، از نظر کمی تفاوت های مشخصی وجود دارد. برای مثال، در پژوهش رزمجو و همکاران (Razmjou et al., 2016)، تیمول و سایمن به ترتیب ۵۲/۲ و ۲۰/۴ درصد از اسانس زنیان را شامل می شدند، اما در پژوهش حاضر، مقدار ترکیبات بیان شده به ترتیب ۲۸/۳۹ و ۳۲/۵۰ درصد بود. همچنین دکان که در پژوهش رزمجو و همکاران (Razmjou et al., 2016) به عنوان یکی از اجزای عمده اسانس زنیان شناسایی شده بود، در پژوهش حاضر اصلاً مشاهده نشد. به طور کلی، اجزای شیمیایی اسانس های گیاهی تحت تاثیر عوامل مختلف خارجی و داخلی^۱ از قبیل موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی، مرحله رشدی گیاه و حتی شرایط مختلف در استخراج اسانس می تواند تغییر کند (Moghaddam & Mehdizadeh, 2017). از این رو، تفاوت های مشاهده شده در اجزای شیمیایی اسانس های مورد مطالعه در پژوهش حاضر و بررسی های شرح داده شده می تواند ناشی از تاثیر چنین عواملی باشد.

^۱. Exogenous and endogenous factors

با توجه به نتایج آزمایش‌های سمیت تدخینی، استفاده از غلظت‌های ۱۵۳/۵۱ و ۲۳۲/۰۵ میکرولیتر بر لیتر از اسانس‌های زیره سبز و زنیان به ترتیب تلفات ۸۳/۳۳ و ۸۵/۰۰ درصدی در حشرات کامل آفت ایجاد کرد. همسو با نتایج پژوهش حاضر، سمیت اسانس‌های زیره سبز و زنیان روی برخی از حشرات آفات گزارش شده است (Ziaee et al., 2014; Kedia et al., 2015; Ziaee et al., 2023). برای مثال، ضیائی و همکاران (Ziaee et al., 2014) سمیت تدخینی اسانس زیره سبز را روی حشرات کامل شپشه گندم (*Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)) و شپشه قرمز آرد (*Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)) بررسی کرده و نشان دادند که استفاده از غلظت‌های ۱۶ و ۲۰ میکرولیتر بر لیتر از اسانس زیره سبز به ترتیب باعث ایجاد تلفات ۸۰ و ۹۴ درصدی آفات مذکور می‌شود. تفاوت در مقادیر مربوط به غلظت‌های کشنده و تلفات گزارش شده در پژوهش بیان شده با پژوهش حاضر می‌تواند ناشی از متفاوت بودن گونه آفت مورد مطالعه و اجزای شیمیایی اسانس‌ها باشد. در حقیقت تاثیر و ارتباط بین اجزای شیمیایی اسانس‌های گیاهی با فعالیت حشره کشی آن‌ها در پژوهش‌های اخیر اثبات شده است. برای مثال، کدیا و همکاران (Kedia et al., 2015) نشان دادند که سمیت تدخینی اسانس زیره سبز روی حشرات کامل شپشه برنج و سوسک چینی حبوبات (*Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae)) با ترکیبات خالص موجود در این اسانس شامل سایمن، کومین آلدهید، گاما-ترپنین و بتا-پنین، ارتباط مستقیم دارد. علاوه بر آن، سمیت برخی از ترکیبات خالص شناسایی شده در اسانس‌های زیره سبز و زنیان شامل آلفا-پنین، بتا-پنین، سایمن، تیمول، گاما-ترپنین، کارواکرول و کومین آلدهید روی شپشه برنج گزارش شده است (Abdelgaleil et al., 2009; Kim et al., 2018; Koutasviti et al., 2018; Singla et al., 2018). بنابراین، سمیت اسانس‌های زیره سبز و زنیان را می‌توان به وجود ترکیبات حشره کشی مانند آلفا-پنین، بتا-پنین، سایمن، تیمول، گاما-ترپنین، کارواکرول و کومین آلدهید در آنها نسبت داد. علاوه بر آن، کدیا و همکاران (Kedia et al., 2015) نشان دادند که مقدار LC_{50} ترکیب بتا-پنین (۲۱/۳۶ میکرولیتر بر لیتر) بسیار بیشتر از سایمن (۲۱۸/۶۱ میکرولیتر بر لیتر) و کومین آلدهید (۲۷۶/۶۹ میکرولیتر بر لیتر) روی حشرات کامل شپشه برنج هست. بنابراین، بالاتر بودن سمیت تدخینی اسانس زیره سبز نسبت به اسانس زنیان می‌تواند ناشی از اختلاف اجزای شیمیایی این اسانس‌ها به‌ویژه وجود درصد بالایی از ترکیب بتا-پنین (۲۱/۱۸ درصد) در اسانس زیره سبز باشد. البته اثرات سایر ترکیبات موجود در اسانس هم بایستی مدنظر قرار گیرد.

