نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۶، شماره ۳، صفحه ۴۱۶-۴۰۴ (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.128639.2674
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.36.404.101.3.1587.41

سمیّت تنفسی و اثرهای دورکنندگی چند اسانس گیاهی بر سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)

شیما حاتمی باورصاد[۱]، نوشین زندی سوهانی[۲*] و علی رجب‌پور[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

پست الکترونیک: nzandisohani@yahoo.com؛ zandi@asnrukh.ac.ir

۳- دانشیار، حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۸ تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

ترکیب‌های شیمیایی، خاصیت حشره‌کشی و دورکنندگی اسانس گیاه باریجه (*Ferula gummosa* Boiss.)، زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، زیره سیاه (*Carum carvi* L.) و شمعدانی معطر (*Pelargonium roseum* Willd.) علیه حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus* F.) مطالعه گردید. از کروماتوگرافی گازی برای شناسایی ترکیب‌های شیمیایی اسانس‌ها و از زیست‌سنجی برای تعیین میزان سمیّت تدخینی اسانس‌ها در ظروف ۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۲۰ حشره کامل و از دستگاه بویایی‌سنج برای آزمایش‌های دورکنندگی اسانس‌ها استفاده شد. بیشترین ترکیب‌های شیمیایی اسانس‌ها به‌ترتیب برای باریجه، بتا-پینن (۳۵/۲٪)، آلفا-پینن (۹/۴٪)، پارا-سیمن (۸/۵٪) و ترپینن-۴-ال (۸/۵٪)؛ زیره سبز، کومین‌آلدهید (۴۶/۶٪)، پارا-سیمن (۱۸/۴٪)، گاما-ترپینن (۱۲/۲٪) و آلفا-ترپینن-۷-آل (۸/۱٪)؛ زیره سیاه، کاروون (۴۶/۲٪)، پی-سیمن (۱۴/۰٪) و گاما-ترپینن (۸/۳٪) و برای اسانس شمعدانی معطر بتا-سیترونلول (۴۷/۳٪) و سیترونلیل فرمیت (۱۳/۲٪) به ثبت رسید. میزان سمیّت تنفسی اسانس زیره سبز و زیره سیاه روی حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نسبت به دو اسانس دیگر بیشتر و خاصیت دورکنندگی برای تمامی اسانس‌های مورد آزمایش علیه سوسک آفت ملاحظه شد. درصد دورکنندگی اسانس‌های شمعدانی، باریجه، زیره سبز و زیره سیاه به‌ترتیب ۴۱/۶۶، ۶۴/۷۰، ۷۰/۱۷ و ۶۶/۲۹ محاسبه گردید. نتایج نشان داد از این اسانس‌ها به‌عنوان یک جایگزین مؤثر برای کنترل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات و احتمالاً سایر سوسک‌های انباری می‌توان استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: گیاهان معطر، حبوبات انباری، فعالیت حشره‌کشی، مونوترپن.

مقدمه

حبوبات به‌عنوان منبع اصلی پروتئین در کشورهای در حال توسعه در دنیا استفاده می‌شود (Asif *et al.*, 2013). سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) یکی از مهمترین آفات انباری لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna*

unguiculata (L.) Walp) و سایر حبوبات در مناطق گرمسیری دنیا مانند آفریقا و آمریکای جنوبی می‌باشد (Tuda *et al*., 2005). خسارت این حشره مربوط به ورود لاروها به درون دانه ها و تغذیه آنهاست که باعث کاهش وزن قابل توجه و کاهش ارزش غذایی و قدرت جوانه‌زنی دانه‌ها می‌شود (Anderson *et al.*, 1990).

روش رایج برای کنترل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات استفاده از سموم تدخینی مانند فسفین می‌باشد که اثرهای منفی روی جوانه‌زنی بذرها دارد (Niu *et al.*, 2013)، همچنین این ماده برای محیط‌زیست خطرناک بوده و باقیمانده آن سمی روی مواد غذایی ایجاد می‌کند (Daglish *et al.*, 2018). ایجاد مقاومت در این حشره آفت نسبت به این سم به‌دلیل استفاده نادرست از آن از دیگر مضرات استفاده از حشره‌کش‌ها می‌باشد (Daglish *et al.*, 2018).

اثرهای سوء سموم آلی باعث گسترش مطالعات درباره استفاده از حشره‌کش‌های بر پایه گیاهی برای کنترل آفات مهم کشاورزی شده است. بررسی‌های انجام شده نشان‌دهنده اثرهای حشره‌کشی، باکتری‌کشی، قارچ‌کشی و کنه‌کشی ترکیب‌های گیاهی می‌باشند (Isman, 2000). ترکیب‌های گیاهی به‌دلیل تأثیر اجزای فرّارشان بر متابولیسم حشره قابلیت لازم را برای جایگزینی سموم شیمیایی در کنترل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات دارند (Regnault-Roger, 2013). به‌طوری که اثر حشره‌کشی و دورکنندگی اسانس‌های استخراج شده از گیاهان مختلفی ازجمله علف‌لیمو (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.) (de Souza Alves *et al.*, 2019)، شیشه‌شور (*Callistemon citrinus* (Curtis) Zandi-Sohani *et al.*, 2013)، شاه‌پسند (*Lantana camara* L.) (Zandi-Sohani *et al.*, 2012)، مرکبات (*Citrus* spp.) (de Andrade Dutra *et al.*, 2016)، بعضی گیاهان خانواده کاسنی (Nenaah *et al.*, 2015)، جعفری (*Petroselinum sativum* L.) (Massango *et al.*, 2017)، برگ‌بو (*Laurus nobilis* L.) و مورد (*Myrtus communis* L.) (Senfi *et al.*, 2014) روی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات به اثبات رسیده است.

جنس *Ferula* متعلق به خانواده چتریان Apiaceae و دارای بیش از ۱۷۰ گونه می‌باشد که در کشورهای آسیای مرکزی تا شمال آفریقا انتشار دارد (Sahebkar & Iranshadi, 2010). در ایران ۳۰ گونه از این جنس به‌صورت بومی رشد می‌کند و به‌دلیل صمغی که از ریشه آن بدست می‌آید از گیاهان مهم مرتعی محسوب می‌شود (Sahebkar & Iranshadi, 2010). مصرف دارویی این گیاه شامل تسکین دردها، درمان بیماری‌های داخلی و ضدعفونی‌کننده زخم‌هاست. اسانس *F. gummosa* منبع غنی از ترکیب‌های ترپنوئیدی است (Valencia *et al*., 1994). البته اثرهای حشره‌کشی اسانس باریجه در پژوهش‌های پیشین سایر محققان به اثبات رسیده است (Ghasemi *et al.*, 2014؛ Hosseimpour *et al*., 2011).

زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) گیاهی معطر از خانواده چتریان (Apiaceae) بوده و بذر آن دارای مقادیر زیادی اسانس می‌باشد. اسانس گیاه زیره حاوی مقادیر زیادی مونوترپن بوده که دارای سمیّت تدخینی، تماسی و گوارشی علیه حشرات انباری است (Ziaee *et al*., 2014).

میوه‌های خشک شده زیره سیاه *Carum carvi* L. با داشتن عطر مطبوع در تهیه عطر، داروسازی و همچنین به‌عنوان ادویه در تهیه غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد. اثرهای سمیّت تماسی، تدخینی و دورکنندگی اسانس زیره سیاه روی چندین گونه حشره و کنه مانند موریانه ژاپنی (*Reticulitermes speratus* Kolbe)، سرخرطومی برنج (*Sitophilus oryzae* L.)، کنه دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch) و غیره به اثبات رسیده است (Fang *et al*., 2010).

گیاهان جنس *Geranium* به دلیل اثرهای بیولوژیکی روی موجودات زنده مورد توجه قرار گرفته‌اند. در دنیا این گونه‌ها در مناطق معتدله و کوهستان‌های مناطق گرمسیری دیده می‌شوند و بومی شرق مناطق مدیترانه‌ای هستند (Pirali-Kheirabadi *et al*., 2009). گیاه شمعدانی (*Pelargonium roseum* Willd) به دلیل بوی مطبوع آن در بیشتر نواحی دنیا به‌عنوان گیاه تزئینی کشت می‌شود.

اسانس این گیاه از نظر خواص ضد میکروبی، ضد قارچی و ضد التهابی مورد بررسی قرار گرفته است (Tabari *et al*., 2017). اثرهای حشره کشی و کنه‌کشی اسانس شمعدانی روی برخی حشرات و کنه‌ها به اثبات رسیده است (Pirali-Kheirabadi *et al*., 2009؛ Yarahmadi *et al*., 2013). در این پژوهش سمیّت دورکنندگی و تنفسی اسانس باریجه(*F. gummosa*)، زیره سبز (*C. cyminum*)، زیره سیاه (*C. carvi*) و شمعدانی معطر (*P. roseum*) روی حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*C. maculatus*) و همچنین ترکیب‌های شیمیایی این اسانس‌ها در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش و نگهداری حشرات

جمعیت اولیه سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*C. maculatus*) از روی محصولات انباری آلوده جمع‌آوری گردید و درون ظروف پلاستیکی ۲ لیتری دارای تهویه مناسب روی دانه ماش درون یک دستگاه ژرمیناتور با دمای ۲±۲۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵±۶۵٪ و در تاریکی پرورش داده شد.

اسانس‌های گیاهی

اسانس های مورد استفاده در این آزمایش ها، از شرکت باریج اسانس کاشان خریداری شد. اسانس‌ها تا قبل از شروع انجام آزمایش ها در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

سمیّت تنفسی روی حشرات کامل

آزمایش‌های زیست‌سنجی سمیّت تنفسی در ظروف پلاستیکی به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد. تعداد ۲۰ عدد حشره بالغ داخل هر ظرف قرار داده شد. پنج غلظت اسانس که براساس آزمایش‌های مقدماتی تلفاتی بین ۲۰٪ تا ۸۰٪ ایجاد کردند، برای اسانس‌های گیاهی و جنس‌های نر و ماده حشره به‌طور مجزا تعیین شد. غلظت‌های مختلف اسانس‌ها روی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ به قطر درپوش ظروف تعبیه شده و تزریق شد. به‌منظور جلوگیری از تماس حشرات با کاغذ صافی و حذف اثر سمیّت تماسی اسانس‌ها، روی دهانه را با توری پوشانده و بلافاصله درپوش ظروف بسته شد. ظروف با کاغذ صافی و بدون تزریق اسانس به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. تعداد حشرات مرده در ظروف تیمار و شاهد ۲۴ ساعت بعد از اسانس‌دهی شمارش و ثبت گردید (Zandi-Sohani *et al*., 2013). این آزمایش در ۵ تکرار و روی حشرات کامل ۱ تا ۲ روزه انجام شد.

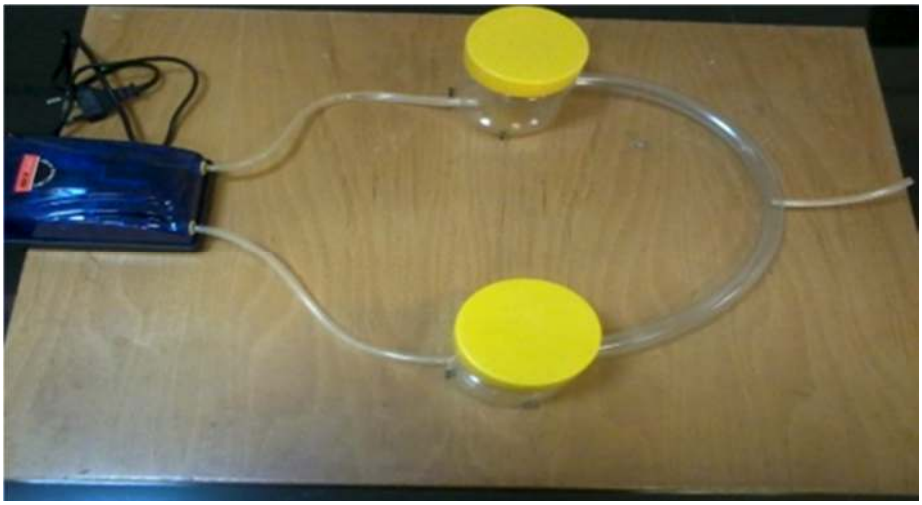
ارزیابی اثر دورکنندگی اسانس‌های گیاهی

به‌منظور بررسی اثر دورکنندگی اسانس از دستگاه بویایی‌سنج (Olfactometer) شامل یک لوله به شکل Y که در یک سر لوله حشره بالغ و در دو بازوی آن غذای سالم (فاقد اسانس) و غذای آلوده به اسانس قرار داشت استفاده گردید (شکل ۱). سپس بازوهای حاوی غذا به یک پمپ هوا متصل و هوا پس از عبور از ذغال فعال وارد دستگاه بویایی‌سنج شد. منبع غذایی مورد استفاده بذر ماش به مقدار ۲ گرم بود. این آزمایش روی ۱۵۰ حشره بالغ سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات به صورت مجزا انجام و پاسخ حشره ۳۰ دقیقه پس از رهاسازی ثبت گردید. غلظت‌های مورد استفاده برای اسانس شمعدانی، باریجه، زیره سبز و زیره سیاه به‌ترتیب ۲۰/۴۱، ۸/۰۲، ۲/۱۶ و ۲/۹۸ میکرولیتر بر لیتر بود. تعداد حشراتی که به سمت غذای سالم و آلوده حرکت کردند به‌طور جداگانه ثبت شدند. همچنین حشراتی که در مدت زمان ۳۰ دقیقه به هیچ‌یک از دو سمت بالا جلب نشدند در گروه بی‌پاسخ دسته‌بندی شدند.

