

سمیت تدخینی و تاثیر زیرکشندگی اسانس‌های زیره سیاه (*Bunium persicum* Boiss.)، دارچین
(*Cinnamomum zeylanicum* Blume) و نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) روی بید
غلات، (*Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae)

قدیر نوری قنبلانی^{۱*}، زهرا عابدی^۲، لیلا متقی‌نیا^۳ و علیرضا نوری^۴
۱، ۲ و ۳. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۴. موسسه آموزش عالی سبلان، اردبیل، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۰۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۲)

بید غلات، *Sitotroga cerealella* Olivier، گونه‌ای با پراکنش وسیع است که خسارت قابل ملاحظه‌ای در دانه‌های غلات ایجاد می‌کند. در این مطالعه، سمیت تدخینی (LC₅₀, LC₉₀) و تاثیر زیرکشندگی (LC₂₅) اسانس‌های سه گیاه دارویی زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی روی تخم و حشرات کامل این آفت مورد ارزیابی قرار گرفت. ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی شناسایی شد. ترکیبات مونوترپنی، اجزای شیمیایی اصلی اسانس‌های آزمایشی بودند. سمیت تدخینی اسانس نعناع فلفلی (با LC₅₀ برابر ۰/۵ میکرولیتر بر لیتر هوا) در حشرات کامل بیش‌تر از اسانس‌های دارچین (با LC₅₀ برابر ۰/۹۴ میکرولیتر بر لیتر هوا) و زیره سیاه (با LC₅₀ برابر ۲/۴۲ میکرولیتر بر لیتر هوا) بود. همین روند در مورد تخم‌ها نیز مشاهده شد. سرعت حشره‌کشی اسانس‌های نعناع فلفلی (با LT₅₀ برابر ۸/۰۵ ساعت) و دارچین (با LT₅₀ برابر ۹/۶۸ ساعت) بیش‌تر از اسانس زیره سیاه (با LT₅₀ برابر ۱۴/۷۸ ساعت) بود. نتایج آزمایش تاثیر زیرکشندگی نشان داد که دوره نشو و نمایی آفت در تیمارهای اسانس به طور معنی‌داری طولانی‌تر از شاهد بود. کم‌ترین زادآوری آفت در تیمار نعناع فلفلی مشاهده شد. هم‌چنین، اسانس‌های مورد مطالعه به طور معنی‌داری باعث کاهش نرخ خالص تولیدمثل (R₀)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) آفت شدند. نتایج بررسی حاضر نشان داد که اسانس‌های مورد بررسی به ویژه اسانس نعناع فلفلی توانایی مطلوبی برای کنترل جمعیت *S. cerealella* دارند و می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس‌های گیاهی، اثر کشندگی، بید غلات، اجزای شیمیایی، ویژگی‌های زیستی.

Fumigant toxicity and sublethal effects of black cumin (*Bunium persicum* Boiss.),
cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume), and peppermint (*Mentha piperita* L.)
essential oils against the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* Olivier
(Lepidoptera: Gelechiidae)

Gadir Nouri Ganbalani^{1*}, Zahra Abedi², Leila Mottaghinia³, and Alireza Nouri⁴
1, 2, 3. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of
Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
4. Institute of Higher Education of Sabalan, Ardabil, Iran
(Received: March 28, 2021- Accepted: May 23, 2021)

ABSTRACT

Sitotroga cerealella Olivier, is a species with worldwide distribution, which causes substantial damage to the grain kernels. In the present study, fumigant toxicity (LC₅₀ and LC₉₀) and sublethal effects (LC₂₅) of the essential oils of three medicinal plants including black cumin, cinnamon, and peppermint were evaluated against the eggs and adults of this pest. The chemical constituents of the essential oils were detected by gas chromatography-mass spectrometry. Monoterpenes were the main chemical compounds of the tested essential oils. Fumigant toxicity of peppermint (LC₅₀: 0.5 µl/l air) essential oil against the adults was higher than cinnamon (LC₅₀: 0.94 µl/l air) and black cumin (LC₅₀: 2.42 µl/l air) essential oils. The same trend was also observed against the eggs. The speed of mortality for peppermint (LT₅₀: 8.05 h) and cinnamon (LT₅₀: 9.68 h) essential oils were higher than black cumin (LT₅₀: 14.78 h) essential oil. Results of the experiment of sublethal effects showed that the developmental time of the pest on the essential oils treatments were significantly longer than on control. The lowest fecundity of the pest was observed on peppermint treatment. Furthermore, the tested essential oils significantly reduced the net reproductive rate (R₀), intrinsic rate of natural increase (r_m), and finite rate of increase (λ) of the pest. The results of this study showed that the tested essential oils, especially the essential oil of peppermint have a suitable potential for decreasing the population of *S. cerealella* and they can be used in the IPM programs of the pest.

Keywords: Essential oils, lethal effect, grain moth, chemical constituents, biological traits.

* Corresponding author E-mail: gnouri@uma.ac.ir

مقدمه

کشت و ذخیره‌سازی غلات در سراسر دنیا، به دلیل نقشی که در تغذیه انسان و رشد اقتصادی جوامع دارد از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. دانه‌های غلات در مزارع و انبارها مورد حمله آفات متعددی قرار می‌گیرند که این آفات در انبارها ممکن است باعث خسارت تا ۴۰ درصدی به محصول شوند (Bushra and Aslam, 2014). یکی از آفات مهم غلات، بید غلات، *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae)، می‌باشد که گونه‌ای همه‌جایی با پراکنش وسیع است که اغلب در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان یافت می‌شود، ولی در مناطق معتدله جهان نیز در صورت فراهم بودن شرایط می‌تواند خسارت قابل توجهی به غلات انبار شده وارد نماید (Hansen et al., 2004). این آفت در مزارع و انبارها، تخم‌های خود را روی دانه‌های غلات به ویژه گندم، جو، ذرت، سورگوم و برنج می‌گذارد. لاروهای این آفت پس از تفریح تخم، به درون دانه‌های غلات نفوذ کرده و در طول نشو و نمای خود، از محتویات درونی دانه‌ها تغذیه کرده و فقط پوسته آن‌ها را باقی می‌گذارند. دانه‌های خسارت‌دیده به دلیل آسیب وارد شده به جنین، اغلب قادر به جوانه‌زنی نیستند و به جهت کاهش شدید کیفیت، برای تغذیه انسان نیز مناسب نمی‌باشند (Shukle and Wu, 2003; Bushra and Aslam, 2014). هم‌چنین، تغذیه بید غلات در انبارها، شرایط را برای رشد و تولیدمثل آفات انباری دیگر فراهم ساخته و در نتیجه، منجر به افزایش خسارت محصول می‌شود (Hansen et al., Throne and Weaver, 2013). کنترل آفات انباری اغلب با استفاده از حشره‌کش‌های تدخینی، به ویژه متیل‌بروماید و فسفین انجام می‌گیرد، ولی استفاده گسترده از حشره‌کش‌های شیمیایی علاوه بر آلودگی محیط زیست، زمینه را برای بروز مقاومت در آفات انباری مختلف فراهم می‌نماید (Kim et al., 2019; Mebdoua and Ounane, 2019). در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی برای شناسایی و معرفی ترکیبات کم خطر برای کنترل

آفات مختلف انجام شده است (Nasari et al., 2017; Campolo et al., 2018; Yang et al., 2020). در این راستا، به نظر می‌رسد که آفت‌کش‌های با منشأ گیاهی می‌توانند جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی باشند، زیرا به غیر از موارد استثنائی مانند نیکوتین، اکثر این سموم به دلیل دارا بودن سمیت کم به پستانداران و پایداری کم‌تر در محیط زیست، خطرات زیانبار کم‌تری برای سلامتی انسان و محیط زیست دارند (Isman, 2006). یک منبع بالقوه در تولید آفت‌کش‌های گیاهی، استفاده از ترکیبات شیمیایی ثانویه تولید شده توسط خود گیاه می‌باشد (Park et al., 2003). به طوری که اسانس‌های استخراج شده از گیاهان که حاوی ترکیبات شیمیایی ثانویه هستند، به دلیل داشتن سمیت تدخینی و نفوذی مناسب در کنترل آفات، به ویژه آفات انباری مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند (Ebadollahi and Mahdavi, 2019). اسانس‌ها، ترکیبات شیمیایی ثانویه گیاهی هستند که از قسمت‌های مختلف گیاه مانند پوست درخت، پوست میوه، گل‌ها، جوانه‌ها، ریزوم، ریشه، برگ‌ها و یا صمغ استخراج می‌شوند و ممکن است حاوی ترکیبات مختلفی از مونوترپن‌ها، سسکوئی‌ترپن‌ها و مشتقات آن‌ها باشند. اسانس‌ها مسئول بوی خوش یا مزه خوب در گیاه می‌باشند و توسط غدد ترشحی که داخل پیکره گیاه یا روی سطح گیاه است تولید می‌شوند (Svoboda and Greenaway, 2003). گونه‌های گیاهی که قادر به تولید اسانس هستند، تحت عنوان گیاهان آروماتیک یا معطر شناخته می‌شوند و اکثر این گیاهان در تیره‌های Asteraceae (تیره کاسنی)، Cupressaceae (تیره سرو)، Lamiaceae (تیره نعناع)، Lauraceae (تیره برگ بو)، Rutaceae (تیره مرکبات)، Myrtaceae (تیره مورد)، Piperaceae (تیره فلفل) و Poaceae (تیره گندمیان) قرار دارند (Bruneton, 1999; Svoboda and Greenaway, 2003). اسانس‌ها نقش موثری در دفاع گیاه در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده دارند و نیز با دخالت در فرایندهای علامت-دهی گیاه، در جلب حشرات گرده‌افشان و دشمنان طبیعی موثر هستند (Campolo et al., 2018). در

