

## بررسی سمیت تدخینی اسانس پوست لیموترش (*Citrus limon L.*)، پرتقال (*Citrus sinensis L.*) و نارنج (*Citrus aurantium L.*) روی سه گونه آفت مهم انباری

الیناز استوار<sup>۱</sup>، سمیرا خدایاری<sup>۲\*</sup> و شهرام آرمیده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

پست الکترونیک: khodayari@maragheh.ac.ir

۳- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۰

تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۰

### چکیده

سالیانه بخش قابل توجهی از تولیدات کشاورزی توسط آفات انباری از بین می‌روند. به‌طور معمول برای کنترل آفات از سموم شیمیایی استفاده می‌شود. خطرات باقیمانده سموم روی محصولات انباری و نیز افزایش مقاومت آفات، انتخاب روش‌های کنترل امن و مؤثر را ایجاب می‌کند. ترکیب‌های گیاهی می‌توانند زمینه تحقیق در مورد کنترل آفات انباری با روش‌های کم‌خطر باشند. بنابراین در این تحقیق تأثیر اسانس پوست سه گونه مرکبات شامل لیموترش (*Citrus limon L.*)، پرتقال (*C. sinensis L.*) و نارنج (*C. aurantium L.*) روی حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus (F.)*)، سرخرطومی گندم (*Sitophilus granarius L.*) و شپشه آرد (*Tribolium confusum Duv.*)، ارزیابی شد. جهت ارزیابی تأثیر اسانس‌ها روی آفات از تجزیه پروبیت بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت استفاده گردید. بعد از تعیین LC<sub>50</sub> و LC<sub>25</sub>، جهت ارزیابی اثر ترکیبی اسانس‌ها، ترکیب‌های LC<sub>25</sub> لیموترش+LC<sub>25</sub> نارنج، LC<sub>25</sub> لیموترش+LC<sub>25</sub> پرتقال و LC<sub>25</sub> پرتقال+LC<sub>25</sub> نارنج بررسی شدند. هر تیمار در سه تکرار و هر تکرار روی ده حشره کامل دو روزه در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. همچنین، تجزیه اسانس‌ها با GC/MS برای بررسی اجزای اصلی آنها صورت گرفت. بیشترین ترکیب موجود در اسانس پوست هر سه گونه مورد مطالعه لیمونن بود. شاخص LC<sub>50</sub> اسانس لیموترش، پرتقال و نارنج روی حشرات کامل سرخرطومی گندم بعد از ۲۴ ساعت به ترتیب ۳/۸۰، ۲/۶۵، ۳/۱۱ و بعد از ۴۸ ساعت به ترتیب ۲/۴۸، ۱/۹۳، ۲/۸۸ میکرولیتر بر لیتر، روی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات بعد از ۲۴ ساعت به ترتیب ۰/۲۳، ۲/۴۱، ۲/۶۶ و بعد از ۴۸ ساعت به ترتیب ۰/۱۳، ۱/۳۸، ۲/۳۵ میکرولیتر بر لیتر و روی شپشه آرد بعد از ۲۴ ساعت به ترتیب ۵/۳۳، ۲/۷۶، ۱/۳۵ و بعد از ۴۸ ساعت به ترتیب ۲/۲۴، ۲/۴۹، ۰/۸۹ میکرولیتر بر لیتر بدست آمد. بررسی اثر ترکیبی اسانس‌ها نشان داد که اثر تیمار LC<sub>25</sub> لیمو+LC<sub>25</sub> پرتقال روی هر سه آفت از اثر هر یک از اسانس‌ها به‌تنهایی بیشتر است. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، اسانس پوست مرکبات به‌ویژه لیموترش در تولید آفتکش‌های زیستی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آفات انباری، کشندگی، پوست مرکبات، اسانس.

## مقدمه

انبار کردن محصولات کشاورزی به منظور استفاده در سایر فصول سال و یا برای انتقال به سایر مناطق امری ضروریست. آمار و ارقام سازمانهای رسمی و بین‌المللی و محلی نشان می‌دهد که هر سال مقدار قابل توجهی از تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه به وسیله آفات در انبارها از بین می‌روند. خسارت ناشی از حشرات انباری طبق آمارهای جهانی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد محصولات مختلف برآورد می‌شود. آفات انباری نه تنها از نظر کمیت بلکه از نظر کیفیت نیز به محصولات انباری خسارت وارد کرده و گاهی اوقات این مواد را غیرقابل مصرف می‌کنند (Rees, 2004). پراکنش گسترده در جهان، قدرت تکثیر بالا و چندخوار بودن بسیاری از آفات، علت عمده بروز خسارت بالای آنها بوده تا جایی که در انبارهای سنتی که روش‌های کنترل کارایی چندانی ندارند، میزان خسارت ایجاد شده توسط آنها تا ۱۰۰٪ نیز گزارش شده است (Manoj et al., 2020).