درصد دورکنندگی از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$PR=[(NC-NT)/(NC+NT)]\times 100$$

در این فرمول NC: تعداد حشرات در بازوی شاهد، NT: تعداد حشرات در بازوی تیمار می‌باشد.



شکل ۱- دستگاه Y شکل الفکتومتری

شناسایی ترکیب‌های شیمیایی اسانس‌ها

شناسایی ترکیب های اسانس استخراج شده با تزریق ۰/۵ میکرولیتر اسانس استخراجی رقیق شده با سیکلوهگزان به دستگاه گازکروماتوگرافی مدل Agilent 6890A حاوی ستون HP-5MS (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فاز ثابت ۰/۲۵ میکرومتر) متصل به طیف‌سنج جرمی مدل Agilent 5975 در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان انجام شد. برنامه دمایی ستون به این طریق تنظیم گردید: دمای ابتدایی آن ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود و دما با سرعت ۵ درجه در دقیقه تا رسیدن به دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و در این دما یک دقیقه باقی ماند و بعد دما با سرعت ۱۰ درجه در دقیقه تا رسیدن به دمای ۲۵۰ درجه افزایش یافت و پس از ۵ دقیقه توقف در این دما در نهایت با سرعت ۲۵ درجه در دقیقه به دمای ۳۰۰ درجه رسانده شد. گاز هلیوم با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه به‌عنوان گاز حامل استفاده شد و دمای محفظه تزریق ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. از طیف‌سنج جرمی با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت استفاده گردید. شناسایی نوع ترکیب‌های اسانس با کمک طیف نرمال آلکان‌ها (C_8-C_{24}) و بدست آوردن شاخص بازداری آنها (شاخص کواتز) و مقایسه با شاخص کواتز (KI) گزارش شده ترکیب ها در نرم‌افزار NIST07 و مقایسه طیف جرمی هر یک از اجزای ترکیب های اسانس با طیف جرمی موجود در کتابخانه wiley7n.1 موجود در دستگاه GC/MS انجام شد. همچنین میزان درصد ترکیب های موجود در اسانس مورد بررسی با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی مدل Agilent 6890A مجهز به آشکارساز FID با شرایط ذکرشده و با استفاده از سطح زیر منحنی پیک‌ها محاسبه گردید.

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه پروبیت داده‌ها برای محاسبه غلظت کشنده ۵۰٪ LC_{50} جمعیت حشرات آزمایشی و تخم‌ها انجام شد (Finney, 1971). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد.

در آزمایش‌های انفرادی بررسی دورکنندگی اسانس‌ها، داده‌ها با استفاده از آزمون غیرپارامتری (کای اسکور) با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۰ مقایسه آماری شدند.

نتایج

آزمایش‌های زیست‌سنجی

سمیّت تدخینی اسانس‌ها روی حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات

مقادیر LC_{50} محاسبه شده برای اسانس‌های شمعدانی، باریجه، زیره سبز و زیره سیاه برای حشره نر به‌ترتیب

۷/۶۹، ۳/۷۶، ۰/۰۳۲ و ۰/۴۲ و برای حشره ماده به‌ترتیب ۲۰/۴۱، ۸/۰۲، ۲/۱۶ و ۲/۹۸ میکرولیتر بر لیتر هوا بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که داده‌ها به خوبی با مدل پروبیت برازش داشت. براساس مقایسه حدود اطمینان بین مقدار LC_{50} سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات برای حشرات نر و ماده در اسانس‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج بدست‌آمده نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین اسانس زیره سبز و زیره سیاه بود اما حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین اسانس زیره سبز و زیره سیاه با اسانس شمعدانی و باریجه بود. به‌طوری که بیشترین سمیّت روی جنس نر در مقایسه با جنس ماده سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات ایجاد شد. ضعیف‌ترین اثر تدخینی اسانس برای شمعدانی روی مرگ و میر حشرات بالغ سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات به ثبت رسید (جدول ۱). البته جنس نر سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نسبت به جنس ماده حساسیت بیشتری نسبت به اسانس داشت (جدول ۱).

جدول ۱- تأثیر سمیّت تنفسی اسانس‌های شمعدانی، باریجه، زیره سبز و زیره سیاه علیه حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات در شرایط آزمایشگاهی

اسانس	جنس	LC_{50} ($\mu L\ L^{-1}$) (حدود اطمینان) ۹۵٪	LC_{95} ($\mu L\ L^{-1}$) (حدود اطمینان) ۹۵٪	شیب± خطای استاندارد	درجه آزادی	Chi square (χ^2)
شمعدانی	نر	۷/۶۹ (۶/۹۳-۸/۵۶)	۲۵/۵ (۲۰/۴۱-۳۵/۰۹)	۳/۱۶± ۰/۳۱	۳	۲/۱۴
	ماده	۲۰/۴۱ (۱۱/۱۹-۳۶/۷۹)	۸۴/۳۵ (۳۴/۵۸-۱۰۲۴)	۲/۶۶±۰/۵۳	۳	۱۲/۸۹
باریجه	نر	۳/۷۶ (۳/۳۷-۴/۱۸)	۱۵/۴۸ (۱۱/۸۸-۲۳/۲۴)	۲/۶۷±۰/۳	۳	۱/۶۶
	ماده	۸/۰۲ (۷/۰۰-۹/۹۵)	۱۴/۰۴ (۱۰/۸۴-۳۷/۱۹)	۲۳/۷۶±۰/۱	۳	۱۰/۹۲
زیره سبز	نر	۰/۳۲ (۰/۲۴-۰/۴۳)	۳/۸۳ (۲/۳۳-۷/۵۶)	۱/۴۰±۰/۱۳	۳	۲/۰۴
	ماده	۲/۱۶ (۰/۸۸-۵/۰۹)	۱۲/۰۰ (۵/۰۹-۷۳۴/۶۸)	۲/۲۰±۰/۴۸	۳	۲۳/۱۱
زیره سیاه	نر	۰/۴۲ (۰/۲۸-۰/۶۴)	۲۸/۰۹ (۱۳/۳۷-۷۶/۲۶)	۰/۹±۰/۰۷	۳	۵/۱۵
	ماده	۲/۹۸۷ (۱/۶۶-۵/۱۰)	۲۳/۰۴ (۱۰/۹-۱۴۳/۵)	۱/۸۵±۰/۲۷	۳	۹/۴۳

فعالیت دورکنندگی اسانس

نتایج آزمایش‌های دورکنندگی اسانس‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نسبت به وجود اسانس در ماده غذایی واکنش نشان داده و به‌طور معنی‌داری ماش‌های بدون اسانس را به ماش‌های آغشته به اسانس ترجیح دادند. در این پژوهش درصد دورکنندگی اسانس‌های شمعدانی، باریجه، زیره سبز و زیره سیاه به‌ترتیب ۴۱/۶۶، ۶۴/۷۰، ۷۰/۱۷ و ۶۶/۲۹ محاسبه شد.