بررسی خاصیت حشره‌کشی اسانس‌های زیره سیاه، دارچین و نعنای فلفلی روی بید غلات، تاثیر آن‌ها روی ویژگی‌های زیستی و پارامترهای رشد جمعیتی این آفت نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی بید غلات مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پرورش بید غلات

این تحقیق در سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه تحقیقات گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. به منظور پرورش و به دست آوردن جمعیت مورد نیاز بید غلات، تخم این آفت از انسکتاریوم شهرستان بيله‌سوار واقع در دشت مغان تهیه و در داخل ظروف پلاستیکی به قطر ۲۱۰ و ارتفاع ۷۰ میلی‌متر به مدت ۳ نسل روی دانه‌های گندم پرورش داده شد. دانه‌های گندم ابتدا در محلول پرمنگنات ۴ در هزار به مدت ۱۰ ثانیه غوطه‌ور (برای جلوگیری از جوانه‌زنی) و سپس با آب شستشو داده شدند. پس از خشک شدن و نرم شدن دانه‌های گندم، مقدار یک گرم تخم بید غلات به ازای هر کیلوگرم دانه گندم با نمکدان بر سطح توده گندم پاشیده شد. پرورش بید غلات و آزمایش‌های مربوط به تاثیر کشندگی و زیرکشندگی اسانس‌های آزمایشی در داخل اتاقک رشد تنظیم شده در دمای 27 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام گرفت.

تهیه مواد گیاهی و استخراج اسانس

در این تحقیق برای استحصال اسانس‌های گیاهی، از پوست درخت دارچین، بذر زیره سیاه و سرشاخه‌های تازه و گلدار نعنای فلفلی استفاده شد. گیاهان مورد نظر از عطاری محلی در شهرستان اردبیل تهیه و در شرایط سایه روی بنچ آزمایشگاه خشکانده شده و با استفاده از آسیاب برقی پودر شدند. اسانس‌گیری با استفاده از ۵۰ گرم پودر خشک هر یک از گیاهان مورد

پژوهش‌های مختلف تاثیر کشندگی، دورکنندگی و بازدارندگی تغذیه و تخم‌گذاری اسانس‌ها و نیز تاثیر زیرکشندگی آن‌ها روی نشو و نما، زادآوری، بقاء و پارامترهای رشد جمعیت برخی گونه‌های مهم حشرات به اثبات رسیده است (Papachristos and Stamopoulos, 2002; Borzoui et al., 2016; Reddy et al., 2016; Naseri et al., 2017; Heydarzade et al., 2019)

زیره سیاه، *Bunium persicum* Boiss. گیاهی دوساله از تیره Apiaceae (تیره چتریان) است که در مناطقی از کشور که دارای آب و هوای گرم است رشد می‌کند. دانه‌های این گیاه به دلیل عطر و مزه منحصر به فرد آن، در انواع غذاها استفاده می‌شوند. هم‌چنین، به صورت گیاه دارویی در درمان برخی بیماری‌ها به ویژه نفخ و سوء هاضمه موثر است (Jahansooz et al., 2012). دارچین، *Cinnamomum zeylanicum* Blume، گیاهی همیشه سبز متعلق به تیره Lauraceae است که پراکنش وسیعی در هند، سریلانکا، ماداگاسکار و شبه جزیره هندوچین دارد. پودر و پوست خشک شده دارچین، از پوست داخلی درخت دارچین تهیه می‌شود و به صورت چاشنی غذا و شیرینی کاربرد فراوانی دارد. دارچین با دارا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی قوی به عنوان داروی موثر در طب سنتی نیز مصرف می‌شود (Kazemi et al., 2016; Alizadeh Behbahani, et al., 2020). نعنای فلفلی، *Mentha piperita* L.، گیاهی چند ساله از تیره Lamiaceae است که در اکثر مناطق ایران قابل کشت است. مصرف تازه‌خوری این گیاه به بهبود هضم غذا کمک می‌کند. هم‌چنین، مصرف دارویی این گیاه در بهبود علائم برخی بیماری‌ها موثر می‌باشد (Yazdani et al., 2002; Reddy et al., 2019). در پژوهش‌های مختلف، خاصیت حشره‌کشی اسانس‌های هر سه گیاه دارچین، زیره سیاه و نعنای فلفلی در برخی آفات انباری مهم ثابت شده است (Brari et al., 2015; Saeidi and Mirfakhraie, 2017; Adel et al., 2018; Viteri Jumbo et al., 2018) ولی طبق بررسی منابع صورت گرفته، تاکنون در مورد تاثیر این اسانس‌ها، روی بید غلات مطالعه‌ای انجام نشده است. بنابراین، در تحقیق حاضر ضمن

نظر به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس و به مدت ۱۸۰ دقیقه، با استفاده از دستگاه کلونجر شیشه‌ای انجام شد. اسانس‌های جمع‌آوری شده با کمک قیف دکانتور آبیگری و با سولفات سدیم نم‌زدایی شد و تا زمان استفاده در ظروف شیشه‌ای تیره رنگ با روکش آلومینیومی، در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شد.

جداسازی و شناسایی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس‌های آزمایشی

برای شناسایی اجزای تشکیل دهنده اسانس‌های گیاهی مورد مطالعه، از دستگاه کروماتوگرافی گازی (HP 7890A) متصل به طیف سنج جرمی (5975C) استفاده شد. ستون مورد استفاده در دستگاه از نوع کاپیلاری HP-5 (۳۰ متر × ۰/۲۵ میلی‌متر و ۰/۲۵ میکرومتر ضخامت) بود. گاز هلیوم (۹۹/۹۹۹ درصد) به عنوان گاز حامل به میزان یک میلی‌لیتر در دقیقه مورد استفاده قرار گرفت. تشخیص طیف‌ها با مطالعه اجزای آن‌ها و مقایسه با طیف‌های استاندارد موجود در کتابخانه دستگاه صورت گرفت (Adams, 2001).

بررسی سمیت تدخینی اسانس‌های آزمایشی

آزمایش‌های زیست‌سنجی سمیت تدخینی اسانس‌های مورد بررسی، در ظروف شیشه‌ای به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر انجام شد. به منظور بررسی اثر تخم‌کشی اسانس‌های آزمایشی، از تخم‌های یک روزه بید غلات استفاده شد. بدین ترتیب که، کاغذهای حاوی ۲۰ عدد تخم یک روزه بید غلات به داخل هر ظرف شیشه‌ای منتقل شد. بر اساس آزمایش‌های مقدماتی، دامنه غلظت برای هر اسانس تعیین شد. دامنه غلظت برای اسانس زیره سیاه ۸/۴ - ۱۸/۴ میکرولیتر بر لیتر هوا، برای اسانس دارچین ۳/۶ - ۹/۲ میکرولیتر بر لیتر هوا و برای نعناع فلفلی ۱/۲ - ۷/۲ میکرولیتر بر لیتر هوا بود. قطعات دایره‌ای شکل از کاغذ صافی واتمن به قطر ۳ سانتی‌متر تهیه و مقدار لازم از اسانس مربوط به هر یک از غلظت‌ها به وسیله میکروپیپت

روی آن ریخته شد. سپس کاغذ صافی داخل درپوش ظرف شیشه‌ای قرار داده شده و بلافاصله درپوش ظرف بسته شد. برای جلوگیری از خروج بخار اسانس به بیرون، اطراف درپوش‌ها با پارافیلیم به دقت پوشانده شد. در ظروف شاهد به جای اسانس از استون استفاده شد. پس از تعیین دامنه غلظت‌ها به روش لگاریتمی، مقادیر ۸/۴، ۱۰/۴، ۱۲/۴، ۱۴/۴، ۱۶/۴ و ۱۸/۴ میکرولیتر بر لیتر هوا از اسانس زیره سیاه، مقادیر ۳/۶، ۴/۸، ۶، ۷/۲، ۸/۴ و ۹/۲ میکرولیتر بر لیتر هوا از اسانس دارچین و مقادیر ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶، ۴/۸، ۶ و ۷/۲ میکرولیتر بر لیتر هوا از اسانس نعناع فلفلی مورد آزمایش نهایی قرار گرفتند. تعداد تخم‌های تفریخ شده در هر تیمار، پس از طی دوره جنینی شمارش و ثبت شد. آزمایش‌های اصلی در ۴ تکرار به همراه شاهد انجام گرفت.

