



اجزای شیمیایی و خواص حشره‌کشی اسانس‌های استخراج‌شده از چهار اکوتیپ زیره سبز روی لاروهای کرم ساقه‌خوار ذرت

رضا صادقی^{۱*}، محمدرضا عشرتی^۲، سیدمحمد مهدی مرتضویان^۳، ارسلان جمشیدنیا^۱، عسگر عباداللهی^۴

۱. دانشیار، گروه حشره‌شناسی و بیماری‌شناسی گیاهی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه حشره‌شناسی و بیماری‌شناسی گیاهی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

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

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹

چکیده

کرم ساقه‌خوار ذرت (*Sesamia cretica* Led.)، از آفات مهم ذرت و نیشکر در ایران می‌باشد. خواص حشره‌کشی اسانس‌های چهار اکوتیپ زیره سبز شامل فارس-سیوند (FS)، خراسان شمالی-شیروان (KS)، کرمان-کوهبنان (KK) و کرمان-رفسنجان (KR) علیه لاروهای سن ۴ کرم ساقه‌خوار ذرت در ۴ تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. میزان تلفات لاروها در دمای ۲۷±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، ۷۲ ساعت پس از تیمار ثبت شد. نتایج نشان داد تمامی اکوتیپ‌های زیره سبز روی آفت مذکور سمی بودند. کم‌ترین میزان LC₅₀ مربوط به اسانس اکوتیپ KR (۲۷۲۵ppm) بود و اکوتیپ‌های FS، KS (به ترتیب ۲۷۷۷، ۳۰۹۹ و ۸۳۹۰) بعد از آن قرار داشتند. نتایج تجزیه شیمیایی اسانس‌ها با استفاده از دستگاه GC-MS نشان داد که ترکیب سایمن در اکوتیپ KR در مقایسه با سایر اکوتیپ‌های زیره سبز درصد بیش‌تری داشت. لذا سمیت بالای اکوتیپ KS در مقایسه با دیگر اکوتیپ‌های زیره سبز می‌تواند مربوط به وجود چنین ترکیباتی باشد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، اسانس‌های اکوتیپ‌های زیره سبز پتانسیل لازم برای جایگزینی با حشره‌کش‌های شیمیایی در مدیریت تلفیقی کرم ساقه‌خوار ذرت را دارا می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: اسانس گیاهی، زیست‌سنجی، کرم ساقه‌خوار ذرت، کنترل زیستی، مرگ‌ومیر.

Chemical Composition and Insecticidal Effects of Essential Oils Extracted from Four Cumin Ecotypes on the Larvae of Pink Stem Borer

Reza Sadeghi^{1*}, Mohammad Reza Eshtrati², Seyed Mohammad Mahdi Mortazavian³, Arsalan Jamshidnia¹, Asgar Ebadollahi⁴

1. Associate Professor, Department of Entomology and Plant Pathology, Collage of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

2. M.Sc. Student, Department of Entomology and Plant Pathology, Collage of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Collage of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

4. Associate Professor, Department of Plant Sciences, Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabil, Ardabil, Iran.

Received: February 26, 2020

Accepted: November 9, 2020

Abstract

Pink stem borer, *Sesamia cretica* Led, is one of the most important pests of sugarcane and maize in Iran. Insecticidal properties of essential oils of four cumin ecotypes, namely Fars-Sivand (FS), North Khorasan-Shirvan (KS), Kerman-Kuhbanan (KK), and Kerman-Rafsanjan (KR), has been evaluated against 4th instar-larvae of *S. cretica* in a completely randomized design with four replications. Larval mortality at 27±2 °C, relative humidity of 65±5%, and 16:8 hours light: darkness period is recorded after 72 hours. Results show that all cumin ecotypes have been toxic to the pest, with the lowest LC₅₀ value, obtained from the essential oil of KR ecotype (2725 ppm) followed by KK, FS, and KS ecotypes (2777, 3099, and 8390 ppm, respectively). The chemical analysis of essential oils tested by GC-MS shows that *m*-cymene in the KR ecotype has been higher than other cumin ecotypes. Therefore, the high toxicity of KS ecotype compared to other cumin ecotypes can be related to the presence of such compounds. According to the present study's results, the essential oils of cumin ecotypes are potentially a great substitute for chemical insecticides in the integrated management of *S. cretica*.

Keywords: Biocontrol, bioassay, essential oil, mortality, *Sesamia cretica*.