کنترل آفات انباری توسط سموم شیمیایی تدخینی مهمترین روش کنترل بوده ولی مشکلات عمده‌ای مانند باقی‌مانده سموم در محصولات غذایی، بروز مقاومت در آفات و اثر سوء زیست‌محیطی را بوجود آورده است (Lee et al., 2001; Tapandjou et al., 2002). از جمله این سموم متیل پروماید بوده که در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته از رده خارج شده است (Rasooli et al., 2006). در راستای جایگزینی سموم تدخینی، اسانس‌های گیاهی که از گیاهان معطر استخراج می‌شوند بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند (Neiro et al., 2010). ثابت شده گیاهان معطر دارای ترکیب‌های فوق‌العاده قوی هستند که علاوه بر خاصیت دورکنندگی و بازدارندگی تخم‌ریزی، در مدت کوتاهی منجر به مرگ حشره می‌گردند (Rajendran & Sriranjini, 2008).

طی چند سال اخیر تحقیقات علمی گسترده‌ای در مورد تأثیر بیولوژیک اسانس‌های گیاهی و اجزاء آنها علیه آفات و کاربرد آنها به عنوان حشره‌کش‌های گیاهی انجام شده است.

تأثیر اسانس پوست انواع میوه مرکبات شامل گریپ‌فروت (*Citrus paradisi* Macf.)، نارنج، لیموشیرین و پرتقال توسط Moravvej و Abbar (۲۰۰۸) روی حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات بررسی شد. طبق بررسی انجام شده توسط Saeidi و همکاران (۲۰۱۱)، اثر حشره‌کشی اسانس نارنج (*C. aurantium*)، لیموترش (*C. limon*) و نارنگی (*Citrus reticulata* Blanco) روی حشرات بالغ سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus* (F.)) تعیین گردید. سمیت تدخینی اسانس پوست میوه نارنگی (*C. reticulata*) روی شیشه قرمز آرد توسط Safavi و Mobki (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفت. درصد مرگ و میر شیشه آرد بر اثر استفاده از اسانس‌های پوست پرتقال و خوردن پودر حاصل از آن توسط Ibrahim Yunis (۲۰۱۴) مطالعه و بررسی شد. سمیت تنفسی و اثر دورکنندگی اسانس پوست میوه لیموشیرین (*Citrus limetta* (L.)) روی چهار آفت شیشه دنداندار، شیشه برنج (*Sitophilus oryzae* L.)، سوسک کیش (*Rhizopertha dominica*) (Fabricius, 1972) و شیشه آرد (*Tribolium confusum*) توسط Mohammadi Sharif و Kabiri Raisabbad (۲۰۱۵) بررسی شد. سمیت تدخینی اسانس پوست پرتقال، نارنگی و لیموترش و اثر دورکنندگی آنها علیه حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات توسط Ghaderi و همکاران (۲۰۱۸) بررسی گردید.

مشکلات ناشی از کاربرد ترکیب‌های شیمیایی برای کنترل آفات تلاش‌ها را برای یافتن ترکیب‌های مؤثر و کم‌خطر افزایش داده است. برخی مزایای حشره‌کش‌ها با منشأ گیاهی از جمله سمیت کمتر برای انسان و موجودات غیرهدف، تجزیه سریع و طیف وسیع اثر آنها باعث شده که به عنوان جایگزین مناسب حشره‌کش‌های شیمیایی مورد توجه قرار گیرند (Tapandjou et al., 2002). از این رو در این تحقیق اثر سمیت تدخینی اسانس پوست پرتقال (*C. sinensis* L.)، لیموترش (*C. limon* L.) و نارنج (*C. aurantium* L.) روی حشرات کامل شیشه قرمز آرد

۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به درون بالون ریخته شده و با روش تقطیر با آب در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت اسانس‌گیری انجام شد. اسانس بدست‌آمده توسط سولفات سدیم آبگیری شد و تا زمان استفاده در میکروتیوب‌هایی به حجم ۲ میلی‌لیتر که با فویل آلومینیومی پوشیده شده بود، در یخچال نگهداری گردید.