تعیین سمیت تدخینی اسانس‌های آزمایشی روی حشرات کامل بید غلات، مشابه شرایط آزمایش بالا انجام شد. با این تفاوت که، تعداد ۲۰ عدد حشره کامل بید غلات به داخل هر ظرف شیشه‌ای منتقل شد. پس از تعیین محدوده غلظت‌های اصلی کشندگی اسانس‌ها و تعیین دامنه غلظت‌ها به روش لگاریتمی، آزمایش‌های اصلی با ۶ غلظت شامل مقادیر ۱/۶، ۲، ۲/۴، ۲/۸، ۳/۲ و ۳/۶ میکرولیتر بر لیتر هوا از اسانس زیره سیاه، مقادیر ۰/۳۲، ۰/۵۶، ۰/۸، ۱/۰۴، ۱/۲۸ و ۱/۵۶ میکرولیتر بر لیتر هوا از اسانس دارچین و مقادیر ۰/۲۴، ۰/۵۲، ۰/۷۲، ۰/۹۲، ۱/۱۲ و ۱/۲۸ میکرولیتر بر لیتر هوا از اسانس نعناع فلفلی در ۴ تکرار به همراه شاهد مورد آزمایش قرار گرفتند. تعداد حشرات کامل تلف شده در هر تیمار نیز پس از گذشت ۲۴ ساعت از شروع آزمایش شمارش و ثبت شد.

زمان کشنده ۵۰ درصد (LT₅₀) اسانس‌های آزمایشی، مشابه شرایط دو آزمایش قبلی تعیین شد. با این تفاوت که، تعداد ۲۰ عدد حشره کامل یک روزه بید غلات در ۴ تکرار، به ظروف شیشه‌ای منتقل شد. همچنین، در این مورد از بالاترین غلظت اسانس‌های زیره سیاه (۳/۶ میکرولیتر بر

تا مرگ حشرات کامل شمارش و ثبت شد.

تجزیه داده‌ها

تجزیه داده‌های حاصل از اثرات کشندگی اسانس‌های آزمایشی با استفاده از دستور PROC PROBIT نرم افزار SAS انجام گرفت (SAS Institute, 2002). نتایج داده‌های LT₅₀ نیز با برنامه PROC GLM نرم‌افزار SAS محاسبه شدند (SAS Institute, 2002). پارامترهای جدول زندگی حشره بر اساس روش دو جنسی سن - مرحله (Chi, 1988; Chi, 2016) محاسبه شدند. مقایسه اختلاف آماری بین پارامترهای زیستی، با استفاده از آزمون دوگانه بوت‌استرپ (paired bootstrap test) صورت گرفت ($P < 0.05$). همچنین، میزان بازدارندگی تخم‌گذاری اسانس‌ها با فرمول زیر محاسبه شد (Xue *et al.*, 2001):

$$\text{درصد بازدارندگی تخم‌گذاری} = 1 - \left(\frac{\text{تعداد تخم در تیمار}}{\text{تعداد تخم در شاهد}} \right) \times 100$$

نتایج

شناسایی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس‌های آزمایشی

بر اساس نتایج به دست آمده، ۱۹ ترکیب در اسانس زیره سیاه شناسایی شد که در مجموع ۹۹/۰۸ درصد از کل اسانس را شامل می‌شدند. ترکیبات γ -terpinene، Cumin aldehyde و Cuminic alcohol در این اسانس به ترتیب ۳۰/۱۱، ۲۴/۲ و ۲۰/۱ درصد از اسانس را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). هم-چنین، در اسانس دارچین ۴۲ ترکیب مختلف و در اسانس نعناع فلفلی ۴۴ ترکیب مختلف شناسایی شدند که در مجموع به ترتیب ۹۸/۷۵ درصد و ۸۶/۸۷ درصد از کل اسانس را شامل می‌شدند. بر این اساس، ترکیب Cinnamaldehyde با ۶۷/۵۲ درصد در اسانس دارچین و ترکیب Carvone به نسبت ۲۸/۷۵ درصد در اسانس نعناع فلفلی، بیش‌ترین حجم اسانس‌ها را به خود اختصاص دادند (جدول‌های ۲ و ۳).

لیتر هوا)، دارچین (۱/۵۶ میکرولیتر بر لیتر هوا) و نعناع فلفلی (۱/۲۸ میکرولیتر بر لیتر هوا) استفاده شد. مرگ و میر حشرات کامل نیز در فواصل زمانی ۳ ساعت شمارش و ثبت گردید.

بررسی اثر زیرکشندگی اسانس‌های آزمایشی روی پارامترهای زیستی و میزان بازدارندگی تخم‌گذاری بید غلات

به منظور تعیین اثر زیرکشندگی اسانس‌ها، از ۱۰۰ عدد تخم یک روزه بید غلات استفاده شد. این تخم‌ها تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده (LC₂₅) سه اسانس زیره سیاه (۸/۷۷ میکرولیتر بر لیتر هوا)، دارچین (۴/۰۴ میکرولیتر بر لیتر هوا) و نعناع فلفلی (۱/۱۲ میکرولیتر بر لیتر هوا)، با ریختن اسانس مربوطه به وسیله میکروپیت روی کاغذ صافی واتمن (به قطر ۳ سانتی‌متر) در داخل ظروف شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتری قرار گرفتند.

برای جلوگیری از خروج اسانس، درب ظروف شیشه‌ای با پارافیلیم پوشانده شد. در تیمار شاهد از استون استفاده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، تخم-ها به ظروف پتری پلاستیکی ۶۰ میلی‌متری حاوی چند دانه گندم منتقل و تعداد تخم‌های تفریخ شده، طول دوره جنینی آن‌ها و طول دوره نابالغ حشره به صورت روزانه شمارش و ثبت گردید.

پس از ظهور حشرات کامل، طول عمر و میزان تخم‌گذاری حشرات کامل تا زمان مرگ آخرین فرد به صورت روزانه شمارش و ثبت شد. به منظور تعیین اثر اسانس‌های آزمایشی بر میزان بازدارندگی تخم‌گذاری بید غلات، تعداد ۱۰۰ عدد حشره کامل یک روزه بید غلات به مدت ۲۴ ساعت تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده (LC₂₅) هر یک از اسانس‌ها قرار گرفتند.

سپس شب‌پره‌های زنده مانده به صورت یک جفت حشره کامل نر و ماده (۱۵ جفت) روی دانه‌های گندم منتقل شده و تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر جفت به صورت روزانه و

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در اسانس زیره سیاه، *Bunium persicum* با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی-طیفسنج جرمی.

Table 1. Chemical compounds identified in *Bunium persicum* essential oil using gas chromatography-mass spectrometry.

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
β -pinene	9.80	1.5*
<i>P</i> -cymene	10.27	10.2
Limonene	10.32	4.9
γ -terpinene	10.61	30.11
Trans-chrysanthenol	11.99	1.5
Cumin aldehyde	12.50	24.2
Safranal	12.80	5.3
Cuminic alcohol	12.82	20.1

* ترکیبات کم تر از یک درصد ذکر نشده است.

*Compounds less than 1% were not listed.

جدول ۲. ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در اسانس دارچین، *Cinnamomum zeylanicum*، با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی-طیفسنج جرمی.

Table 2. Chemical compounds identified in *Cinnamomum zeylanicum* essential oil using gas chromatography-mass spectrometry.

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
L-Limonene	5.25	1.41*
Cinnamaldehyde	11.13	67.52
α -Copaene	13.12	2.01
Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl	15.55	2.23
Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6-dimethyl-4-(1...	16.69	5.59
Para Methoxy Cinnamic Aldehyde	16.92	2.21
Curcumene	17.41	1.08
Tau. Muurolol	19.67	2.74
1,3-Benzodioxole	19.28	1.89

* ترکیبات کم تر از یک درصد ذکر نشده است.