جدول ۲- فعالیت دورکنندگی اسانس‌های شمعدانی، باریجه، زیره سبز و زیره سیاه روی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در شرایط آزمایشگاهی

منبع رایحه	تعداد کل	کای اسکوئر	تعداد پاسخ		بی‌پاسخ	P
			ماش بدون اسانس	ماش آغشته به اسانس		
ماش آغشته به اسانس شمعدانی/ ماش بدون اسانس	۱۵۰	۱۶/۳۱	۶۸	۲۸	۵۴	۰/۰۰۶
ماش آغشته به اسانس باریجه/ ماش بدون اسانس	۱۵۰	۲۵/۵۸	۸۴	۱۸	۴۸	<۰/۰۰۱
ماش آغشته به اسانس زیره سبز/ ماش بدون اسانس	۱۵۰	۲۹/۷۰	۹۷	۱۷	۳۶	<۰/۰۰۱
ماش آغشته به اسانس زیره سیاه/ ماش بدون اسانس	۱۵۰	۲۳/۳۷	۷۴	۱۵	۶۱	<۰/۰۰۱

ترکیب‌های شیمیایی اسانس‌ها

اسانس گیاه شمعدانی، باریجه، زیره سبز و زیره سیاه دارای رنگ زرد و بوی معطر بود. ترکیب‌های بدست‌آمده از تجزیه اسانس‌ها، KI (Kovats index) و درصد ترکیب‌ها در کل اسانس در جدول ۳ نشان داده شده است.

براساس جدول بالا، بتا-سیترونلول (۴۷/۳٪) و سیترونلیل فرمیت (۱۳/۲٪) به‌ترتیب بیشترین ترکیب‌های اسانس شمعدانی را تشکیل می‌دهند. عمده‌ترین ترکیب‌های شیمیایی در اسانس باریجه به‌ترتیب بتا-پینن (۳۵/۲٪)، آلفا-پینن (۹/۴٪)، پارا-سیمن (۸/۵٪) و ترپینن-۴-ال (۸/۵٪) بودند. در اسانس زیره سبز، بیشترین ترکیب‌های شیمیایی مربوط به کومین‌آلدهید (۴۶/۶٪)، پارا-سیمن (۱۸/۴٪)، گاما-ترپینن (۱۲/۲٪) و آلفا-ترپینن-۷-ال (۸/۱۲٪) بود. بیشترین ترکیب‌های اسانس زیره سیاه نیز شامل کاروون (۴۶/۲٪)، پی-سیمن (۱۴/۰٪) و گاما-ترپینن (۸/۳٪) بود.

بحث

استفاده از ترکیب‌های طبیعی می‌تواند به‌عنوان یک روش بالقوه و مهم برای کنترل آفات انباری مورد توجه قرار گیرد. نتایج این مطالعه درجات مختلفی از سمیّت تنفسی و دورکنندگی چهار اسانس گیاهی را علیه سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نشان داد. اسانس گیاه زیره سبز و زیره سیاه سمیّت تنفسی بیشتری نسبت به اسانس‌های باریجه و شمعدانی علیه آفت داشتند. براساس مطالعات انجام شده توسط Hosseinpour و همکاران (۲۰۱۱) روی سمیّت تدخینی اسانس باریجه علیه سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات، میزان LC_{50} اسانس ۲۹/۴۱ $\mu L\ L^{-1}$ محاسبه شد. این موضوع ممکن است به دلیل تفاوت در نوع و مقدار ترکیب‌های موجود در اسانس‌های استفاده شده در این پژوهش‌ها باشد (López *et al.*, 2008). همچنین براساس نتایج بدست‌آمده در این آزمایش‌ها جنس نر *C. maculatus* در مقایسه با جنس ماده نسبت به اسانس‌ها حساس‌تر بوده و مقادیر LC_{50} جنس نر کمتر از ماده‌ها محاسبه گردید. این نتایج با برخی پژوهش‌های پیشین مبنی بر حساسیت بیشتر جنس نر سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نسبت به اسانس‌ها مشابهت دارد (Zandi-Sohani *et al.*, 2012؛ Zandi-Sohani *et al.*, 2013). حساسیت کمتر ماده‌ها می‌تواند به‌دلیل تفاوت در اندازه و بزرگتر بودن اندازه ماده‌ها باشد (Zandi-Sohani *et al.*, 2013).

جدول ۳- درصد ترکیب‌های شیمیایی عمده اسانس گیاهان شمعدانی، باریجه، زیره سبز و زیره سیاه

ردیف	ترکیب‌ها	KI*	شمعدانی	باریجه	زیره سبز	زیره سیاه
۱	α-pinene	۹۲۹	۱/۲	۹/۴	–	–
۲	β-pinene	۹۵۲	-	۳۵/۲	۶/۰	-
۳	β-myrcene	۹۶۲	-	۱/۲	–	–
۴	p-cymene	۱۰۱۱	–	–	۱۸/۴	۱۴/۰
۵	δ-3-carene	۱۰۲۵	۵/۵	۵/۷	–	–
۶	limonen	۱۰۲۸	–	۳/۰	–	۳/۰
۷	1,8-cineole	۱۰۳۳	–	–	–	۱/۲
۸	cis-sabinene hydrate	۱۰۶۸	–	۱/۶	–	–
۹	terpinene-4-ol	۱۱۹۳	–	۸/۵	–	–
۱۰	δ-terpinene	۱۰۹۷	–	۱/۲	۱۲/۲	۸/۳
۱۱	p-cymenene	۱۰۹۹	–	۸/۵	–	–
۱۲	linalool	۱۰۹۹	۲/۹	–	–	–
۱۳	cis-rose oxide	۱۱۱۱	۲/۵	–	–	–
۱۴	isomenthone	۱۱۶۳	۸/۳	–	–	–
۱۵	cuminaldehyde	۱۲۲۶	–	–	۴۶/۶	–
۱۶	β-citronellol	۱۲۳۳	۴۷/۳	–	–	–
۱۷	carvone	۱۲۴۴	–	–	–	۴۶/۲
۱۸	geraniol	۱۲۵۲	۵/۲	–	–	–
۱۹	carvenone	۱۲۵۸	–	–	–	۴/۸
۲۰	cis-carvone oxide	۱۲۶۳	–	–	–	۶/۲
۲۱	citronellyl formate	۱۲۸۱	۱۳/۲	–	–	–
۲۲	α-terpinen-7-al	۱۲۸۲	–	–	۸/۱	–
۲۳	β-bourbonene	۱۳۹۲	۱/۳	–	–	–
۲۴	α-humulene	۱۴۵۴	۱/۲	-	-	-
۲۵	germacrene D	۱۵۰۵	۱/۹	۳/۵	–	–
۲۶	δ-cadinene	۱۵۱۸	۱/۰	۳/۶	–	–
۲۷	α-amorphene	۱۵۱۹	–	۳/۷	–	–
۲۸	guaiol	۱۶۰۰	–	۱	–	–
۲۹	phenyl ethyl tiglate	۱۶۰۳	۲/۷	–	–	–