۱. مقدمه

کرم ساقه‌خوار ذرت، *Sesamia cretica* Led. (Lepidoptera: Noctuidae)، به‌عنوان یک حشره چندخوار دارای حدود دویست میزبان گیاهی بوده و در بسیاری از کشورهای اروپایی، آسیایی و آفریقایی انتشار دارد (Khanjani, 2004). *S. cretica* از آفات مهم ذرت است که در مناطق جنوبی و مرکزی ایران انتشار داشته و با وجود داشتن میزبان‌های متعدد، همواره ذرت خوشه‌ای، ذرت، نیشکر و سودان‌گراس را به سایر میزبان‌ها ترجیح می‌دهد (Behdad, 1997). لاروهای سنین اولیه این آفت بیش‌تر از برگ‌های تازه و فوقانی بوته ذرت تغذیه کرده و با سوراخ کردن برگ‌های در برگ‌برگرفته گل‌آذین و یا غلاف‌های جانبی از گل‌های نر یا ساقه گیاه و حتی از خوشه بلال تغذیه می‌کنند (Seraj, 2011). میزان خسارت این آفت در نقاط مختلف متفاوت و از ۱۰ تا ۵۰ درصد گزارش شده است (Hill, 1987).

کاربرد سموم شیمیایی روش متداول کنترل آفات محسوب می‌شود اما استفاده بی‌رویه از این ترکیبات اثرات منفی متعددی از قبیل به‌وجود آمدن جمعیت‌های مقاوم آفات، شیوع آفات ثانویه، اثرات مخرب روی محیط زیست و سمیت روی موجودات غیرهدف را در پی داشته است (Ay, 2005; Jeyasankar & Jesudasan, 2005; Cavalcanti et al., 2010; Attia et al., 2013). حشره‌کش‌های گیاهی به جهت داشتن خصوصیات نظیر کم‌ترین تأثیر روی دشمنان طبیعی، عدم ایجاد گیاه‌سوزی، حداقل سمیت روی بهره‌داران و تجزیه‌ی سریع در محیط که مهم‌ترین مزایای این نوع حشره‌کش‌هاست می‌توانند تا حدی جایگزین حشره‌کش‌های مصنوعی شوند (Isman, 2006). از این‌رو، استفاده از ترکیبات سالم و طبیعی برای جایگزینی با سموم شیمیایی خطرناک ضروری می‌باشد. اسانس‌های گیاهی ترکیب‌های طبیعی هستند که در

گیاهان معطر به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه شکل گرفته‌اند. اسانس‌ها نقش مهمی در حفاظت گیاهان در برابر باکتری‌ها، قارچ‌ها و حشرات گیاه‌خوار دارند (Tholl, 2006). در حقیقت این ترکیب‌ها به‌عنوان ملکول‌های علامت‌دهنده عمل می‌کنند و یک رابطه تکاملی با نقش عملکردی خود در گیاه را نشان می‌دهند (Theis & Lerdau, 2003). اسانس‌ها قابلیت سنتز شدن توسط همه اندام‌های گیاهی از قبیل جوانه، گل، برگ، ساقه، بذر، میوه، ریشه، چوب یا پوست را دارند (Bakkali et al., 2008). امروزه در دنیا پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه استفاده از ترکیب‌های گیاهی به‌عنوان حشره‌کش‌های گیاهی صورت می‌گیرد، به‌طور کلی، ثابت شده است که گیاهان اسانس‌دار دارای ترکیبات فوق‌العاده قوی هستند که علاوه بر خاصیت دورکنندگی و بازدارندگی تغذیه و تخم‌ریزی، در مدت کوتاهی به مرگ حشره منجر می‌شوند.

زیره سبز با نام علمی (*Cuminum cyminum* L.) یک گیاه گلدار از خانواده چتریان و بومی شرق مدیترانه و هندوستان می‌باشد (Jacobson, 1988). خواص ضد قارچی، ضد باکتریایی، ضد ویروسی و آنتی‌اکسیداتی و اثرات داروشناختی زیره سبز در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (Hadian et al., 2008; Manuel et al., 2008; Kedia et al., 2014; Sahoo et al., 2014; Chaudhary et al., 2014). تفاوت در فعالیت بیولوژیکی اسانس‌های گیاهی به تفاوت در ساختار شیمیایی ترکیبات سازنده آن‌ها مربوط می‌شود، که در مورد اسانس زیره سبز، *Cumin aldehyde* با داشتن خاصیت حشره‌کشی، تخم‌کشی، بازدارندگی رشدی و تولیدمثلی مهم‌ترین ترکیب سازنده می‌باشد (Aslan et al., 2004). اثر حشره‌کشی زیره سبز توسط پژوهش‌گران متعددی مورد مطالعه قرار گرفته است. El-Lakwah & Mohamed (1998) اثر حشره‌کشی، دورکنندگی و کاهش در تولید نتاج عصاره زیره سبز را روی حشرات کامل سوسک