#### آنالیز اسانس‌ها

شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس‌ها با استفاده از شاخص بازداری، بررسی طیف‌های جرمی ترکیب‌ها و مقایسه آنها با طیف‌های جرمی استاندارد در مرکز جهاد دانشگاهی ارومیه انجام شد. برای این کار، ابتدا نمونه آماده شده اسانس به دستگاه گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌نگار جرمی نیز تزریق شد و طیف جرمی ترکیب‌ها بدست آمد. سپس با تزریق اسانس به GC، استفاده از شاخص بازداری، بررسی طیف‌های جرمی و مقایسه آنها با طیف‌های مرجع شناسایی هر یک از اجزای اسانس انجام شد. در این مطالعه دستگاه GC/MS از نوع Agilent 6890 با ستون مویینه به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه داخلی ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5MS بود. برنامه دمایی ستون در ابتدا به صورت ۷۰ درجه سلسیوس با توقف ۲ دقیقه در این دما، سپس افزایش دما تا ۲۲۰ درجه سلسیوس با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه و افزایش دمای ستون تا ۳۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ دقیقه بود (Adams, 2001).

#### آزمایش‌های زیست‌سنجی

پس از انجام آزمایش‌های مقدماتی، غلظت‌های اصلی تعیین شد. غلظت‌های بدست‌آمده اسانس‌ها (۰/۷۵، ۰/۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ میکرولیتر بر لیتر هوا) توسط سمپلر روی کاغذهای صافی به قطر ۲ سانتی‌متر قرار داده و درون شیشه‌های درپوش‌دار به حجم ۲۸۰ میلی‌لیتر که حاوی ماده غذایی و حشرات کامل میزبان‌ها به تعداد ۱۰ عدد در

(*T. confusum*)، سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*C. maculatus*) و سرخرطومی گندم (*S. granarius* L.) بررسی شد.

#### مواد و روش‌ها

##### پرورش حشرات

سه گونه آفات انباری شامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*C. maculatus*) از خانواده Bruchidae، شپشه قرمز آرد (*T. confusum*) از خانواده Tenebrionidae و سرخرطومی گندم (*S. granarius*) از خانواده Curculionidae از اتاق پرورش آفات انباری بخش حشره‌شناسی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه تهیه شد. سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی لوبیا چشم‌پلیدی، سرخرطومی گندم روی گندم رقم زرین و شپشه آرد روی آرد سبوس‌دار به نسبت (۱:۳)، در اتاق پرورش و دمای  $27 \pm 3$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $60 \pm 5\%$  با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در سه نسل پرورش داده شد. برای استفاده از حشرات کامل دو روزه و کاهش خطا در نتایج، جمع‌آوری و تکثیر آفات در شرایط آزمایشگاهی یکسان انجام شد. برای از بین بردن آلودگی‌های احتمالی مواد غذایی استفاده شده در پرورش آفات به سایر حشرات، بذرها به مدت ۷۲ ساعت در فریزر در دمای ۱۰- درجه سلسیوس قرار داده و پس از خارج کردن آنها تا پایان انجام تحقیق در محیط یخچال نگهداری گردید.

#### اسانس‌های گیاهی

برای اسانس‌گیری اقدام به جمع‌آوری پوست لیموترش، نارنج و پرتقال شد. برای خشک کردن، مواد به‌طور جداگانه روی سطح صاف، در دمای محیط و دور از تابش نور قرار گرفت. پس از خشک شدن، برای تهیه اسانس، پوست مرکبات آسیاب شد. برای استخراج اسانس هر نمونه از پوست مرکبات، ۵۰ گرم نمونه خشک خرد شده همراه با

بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت یادداشت برداری و با برنامه پروبیت تجزیه و تحلیل و توسط رابطه‌های ۱ و ۲ سمیت نسبی و شاخص سمیت بدست آمد (Sun, 1950).

۳ تکرار بود، منتقل شد. از آنجایی که اسانس‌ها فرار هستند درپوش شیشه‌ها محکم و با پارافیلیم غیرقابل نفوذ گردید. سپس نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های مختلف هر ترکیب

$$\text{رابطه ۱} = \left( \frac{\text{LC50 کم اثرترین سم}}{\text{LC50 ترکیب دیگر}} \right) \text{ سمیت نسبی}$$

$$\text{رابطه ۲} = \left( \frac{\text{LC50 قوی ترین سم}}{\text{LC50 ترکیب دیگر}} \right) \times 100 \text{ شاخص سمیت}$$

### نتایج

#### آنالیز اسانس‌ها

بازده اسانس پوست لیموترش، پرتقال و نارنج به ترتیب  $3/8 \pm 0/2$ ،  $3/9 \pm 0/4$  و  $3/9 \pm 0/1$  بود که اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. اسانس پوست گیاهان مورد استفاده در تحقیق، از نظر نوع و میزان ترکیب‌های تشکیل دهنده متفاوت از یکدیگر بودند. تعداد ۱۶ ترکیب اصلی در اسانس شناسایی گردید (جدول ۱). به نحوی که بیشترین ترکیب موجود در پوست اسانس‌های گیاهی هر سه گونه مورد مطالعه لیمون بود.