*Compounds less than 1% were not listed.

جدول ۳. ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در اسانس نعناع فلفلی، *Mentha piperita* با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی-طیفسنج جرمی.

Table 3. Chemical compounds identified in *Mentha piperita* essential oil using gas chromatography-mass spectrometry.

Compound*	Retention time (min)	Composition (%)
β -Pinene	9.86	1.13*
β -Myrcene	9.95	1.69
Limonene	10.26	7.19
1,8-Cineole	10.42	2.42
Linalool	10.99	1.16
Borneol	11.74	1.36
1,6-Dihydrocarveol	11.85	1.19
Estragole	11.92	3.34
(-)-Carvone	12.32	28.75
Dihydrocarvylacetate	13.24	1.13
β -Bourbonene	13.76	3.07
Trans-caryophyllene	14.34	2.65
Cis-thujopsene	14.49	1.49
(E)- β -Farnesene	14.55	1.42
(T)-epi-icyclosesquiphellandren	14.68	1.74
Germacrene D	14.72	4.38
Bicyclogermacrene	15.28	1.27
Cis-calamenene	15.52	1.87
Spathulenol	15.89	1.16
α -cadinol	16.64	1.39

* ترکیبات کم تر از یک درصد ذکر نشده است.

*Compounds less than 1% were not listed.

سیاه نیز با داشتن بیشترین مقدار LC_{50} (۲/۴۲ میکرولیتر بر لیتر هوا) کمترین میزان کشندگی را به خود اختصاص داد (جدول ۴). مقدار LC_{50} برای اسانس دارچین ۰/۹۴ میکرولیتر بر لیتر هوا به دست آمد (جدول ۴). مقادیر غلظت کشنده LC_{90} حشرات کامل در اسانس زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی به ترتیب ۵/۳۷، ۴/۶۵ و ۳/۱۲ میکرولیتر بر لیتر هوا بود که بر اساس محدوده اطمینان مقادیر LC_{90} ، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت (جدول ۴).

بر اساس نتایج به دست آمده، LT_{50} اسانس زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی به ترتیب ۱۴/۷۸، ۹/۶۸ و ۸/۰۵ ساعت محاسبه شد (جدول ۵). مقایسه محدوده اطمینان مقادیر LT_{50} تیمارها نشان داد که از این نظر بین اسانس‌های دارچین و نعناع فلفلی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی بین این دو اسانس با تیمار زیره سیاه اختلاف معنی‌داری به دست آمد. بنابراین، اسانس‌های نعناع فلفلی و دارچین در مقایسه با اسانس زیره سیاه، با دارا بودن مقادیر کم‌تر LT_{50} قادر بودند در مدت زمان کوتاه‌تری، ۵۰ درصد حشرات کامل بید غلات را از بین ببرند (جدول ۵). مقایسه محدوده اطمینان مقادیر LT_{90} تیمارها نیز حاکی از آن بود که مقدار LT_{90} اسانس نعناع فلفلی به طور معنی‌داری کم‌تر از اسانس زیره سیاه بود (جدول ۵).

سمیت تدخینی اسانس‌های آزمایشی

مقایسه مقادیر غلظت کشنده LC_{50} اسانس‌های مورد بررسی در تخم‌های بید غلات، حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف به دلیل عدم همپوشانی محدوده‌های اطمینان بود. کمترین LC_{50} متعلق به اسانس نعناع فلفلی (۳/۰۶ میکرولیتر بر لیتر هوا) و بیشترین مقدار آن مربوط به اسانس زیره سیاه (۱۳/۲۲ میکرولیتر بر لیتر هوا) بود (جدول ۴). مقدار LC_{50} برای اسانس دارچین، ۶/۷۴ میکرولیتر بر لیتر هوا محاسبه شد (جدول ۴). بنابراین، اسانس نعناع فلفلی با کمترین مقدار LC_{50} نسبت به اسانس‌های دو گیاه دیگر، بیشترین اثر تخم‌کشی را روی بید غلات داشت. مقادیر غلظت کشنده LC_{90} اسانس‌های مختلف در تخم‌های بید غلات بین ۱۷/۸۷ تا ۲۸/۸۳ میکرولیتر بر لیتر هوا متغیر بود که به دلیل همپوشانی محدوده اطمینان مقادیر LC_{90} ، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۴).

بر اساس نتایج به دست آمده، بین تیمارهای مختلف از نظر سمیت تدخینی اسانس‌ها روی حشرات کامل بید غلات اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در بین تیمارهای مورد بررسی، اسانس نعناع فلفلی دارای بیشترین اثر کشندگی و کمترین مقدار LC_{50} (۰/۵۰ میکرولیتر بر لیتر هوا) بود (جدول ۴). اسانس زیره

جدول ۴. سمیت تدخینی اسانس‌های آزمایشی روی تخم‌ها و حشرات کامل *Sitotroga cerealella*
Table 4. Fumigant toxicity of the tested essential oils against the eggs and adults of *Sitotroga cerealella*.

Essential oils	Growth stages	n ^a	χ^2	Slope \pm SE	Lethal concentrations (μ L/L air)		
					LC ₂₅ (95% FL)	LC ₅₀ (95%FL)	LC ₉₀ (95%F)
<i>Bunium persicum</i>	egg	560	44.90	3.79 \pm 0.56	8.77 (7.25-9.83)	13.22 (12.23-14.30)	28.83 (23.87-40.30)
	adult	560	46.16	3.70 \pm 0.54	1.59 (1.30-1.80)	2.42 (2.22-2.61)	5.37 (4.48-7.39)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	egg	560	40.85	3.03 \pm 0.47	4.04 (3.19-4.63)	6.74 (6.13-7.49)	17.87 (13.87-28.49)
	adult	560	39.43	1.85 \pm 0.29	0.41 (0.28-0.51)	0.94 (0.81-1.12)	4.65 (3.05-10.19)
<i>Mentha piperita</i>	egg	560	38.89	1.55 \pm 0.24	1.12 (0.63-1.56)	3.06 (2.46-3.67)	20.61 (13.25-46.80)
	adult	560	37.16	0.26 \pm 1.09	0.19 (0.10-0.27)	0.50 (0.38-0.60)	3.12 (2.11-6.53)

غلظت‌های کشنده و محدوده اطمینان ۹۵ درصد (FL) با رگرسیون لجستیک محاسبه شدند (SAS Institute, 2002).

^aتعداد کل تخم‌ها یا حشرات کامل استفاده شده در زیست‌سنجی.

Lethal concentrations and 95% fiducial limits (FL) were estimated using logistic regression (SAS Institute, 2002).

^aThe total number of eggs or adult moths used for bioassay.

جدول ۵. مقادیر زمان کشندگی اسانس‌های آزمایشی روی حشرات کامل *Sitotroga cerealella*.

Table 5. Lethal time values of the tested essential oils against the adult of *Sitotroga cerealella*.

Essential oils	Concentration (µL/L air)	χ^2	Slope ±SE	Lethal times (h)		
				LT ₂₅ (95% FL)	LT ₅₀ (95%FL)	LT ₉₀ (95%FL)
<i>Bunium persicum</i>	3.6	2.57	2.57±0.28	8.08 (6.70-9.25)	14.78 (13.33-16.46)	46.54 (36.88-65.99)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	1.56	116.02	2.50±0.23	5.20 (4.17-6.11)	9.68 (8.58-10.76)	31.58 (26.50-40.18)
<i>Mentha piperita</i>	1.28	126.45	2.57±0.23	4.40 (3.50-5.22)	8.05 (7.05-8.99)	25.32 (21.74-31.01)

زمان‌های کشنده و محدوده اطمینان ۹۵ درصد (FL) با رگرسیون لجستیک محاسبه شدند (SAS Institute, 2002). Lethal times and 95% fiducial limits (FL) were estimated using logistic regression (SAS Institute, 2002).

غلظت‌های زیرکشنده اسانس‌های مورد بررسی تاثیر معنی‌داری بر درصد بقاء قبل از بلوغ بید غلات داشتند. به طوری که درصد بقاء بید غلات در تیمارهای زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی به طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد بود (جدول ۶). طول عمر حشرات نر و ماده نیز در تیمارهای زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی به طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد بود (جدول ۶). غلظت‌های زیرکشنده اسانس‌های مورد بررسی، زادآوری بید غلات را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دادند. کم‌ترین مقدار زادآوری بید غلات در تیمار نعناع فلفلی و بیش‌ترین مقدار آن در شاهد مشاهده گردید (جدول ۶). طول دوره تخم‌گذاری بید غلات نیز در تیمارهای دارچین و نعناع فلفلی به طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد بود (جدول ۶).