ساقه‌های نرم و ترد ذرت استفاده شد. دو هفته بعد که لاروهای جمع‌آوری‌شده به شفیره تبدیل شدند، جنسیت حشرات براساس شکل ظاهری آن‌ها مشخص شد. وجود یک شیار در سطح شکمی شفیره‌های ماده وجه تمایز بین دو جنس نر و ماده است. سپس حدود ۲۰ عدد شفیره نر و ۲۰ عدد شفیره ماده در یک ظرف قرار داده شد تا پس از ظهور حشرات کامل و جفت‌گیری حشرات نر و ماده عمل تخم‌گیری انجام شود. بعد از ۲۴ ساعت تخم‌های هم‌سن جمع‌آوری و آلوده‌سازی ذرت‌های کشت شده انجام شد.

۳.۲. اسانس زیره سبز

جهت استخراج اسانس از بذره‌های چهار اکوتیپ منتخب موجود در بانک ژن گیاهی گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان استفاده شد (جدول ۱). بذرها با استفاده از دستگاه مخلوط‌کن آزمایشگاهی (LM-3)، شرکت سپهر آریا آزما، ساخت ایران) خرد و پودر گردید. سپس تقطیر با آب^۱ و با استفاده از دستگاه کلونجر (Zimax 238029، ساخت ایران) به مدت چهار ساعت برای هر نمونه (۵۰ گرم بذر و ۷۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، اسانس استخراج شد (Sefidkon & Rahimi Bidgoli, 2002). شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس با استفاده از دستگاه جی‌سی‌مس (Agilent 7890A (GC/MS) با 5975 MS detector و ستون HP-5MS با طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر انجام شد.

تزریق در حالت شکافته با دمای ورودی ۲۵۰ درجه سلسیوس انجام شد و انرژی یونیزاسیون ۷۰ ولت در نظر گرفته شد. از گاز هلیوم با سرعت جریان یک میلی‌متر در دقیقه و متوسط سرعت یک سانتی‌متر در ثانیه به‌عنوان گاز حامل استفاده شد.

چهارنقطه‌ای حبوبات موردبررسی قرار دادند. اثر تخم‌کشی اسانس پنج گیاه از جمله زیره سبز توسط Tunc et al. (2000) روی شپشه آرد و بید آرد بررسی شد. Shah Hussain & Rahman (2008) اثر حشره‌کشی اسانس زیره سبز را روی حشرات کامل *Callosobrochus maculatus* (F.) بررسی نمودند. توانایی حشره‌کشی پودر، اسانس و فرمولاسیون نانوزل اسانس زیره سبز روی حشرات کامل *Tribolium confusum* du Val و *Sitophilus granarius* L. مورد مطالعه قرار گرفت (Ziaee & Moharrampour, 2013; Ziaee et al., 2014b). با توجه به پژوهش‌های مذکور، در پژوهش حاضر پتانسیل حشره‌کشی اسانس‌های مستخرج از اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز روی لاروهای کرم ساقه‌خوار ذرت بررسی شد. هم‌چنین به دلیل وجود ارتباط مستقیم بین ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس‌های گیاهی و خواص زیستی آنها، اجزای شیمیایی اسانس‌های اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی-طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مطالعه گردید.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. شرایط و محل انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌ها در آزمایشگاه سم‌شناسی و گلخانه گروه حشره شناسی و بیماری‌های گیاهی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام شد. کلیه آزمایش‌ها برای پرورش و بررسی اثرات کشندگی اسانس‌ها در دمای 27 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

۲.۲. پرورش گیاه میزبان و آفت

پس از جمع‌آوری ذرت‌های آلوده به لارو از مزارع اطراف شهرستان پاکدشت و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه، لاروها جدا و به جعبه پرورش منتقل شدند. برای تغذیه لاروها از

¹Hydro-distillation

جدول ۱. مشخصات اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز

اکوتیپ*	جمعیت	ژنوتیپ	ارتفاع (m)	طول جغرافیای (°E)	عرض جغرافیایی (°N)
FS	فارس	سیوند	۱۷۰۶	۵۲۵۵	۳۰ ۴
KK	کرمان	کوهبانان	۱۹۹۰	۵۶۱۶	۳۱ ۲۴
KR	کرمان	رفسنجان	۱۵۴۱	۵۵۵۹	۳۰ ۲۱
KS	خراسان شمالی	شیروان	۱۰۹۴	۵۷۵۵	۳۷ ۲۴

*FS: فارس-سیوند، KK: کرمان-کوهبانان، KR: کرمان-رفسنجان و KS: خراسان-شیروان.

در آزمایش‌های اصلی تلفات فقط بعد از ۷۲ ساعت شمارش شد.