#### تعیین سمیت تدخینی

تجزیه پروبیت حاصل از تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس پوست مرکبات شامل پرتقال، لیموترش و نارنج بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت روی حشره کامل سرخرطومی گندم، سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات و شیشه آرد مطابق جدول‌های ۲، ۳ و ۴ حاصل شد. با توجه به سمیت نسبی و شاخص سمیت بر پایه  $LC_{50}$  حاصل از ترکیب‌های مرکبات روی حشره کامل سرخرطومی گندم بعد از ۲۴ ساعت نتایج نشان داد که اسانس پوست پرتقال دارای بیشترین سمیت نسبت به سایر اسانس‌ها می‌باشد. در ۴۸ ساعت نیز اسانس پوست لیموترش به عنوان مؤثرترین اسانس علیه این آفت شناخته شد. در مورد حشره کامل سوسک چهارنقطه‌ای

#### بررسی اثر ترکیبی اسانس‌ها

در این آزمایش اثر مخلوط دویه‌دوی ترکیب‌های پوست گیاهان پرتقال، لیموترش و نارنج و خاصیت اثر مخلوط این ترکیب‌ها روی حشرات کامل چند روزه سرخرطومی گندم، سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات و شیشه آرد بررسی شد. به این منظور بعد از تعیین مقادیر  $LC_{50}$  و  $LC_{25}$  اسانس گیاهان پرتقال، لیموترش و نارنج در سه تیمار شامل:  $LC_{25}$  لیموترش+ $LC_{25}$  نارنج،  $LC_{25}$  لیموترش+ $LC_{25}$  پرتقال،  $LC_{25}$  پرتقال+ $LC_{25}$  نارنج و تیمار شاهد (آب مقطر) که هر تیمار در سه تکرار و هر تکرار روی ده حشره کامل چند روزه انجام شد. نتایج بدست آمده از اثر ترکیبی اسانس‌ها با میزان کشندگی  $LC_{50}$  تک تک اسانس‌ها مورد مقایسه قرار گرفت و تلفات بعد از ۲۴ ساعت شمارش شد.

#### تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های حاصل از مرگ و میر و تلفات حشرات کامل بعد از اصلاح با فرمول ابوت به روش تجزیه Probit در نرم‌افزار (SPSS ver. 24) آنالیز و مقادیر  $LC_{25}$  و  $LC_{50}$  در برنامه پروبیت محاسبه شد. همچنین مرگ و میر ناشی از تیمارهای مختلف، تجزیه واریانس یک‌طرفه one-way ANOVA و مقایسه میانگین‌ها به روش Tukey's HSD در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از برنامه Excel-2010 استفاده شد.

روی حشره کامل شیشه آرد بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت نشان داد که اسانس پوست نارنج مؤثرترین ترکیب است.

حبوبات بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت نتایج نشان داد که اسانس پوست لیموترش دارای سمیت بیشتری نسبت به دیگر اسانسها می باشد. بررسی سمیت حاصل از پوست مرکبات

جدول ۱- نتایج حاصل از آنالیز ترکیب‌های اسانس‌های نارنج، پرتقال و لیموترش

ردیف	نام ترکیب	شاخص		
		بازداری (RI)	نارنج	پرتقال
			درصد	
			لیموترش	پرتقال
۱	$\alpha$ -thujene	۹۲۹	-	۰/۵
۲	$\alpha$ -pinene	۹۳۴	۰/۸	۰/۹
۳	sabinene	۹۷۰	۰/۲	۰/۵
۴	$\beta$ -pinene	۹۷۸	۰/۹	۰/۱
۵	$\beta$ -myrcene	۹۹۰	۲/۳	۲/۳
۶	octanal	۱۰۰۲	-	۰/۳
۷	$\delta$ -3-carene	۱۰۱۲	-	۰/۲
۸	<i>p</i> -cymene	۱۰۲۵	-	-
۹	limonene	۱۰۳۰	۹۳/۷	۹۴/۸
۱۰	$\gamma$ -terpinene	۱۰۶۰	۰/۲	-
۱۱	linalool oxide	۱۰۷۳	۰/۲	-
۱۲	$\alpha$ -terpinolene	۱۰۹۰	۰/۴	۰/۳
۱۳	$\alpha$ -terpineol	۱۱۹۳	۰/۲	-
۱۴	neral	۱۲۴۵	-	-
۱۵	geranial	۱۲۷۱	-	-
۱۶	geranyl acetate	۱۳۸۲	۰/۱	-

جدول ۲- اثر کشندگی (LC<sub>50</sub>) اسانس پوست پرتقال، لیموترش و نارنج بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت

روی حشرات کامل سرخرطومی گندم

اسانس	زمان (hr)	Slop± SE	X <sup>2</sup> (df)	LC <sub>25</sub> (95% CLs)	LC <sub>50</sub> (95% CLs)	LC <sub>90</sub> (95% CLs)	شاخص سمیت*	سمیت نسبی*
پرتقال	۲۴	۲/۰۸±۰/۷۹	۰/۱۶ (۳)	۱/۲۵ (۰/۹۶-۲/۷۶)	۲/۶۵ (۱/۶۸-۴۵/۶۹)	۱۰/۹۶ (۶/۷۸-۲۰/۶۶)	۱۰۰	۱/۴۳
	۴۸	۱/۵۱±۰/۷۱	۰/۶۷ (۳)	۰/۸۶ (۰/۱۸-۲/۶۱)	۱/۹۳ (۱/۶۳-۵/۵۰)	۷/۹۳ (۳/۶۸-۲۵/۶۳)	۱۰۰	۱
لیموترش	۲۴	۰/۸۴±۰/۳۶	۰/۱۵ (۳)	۲/۵۱ (۰/۵۸-۵/۶۹)	۳/۸۰ (۱/۳۲-۷/۶۰)	۲۲/۹۳ (۱۶/۰۸-۴۵/۱۵)	۶۹/۷	۱
	۴۸	۰/۶۰±۰/۳۰	۰/۶۸ (۳)	۱/۱۰ (۰/۱۱-۱/۸۹)	۲/۴۸ (۰/۶۲-۲/۵۴)	۹/۹۳ (۶/۶۸-۱۵/۶۲)	۷۷/۸	۰/۷۷۸
نارنج	۲۴	۲/۳۴±۰/۹۳	۰/۰۷ (۳)	۲/۱۱ (۱/۹۸-۴/۰۹)	۳/۱۱ (۱/۸۷-۱۳۸/۶۴)	۱۸/۰۳ (۸/۲۱-۳۵/۳۹)	۸۵/۲	۱/۲۲
	۴۸	۱/۷۳±۰/۷۴	۰/۴۹ (۳)	۱/۸۵ (۱/۳۱-۵/۱۳)	۲/۸۸ (۱/۶۹-۷۲۳/۲۰)	۱۲/۹۴ (۷/۱۸-۲۱/۰۹)	۶۷/۰	۰/۶۷۰

\*: سمیت نسبی و شاخص سمیت براساس دوز کشنده ۵۰% (LC<sub>50</sub>)

جدول ۳- اثر کشندگی (LC<sub>50</sub>) اسانس پوست پرتقال، لیموترش و نارنج بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت روی حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حیویات

اسانس	زمان (hr)	Slop ± SE	X <sup>2</sup> (df)	LC <sub>25</sub> (95% CLs)	LC <sub>50</sub> (95% CLs)	LC <sub>90</sub> (95% CLs)	شاخص سمیت*	سمیت نسبی*
پرتقال	۲۴	۲/۰۸±۰/۷۹	۰/۱۶ (۳)	۱/۳۳ (۰/۱۲-۱/۰۷)	۲/۴۱ (۱/۵۲-۱/۰۲/۴۵)	۱۳/۱۲ (۰/۵۵-۱۷/۲۵)	۹/۵	۱/۱۰
	۴۸	۱/۵۱±۰/۷۱	۰/۶۷ (۳)	۰/۸۸ (۰/۱۴-۴/۲۳)	۱/۳۸ (۱/۰۴-۴/۱۳)	۷/۱۵ (۱/۰۴-۱۴/۰۳)	۹/۴	۱/۷۰
لیموترش	۲۴	۰/۸۴±۰/۳۶	۰/۱۵ (۳)	۲/۷۳ (۰/۲۹-۵/۲۸)	۰/۲۳ (۰/۰۰۹-۰/۴۸)	۱۵/۰۱ (۰/۸۱-۲۳/۴۲)	۱۰۰	۱۱/۵۶
	۴۸	۰/۶۰±۰/۳۰	۰/۶۸ (۳)	۱/۰۷ (۰/۰۴-۲/۲۴)	۰/۱۳ (۰/۰۶-۰/۲۰)	۶/۱۳ (۲/۱۶-۱۲/۲۱)	۱۰۰	۱۸/۰۷
نارنج	۲۴	۲/۳۴±۰/۹۳	۰/۰۷ (۳)	۱/۳۶ (۱/۱۴-۵/۰۶)	۲/۶۶ (۱/۷۴-۲۵/۸۶)	۱۴/۳۲ (۳/۰۴-۲۰/۸۶)	۸/۶	۱
	۴۸	۱/۷۳±۰/۷۴	۰/۴۹ (۳)	۱/۲۵ (۰/۷۱-۸/۰۸)	۲/۲۵ (۱/۶۱-۱۳/۸۸)	۹/۴۲ (۴/۲۱-۳۳/۱۳)	۵/۰	۱

\*: سمیت نسبی و شاخص سمیت براساس دوز کشنده ۵۰٪ (LC<sub>50</sub>)