اثر زیرکشندگی اسانس‌های آزمایشی روی پارامترهای زیستی و میزان بازدارندگی تخم-گذاری بید غلات

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر غلظت‌های زیرکشنده (LC₂₅) اسانس‌های مورد بررسی بر طول دوره جنینی بید غلات معنی‌دار بود. بیش‌ترین طول دوره جنینی در تیمارهای زیره سیاه و دارچین و کم‌ترین مقدار آن در شاهد مشاهده گردید (جدول ۶). غلظت‌های زیرکشنده اسانس‌های گیاهی، مجموع طول دوره لاروی و شفیرگی بید غلات را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دادند؛ به طوری که طول این دوره در تیمارهای زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی بیش‌تر از شاهد بود (جدول ۶). طول دوره نشو و نمایی بید غلات نیز به طور معنی‌داری در تیمارهای زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی بیش‌تر از شاهد بود.

جدول ۶. اثرات زیرکشندگی (LC₂₅) اسانس‌های آزمایشی روی پارامترهای زیستی *Sitotroga cerealella*.

Table 6. Sublethal effects (LC₂₅) of the tested essential oils on biological parameters of *Sitotroga cerealella*.

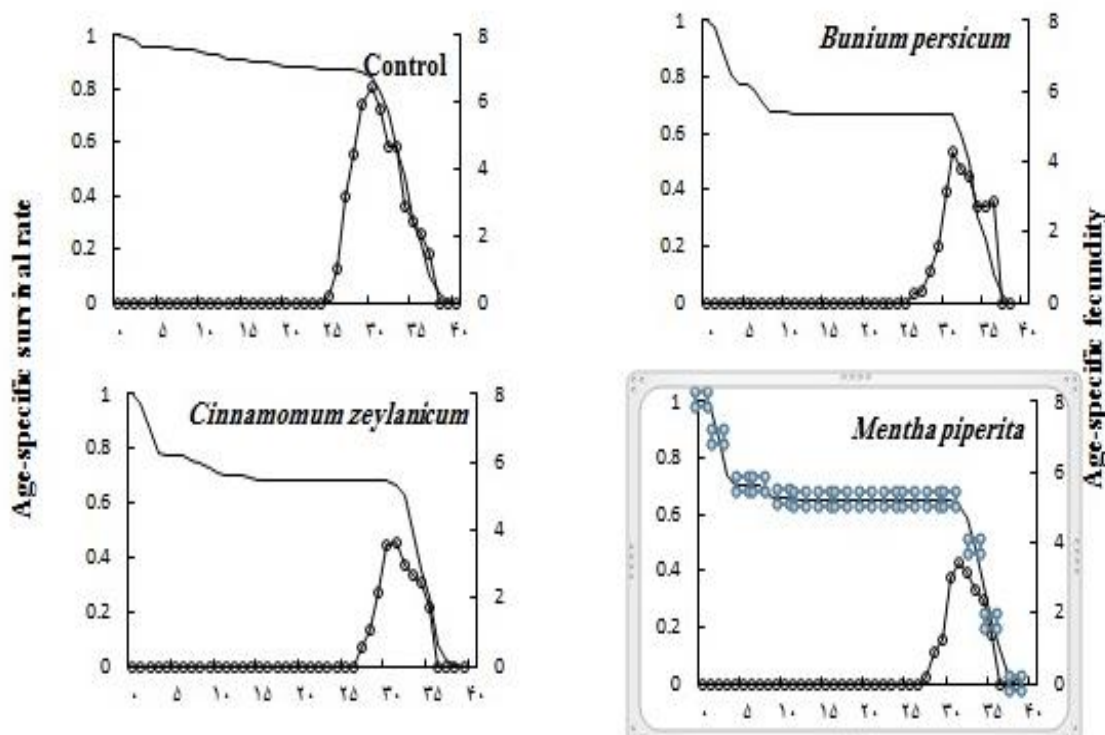
Parameters (mean ± SE)	Treatments			
	<i>Bunium persicum</i>	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	<i>Mentha piperita</i>	Control
Egg incubation (day)	4.83 ± 0.04 ^a	4.78 ± 0.05 ^a	4.54 ± 0.07 ^b	4.12±0.05 ^c
Larval and pupal period (day)	24.31 ± 0.12 ^a	24.26 ± 0.13 ^a	24.55 ± 0.09 ^a	23.12 ± 0.15 ^b
Developmental time (egg to adult) (day)	29.12 ± 0.14 ^a	29.01 ± 0.14 ^a	29.06 ± 0.14 ^a	27.26 ± 0.16 ^b
Preadult survival (%)	0.67 ± 0.04 ^b	0.68 ± 0.04 ^b	0.65 ± 0.04 ^b	0.87 ± 0.03 ^a
Female longevity (day)	6.39 ± 0.26 ^a	6.46 ± 0.25 ^a	6.62 ± 0.3 ^a	9.17 ± 0.9 ^a
Male longevity (day)	4.92 ± 0.18 ^b	5.10 ± 0.15 ^b	5.05 ± 0.16 ^b	6.57 ± 0.24 ^a
Fecundity (eggs laid)	47.31± 1.95 ^b	43.91 ± 2.17 ^{bc}	39.86 ± 2.57 ^c	73.18 ± 1.72 ^a
Oviposition period (day)	4.78 ± 0.19 ^b	4.03 ± 0.25 ^c	3.99 ± 0.27 ^c	6.26 ± 0.14 ^a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند (آزمون دوگانه بوت‌استرپ).

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

به ترتیب ۴۰، ۳۸، ۳۹ و ۳۸ روز بود (شکل ۱). هم-چنین، بیش‌ترین باروری ویژه سنی (m_x) روی تیمارهای مذکور به ترتیب در روزهای ۳۰، ۳۱، ۳۱ و ۳۲ چرخه زیستی بید غلات اتفاق افتاد (شکل ۱).

بقای ویژه سنی (l_x) بید غلات در تیمارهای مختلف با گذشت زمان و افزایش طول عمر سیر نزولی داشت. منحنی‌های بقای ویژه سنی نشان داد که فاصله زمانی بین مرحله تخم تا مرگ آخرین فرد ماده در تیمارهای شاهد، زیره سیاه، دارچین و نعنای فلفلی



شکل ۱. نرخ بقاء وابسته به سن (l_x) و زادآوری وابسته به سن (m_x) *Sitotroga cerealella* در معرض قرار گرفته با غلظت LC_{25} اسانس‌های آزمایشی.

Figure 1. Age-specific survival rate (l_x) and age-specific fecundity (m_x) of *Sitotroga cerealella* exposed to LC_{25} of the tested essential oils.

زیره سیاه، دارچین و نعنای فلفلی نسبت به شاهد شد (جدول ۷).

بر اساس نتایج به دست آمده، از نظر میانگین درصد بازدارندگی تخم‌گذاری بید غلات، اختلاف معنی‌داری بین اسانس‌های آزمایشی وجود داشت ($F_{2,44} = 4/273$; $P = 0/020$). اسانس نعنای فلفلی با میانگین ۵۳/۴۷ و اسانس زیره سیاه با میانگین ۳۹/۴۶ به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین بازدارندگی را روی تخم‌گذاری حشرات ماده بید غلات داشتند (شکل ۲).

نتایج حاصل از بررسی تاثیر غلظت‌های زیرکشنده (LC_{25}) اسانس‌های آزمایشی روی پارامترهای رشد جمعیت بید غلات نشان داد که نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) بید غلات در تیمارهای زیره سیاه، دارچین و نعنای فلفلی به طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد بود (جدول ۷). هم-چنین، غلظت زیرکشنده اسانس‌های مورد بررسی با تاثیر معنی‌دار بر میانگین مدت زمان یک نسل (T) بید غلات موجب افزایش معنی‌دار این پارامتر در تیمارهای

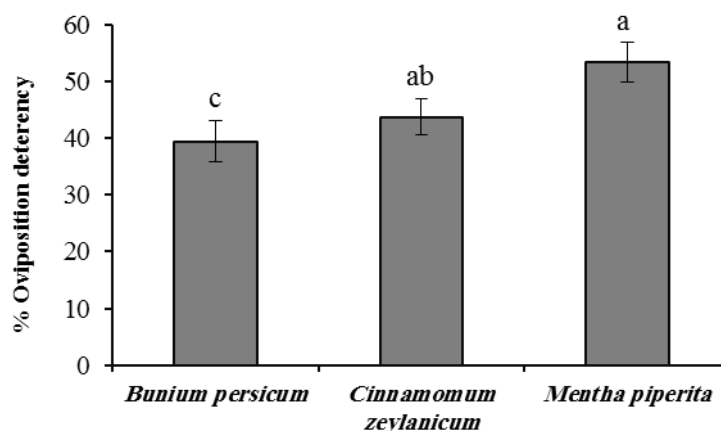
جدول ۷. تاثیر اسانس‌های آزمایشی بر پارامترهای رشد جمعیت *Sitotroga cerealella*

Table 7. Effect of the tested essential oils on population growth parameters of *Sitotroga cerealella*.