۲.۵. تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 (SAS, 1996) و نرم‌افزار SPSS تجزیه گردید و گروه‌بندی میانگین‌ها از طریق آزمون توکی در سطح آماری ۱ درصد انجام شد. غلظت‌های کشته LC₅₀ و LC₉₀ از طریق تجزیه پروبیت محاسبه شد.

۳. نتایج

دوز کشندگی ۵۰ درصد و نتایج تجزیه پروبیت داده‌های زیست‌سنجی اسانس‌های گیاهی در مدت زمان ۷۲ ساعت روی کرم ساقه‌خوار ذرت محاسبه و در جدول (۲) مشخص شده است. براساس نتایج تجزیه پروبیت، اسانس اکوتیپ کرمان-رفسنجان بیش‌ترین قدرت کشندگی (LC₅₀)= ۲۷۲۵ppm و اسانس اکوتیپ خراسان شمالی-شیروان کم‌ترین قدرت کشندگی (LC₅₀)= ۸۳۹۰ppm را دارا می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین LC₉₀ مربوط به اکوتیپ خراسان شمالی-شیروان (۷۵۲۷ppm) و کم‌ترین LC₉₀ مربوط به اکوتیپ کرمان-کوهبانان (۱۴۸۶ppm) می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اکوتیپ‌های زیره تأثیر معنی‌داری بر کشندگی لارو *S. cretica* دارد (جدول ۳). با کاهش غلظت اسانس زیره

۲.۴. آزمایش‌های زیست‌سنجی روی کرم ساقه‌خوار ذرت

سمیت تماسی اسانس‌های مستخرج از چهار اکوتیپ زیره سبز براساس روش *Gokturk et al.* (2017) بررسی شد. در این آزمایش از ظروف پتری با قطر ۸ سانتی‌متر و کاغذهای صافی به قطر ۸ سانتی‌متر استفاده شد. آزمایش‌های مقدماتی در سه تکرار با غلظت‌های مختلف چهار اکوتیپ اسانس زیره سبز روی لارو ساقه‌خوار ذرت انجام شد. غلظت‌های موردنظر توسط سمپلر روی کاغذ صافی ریخته‌شده و پس از اضافه‌کردن ۱۰ عدد لارو سن چهار برای هر غلظت درب ظروف پتری بسته شد. در گروه‌های شاهد از اتانول-آب مقطر (۱۰ درصد v/v) استفاده شد. حشرات مرده بعد از گذشت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت شمارش شدند. با انجام آزمایش‌های مقدماتی، غلظت پایین مربوط به تلفات ۲۵ درصد و غلظت بالا مربوط به تلفات ۷۵ درصد مشخص شده و غلظت‌های اصلی برای هر اکوتیپ محاسبه شد. برای اکوتیپ فارس-سیوند غلظت‌های ۲۵۰۰، ۲۸۰۰، ۳۲۰۰، ۳۶۰۰ و ۴۰۰۰، برای اکوتیپ‌های کرمان-کوهبانان و کرمان-رفسنجان غلظت‌های ۲۰۰۰، ۲۴۰۰، ۲۸۰۰، ۳۳۰۰ و ۴۰۰۰ و برای اکوتیپ خراسان شمالی-شیروان غلظت‌های ۸۰۰۰، ۸۲۰۰، ۸۵۰۰، ۸۷۰۰ و ۹۰۰۰ با اضافه‌شدن به محلول آب مقطر-اتانول (۱۰ درصد v/v) تهیه شدند. آزمایش‌های اصلی مربوط به هر غلظت اکوتیپ با ۱۰ عدد لارو سن چهار در چهار تکرار انجام شد. با توجه به این‌که تلفات در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت در آزمایش‌های مقدماتی معنی‌دار نبود، لذا

اجزای شیمیایی و خواص حشره‌کشی اسانس‌های مستخرج از چهار اکوتیپ زیره سبز روی لاروهای کرم ساقه‌خوار ذرت

مقدار LC₅₀ اکوتیپ کرمان-رفسنجان (۲۷۲۵ppm) و میزان ترکیب سایمن (جدول ۴) در این اکوتیپ که درصد بالاتری را در مقایسه با سایر اکوتیپ‌های زیره سبز دارد، می‌تواند ارتباط بین سمیت بالای اکوتیپ کرمان-رفسنجان و ترکیب سایمن را توجیه‌پذیر نماید.