علاوه بر کشندگی، تیمار حشرات کامل شپشه برنج با مقادیر LC_{30} ۲۴ ساعته اسانس‌های زیره سبز و زنیان (به ترتیب ۷۴/۲۸ و ۱۳۰/۳۱ میکرولیتر بر لیتر) موجب بروز اختلالات گسترده‌ای در فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی و شاخص‌های تغذیه‌ای آفت شد؛ افزایش معنی‌دار طول دوره رشد و نمو پیش از بلوغ آفت، دوره پیش از تخم‌گذاری افراد بالغ و کل دوره پیش از تخم‌گذاری و کاهش دوره تخم‌گذاری، زادآوری و طول عمر افراد بالغ، فراسنجه‌های جمعیتی شامل r ، R_0 ، GRR و λ و شاخص‌های تغذیه‌ای شاخص مصرف، نرخ مصرف نسبی و نرخ رشد نسبی مشاهده شد. همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، کاهش زادآوری و شاخص‌های تغذیه‌ای آفت به‌ویژه تحت تاثیر اسانس‌های گیاهی گزارش شده است (Benzi et al., 2009; Mishra et al., 2014). برای مثال، همانند پژوهش حاضر، کاهش نرخ مصرف نسبی و نرخ رشد نسبی شپشه برنج تحت تاثیر اسانس استخراج شده از درخت فلفل برزیلی (*Schinus molle* L.) توسط بنزی و همکاران (Benzi et al., 2009) گزارش شده است. کاهش نرخ مصرف نسبی آفت نشان می‌دهد که به‌احتمال حشره بعد از تیمار با اسانس‌ها از خوردن غذا امتناع کرده است. کاهش نرخ رشد نسبی که می‌تواند متعاقب کاهش مصرف نسبی باشد، منجر به کاهش نرخ بهره‌برداری حشره از غذا خواهد شد (Ikawati et al., 2020). البته کاهش کارایی تغذیه‌ای شپشه برنج تحت تاثیر اسانس‌های گیاهی می‌تواند با ایجاد اختلال در فعالیت آنزیم‌های گوارشی آفت هم در ارتباط باشد (Omar et al., 2024). همچنین، همانند یافته‌های پژوهش حاضر، کاهش زادآوری و طول عمر حشرات کامل شپشه برنج تحت تاثیر اسانس‌های ریحان و نارنگی توسط ابو عرب و همکاران گزارش شده است (Abo Arab et al., 2022). علاوه بر آن،

نوری قنبلانی و همکاران (Nouri Ganbalani et al., 2022) نشان دادند که اسانس زنیان قادر به افزایش طول دوره نشو و نما قبل از بلوغ و کاهش زادآوری ماده ها، طول عمر حشرات کامل نر و ماده و فراسنجه های جمعیتی r ، R_0 و λ و مقادیر m_x و l_x سوسک کشیش می باشد. افزایش طول دوره نشو و نما منجر به در معرض قرارگیری بیشتر آفت با عوامل حشره کش و به دنبال آن افزایش تلفات آن می شود. کاهش طول عمر حشرات کامل، زادآوری ماده ها و فراسنجه های جمعیتی نیز منجر به کاهش جمعیت و خسارت آفت تحت تاثیر قرار گرفته با اسانس ها در نسل بعدی خواهد شد.

نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که استفاده از اسانس های زیره سبز و زنیان علاوه بر اثرات کشندگی در شپشه برنج، در غلظت های زیرکشنده می تواند باعث فعالیت آفت کشی گسترده ای در حشرات زنده مانده از نظر اختلال در شاخص های تغذیه ای، ویژگی های زیستی و فراسنجه های جمعیتی آفت شود. به عبارت دیگر، اسانس های زیره سبز و زنیان اثرات حاد و مزمن روی حشرات کامل تیمار شده شپشه برنج داشته و می توانند موجب کاهش جمعیت و تعداد نتایج نسل آفت بعد شوند. بنابراین، اسانس های زیره سبز و زنیان را می توان برای انجام بررسی های تکمیلی در راستای جایگزینی با حشره کش های شیمیایی توصیه کرد. به نظر می رسد بررسی فعالیت های حشره کشی ترکیبات خالص موجود در این اسانس ها، تهیه فرمولاسیون های جدید مانند نانوامولسیون ها و نانوکپسول ها در راستای افزایش دوام و کارایی حشره کشی آنها و بررسی اثرات جانبی این اسانس ها روی موجودات غیر هدف از قبیل شکارگرها و پارازیتوئیدها در تصمیم گیری برای استفاده عملی از یافته های پژوهش حاضر مفید باشد.

سپاسگزاری

از حمایت های مالی مسئولین محترم دانشگاه محقق اردبیلی از پژوهش حاضر قدردانی می شود.

References

- Abdelgaleil, S. A. M., Mohamed, M. I. E., Shawir, M. S., & Abou-Taleb, H. K. (2016). Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of essential oils of different plant species from Northern Egypt on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. *Journal of Pest Science*, 89, 219–229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0665-z>
- Abdelgaleil, S. A. M., Mohamed, M. I. E., Badawy, M. E. I., & El-arami S. A. A., (2009). Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. *Journal of Chemical Ecology*, 35, 518–525. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9635-3>
- Abo Arab, R. B., Mohamed, N., 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, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00894-x>
- Akhtari, A., Davari, M., Habibi-Yangjeh, A., Ebadollahi, A., & Feizpour, S. (2022). Antifungal activities of pure and zno-encapsulated essential oil of *Zataria multiflora* on *Alternaria solani* as the pathogenic agent of tomato early blight disease. *Frontiers in Plant Science*, 13, 932475. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.932475>
- 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>
- Bagheri-Zenouz, E. (2010) Pests of Stored Products and Management to Maintain. Bioecology of Insects, Acari and Microorganism. 2nd edition. University of Tehran Publication, Iran, 449 pp. [in Persian]
- Barbosa, J. M., Ramos Huarachi, D. A., & de Francisco, A. C. (2024). The link between pesticide exposure and suicide in agricultural workers: a systematic review. *Rural and Remote Health*, 24, 8190. DOI: <https://doi.org/10.22605/RRH8190>
- Benzi, V., Stefanazzi, N., & Ferrero, A. A. (2009). Biological activity of essential oils from leaves and fruits of pepper tree (*Schinus molle*) to control rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69, 154-159. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392009000200004>