جدول ۴- اثر کشندگی (LC<sub>50</sub>) اسانس پوست پرتقال، لیموترش و نارنج بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت روی حشرات کامل شپشه آرد

اسانس	زمان (hr)	Slop± SE	X <sup>2</sup> (df)	LC <sub>25</sub> (95% CLs)	LC <sub>50</sub> (95% CLs)	LC <sub>90</sub> (95% CLs)	شاخص سمیت*	سمیت نسبی*
پرتقال	۲۴	۱/۷۲±۰/۷۱	۱/۱۹ (۳)	۱/۲۲ (۰/۴۲-۱۲/۴۷)	۲/۷۶ (۱/۷۹-۳۱/۰۲)	۱۱/۱۱ (۳/۵۲-۱۷/۲۵)	۸/۳	۱
	۴۸	۱/۷۳±۰/۶۳	۳/۹۷ (۳)	۰/۹۵ (۰/۱۴-۳/۲۳)	۲/۴۹ (۱/۰۴-۴/۱۳)	۷/۳۵ (۵/۰۴-۲۴/۰۳)	۳۵/۷	۱
لیموترش	۲۴	۱/۶۴±۰/۳۲	۵/۶۵ (۳)	۰/۱۸ (۰/۱۰-۳/۱۸)	۰/۲۳ (۱/۵۹-۲۸/۱۰)	۴/۲۱ (۰/۸۱-۸/۴۲)	۱۰۰	۱۲
	۴۸	۱/۶۲±۰/۳۳	۴/۵۷ (۳)	۰/۰۷ (۰/۰۴-۰/۲۴)	۲/۲۴ (۱/۰۶-۱۰/۴۹)	۳/۱۸ (۱/۱۶-۰/۲۴)	۳۹/۷	۱/۱۱
نارنج	۲۴	۲/۵۰±۰/۹۰	۰/۵۶ (۳)	۱/۳۶ (۰/۵۴-۵/۶۶)	۱/۳۵ (۱/۰۸-۲/۳۵)	۹/۱۲ (۳/۰۴-۲۰/۶۶)	۱۷/۰	۲/۰۴
	۴۸	۲/۳۹±۰/۸۳	۰/۸۷ (۳)	۱/۱۱ (۰/۲۱-۱۰/۴۸)	۰/۸۹ (۰/۶۶-۱/۱۶)	۸/۲۲ (۴/۲۱-۱۳/۱۳)	۱۰۰	۲/۷۹

\*: سمیت نسبی و شاخص سمیت براساس دوز کشنده ۵۰% (LC<sub>50</sub>)



## بررسی اثر ترکیبی اسانس‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر ترکیبی اسانس‌ها روی حشرات کامل سرخرطومی گندم بعد از ۲۴ ساعت نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود دارد

(P=0.001, df=6,14, F=285). بیشترین تأثیر در میان تیمارها مربوط به LC<sub>25</sub> لیموترش+LC<sub>25</sub> نارنج، LC<sub>25</sub> لیموترش+LC<sub>25</sub> پرتقال و LC<sub>25</sub> نارنج+LC<sub>25</sub> پرتقال و کمترین کشندگی در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد تلفات سرخرطومی گندم، سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات و شپشه آرد تحت تیمارهای ترکیبی اسانس پوست پرتقال، لیموترش و نارنج با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۹۵٪

تیمارها	درصد تلفات سرخرطومی گندم ± خطای استاندارد	درصد تلفات سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات ± خطای استاندارد	درصد تلفات شپشه آرد ± خطای استاندارد
LC <sub>50</sub> لیموترش	۳۲/۲±۰/۳۲ab	۳۲/۲±۰/۳۳a	۲۶/۶۰±۰/۵۷ab
LC <sub>50</sub> نارنج	۲۸/۸۶±۰/۳۵b	۳۳/۳±۰/۱۱a	۲۱/۱۰±۰/۳۳bc
LC <sub>50</sub> پرتقال	۳۲/۲±۰/۳۳ab	۳۲/۲±۰/۳۳a	۲۵/۵۳±۰/۳۳abc
LC <sub>25</sub> لیموترش و نارنج	۳۳/۳±۰/۲۰a	۳۳/۳±۰/۱۱a	۲۲/۲۰±۰/۶۶abc
LC <sub>25</sub> نارنج و پرتقال	۳۳/۳±۰/۲۰a	۳۲/۲±۰/۳۳a	۱۸/۸۶±۰/۳۲c
LC <sub>25</sub> لیموترش و پرتقال	۳۳/۳±۰/۲۰a	۳۳/۳±۰/۱۱a	۲۸/۸۶±۰/۳a
شاهد	۱/۶۶±۰/۱۱c	۱/۶۶±۰/۱۱b	۱/۶۶±۰/۲۲d