سبز کشندگی اکوتیپ‌ها کاهش یافت. بالاترین مقادیر کشندگی برای هر اکوتیپ در غلظت A و کم‌ترین مقدار کشندگی در تیمارهای F و E است (جدول ۳). مهم‌ترین ترکیبات اصلی اسانس‌های زیره سبز در جدول (۴) مشخص شده است. با توجه به جدول (۲) و

جدول ۲. مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ در ۷۲ ساعت بعد از تیمارشدن با اکوتیپ‌های مختلف اسانس زیره سبز

اکوتیپ	LC ₅₀ (ppm)	حد پایین	حد بالا	LC ₉₀ (ppm)	حد پایین	حد بالا	احتمال
FS	۳۰۹۹	۲۸۹۱	۳۳۰۱	۲۰۱۶	۱۵۲۷	۲۳۰۲	۰/۰۰۰۱
KK	۲۷۲۵	۲۴۹۹	۲۹۵۵	۱۵۷۷	۱۱۵۶	۱۸۵۱	۰/۰۰۰۱
KR	۲۷۷۷	۲۵۱۹	۳۰۵۱	۱۴۸۶	۹۸۹	۱۷۹۹	۰/۰۰۰۱
KS	۸۳۹۰	۸۲۳۸	۸۵۲۳	۷۵۲۷	۶۹۸۸	۷۷۹۳	۰/۰۰۰۱

FS*: فارس-سیوند، KK: کرمان-کوهبانان، KR: کرمان-رفسنجان و KS: خراسان-شیروان.

جدول ۳. تجزیه واریانس و میانگین تلفات *S. cretica* با غلظت‌های مختلف چهار اکوتیپ زیره سبز در ۷۲ ساعت پس از تیمار

اکوتیپ	غلظت (ppm)					درجه آزادی	مقدار F	احتمال
	A	B	C	D	E			
FS	۵۶/۷۸a	۵۳/۷۲a	۴۵/۰۰b	۳۴/۵۷c	۲۶/۵۶d	۵	۳۴/۸۴	۰/۰۰۰۱
KK	۶۰/۰۰a	۵۳/۷۲a	۴۵/۰۰b	۳۶/۲۶c	۲۲/۷۸d	۵	۴۱/۶۱	۰/۰۰۰۱
KR	۵۸/۳۷a	۵۲/۲۳b	۴۳/۵۶c	۳۷/۷۶c	۲۸/۳۱d	۵	۲۵/۴۳	۰/۰۰۰۱
KS	۵۶/۷۸a	۵۰/۶۷a	۴۵/۰۰b	۳۳/۲۱c	۲۶/۵۶c	۵	۴۰/۲۹	۰/۰۰۰۱

FS (فارس-سیوند): (A: ۴۰۰۰ ppm) (B: ۳۶۰۰ ppm) (C: ۳۲۰۰ ppm) (D: ۲۸۰۰ ppm) (E: ۲۵۰۰ ppm) (F: شاهد).

KK (کرمان-رفسنجان) و KR (کرمان-کوهبانان): (A: ۴۰۰۰ ppm) (B: ۳۳۰۰ ppm) (C: ۲۸۰۰ ppm) (D: ۲۴۰۰ ppm) (E: ۲۰۰۰ ppm) (F: شاهد).

KS (خراسان شمالی-شیروان): (A: ۹۰۰۰ ppm) (B: ۸۷۰۰ ppm) (C: ۸۵۰۰ ppm) (D: ۸۲۰۰ ppm) (E: ۸۰۰۰ ppm) (F: شاهد).

جدول ۴. ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس‌های مستخرج از زیره سبز در اکوتیپ‌های مختلف

ترکیبات	شاخص بازدارندگی	اکوتیپ‌های زیره سبز			
		KS	KR	KK	FS
α-Pinene	۹۳۵	۰/۳۸۵۸	۰/۳۷۸۷	۰/۴۸۹۷	۰/۹۱۱۱
Sabinene	۹۷۰	۰/۷۳۴۸	۰/۵۰۰۵	۰/۶۹۲۸	۱/۰۲۷
β-Pinene	۹۷۶	۰/۳۱۹۶	۷/۴۲۵۸	۸/۱۲۲۵	۱۴/۱۳۰
β-Myrcene	۹۹۱	۰/۷۷۱۶	۰/۴۸۶۹	۰/۷۰۴۷	۰/۹۲۷۷
α-Phellandrene	۱۰۰۱	۳/۴۷۲۱	۰/۴۱۹۳	۴/۷۴۲۱	۲/۱۳۶۹
m-Cymene	۱۰۲۱	۸/۵۰۵۷	۱۶/۹۳۵	۹/۰۶۶۱	۸/۳۴۸۹
γ-Terpinene	۱۰۸۷	۱۴/۶۹۷	۱۳/۱۳۴	۱۸/۷۷۷	۲۱/۷۵
Nonaldehyde	۱۱۰۱	۰/۹۰۰۲	۰/۵۹۵۱	۰/۵۷۳۴	۰/۲۱۵۳
Cumin aldehyde	۱۲۲۳	۵۵/۹۳۹	۵۳/۳۲۰	۵۰/۵۳۹	۴۳/۶۹۹
مونوترپن‌های هیدروکربن		۳۴/۸۸۸	۳۹/۲۸۲	۴۲/۵۹۶	۴۹/۲۳۲
آلدئید		۵۶/۸۳۹	۵۳/۹۱۵	۵۱/۱۱۲	۴۳/۹۱۴
مجموع		۹۱/۷۲۷	۹۳/۱۹۷	۹۳/۷۰۸	۹۳/۱۴۶