- Cao, Y., Hu, Q., Huang, L., Athanassiou, C. G., Maggi, F., D'Isita, I., Liu, Y., Pistillo, O. M., Miao, M., Germinara G. S., & Li, C. (2024). Attraction of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) to the semiochemical volatiles of stored rice materials. *Journal of Pest Science*, 97, 73–85. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01616-6>
- Cardiet, G., Fuzeau, B., Barreau, C., & Fleurat-Lessard, F. (2012). Contact and fumigant toxicity of some essential oil constituents against a grain insect pest *Sitophilus oryzae* and two fungi, *Aspergillus westerdijkiae* and *Fusarium graminearum*. *Journal of Pest Science*, 85, 351–358. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0400-3>
- Chi, H. (2022). TWSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-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.
- Curl, C. L., Spivak, M., Phinney, R., & Montrose, L. (2010). Synthetic Pesticides and Health in Vulnerable Populations: Agricultural Workers. *Current Environmental Health Reports*, 7(1), 13. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00266-5>
- Draz, K. A., Tabikha, R. M., Eldosouky, M. I., Darwish, A. A., & Abdelnasser, M. (2022). Biototoxicity of essential oils and their nano-emulsions against the coleopteran stored product insect pests *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* Herbst. *International Journal of Pest Management*, 70(4), 729–743. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2036862>
- Ebrahimi, N. (2020). Checklist of Iranian stored product beetles (Insecta: Coleoptera). *Journal of Insect Biodiversity and Systematic*, 6, 261–305. DOI: <http://dx.doi.org/10.52547/jibs.6.3.261>
- Elbeheri, H. H., & Ibrahim, S. S. (2022). Cinnamon essential oil loaded β -cyclodextrin/gum Arabic nanoparticles affecting life table parameters of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 42, 102349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102349>
- Holloway, J., Falk, M., Emery, R., Collins, P., & Nayak, M. (2016). Resistance to phosphine in *Sitophilus oryzae* in Australia: A national analysis of trends and frequencies over time and geographical spread. *Journal of Stored Products Research*, 69, 129–137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.07.004>
- 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., 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>
- Jafari, M., Rafee-Dastjerdi, H., Nouri-Ganbalani, G., Fathi, A., Hassanpour, M., & Ebadollahi, A. (2021). Fumigant toxicity of three essential oils on *Phthorimaea operculella* (Zeller) and their impacts on parasitism of *Trichogramma brassicae* (Bezdenko). *Plant Pest Research*, 11(1), 71–85. DOI: <https://doi.org/10.22124/iprj.2021.4846>
- Kedia, A., Prakash, B., Mishra, P. K., Dwivedy, A. K., & Dubey, N. K. (2015). Biological activities of *Cuminum cyminum* seed oil and its major components against *Callosobruchus chinensis* and *Sitophilus oryzae*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 18(3), 383–388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2015.04.012>
- Khan, H. A. A., & Khan, T. (2023). Mode of inheritance of field-evolved resistance to pirimiphos-methyl in *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 102, 102126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2023.102126>
- Khoobdel, M., Rahimi, V., Ebadollahi, A., & Krutmuang, P. (2022). Evaluation of the potential of a lectin extracted from *Polygonum persicaria* L. as a biorational agent against *Sitophilus oryzae* L. *Molecules*, 27, 793. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27030793>
- Kim, S., Kang, J., & Park, I. (2013). Fumigant toxicity of Apiaceae essential oils and their constituents against *Sitophilus oryzae* and their acetylcholinesterase inhibitory activity. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 16(4), 443–448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2013.07.002>
- Koutsaviti, A., Antonopoulou, V., Vlasi, A., Antonatos, S., Michaelakis, A., Papachristos, D. P., & Tzakou, O. (2018). Chemical composition and fumigant activity of essential oils from six plant