*: Kovats index

براساس نتایج مقایسه اثر دورکنندگی اسانس‌های مورد استفاده در این آزمایش، بالاترین میزان دورکنندگی روی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات به‌ترتیب مربوط به اسانس‌های زیره سبز، زیره سیاه، باریجه و شمعدانی بود. اثر دورکنندگی اسانس گیاهان مختلف مانند شیشه‌شور (*Callistemon citrinus* (Curtis) (Zandi-Sohani *et al.*, 2013)، نوعی درمنه (*Artemisia judaica* L.) (Abd-Elhady, 2012)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Pascual- Villalobos & Ballesta-Acosta, 2003) و شاه‌پسند (*Lantana camara* L.) (Zandi-Sohani *et al.*, 2012) روی حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات در پژوهش‌های سایر محققان به اثبات رسیده است. Moravvej و همکاران

(۲۰۱۱) نیز در بررسی اثر دورکنندگی دو اسانس زیره سیاه و هل، درصد دورکنندگی حشرات کامل شپشه قرمز آرد با استفاده از اسانس زیره سیاه را بیشتر از اسانس هل برآورد نمودند. با توجه به فرّار بودن اسانس‌های گیاهی، محافظت و دورکنندگی اسانس‌ها در طی زمان کاهش پیدا می‌کند. بنابراین برای استفاده تجاری از این ترکیب‌ها به‌عنوان دورکننده، مخلوط کردن آنها با یک ماده تثبیت‌کننده، کارایی آنها را افزایش خواهد داد (Nerio *et al.*, 2010).

تفاوت در فعالیت‌های بیولوژیکی اسانس‌های استخراج شده از گیاهان مختلف می‌تواند به علت اختلاف در ترکیب‌های شیمیایی آنها باشد (Ngamo *et al.*, 2007). مونوترپنوئیدها و سزکویی‌ترپنوئیدها بیشترین ترکیب‌های شیمیایی اسانس‌ها را تشکیل می‌دهند. حتی اگر اسانس‌های استخراج شده از گیاهان مختلف شامل ترکیب‌های مشترکی باشند، نسبت متفاوت این ترکیبات می‌تواند روی فعالیت بیولوژیکی آنها تأثیر بگذارد (Ilboudo *et al.*, 2010). در واقع، مونوترپنوئیدها دارای اثر بازدارندگی روی آنزیم کولین استراز می‌باشند (Abdelgaleil *et al.*, 2009). در این بررسی مونوترپنهای کاروون و پارا–سیمن به‌ترتیب بیشترین ترکیب‌های اسانس زیره سیاه (*C. carvi*) را به خود اختصاص دادند. در بررسی‌های Samojlik و همکاران (۲۰۱۰) نیز کاروون (۷۸/۸٪) بیشترین ترکیب استخراج شده از اسانس *C. carvi* بود.

Razzaghi-abyaneh و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی ترکیب‌های اسانس زیره سیاه، پارا–سیمن را به مقدار ۷/۹۹٪ در اجزای اسانس شناسایی نمودند ولی ترکیب کاروون در اسانس مورد بررسی آنها مشاهده نشد و سایر اجزای شناسایی شده با ترکیب‌های اسانس زیره در این پژوهش متفاوت بود. در بررسی‌های Simic و همکاران (۲۰۰۸) نیز دو ترکیب کاروون (۴۶/۶٪) و لیمونن (۴۵/۵٪) بیشترین اجزای اسانس زیره سیاه بودند. در این بررسی اگرچه ترکیب لیمونن در اسانس وجود داشت ولی مقدار آن بسیار کمتر (۳/۰) بود. سمیّت تنفسی مونوترپن کاروون علیه آفات انباری در بررسی‌های سایر محققان به اثبات رسیده است. به همین دلیل، وجود مقادیر بالای کاروون در اسانس مورد بررسی می‌تواند دلیل بر سمیّت بالاتر تنفسی این اسانس نسبت به سایر اسانس‌ها باشد. بررسی سمیّت تنفسی اجزای مهم تشکیل‌دهنده اسانس زیره سیاه نشان داد که کاروون اثر کشندگی بسیار قوی‌تر و LC_{50} کمتری نسبت به سایر اجزا و کل اسانس روی حشرات بالغ *Siophilus zeamais* Motsch. و *Tribolium castaneum* (Herbst) داشت (Fang *et al.*, 2010). در بررسی دیگری که روی تأثیر مونوترپن‌ها بر دو آفت انباری *Sitophilius oryzae* (L.) و *T. castaneum* انجام شد، ترکیب کاروون بعد از ۱/۸–سینئول بیشترین سمیّت تدخینی را علیه این دو آفت داشت (Abdelgaleil *et al.*, 2009).