Parameters (mean ± SE)	Treatments			
	<i>Bunium persicum</i>	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	<i>Mentha piperita</i>	Control
Gross reproductive rate (<i>GRR</i>) (female/female)	26.08 ± 4.10 ^b	20.88 ± 3.25 ^b	18.50 ± 3.06 ^b	45.27 ± 4.89 ^a
Net reproductive rate (<i>R₀</i>) (female/female)	12.76 ± 2.15 ^b	11.90 ± 2.03 ^b	9.97 ± 1.82 ^b	31.45 ± 3.70 ^a
Intrinsic rate of increase (<i>r_m</i>) (day ⁻¹)	0.078 ± 0.005 ^b	0.077 ± 0.005 ^b	0.0711 ± 0.006 ^b	0.111 ± 0.003 ^a
Finite rate of increase (<i>λ</i>) (day ⁻¹)	1.082 ± 0.005 ^b	1.080 ± 0.005 ^b	1.074 ± 0.006 ^b	1.118 ± 0.004 ^a
Generation time (<i>T</i>) (day)	32.21 ± 0.29 ^a	31.84 ± 0.28 ^a	32.12 ± 0.27 ^a	30.91 ± 0.23 ^b

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند (آزمون دوگانه بوت استرپ).

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



شکل ۲. تاثیر اسانس‌های آزمایشی بر میانگین درصد بازدارندگی تخم‌گذاری *Sitotroga cerealella*. حروف کوچک متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است (آزمون توکی، $P < 0.05$).

Figure 2. Effect of the tested essential oils on mean oviposition deterency of *Sitotroga cerealella*. Means with different letters indicate significant difference ($P < 0.05$, Tukey's test).

هوا)، خاصیت حشره‌کشی بیش‌تری روی حشرات کامل شب‌پره مدیترانه‌ای آرد، *Ephestia kuehniella* Zeller داشت. در مطالعه Khani et al. (2012) نیز، اسانس نعناع فلفلی در مقایسه با اسانس فلفل سیاه *Piper nigrum* L. سمیت بیش‌تری به حشرات کامل سرخرطومی برنج، *Sitophilus oryzae* L. (LC₅₀) اسانس‌ها به ترتیب برابر ۸۸/۰۴ و ۲۸۷/۷۰ میکرولیتر بر لیتر هوا) و بید برنج، *Corcyra cephalonica* St. (LC₅₀) اسانس‌ها به ترتیب برابر ۳۴۳/۹۶ و ۵۳۰/۵۳ میکرولیتر بر لیتر هوا) نشان داد. تفاوت مقدار عددی LC₅₀ اسانس نعناع فلفلی در حشرات کامل بید غلات در بررسی حاضر با مقادیر عددی LC₅₀ اسانس نعناع فلفلی در دو مطالعه فوق‌الذکر به تفاوت گونه حشرات

بحث

نتایج حاصل از مطالعه غلظت کشنده (LC₅₀) اسانس‌های مورد بررسی نشان داد که هر سه اسانس زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی سمیت مناسبی نسبت به بید غلات داشتند، ولی اسانس نعناع فلفلی در مقایسه با دو اسانس دیگر بیش‌ترین سمیت تدخینی را نسبت به تخم و حشرات کامل بید غلات (به ترتیب با LC₅₀ برابر ۳/۰۶ و ۰/۵۰ میکرولیتر بر لیتر هوا) نشان داد. در تحقیق انجام شده توسط Abbasipour et al. (2011)، اسانس نعناع فلفلی در مقایسه با اسانس گیاه باریجه، *Ferula gummosa* Boiss. و رزماری، *Rosmarinus officinalis* L. (LC₅₀) اسانس‌ها به ترتیب برابر ۰/۹۷، ۴۴/۲۶ و ۲/۱۵ میکرولیتر بر لیتر

سمیت قابل ملاحظه‌ای به بید غلات داشتند، ولی سمیت متفاوت آن‌ها ممکن است به تفاوت ترکیبات شیمیایی ثانویه آن‌ها مربوط باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، ترکیبات γ -terpinene و Cumin aldehyde و Cumenic alcohol در اسانس زیره سیاه و ترکیب Carvone در اسانس نعناع فلفلی که همگی جزء ترکیبات مونوترپنی می‌باشند، بیشترین حجم اسانس‌ها را به خود اختصاص دادند. خاصیت حشره-کشی اکثر اسانس‌های گیاهی مربوط به ترکیبات مونوترپنی آن‌ها می‌باشد. این ترکیبات به طور معمول، فرار و تا اندازه‌ای چربی دوست هستند. به همین دلیل، با سرعت به داخل بدن حشرات نفوذ کرده و با تاثیر بر سیستم عصبی، در فرایندهای فیزیولوژیکی و رفتاری آن‌ها مداخله می‌کنند (Saeidi and Mirfakhraie, 2017). بنابراین در بررسی حاضر، خاصیت سمی اسانس‌های زیره سیاه و نعناع فلفلی به احتمال زیاد به دلیل حضور حداکثری این ترکیبات می‌باشد. گزارش شده است که ترکیب Carvone خاصیت دورکنندگی و سمیت تدخینی زیادی علیه برخی آفات انباری مانند شپشه برنج، (*Sitophilus oryzae* L.)، شپشه ذرت (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) و شپشه آرد (*Tribolium castaneum* Herbst) دارد (Fang et al., 2010; Kłys et al., 2020). بررسی اجزای شیمیایی اسانس زیره سیاه توسط Nedaei et al. (2020) نشان داد که ترکیب 2-Methyl-3-phenylpropanal با ۴۵/۹۶ درصد بیشترین مقدار را داشت. در گزارش Moghaddam et al. (2013) نیز، ترکیبات Menthone (۳۰/۶۳ درصد) و Menthol (۲۵/۱۶ درصد) اجزای اصلی اسانس نعناع فلفلی را تشکیل می‌دادند. تفاوت مشاهده شده در ترکیبات شیمیایی اصلی اسانس زیره سیاه و نعناع فلفلی در پژوهش حاضر و تحقیقات مذکور می‌تواند ناشی از شرایط آب و هوایی، عوامل جغرافیایی، عوامل ژنتیکی، مرحله رشدی گیاه، زمان برداشت و نحوه استخراج ترکیبات باشد (Franz, 1993). در بررسی حاضر، عمده‌ترین ترکیب شناسایی شده در اسانس دارچین، ماده Cinnamaldehyde بود. در پژوهش Kazemi and

مورد بررسی مربوط می‌باشد. با این وجود، مقدار عددی کم‌تر LC₅₀ اسانس نعناع فلفلی در بررسی حاضر نشان می‌دهد که حشرات کامل بید غلات، میزان تحمل کم‌تری به اسانس نعناع فلفلی در مقایسه با شب‌پره مدیترانه‌ای آرد (Abbasipour et al., 2011)، سرخرطومی برنج و بید برنج (Khani et al., 2012) داشتند.

نتایج بررسی LT₅₀ اسانس‌های مورد بررسی روی حشرات کامل بید غلات نشان داد که سرعت حشره-کشی هر دو اسانس نعناع فلفلی (۸/۰۵ ساعت) و دارچین (۹/۶۸ ساعت) از نظر آماری مشابه، ولی بیش‌تر از اسانس زیره سیاه (۱۴/۷۸ ساعت) بود. ناصری و همکاران (Naseri et al., 2017) نیز گزارش کردند که در جمعیت حشرات کامل بید غلات، سرعت حشره‌کشی اسانس درمنه خراسانی، *Artemisia khorassanica* Podl. (با LT₅₀ برابر ۹/۰۱ ساعت) نسبت به اسانس درمنه دشتی، *Artemisia Bess sieberi* (با LT₅₀ برابر ۱۴/۳۷ ساعت) بیش‌تر بود. بنابراین، اسانس گیاهان مختلف می‌توانند سرعت تاثیر متفاوتی بر جمعیت یک آفت داشته باشند. در مطالعه (Saeidi and Mirfakhraie, 2017)، غلظت‌های مختلف اسانس نعناع فلفلی در مدت ۱/۸۹ تا ۳/۲۹ ساعت در ۵۰ درصد حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، *Callosobruchus maculatus* F. کشندگی ایجاد کردند. تفاوت مقدار عددی LT₅₀ اسانس نعناع فلفلی در بررسی حاضر با مقدار عددی مطالعه اخیر را می‌توان به تفاوت غلظت اسانس و گونه حشرات مورد بررسی نسبت داد. از طرف دیگر، زمان اسانس‌دهی می‌تواند عامل مهمی در تلفات حشرات باشد. به طوری که، در برخی مواقع تلفات یک حشره ممکن است حتی پس از ۲۴ ساعت از زمان اسانس-دهی مشاهده شود (Mahmoodvand et al., 2013). بنابراین در بررسی حاضر، مشاهده تلفات در ۵۰ درصد جمعیت در مدت زمان کم‌تر از ۲۴ ساعت، حاکی از سمیت تدخینی بالای اسانس‌های مورد بررسی به ویژه اسانس نعناع فلفلی می‌باشد.