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر ترکیبی اسانس‌ها روی حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات بعد از ۲۴ ساعت و مقایسه آن با اثر LC<sub>50</sub> سایر اسانس‌ها به تنهایی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد (P=0.02, df=6,14 F=3.7). نتایج نشان داد همه تیمارها به یک اندازه در کنترل این آفت نقش دارند (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر ترکیبی اسانس‌ها روی حشرات کامل شپشه آرد بعد از ۲۴ ساعت و مقایسه آن با اثر LC<sub>50</sub> سایر اسانس‌ها به تنهایی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود دارد (P=0.001, df=6,14, F=48.12). بیشترین تأثیر در میان تیمارها مربوط به ترکیب LC<sub>25</sub> لیموترش و LC<sub>25</sub> پرتقال می‌باشد (جدول ۵).

## بحث

کاربرد گسترده سموم شیمیایی منجر به بروز مشکلات جدی مانند افزایش گونه‌های مقاوم به حشره‌کش‌ها، ایجاد

بقایای سمی روی فرآورده‌های انباری، مسمومیت مصرف‌کنندگان و افزایش هزینه‌های انبارداری شده است (Jbilou *et al.*, 2006). اسانس پوست، برگ و بذر واریته‌های مختلف مرکبات حاوی متابولیت‌های ثانویه هستند که دارای اثر حشره‌کشی روی راسه‌های مختلف حشرات می‌باشند. در زمینه استفاده از اسانس مرکبات در کنترل آفات انباری و همچنین باکتری‌های بیماری‌زای انسانی تحقیقات فراوانی انجام شده و اثر این ترکیب‌ها روی آفات و بیماری‌ها به اثبات رسیده است (Boussaada *et al.*, 2007; Caccioni *et al.*, 1998; Hosni *et al.*, 2010; Moravvej; Moraes *et al.*, 2009; Kumar *et al.*, 2012; Siskos *et al.*, 2008; Rossi & Palacios, 2013; Siskos *et al.*, 2007; 2007) که در این تحقیق نیز اثر حشره‌کشی اسانس پوست تعدادی از مرکبات بررسی شد.

نتایج این مطالعه نشان داد که اسانس پوست این سه گیاه غنی از مونوتروپنوئیدها بوده و بیشترین ترکیب‌های حاصل

می‌باشد. Ghaderi و همکاران (۲۰۱۸) سمیت تدخینی (LC<sub>50</sub>) پوست پرتقال، نارنگی و لیموترش را روی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات به ترتیب ۱۹۹/۶۸، ۱۲۱/۸۵ و ۲۴۰/۳ میکرولیتر بر لیتر هوا گزارش کردند که با نتایج حاصل از این تحقیق اختلاف زیادی دارد و احتمالاً به دلیل تفاوت در نحوه استخراج اسانس یا وارسته مرکبات، میزبان و شرایط آزمایشی است. در مطالعات Saeidi و همکاران (۲۰۱۴) مشخص شد که اسانس نارنج با غلظت ۷۴ میکرولیتر بر لیتر هوا پس از ۶ ساعت ۱۰۰٪ مرگ‌ومیر در همه مراحل زندگی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات ایجاد می‌کند، در حالی که اسانس نارنگی و لیموترش در همان زمان و همان غلظت به ترتیب ۳۸٪ و ۶۲٪ کشندگی ایجاد کردند.

غلظت متوسط کشنده (LC<sub>50</sub>) حاصل از پوست پرتقال، لیموترش و نارنج روی شیشه آرد براساس تجزیه پروبیت در ۲۴ ساعت به ترتیب برابر با (۲/۷۶، ۵/۳۳ و ۱/۳۵) و در ۴۸ ساعت (۲/۴۹، ۲/۲۴ و ۰/۸۹) میکرولیتر بر لیتر هوا بدست آمد. براساس نتایج بدست آمده مشخص شد که شیشه آرد نسبت به اسانس نارنج حساس است. Mohammadi Sharif و Kabiri Raisabbad (۲۰۱۵) سمیت تفسی لیموترش را روی شیشه آرد و شیشه برنج بررسی کردند و مقادیر LC<sub>50</sub> برابر با ۲۵۷/۱۲ و ۲۴۸/۹۹ میکرولیتر بر لیتر هوا را گزارش کردند. همچنین Karamaouna و همکاران (۲۰۱۳) مقدار LC<sub>50</sub> لیمو را علیه حشرات کامل *Planococcus ficus* (Signoret) برابر با ۲/۷ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش کردند. در بررسی Tripathi و همکاران (۲۰۰۳) خاصیت حشره‌کشی اسانس پوست پرتقال روی شیشه برنج (*S. oryzae*)، سوسک کشیش (*R. dominica*) و شیشه آرد (*T. castaneum*) مطالعه شد و ترکیب لیمون را به عنوان ترکیب مؤثر روی آفات مذکور اعلام کردند. LC<sub>50</sub> گزارش شده توسط این پژوهشگران به ترتیب ۵/۹۵، ۳/۶۱ و ۵/۲۴ میلی‌گرم بر لیتر هوا بود.