ترکیب‌های شیمیایی اسانس زیره سبز توسط محققان مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است (Iacobellis *et al.*, 2005؛ Romeilah *et al.*, 2010؛ Martinez-Velazquez *et al.*, 2011). بیشترین ترکیب‌های اسانس زیره سبز در این پژوهش شامل کومین آلدهید، پارا–سیمن و گاما–ترپینن بود که به‌دلیل بالاتر بودن مقدار کومین آلدهید نسبت به سایر ترکیب‌ها با بررسی‌های Romeilah و همکاران (۲۰۱۰) و Martinez-Velazquez و همکاران (۲۰۱۱) مشابهت داشت. در بررسی‌های Iacobellis و همکاران (۲۰۰۵) بیشترین ترکیب اسانس را p-mentha-1-4-dien-7-al (۲۷/۴٪) تشکیل داده بود و مقدار کومین آلدهید (۱۶/۱٪) کمتر از مقدار این پژوهش بود. نتیجه بررسی‌های Kedia و همکاران (۲۰۱۵) روی اثرهای تنفسی اسانس زیره سبز و چهار ترکیب مهم آن شامل سیمن، گاما–ترپینن، کومین آلدهید و بتا–پینن علیه دو حشره آفت انباری (*Callosobruchus chinensis* L. و *S. oryzae*) نشان داد که ترکیب کامل اسانس در کمترین غلظت باعث ایجاد ۱۰۰٪ و ۹۷٪ مرگ و میر در حشرات بالغ *C. chinensis* و *S. oryzae* گردید، در حالی‌که هر یک از ترکیب‌ها به تنهایی در غلظت‌های بالاتری باعث ایجاد مرگ و میر ۱۰۰٪ در این حشره شدند. بررسی

اثرهای تدخینی ترکیب‌های شیمیایی اسانس زیره سبز و زیره سیاه نشان داد که برخی از ترکیب‌ها ازجمله کاروون و کومین آلدهید تأثیر بیشتری روی مرگ و میر حشرات بالغ شپشه برنج (*S. oryzae*) داشتند (Kim *et al*., 2013). با توجه به غالب بودن این دو ترکیب در اسانس‌های زیره سبز و زیره سیاه مورد استفاده در این بررسی، به نظر می‌رسد وجود این مونوترپن‌ها دلیل فعالیت تدخینی بیشتر این اسانس‌ها باشد.

در بررسی‌های Ghannadi و Amree (۲۰۰۲) ترکیب‌های فرّار عمده اسانس باریجه (*F. gummosa*) جمع‌آوری شده از کاشان، بتا-پینن (۵۸/۸٪)، دلتا-۳-کارن (۱۲/۱٪)، آلفا-پینن (۵/۷٪) و بتا-میرسن (۴/۶٪) شناسایی گردید. در این پژوهش نیز بتا-پینن عمده‌ترین ترکیب اسانس باریجه را تشکیل داد که با نتایج بررسی Ghannadi و Amree (۲۰۰۲) مشابهت دارد. در بررسی‌های دیگری روی ترکیب‌های اسانس گیاه باریجه (*F. gummosa*) عمده‌ترین اجزاء اسانس این گیاه سابینن (۴۰/۱)، آلفا-پینن (۱۴/۳) و بتا-پینن (۱۴/۱) بود (Abedi *et al*., 2009)، در حالی‌که در این پژوهش ترکیب سابینن در ترکیب اسانس باریجه مشاهده نشد. خاصیت حشره‌کشی ترکیب مونوترپن بتا-پینن علیه شپشه برنج (*S. oryzae*) به اثبات رسیده است (Lee *et al*., 2001). با توجه به اینکه در این پژوهش بتا-پینن بیشترین ترکیب اسانس باریجه می‌باشد، این موضوع می‌تواند دلیل اثرهای تدخینی اسانس باریجه باشد.

بررسی‌های Azhdarzadeh و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که عمده‌ترین ترکیب‌های اسانس شمعدانی (*P. roseum*) به‌ترتیب بتا-سیترونلول (۴۴/۶۳٪) و سیترونلیل فرمت (۱۴/۲۲٪) بود. در مطالعه دیگری بتا-سیترونول (۳۵/۹٪)، ژرانیول (۱۸/۵٪) و لینالول (۵/۷٪) بیشترین ترکیب‌های اسانس *P. roseum* را تشکیل دادند (Tabari *et al*., 2017). در پژوهش Möllenbeck و همکاران (۱۹۹۷) نیز ژرانیول (۱۸/۲٪)، لینالول (۱۰/۹٪) و سیترونلیل فرمت (۸/۶٪) به‌عنوان بیشترین ترکیب‌ها در اسانس شمعدانی شناسایی شدند. مقایسه این نتایج با نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیب‌های عمده اسانس بکار برده شده در این تحقیق با اسانس مورد استفاده در تحقیق مذکور مطابقت دارد. در بررسی‌های Baldin و همکاران (۲۰۱۵) سمیّت تدخینی مونوترپن‌های ژرانیول، لینالول و سیترونلول علیه سفید بالک پنبه (*Bemisia tabaci* Gennadius) مطالعه شد و نتایج نشان داد که هر یک از این ترکیب‌ها به تنهایی می‌تواند باعث ایجاد ۱۰۰٪ مرگ و میر در بالغین سفید بالک پنبه شود. با توجه به اینکه هر سه ترکیب مونوترپن ژرانیول، لینالول و سیترونلول در اسانس گیاه شمعدانی در این بررسی شناسایی شده‌اند، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که وجود این ترکیب‌ها می‌تواند علت سمیّت تنفسی این اسانس علیه سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات باشد.

براساس نتایج این بررسی، اسانس‌های استفاده شده فعالیت بیولوژیکی بالایی علیه حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نشان دادند. با توجه به اینکه عمده ترکیب‌های اسانس‌های مورد آزمایش مونوترپنوئیدها می‌باشند و براساس نتایج بررسی‌های پیشین محققان اثر این ترکیب‌ها روی بازدارندگی تخم‌ریزی سوسک چهارنقطه‌ای تقریباً ۲۱ روز پس از استفاده از بین می‌رود و اثر سمّی برای سوسک‌ها بجا نمی‌ماند، احتمالاً حبوبات تیمار شده توسط این اسانس‌ها بعد از طی یک دوران مشخص اثر سمّی برای مهره‌داران نخواهد داشت (Mbata & payton, 2013). بنابراین استفاده از این اسانس‌ها می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای سموم تدخینی شیمیایی در انبارها توصیه شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاون محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان برای تأمین هزینه‌های این پژوهش در قالب پایان‌نامه‌های دانشجویی تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین نویسندگان از جناب آقای دکتر محمد حجتی به دلیل همکاری در

شناسایی دقیق ترکیب‌های شیمیایی اسانس‌ها سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