FS: فارس-سیوند، KK: کرمان-کوهبانان، KR: کرمان-رفسنجان و KS: خراسان-شیروان (به ترتیب جمعیت و ژنوتیپ).

۴. بحث

نتایج بررسی سمیت اسانس زیره سبز روی لارو ساقه‌خوار ذرت نشان داد که تمامی اکوتیپ‌ها می‌توانند روی این آفت اثرگذار باشد (جدول ۴). خواص حشره‌کشی اسانس زیره سبز روی برخی از حشرات آفات در سال‌های اخیر بررسی شده است. برای مثال، اثر تخم‌کشی اسانس زیره سبز روی تخم‌های بید آرد (*Ephestia kuehniella* Zeller) و شپشه آرد (*T. confusum* Jacquelin du Val) توسط Tunc et al. (2000) گزارش شده است. Arabi (2007) نشان داد مقادیر LC₅₀ اسانس زیره سبز در دمای ۲۷ درجه سلسیوس و ۲۴ ساعت پس از اسانس‌دهی روی حشرات کامل شپشه آرد، شپشه برنج (*Sitophilus oryzae* L.) و سوسک چهار نقطه‌ای حیوانات (*Callosobruchus maculatus* F.) به ترتیب ۹/۸۹، ۹/۹۱ و ۱/۶۲ میکرولیتر بر لیتر بود. وی بیان نمود که گونه‌های مختلف حشرات حساسیت متفاوتی در برابر اسانس زیره سبز از خود نشان می‌دهند. هم‌چنین در زیست‌سنجی اثر اسانس زیره سبز علیه حشرات بالغ شپشه گندم و شپشه آرد توسط Ziaee et al. (2014a)، با افزایش غلظت اسانس میزان مرگ‌ومیر حشرات آفت افزایش یافت. در پژوهش حاضر هم با افزایش غلظت اسانس‌های هر چهار اکوتیپ زیره سبز میزان تلفات *S. cretica* نیز افزایش پیدا کرد. در پژوهشی دیگر، Ziaee et al. (2015) گزارش کردند که اسانس زیره سبز دارای توانایی حشره‌کشی زیادی روی حشرات کامل شپشه آرد و شپشه گندم (*Sitophilus granarius* L.) بوده و افزایش مدت زمان قرارگرفتن حشرات در مجاورت اسانس باعث افزایش میزان تلفات آفت می‌شود. نتایج پژوهش‌های مذکور از نظر داشتن قدرت حشره‌کشی مناسب اسانس زیره سبز در راستای نتایج پژوهش حاضر می‌باشند.

در پژوهش حاضر با توجه به مقادیر متفاوت LC₅₀ اسانس‌های اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز مشخص شد که

لارو کرم ساقه‌خوار ذرت به اکوتیپ‌های مختلف این اسانس گیاهی حساسیت متفاوتی دارد و اکوتیپ کرمان-رفسنجان تأثیر بیش‌تری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها روی لارو کرم ساقه‌خوار ذرت داشت. بررسی اجزای شیمیایی اسانس‌های مذکور نشان داد که اختلافات مشخصی در ترکیبات موجود در این اسانس‌ها وجود داشت. ترکیب بتا-پینن در اکوتیپ فارس-سیوند (۱۴/۱۳۰ درصد) نسبت به سایر اکوتیپ‌ها درصد بالاتری داشت. به‌طوری‌که مقدار ترکیب مذکور در اکوتیپ خراسان-شیروان فقط ۰/۳۲ درصد بود. هم‌چنین مقدار ترکیب‌های سایمن (۱۶/۹۳۵ درصد) در اکوتیپ کرمان-رفسنجان بیش‌تر از سایر اکوتیپ‌ها بود. به‌طورکلیریل اجزای شیمیایی اسانس‌های گیاهی تحت تأثیر فاکتورهای متعددی از قبیل ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط استخراج اسانس، شرایط جغرافیایی و تغییرات فصلی محل رشد گیاه و اندام مورد استفاده جهت استخراج اسانس تغییر می‌کند (Lucia et al., 2008; Lucia et al., 2012; Dogan et al., 2017). بنابراین وجود اختلافات مذکور در مورد اجزای شیمیایی اسانس‌های مستخرج از اکوتیپ‌های زیره سبز قابل پیش‌بینی می‌باشد. از طرفی خواص حشره‌کشی ترکیبات اصلی موجود در اسانس‌های اکوتیپ‌های مورد مطالعه شامل بتا-پینن، آلفا-فلاندرن، سایمن و گاما-ترپینن در سال‌های اخیر گزارش شده است (Khanikor & Bora, 2011; Kordali et al., 2017; Scalerandi et al., 2018; Liu et al., 2020). بنابراین، خواص حشره‌کشی بالای اسانس‌های اکوتیپ‌های زیره سبز در پژوهش حاضر می‌تواند به حضور ترکیبات مذکور در آن‌ها مرتبط باشد. از طرفی قدرت حشره‌کشی بیش‌تر اکوتیپ کرمان-رفسنجان هم می‌تواند به دلیل درصد بیش‌تر مونوترپن سایمن در این اکوتیپ باشد.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر و تحقیقات قبلی و خواص حشره‌کشی قابل ملاحظه روی برخی از حشرات