- families against *Sitophilus oryzae* (Col: Curculionidae). *Journal of Pest Science*, 91, 873–886. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0934-0>
- Mishra, B. B., Tripathi, S. P., and Tripathi, C. P. M., (2014). Chronic activity of plant volatiles essential oils in management of rice weevil *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomology*, 11, 78-86. DOI: <https://scialert.net/abstract/?doi=je.2014.78.86>
- Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. (2017). Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents. In Grumezescu, A. M., & Holban, A. M. (Eds.). *Handbook of food bioengineering* (1st ed.) Academic Press, New York, NY, USA. pp. 379-419. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811412-4.00013-8>
- Nguyen, T. T., Collins, P. J., & Ebert, P. R. (2015). Inheritance and characterization of strong resistance to phosphine in *Sitophilus oryzae* (L.). *PloS one*, 10(4), e0124335. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124335>
- Nouri Ganbalani, G., Abedi, Z., Mottaghinia, L., & Nouri, A. (2022). 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](https://doi.org/10.22059/ijpps.2022.345412.1007008)
- Omar, A. F., Khalil, F. M., Alomran, M. M., Ismail, T., I., A., Abdelaal, K., Gharsan, F. N., Almozini, R. N., & Abouelatta, A. M. (2024). Toxicity and enzymatic activity changes in rice weevil (*Sitophilus oryzae*) induced by basil (*Ocimum basilicum*) and cumin (*Cuminum cyminum*) essential oils. *Scientific Reports*, 14(1), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80329-x>
- Piri, A., Sahebzadeh, N., Zibae, A., Sendi, J. J., Shamakhi, L., & Shahriari, M. (2020). Toxicity and physiological effects of ajwain (*Carum copticum*, Apiaceae) essential oil and its major constituents against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Chemosphere*, 256, 127103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127103>
- Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. L., & Kaplan, I. (2011). *Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities*. Cambridge University Press, UK, 816 pp.
- Razmjou, J., Davari, M., & Ebadollahi, A. (2016). Effect of two plant essential oils and the entomopathogenic fungus, *Lecanicillium muscarium* (Zare and Gams) on the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(4), 775–779.
- Singla, N., Chahal, K. K., Kumar, A., Bhardwaj, U., & Kang, B. K. (2018). Ajwain, *Trachyspermum ammi* (L.) constituents/ some derivatives as stored grain protectant against *Sitophilus oryzae*. *Pesticide Research Journal*, 30, 188-199. Doi: <https://doi.org/10.5958/2249-524X.2018.00031.6>
- 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](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60230-1)
- Wang, D. C., Qiu, D. R., Shi, L. N., Pan, H. Y., Li, Y. W., Sun, J. Z., Xue, Y. J., Wei, D. S., Li, X., Zhang, Y. M. and Qin, J. C. (2015). Identification of insecticidal constituents of the essential oils of *Dahlia pinnata* Cav. against *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae*, *Natural Product Research*, 29, 1748-1751. DOI: [10.1080/14786419.2014.998218](https://doi.org/10.1080/14786419.2014.998218)
- Ziaee, M., Moharramipour, S., & Mohsenifar, A. (2014). MA-chitosan nanogel loaded with *Cuminum cyminum* essential oil for efficient management of two stored product beetle pests. *Journal of Pest Science*, 87, 691–699. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0590-6>
- Ziaee, M., Sheikhzadeh Takabi, A., & Ebadollahi, A. (2023) Fabrication of *Carum copticum* essential oil-loaded chitosan nanoparticles and evaluation its insecticidal activity for controlling *Rhyzopertha dominica* and *Tribolium confusum*. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1187616. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1187616>

Insecticidal effects of ajwain and cumin essential oils against the rice weevil, *Sitophilus oryzae*: Fumigant toxicity, antinutritional activity, and effect on biological and population parameters

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: April 6, 2025 |

Abstract

The rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), is one of the most damaging pests of cereal grains such as rice, wheat, barley, and corn in Iran and many countries worldwide. In the present study, the insecticidal activities of cumin and ajwain essential oils on the rice weevil were assessed. The chemical composition analyses of essential oils showed that β -pinene, cumin aldehyde, cymene, and γ -Terpinene in cumin essential oil and cymene, thymol, γ -Terpinene, and α -pinene in ajwain essential oil were the dominant compounds. The 24-hour LC_{50} values of cumin and ajwain essential oils were evaluated as 100.89 and 172.48 μ l/l, respectively. Treatment of rice weevil adults with LC_{30} values of cumin and ajwain essential oils (74.28 and 130.31 μ l/l, respectively) significantly increased the developmental time of the pest's immature stages. The pre-oviposition period of adults and the total pre-oviposition period significantly increased with the application of essential oils compared to the control group. The fecundity and longevity of male and female adults, along with various population parameters, including the intrinsic rate of increase (r), net reproductive rate (R_0), gross reproductive rate (GRR), and finite rate of increase (λ) were diminished upon exposure to the essential oils. The nutritional indices of the pest including consumption index, relative consumption rate, and relative growth rate also reduced under the influence of LC_{30} values of cumin and ajwain essential oils. Therefore, cumin and ajwain essential oils are recommended for further research as efficient and eco-friendly natural pesticides to replace hazardous chemical agents in rice weevil management.

Key words: Botanical insecticides, storage pest, sub-lethal effects, toxicity

Citation: Ebadollahi, A. (2025). Insecticidal effects of ajwain and cumin essential oils against the rice weevil, *Sitophilus oryzae*: Fumigant toxicity, antinutritional activity, and effect on biological and population parameters. *Plant Pest Research*, 15(1), 1-15. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.29459.1620>



*Corresponding author: ebadollahi@uma.ac.ir