- Abdelgaleil, S.A., Mohamed, M.I., Badawy, M.E. and El-arami, S.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(5): 518-525.
- Abd-Elhady, H., 2012. Insecticidal activity and chemical composition of essential oil from *Artemisia judaica* L. against *Callosobruchus maculatus* F. Coleoptera: Bruchidae. Journal of Plant Protection Research, 52(3): 347-352.
- Abedi, D., Jalali, M. and Sadeghi, N., 2009. Composition and antimicrobial activity of oleogumresin of *Ferula gumosa* Bioss. essential oil using Alamar Blue™. Research in Pharmaceutical Sciences, 3(1): 41-45.
- Anderson, K., Schurle, B., Reed, C. and Pedersen, J., 1990. An economic analysis of producers' decisions regarding insect control in stored grain. Applied Economic Perspectives and Policy, 12: 23-29.
- Asif, M., Rooney, L.W., Ali, R. and Riaz, M.N., 2013. Application and opportunities of pulses in food system: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 3(11): 1168-1179.
- Azhdarzadeh, F., Hojjati, M. and Tahmuzi Didehban, S., 2017. Chemical composition and antimicrobial activity of *Pelargonium roseum* essential oil from southwest of Iran. Journal of Food and Bioprocess Engineering, 1(1): 47-54.
- Baldin, E.L., Aguiar, G.P., Fanela, T.L., Soares, M.C., Groppo, M. and Crotti, A.E., 2015. Bioactivity of *Pelargonium graveolens* essential oil and related monoterpenoids against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. Journal of Pest Science, 88(1): 191-199.
- Daglish, G.J., Nayak, M.K., Arthur, F.H. and Athanassiou, C.G., 2018. Insect pest management in stored grain: 45-63. In: Athanassiou, C.G. and Arthur, F.H., (Eds.). Recent Advances in Stored Product Protection. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 273p.
- de Andrade Dutra, K., de Oliveira, J.V., Navarro, D.M.D.A.F. and Santos, J.P.O., 2016. Control of *Callosobruchus maculatus* FABR. Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae in *Vigna unguiculata* L. WALP. with essential oils from four *Citrus* spp. plants. Journal of Stored Products Research, 68: 25-32.
- de Souza Alves, M., Campos, I.M., de Brito, D.D.M.C., Cardoso, C.M., Pontes, E.G. and de Souza, M.A.A., 2019. Efficacy of lemongrass essential oil and citral in controlling *Callosobruchus maculatus* Coleoptera: Chrysomelidae, a post-harvest cowpea insect pest. Crop Protection, 119: 191-196.
- Fang, R., Jiang, C.H., Wang, X.Y., Zhang, H.M., Liu, Z.L., Zhou, L., Du, S.S. and 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(12): 9391-9402.
- Finney, D.J., 1971. Probit Analysis. Cambridge University Press. Cambridge, UK, 318p.
- Ghannadi, A. and Amree, S., 2002. Volatile oil constituents of *Ferula gummosa* Boiss. from Kashan, Iran. Journal of Essential Oil Research, 14(6): 420-421.
- Ghasemi, V., Yazdi, A.K., Tavallaie, F.Z. and Sendi, J.J., 2014. Effect of essential oils from *Callistemon viminalis* and *Ferula gummosa* on toxicity and on the hemocyte profile of *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae). Archives of Phytopathology and Plant Protection, 47(3): 268-278.
- Hosseinpour, M.H., Askarianzadeh, A., Moharramipour, S. and Jalali Sendi, S., 2011. Insecticidal activity of essential oils isolated from Rue *Ruta graveolens* L. and galbanum *Ferula gummosa* Boiss. on *Callosobruchus maculatus* F. Integrated Protection of Stored Products IOBC/WPRS Bulletin, 69: 271-275.
- Iacobellis, N.S., Lo Cantore, P., Capasso, F. and Senatore, F., 2005 Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(1): 57-61.
- Ilboudo, Z., Dabiré, L.C.B., Nébié, R.C.H., Dicko, I.O., Dugravot, S., Cortesero, A.M. and Sanon, A., 2010. Biological activity and persistence of four essential oils towards the main pest of stored cowpeas, *Callosobruchus maculatus* F. Coleoptera: Bruchidae. Journal of Stored Products Research, 46(2): 124-128.
- Isman, M.B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection, 19: 603-608.
- Kedia, A., Prakash, B., Mishra, P.K., Dwivedy, A.K. and 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.

- Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J. and Stashenko, E., 2010. Repellent activity of essential oils: a review. Bioresource Technology, 101(1): 372-378.
- Ngamo, T.L., Goudoum, A., Ngassoum, M.B., Mapongmetsem, M., Lognay, G., Malaisse, F. and Hance, T., 2007. Chronic toxicity of essential oils of 3 local aromatic plants towards *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae). African Journal of Agricultural Research, 2(4): 164-167.
- Niu, X., Mi, L., Li, Y., Wei, A., Yang, Z., Wu, J., Zhang, D., Song, X., 2013. Physiological and biochemical responses of rice seeds to phosphine exposure during germination. Chemosphere, 93: 2239-2244.
- Pascual-Villalobos, M.J. and Ballesta-Acosta, M.C., 2003. Chemical variation in an *Ocimum basilicum* germplasm collection and activity of the essential oils on *Callosobruchus maculatus*. Biochemical Systematics and Ecology, 31(7): 673-679.
- Pirali-Kheirabadi, K., Razzaghi-Abyaneh, M. and Halajian, A., 2009. Acaricidal effect of *Pelargonium roseum* and *Eucalyptus globulus* essential oils against adult stage of *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* in vitro. Veterinary parasitology, 162(3-4): 346-349.
- Razzaghi-Abyaneh, M., Shams-Ghahfarokhi, M., Rezaee, M.B., Jaimand, K., Alinezhad, S., Saberi, R. and Yoshinari, T., 2009. Chemical composition and antiaflatoxigenic activity of *Carum carvi* L., *Thymus vulgaris* and *Citrus aurantifolia* essential oils. Food Control, 20(11): 1018-1024.
- Regnault-Roger, C., 2013. Essential oils in insect control: 4087-4107. In Ramawat, K.G., Merillon, J.M., (Eds.). Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes. Springer Berlin Heidelberg. Berlin, Heidelberg, 4242p.
- Romeilah, R.M., Fayed, S.A. and Mahmoud, G.I., 2010. Chemical compositions, antiviral and antioxidant activities of seven essential oils. Journal of Applied Science Research, 6(1): 50-62.
- Sahebkar, A. and Iranshadi, M., 2010. Biological activities of essential oils from the genus *Ferula* (Apiaceae). Asian Biomedicine, 4(6): 835-847.
- Samojlik, I., Lakic, N., Mimica-Dukic, N., Đaković-Švajcer, K. and Bozin, B., 2010. Antioxidant and hepatoprotective potential of essential oils of coriander *Coriandrum sativum* L. and caraway *Carum carvi* L. Apiaceae. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(15): 8848-8853.
- Senfi, F., Safaralizadeh, M.H., Safavi, S.A. and Aramideh, Sh., 2014. Evaluation of fumigant toxicity of *Laurus nobilis* L. and *Myrtus communis*
- Kim, S.W., Kang, J. and Park, I.K., 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.
- Lee, S.E., Lee, R.H., Choi, W.S., Park, B.S., Kim, J.G. and Campbell, B.C., 2001. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). Pest Management Science, 57: 548-553.
- López, M.D., Jordán, M.J. and Pascual-Villalobos, M.J., 2008. Toxic compounds in essential oils of coriander, caraway and basil active against stored rice pests. Journal of Stored Products Research, 44(3): 273-278.
- Martinez-Velazquez, M., Castillo-Herrera, G.A., Rosario-Cruz, R., Flores-Fernandez, J.M., Lopez-Ramirez, J., Hernandez-Gutierrez, R. and del Carmen Lugo-Cervantes, E., 2011. Acaricidal effect and chemical composition of essential oils extracted from *Cuminum cyminum*, *Pimenta dioica* and *Ocimum basilicum* against the cattle tick *Rhipicephalus Boophilus microplus* Acari: Ixodidae. Parasitology Research, 108(2): 481-487.
- Massango, H.G.L.L., Faroni, L.R.A., Haddi, K., Heleno, F.F., Jumbo, L.V. and Oliveira, E.E., 2017. Toxicity and metabolic mechanisms underlying the insecticidal activity of parsley essential oil on bean weevil, *Callosobruchus maculatus*. Journal of Pest Science, 90(2): 723-733.
- Mbata, G.N. and Payton, M.E., 2013. Effect of monoterpenoids on oviposition and mortality of *Callosobruchus maculatus* F. Coleoptera: Bruchidae under hermetic conditions. Journal of Stored Products Research, 53: 43-47.
- Möllenbeck, S., König, T., Schreier, P., Schwab, W., Rajaonarivony, J. and Ranarivelo, L., 1997. Chemical composition and analyses of enantiomers of essential oils from Madagascar. Flavour and Fragrance Journal, 12(2): 63-69.
- Moravvej, G., Of-Shahraki, Z. and Azizi-Arani, M., 2011. Contact and repellent activity of *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. and *Bunium persicum* Boiss. Fedtsch. oils against *Tribolium castaneum* Herbst adults Coleoptera: Tenebrionidae. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 27(2): 224-238.
- Nenaah, G.E., Ibrahim, S.I. and Al-Assiuty, B.A., 2015. Chemical composition, insecticidal activity and persistence of three Asteraceae essential oils and their nanoemulsions against *Callosobruchus maculatus* (F.). Journal of Stored Products Research, 61: 9-16.