در پژوهش حاضر، هر سه اسانس مورد بررسی،

مقایسه با شاهد شدند. کاهش زادآوری ممکن است نتیجه تاثیر مستقیم اسانس روی حشرات کامل، از طریق مداخله برخی ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس در رفتارهای تولیدمثلی حشره، و یا نتیجه ترکیب فرآورده‌های خود گیاه با اسانس باشد که در این حالت ممکن است گامت‌زایی حشره تحت تاثیر قرار گیرد (Quilici *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2014; Tak *et al.*, 2016).

نتایج حاصل از بررسی تاثیر غلظت زیرکشنده (LC₂₅) اسانس‌های آزمایشی روی پارامترهای رشد جمعیت بید غلات نشان داد که در تیمارهای زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی، نرخ ناخالص تولیدمثل (*GRR*)، نرخ خالص تولیدمثل (*R₀*)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r_m*) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (*λ*) بید غلات به طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد و میانگین مدت زمان یک نسل (*T*) آفت بیش‌تر از شاهد بود. نتایج مشابهی نیز در تحقیقات انجام شده توسط Borzoui *et al.* (2016) روی شب‌پره هندی در معرض قرار گرفته با اسانس‌های درمنه خراسانی و گیاه پنج انگشت، *Vitex pseudo-negundo* Hausskn و Naseri *et al.* (2017) روی بید غلات تیمار شده با اسانس درمنه خراسانی و درمنه دشتی به دست آمده است. کم‌تر بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r_m*) در حشرات در معرض قرار گرفته با اسانس‌های گیاهی در مقایسه با شاهد می‌تواند به بقای کم‌تر آفت، طولانی‌تر شدن دوره نشو و نمایی مراحل نابالغ و پایین بودن زادآوری آن مربوط باشد. به طوری که، کاهش این پارامترها موجب کاهش سرعت رشد جمعیت آفت می‌شود (Naseri *et al.*, 2017). بازدارندگی تخم‌گذاری حشرات توسط اسانس‌ها، معیار مهمی برای مدیریت آفات انباری است (Faraji *et al.*, 2015). بر اساس نتایج به دست آمده، اسانس نعناع فلفلی در مقایسه با دو اسانس دیگر بیش‌ترین بازدارندگی را روی تخم-گذاری حشرات ماده بید غلات داشت که حاکی از قوی‌تر بودن اسانس این گیاه در دور کردن حشرات ماده بود. مشابه با نتایج بررسی حاضر، Kumar *et al.* (2009) گزارش کردند که اسانس نعناع، *Mentha*

(2016) Mokhtariniya نیز، Cinnamaldehyde (۵۲/۳۰ درصد) اصلی‌ترین جزء اسانس دارچین بود. این ماده، یک ترکیب آلدئیدی است که عطر و طعم ویژه دارچین را ایجاد می‌کند و خاصیت سمی زیادی به هر دوی آفات انباری و مزرعه‌ای نشان می‌دهد (Mondal and Khalequzzaman, 2010; Ashakirin *et al.*, 2017; Ghada and Naglaa, 2020). در بررسی حاضر، طول دوره‌های رشدی مختلف، بقاء، زادآوری و طول دوره تخم‌گذاری بید غلات به طور معنی‌داری تحت تاثیر غلظت زیرکشنده (LC₂₅) اسانس‌های مورد بررسی قرار گرفت. به طوری که در تیمارهای زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی، طول دوره نشو و نمایی بید غلات به طور معنی‌داری طولانی‌تر از شاهد بود. طول دوره تخم‌گذاری آفت نیز در تیمارهای دارچین و نعناع فلفلی کوتاه‌تر از شاهد بود. به طور مشابه، Naseri *et al.* (2017) گزارش کردند که کاربرد اسانس‌های درمنه خراسانی و درمنه دشتی روی بید غلات موجب طولانی‌تر شدن دوره نشو و نمایی و کوتاه‌تر شدن دوره تخم‌گذاری آن می‌شود. طولانی‌تر شدن دوره نشو و نمای حشره باعث می‌شود که مدت در معرض قرارگیری به اسانس‌های گیاهی، قبل از جفتگیری و تولید نسل جدید افزایش یابد (Naseri *et al.*, 2017). هم‌چنین، کوتاه‌تر بودن دوره تخم‌گذاری در حشرات در معرض قرار گرفته با اسانس‌های گیاهی ممکن است باعث کاهش تعداد تخم‌های گذاشته شده و در نتیجه تاثیر منفی بر جمعیت نسل بعد آفت گردد. در بررسی حاضر، درصد بقاء بید غلات در تیمارهای زیره سیاه، دارچین و نعناع فلفلی به طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد بود. در تحقیق انجام شده توسط Abbasipour *et al.* (2011) نیز، کاربرد اسانس باعث کاهش زنده‌مانی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد شد. هم‌چنین بر اساس نتایج پژوهش حاضر، کم‌ترین مقدار زادآوری بید غلات در تیمار نعناع فلفلی مشاهده شد. جسر و همکاران (Jesser *et al.*, 2017) با بررسی کارایی شش اسانس گیاهی مختلف روی شب‌پره هندی گزارش کردند که اسانس نعناع فلفلی همراه با سایر اسانس‌های مورد بررسی، باعث کاهش چشمگیر زادآوری شب‌پره هندی در

در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت مهم به ویژه در انبارها استفاده کرد. با این حال، در مورد تاثیر این اسانس‌ها در شرایط طبیعی به ویژه در محیط انبار و نیز امکان کاربرد عملی آن از طریق تهیه انواع فرمولاسیون‌های مناسب باید مطالعات تکمیلی بیش-تری انجام گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

L. arvensis در سوسک چینی حبوبات، *Callosobruchus chinensis*، تاثیر بازدارندگی تخم-گذاری داشت. این احتمال وجود دارد که برخی ترکیبات فرار موجود در اسانس گیاهان جنس نعناع (*Mentha*)، موجب تغییر رفتار تخم‌گذاری حشرات می‌شود.

در مجموع نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که هر سه اسانس مورد بررسی اثرات تدخینی و زیرکشندگی مناسبی روی بید غلات داشتند، ولی در بین اسانس‌های مورد بررسی، اسانس نعناع فلفلی سمیت، بازدارندگی تخم‌گذاری و تاثیر منفی بیش‌تری روی زادآوری و برخی پارامترهای زیستی بید غلات داشت. بنابراین، هر سه اسانس مورد بررسی به ویژه اسانس نعناع فلفلی توانایی مطلوبی برای کنترل جمعیت بید غلات دارند و می‌توان از آنها

REFERENCES

1. Abbasipour, H., Seyedi, A. & Mahmoudvand, M. (2011) Fumigant toxicity of three plant essential oils against adults of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae). *IOBC/wprs Bulletin*, 69, 257-261.
2. Adams, R. P. (2001) *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Carol Stream: Allured Publishing Co.
3. Adel, M. M., Massoud, M. A., Mohamed, M. I., Abdel-Rheim, K. H. & Abd El-Naby, S. S. (2018) New nano-biopesticide formulation of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae) essential oil against stored product red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbs and its effect on storage. *Advances in Crop Science and Technology*, 6, 6. doi: 10.4172/2329-8863.1000409
4. Alizadeh Behbahani, B., Falah, F., LaviArab, F., Vasiee, M. & TabatabaeeYazdi, F. (2020) Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and atiproliferative activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, doi: 10.1155/2020/5190603.
5. Ashakirin, S. N., Tripathy, M., Patil, U. K. & Majeed, A. B. A. (2017) Chemistry and bioactivity of cinnamaldehyde: a natural molecule of medicinal importance. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8, 2333-2340.
6. Alves, T. J. S., Cruz, G. S., Wanderley-Teixeira, V., Teixeira, A. A. C., Oliveira, J. V., Correia, A. A. & Cunha, F. M. (2014) Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. *Biotechic and Histochemistry*, 89, 245-255.
7. Borzoui, E., Naseri, B., Abedi, Z. & Karimi-Pormehr, M. S. (2016) Lethal and sublethal effects of essential oils from *Artemisia khorassanica* and *Vitex pseudo-negundo* against *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology*, 45, 1220-1226.
8. Brari, J. & Thakur, D. R. (2015) Insecticidal efficacy of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* Blume and its two major constituents against *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Agricultural Technology*, 11, 1323-1336.
9. Bruneton, J. (1999) *Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants*. 2nd edition, Lavoisier Tec & Doc, Paris, France.
10. Bushra, S. & Aslam, M. (2014) Management of *Sitotroga cerealella* in stored cereal grains: a review. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47, 2365-2376.
11. Campolo, O., Giunti, G., Russo, A., Palmeri, V. & Zappal, L. (2018) Essential oils in stored product insect pest control. *Journal of Food Quality*, 2018, doi: 10.1155/2018/6906105.
12. Chaudhuri, N. & Gharde, S. K. (2017) Development and damage if *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) to different indigenous aromatic paddy varieties. *Applied Biological Research*, 19, 41-48.
13. Chi, H. (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among