- (2010). Composition and acaricidal activity of Lippia sidoides essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Bioresource Technology*, 101, 829-832.
- Chaudhary, N., Husain, S. S., & Ali, M. (2014). Chemical composition and antimicrobial activity of cumin oil (*Cuminum cyminum*, Apiaceae). *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(7), 1428-1441.
- Dogan, G., Kara, N., Bagci, E., & Gur, S. (2017). Chemical composition and biological activities of leaf and fruit essential oils from *Eucalyptus camaldulensis*. *Zeitschrift fur Naturforschung C, Journal of Biosciences*, 26, 483-489.
- El-Lakwah, F. A., & Mohamed, R. A. (1998). Toxic effect of some plant extracts against the cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.). *Annals of Agricultural Science*, 36, 2627-2635.
- Gokturk, T., Kordali, S., & Bozhuyuk, A. U. (2017). Insecticidal effect of essential oils against fall webworm (*Hypantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae)). *Natural Product Communications*, 12(10), 1652-1662.
- Hadian, J., Ghasemnezhad, M., Ranjbar, H., Frazane, M., & Ghorbanpour, M. (2008). Antifungal potency of some essential oils in control of postharvest decay of strawberry caused by *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger*. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 11(5), 553-562.
- Hill, D. S. (1987). *Agricultural Insect Pests of Temperate Regions and Their Control*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66.
- Jacobson, M. (1989). *Botanical pesticides-past, present, and future*. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-1989-0387.ch001>
- Jeyasankar, A., & Jesudasan, R.W.A. (2005). Insecticidal properties of novel botanicals against a few lepidopteran pests. *Pestology*, 29, 42-44.
- Kedia, A., Prakash, B., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2014). Antifungal and antiaflatoxigenic properties of *Cuminum cyminum* (L.) seed essential oil and its efficacy as a preservative in stored commodities. *International Journal of Food Microbiology*, 169, 1-7.
- Khanikor, B., & Bora, D. (2011). Toxicity of essential oil compounds against *Exorista sorbillans* (Diptera: Tachinidae), a parasitoid of silkworm. *African Journal of Biotechnology*, 10(85), 19807-19815.
- آفت، اسانس زیره سبز پتانسیل استفاده در مدیریت آفات در راستای کاهش مصرف ترکیبات شیمیایی خطرناک را دارا می‌باشد. با این‌حال، انجام پژوهش‌های بیش‌تر در مورد ماندگاری اسانس مذکور روی محصولات گیاهی، افزایش دوام آن در کاربردهای مزرعه‌ای و اثرات احتمالی آن روی دشمنان طبیعی آفات ضروری به‌نظر می‌رسد.

۵. تشکر و قدردانی

از حمایت‌های مالی دانشگاه تهران در راستای انجام پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Arabi, F. (2007). Effect of insecticidal of *Pervoski abrotanoides* Karel (Lmiaceae) and *Cuminum cyminum* L. (Apiaceae) on stored product insect. M. Sc. thesis, Tarbiyat Modares University. Tehran. 121pp. (In Persian)
- Aslan, I., Ozbek, H., Onder, C., & Sahin, F. (2004). Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Industrial Crops and Products*, 19, 167-173.
- Attia, S., Grissa, K.L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T., & Maillieux, A.C. (2013). A review of the major iological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *Journal of Pest Science*, 86(3), 361-386.
- Ay, R. (2005). Determination of susceptibility and resistance of some greenhouse populations of *Tetranychus urticae* Koch to chlorpyrifos (dursban 4) by the Petri dish-potter tower method. *Journal of Pest Science*, 78, 139-143.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils-a review. *Food Chemical and Toxicology*, 46(2), 446-475.
- Behdad, E. (1997). *Pests of Field Crops in Iran*. Isfahan, Iran: Sepehr Publication. (In Persian)
- Cavalcanti, S. C. H., Niculau, E. D., Blank, A. F., Câmara, C. A. G., Araujo, I. N., & Alves, P. B.