L. essential oils on eggs and adult stage of the Cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. Col.: Bruchidae. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 30(2): 216-222.

- Simic, A., Rančic, A., Sokovic, M.D., Ristic, M., Grujic-Jovanovic, S., Vukojevic, J. and Marin, P.D., 2008. Essential oil composition of *Cymbopogon winterianus* and *Carum carvi* and their antimicrobial activities. Pharmaceutical Biology, 46(6): 437-441.
- Tabari, M.A., Youssefi, M.R., Esfandiari, A. and Benelli, G., 2017. Toxicity of β-citronellol, geraniol and linalool from *Pelargonium roseum* essential oil against the West Nile and filariasis vector *Culex pipiens* Diptera: Culicidae. Research in Veterinary Science, 114: 36-40.
- Tuda, M., Chou, L.Y., Niyomdham, C., Buranapanichpan, S. and Tateishi, Y., 2005. Ecological factors associated with pest status in *Callosobruchus* Coleoptera: Bruchidae: high host specificity of non-pests to Cajaninae Fabaceae. Journal Stored Product Research, 41: 31-45.
- Valencia, E., Feria, M., Diaz, J.P., Gonzalez, A. and Bermejo, J., 1994. Antinociceptive, anti-inflammatory and antipyretic effects of lapidine, a bicyclic sesquiterpene. Planta Medica, 60: 395-399.
- Yarahmadi, F., Rajabpour, A., Sohani, N.Z. and Ramezani, L., 2013. Investigating contact toxicity of Geranium and Artemisia essential oils on *Bemisia tabaci* Gen. Avicenna Journal of Phytomedicine, 3(2): 106-111.
- Zandi-Sohani, N., Hojjati, M. and Carbonell-Barrachina, Á.A., 2012. Bioactivity of *Lantana camara* L. essential oil against *Callosobruchus maculatus* Fabricius. Chilean Journal of Agricultural Research, 72(4): 502-506.
- Zandi-Sohani, N., Hojjati, M. and Carbonell-Barrachina, Á.A., 2013. Insecticidal and repellent activities of the essential oil of *Callistemon citrinus* Myrtaceae against *Callosobruchus maculatus* F. Coleoptera: Bruchidae. Neotropical entomology, 42(1): 89-94.
- Ziaee, M., Moharramipour, S. and 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(4): 691-699.

Fumigant toxicity and repellency of some essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Col.: Bruchidae)

Sh. Hatami Bavarsad[1], N. Zandi-Sohani[2*] and A. Rajabpour[3]

1- M.Sc. grauated, Department of Plant Protection, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

2*- Corresponding author, Department of Plant Protection, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, E-mail: nzandisohani@yahoo.com; zandi@asnrukh.ac.ir

3- Department of Plant Protection, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Received: December 2019 Revised: February 2020 Accepted: May 2020

Abstract

Chemical composition and insecticidal activity and repellency of essential oils from *Ferula gummosa* Boiss., *Cuminum cyminum* L., *Carum carvi* L. and *Pelargonium roseum* Willd. against the adults of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) were studied. The gas chromatograph/mass spectrometry (GC/MS), bioassays, and olfactometer were respectively used to identify the components and determine the fumigant toxicity (in 50 mL vials containing 20 adult insects) and repellency of the essential oils. The main compounds of the essential oils were *β*-pinene (35.2%), *α*-pinene (9.4%), *ρ*-cymene (8.5%), and terpinene-4-ol (8.5%) for *F. gummosa*, cuminaldehyde (46.6%), *ρ*-cymene (18.4), *γ*-terpinene (12.2%) and *α*-terpinene-7-al (8.1%) for *C. cyminum*, carvone (46.2%), *ρ*-cymene (14.0%) and *γ*-terpinene (8.3%) for *C. carvi*, and *β*-citronellol (47.3%) and citronellyl formate (13.2%) for *P. roseum*. The fumigant toxicity of *C. carvi* and *C. cyminum* essential oils against *C. maculatus* was higher than the other two essential oils, and the repellent activity was observed for all essential oils tested against this pest. The repellency percentage of *P. roseum, F. gummosa, C. cyminum* and *C. carvi* essential oils was calculated as 41.66, 64.70, 70.17, and 66.29%, respectively. The results indicated that these essential oils could be considered as an effective alternative to control *C. maculatus* and possibly other storage coleopteran pests.

Keywords: Aromatic plants, stored beans, insecticidal activity, monoterpene.