- individuals. *Environmental Entomology*, 17, 26-34.
14. Chi, H. (2016) TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. (<http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-MSChart.zip>).
 15. Ebadollahi, A. & Mahdavi, V. (2019) Insecticidal effects of Moldavian dragonhead, *Dracocephalum moldavica*, essential oil on the parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* and its hosts *Anagasta kuehniella* and *Plodia interpunctella*. *Plant Pest Research*, 9, 49-61. (In Farsi)
 16. Fang, R., Jiang, C. H., Wang, X. Y., Zhang, H. M., Liu, Z. L., Zhou, L., Du, S. S. & Deng, Z. W. (2010) Insecticidal activity of essential oil of *Carum carvi* fruits from China and its main components against two grain storage insects. *Molecules*, 15, 9391-9402.
 17. Faraji, Z., Serailoo, M. H. & Salehi, L. (2015) The effect of essential oils and powders of the three plant species *Zattaria multiflora*, *Myrtus comminus*, and *Heracleum persicum* on rate of oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lep: Gelechiidae). *Journal of Entomological Research*, 7, 171-180. (In Farsi)
 18. Franz, C. (1993) Genetics. In Hay, R. K. M. & Waterman. P. G. (Eds.), *Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production*. Longman, Harlow, UK.
 19. Ghada, A. E. & Naglaa, Y. M. (2020) Efficacy of cinnamon oil and its active ingredient (cinnamaldehyde) on the cotton mealy bug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley and the predator *Chrysoperla carnea*. *Bulletin of the National Research Centre*, 44, 154.
 20. Hansen, L. S., Skovagard, H. & Hell, K. (2004) Life table study of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae), a strain from West Africa. *Journal of Economic Entomology*, 97, 1484-1490.
 21. Heydarzade, A., Valizadegan, O., Negahban, M. & Mehrkhou, F. (2019) Efficacy of *Mentha spicata* and *Mentha pulegium* essential oil nanoformulation on mortality and physiology of *Tribolium castaneum* (Col.: Tenebrionidae). *Journal of Crop Protection*, 8, 501-520.
 22. Isman, M. B. (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66.
 23. Jahansooz, F., Sefidkon, F., Najafi, A., Ebrahimzadeh, H. & Najafi, M. S. (2012) Comparison of essential oils of *Bunium persicum* (Boiss.) populations grown in Iran, Pakistan and India. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15, 761-765.
 24. Jesser, E. N., Werdin-González, J. O., Murray, A. P. & Ferrero, A. A. (2017) Efficacy of essential oils to control the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20, 1122-1129.
 25. Kazemi, M. & Mokhtariniya, S. (2016) Essential oil composition of bark of *Cinnamomum zeylanicum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19: 786-789.
 26. Khani, M., Awang, M. R. & Omar, D. (2012) Insecticidal effects of peppermint and black pepper essential oils against rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. and rice moth, *Corcyra cephalonica* (St.). *Journal of Medicinal Plants*, 11, 97-110.
 27. Kim, B. S., Song J. E., Park, J. S., Park, Y. J., Shin, E. M. & Yang, J. O. (2019). Insecticidal effects of fumigants (EF, MB, and PH3) towards phosphine-susceptible and -resistant *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Insects*, 10, 327.
 28. Klys, M., Izdebska, A. & Malejky-Klusek, N. (2020) Repellent effect of the caraway *Carum carvi* L. on the rice weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera, Dryophthoridae). *Insects*, 11, 836.
 29. Kumar, A., Shukla, R. & Singh, P. (2009) Use of essential oil from *Mentha arvensis* L. to control storage moulds and insects in stored chickpea. *Journal of the Science of Food and Agricultur*, 89, 2643-2649.
 30. Mahmoodvand, S., Shakarami, J. & Vafaei-Shoushtari, R. (2013) Fumigation toxicity of four plant essential oils on adults of *Tribolium castaneum* (Herbst) and *T. confosum* (Du val). *Journal of Entomological Research*, 6, 367-378. (In Farsi)
 31. Mebdoua, S. & Ounane, G. (2019) Evaluation of pesticide residues in wheat grains and its products from Algeria. *Food Additives & Contaminants*, 12, 289-295.
 32. 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.
 33. Mondal, M. & Khalequzzaman, M. (2010) Toxicity of naturally occurring compounds of plant essential oil against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Biological Sciences*, 10, 10-17.
 34. 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*, 100, 1-7.
 35. Nedaei, M., Nouri-Ganbalani, G., Rafiee-Dastjerdi, H. & Ebadollahi, A. (2020) Lethal and sublethal

- effects of essential oils of *Artemisia khorassanica* Podi, *Carum carvi* L., and *Piper nigrum* L. on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Plant Pest Research*, 10, 41-57. (In Farsi)
36. Papachristos, D. & Stamopoulos, D. (2002) Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38, 117-128.
 37. Park, I. K., Lee, S. G., Choi, D. H., Park, J. D. & Ahn, Y. J. (2003) Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 39, 375-384.
 38. Quilici, S., Schmitt, C., Vidal, J., Franck, A. & Deguine, J. P. (2013) Adult diet and exposure to semiochemicals in fluence male mating success in *Ceratitis rosa* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, 137, 142-153.
 39. Reddy, D. N., Al-Rajab, A. J., Sharma, M., Moses, M. M., Reddy, G. R. & Albratty, M. (2019) Chemical constituents, in vitro antibacterial and antifungal activity of *Mentha piperita* L. (peppermint) essential oils. *Journal of King Saud University – Science*, 31, 528-533.
 40. 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 Products Research*, 30, 1834-1838.
 41. Saeidi, K. & Mirfakhraie, S. (2017) Chemical composition and insecticidal activity *Mentha piperita* L. essential oil against the cowpea seed beetle *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Entomological and Acarological Research*, 49, 127-134.
 42. SAS Institute (2002) The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
 43. Shukle, R. H. & Wu., L. (2003) The role of protease inhibitors and parasitoids on the population dynamics of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology*, 32, 488-498.
 44. Svoboda, K. & Greenaway, R. (2003) Investigation of volatile oil glands of *Satureja hortensis* L. (summer savory) and phytochemical comparison of different varieties. *International Journal of Aromatherapy*, 13, 196-202.
 45. Tak, J. H., Jovel, E. & Isman, M. B. (2016) Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Journal of Pest Science*, 89, 183-193.
 46. Throne, J. E. & Weaver, D. K. (2013) Impact of temperature and relative humidity on life history parameters of adult *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Stored Products Research*, 55, 128-133.
 47. Viteri Jumbo, L. O., Haddi, K., Faroni, L. R. D., Heleno, F. F., Pinto, F. G. & Oliveira, E. E. (2018) Toxicity to, oviposition and population growth impairments of *Callosobruchus maculatus* exposed to clove and cinnamon essential oils. *PLoS ONE*, 13, e0207618.
 48. Xue, R. D., Barnard, D. R. & Ali, A. (2001) Laboratory and field evaluation of insect repellents as oviposition deterrents against mosquito *Aedes albopictus*. *Medical and Veterinary Entomology*, 15, 126-131.
 49. Yang, Y., Isman, M. B. & Tak, J. K. (2020) Insecticidal activity of 28 essential oils and a commercial product containing *Cinnamomum cassia* bark essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Insects*, 11, 474.
 50. Yazdani, D., Jamshidi, H. & Mojab, F. (2002) Compare of essential oil yield and menthol existent in peppermint (*Mentha piperita* L.) planted in different region of Iran. *Journal of Medicinal Plants* 3, 73-77. (In Farsi)