- Khanjani, M. (2004). *Pests Crop Plants in Iran*. Hamedan, Iran: Bu-Ali Sina University Press. (In Persian)
- Kordali, S., Usanmaz, A., Bayrak, N., & Çakır, A. (2017). Fumigation of volatile monoterpenes and aromatic compounds against adults of *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Record of Natural Products*, 11, 362-373.
- Liu, T. T., Chao, L. K. P., Hong, K. S., Huang, Y. J., & Yang, T. S. (2020). Composition and insecticidal activity of essential oil of *Bacopa caroliniana* and interactive effects of individual compounds on the activity. *Insects*, 11, 23. doi:10.3390/insects11010023.
- Lucia, A., Licastro, S., Zerba, E., & Masuh, H. (2008). Yield, chemical composition and bioactivity of essential oils from twelve species of *Eucalyptus* on *Aedes aegypti* (L.) larvae (Diptera: Culicidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 129, 107-114.
- Lucia, A., Juan, L. W., Zerba, E. N., Harrand, L., Marcó, M., & Masuh, H. M. (2012). Validation of models to estimate the fumigant and larvicidal activity of *Eucalyptus* essential oils against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, 110, 1675-1686.
- Manuel, V., Ruiz-Navajas, Y., Fernandez-Lopez, J., & Perez-Alvarez, J.A. (2008). Antibacterial activity of different essential oils obtained from spices widely used in Mediterranean diet. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(3), 526-531.
- Sahoo, H. B., Sahoo, S. K., Sarangi, S. P., & Sagar Rand Kori, M. L. (2014). Anti-diarrhoeal investigation from aqueous extract of *Cuminum cyminum* Linn seed in albino rats. *Pharmacognosy Research*, 6(3), 204-209.
- SAS Institute. (1996). SAS / STAT users guide, release 9.1. SAS Institute Inc, Cary.
- Scalerandi, E., Flores, G. A., Palacio, M., Defagó, M. T., Carpinella, M. C., Valladares, G., Bertoni, A., & Palacios, S.M. (2018). Understanding synergistic toxicity of terpenes as insecticides: contribution of metabolic detoxification in *Musca domestica*. *Frontier in Plant Science*, 9, 1579. doi: 10.3389/fpls.2018.01579
- Sefidkon, F., & Rahimi Bidgoli, A. (2002). Quantitative and qualitative variation assessment of *Thymus kotschyanus* essence in plant growth duration and using several instillation methods. *Journal of Medicinal and Aromatics Plant Research*, 15, 1-22.
- Seraj, A. S. (2011). *Principles of Plant Pests Control (Revised)*. Ahvaz, Iran: Shahid Chamran University Publication. (In Persian)
- Shah Hussain, A. M., & Rahman, M. K. (2008). Insecticidal effect of some spices on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) in black gram seeds. *Journal of Zoology*, 27, 47-50.
- Theis, N., & Lerdau, M. (2003). The evolution of function in plant secondary metabolites. *International Journal of Plant Science*, 164, 93-102.
- Tholl, D. (2006). Terpene synthases and the regulation, diversity and biological roles of terpene metabolism. *Current Opinion Plant Biology*, 9, 297-304.
- Tunc, I., Berger, B. M., Erler, F., & Dağlı, F. (2000). Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 36(2), 161-168.
- Ziaee, M., & Moharramipour, S. (2013). Effectiveness of medicinal plant powders on *Sitophilus granarius* and *Tribolium confusum*. *Journal of Crop Protection*, 2, 43-50.
- Ziaee, M., Moharramipour, S., & Francikowski, J. (2014a). The synergistic effects of *Carum copticum* essential oil on diatomaceous earth against *Sitophilus granarius* and *Tribolium confusum*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17, 817-822.
- Ziaee, M., Moharramipour, S., & Mohsenifar, A. (2014b). MA-chitosan nanogel loaded with *Cuminum cyminum* essential oil for efficient management of two stored product beetle pests. *Journal of Pest Science*, 87(4), 691-699.
- Ziaee, M., Vadimi, M., & Ganji, Z. (2015). Effect of temperature on toxicity of *Cuminum cyminum*'s essential oil on behavior of *Sitophilus granarius* (L.) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 38, 91-102. (In Persian)