در بررسی Oboh و همکاران (۲۰۱۷) خاصیت حشره‌کشی اسانس پوست لیموترش حساس تر

براساس نتایج بدست آمده در اسانس‌های پوست لیموترش، پرتقال و نارنج به ترتیب شامل لیمون (۶۱، ۹۴/۸ و ۹۳/۷٪)، بتا-پینن (۱۴/۷، ۰/۱ و ۰/۹٪)، گاما-ترینین (۱۱/۳، صفر و ۰/۲٪) می‌باشد که با نتایج حاصل از تحقیقات Zarrad و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. طی مطالعات انجام شده توسط Hosni و همکاران (۲۰۱۰)، بیشترین ترکیب‌های موجود در پوست نارنج عمدتاً مربوط به ترکیب‌های مونوترپنوئید و بیشترین آنها لیمون بود. در بررسی انجام شده توسط Boussaada و Chemli (۲۰۰۷) روی ترکیب‌های اسانس نارنج، بیشترین ترکیب موجود را لیمون معرفی کردند. براساس یافته‌های Stamopoulos و همکاران (۲۰۰۷) لیمون، ترین، سینلول و لینالول به دلیل سمیت بالا به عنوان حشره‌کشی قابل توجه در کنترل تخم‌ها، لاروها و حشرات کامل *T. confusum* هستند.

در این تحقیق اثر کشندگی اسانس پوست مرکبات شامل پرتقال، لیموترش و نارنج روی سه سخت‌بالپوش سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات، شیشه آرد و سرخرطومی گندم بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان داد که غلظت متوسط کشنده (LC<sub>50</sub>) حاصل از پوست پرتقال، لیموترش و نارنج روی سرخرطومی گندم براساس تجزیه پروبیت در ۲۴ ساعت به ترتیب برابر با (۲/۶۵، ۳/۸ و ۳/۱۱) و در ۴۸ ساعت (۱/۹۳، ۲/۴۸ و ۲/۸۸) میکرولیتر بر لیتر هوا بدست آمد که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر سرخرطومی گندم نسبت به اسانس پوست لیموترش می‌باشد. اثر کشندگی *C. aurantium* (L.) و *Citrus sinensis* (L.) برنج و سوسک کشیش توسط Rani و Rajasekharreddy (۲۰۱۰) بررسی شد. آنان پس از ۷۲ ساعت به ترتیب ۸۹٪ و ۷۶٪ مرگ‌ومیر مشاهده کردند. غلظت متوسط کشنده (LC<sub>50</sub>) حاصل از پوست پرتقال، لیموترش و نارنج روی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات براساس تجزیه پروبیت در ۲۴ ساعت به ترتیب برابر با (۲/۴۱، ۲/۲۳ و ۲/۶۶) و در ۴۸ ساعت (۱/۳۸، ۰/۱۳ و ۲/۳۵) میکرولیتر بر لیتر هوا بود. نتایج حاصل بیان می‌کند که سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نسبت به اسانس پوست لیموترش حساس تر

## سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت مالی و امکانات گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

- Adams, R.P., 2001. Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured Publishing Co, Carol Stream, IL, USA, 456p.
- Boussaada, O. and Chemli, R., 2007. Seasonal variation of essential oil composition of *Citrus aurantium* L. var. *amara*. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 10(2): 109-120.
- Caccioni, D.R.L., Guizzardi, M., Biond, D.M., Renda, A. and Ruberto, G., 1998. Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. International Journal of Food Microbiology, 43: 73-79.
- Ezeonu, F.C., Chidume, G.I. and Udedi, S.C., 2001. Insecticidal properties of volatile extracts of orange peels. Bioresource Technology, 76: 273-274.
- Ghaderi, T., Arash Rad, F. and Hosseinzadeh, A., 2018. Comparison of respiratory toxicity and repellency effect of citrus essential oil against *Callosobruchus maculatus*. Second International and 25<sup>th</sup> Iranian Congress on Food Science and Technology, Sari, 24-25 April: 272.
- Hosni, K., Zahed, N., Chrif, R., Abid, I., Medfei, W., Kallel, M., Ben Brahim, N. and Sebei, H., 2010. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian *Citrus* species: evidence for the genotypic influence. Food Chemistry, 123: 1098-1104.
- Ibrahim Yunis, M., 2014. Effect of orange peel (*Citrus sinensis*) (L.) extracts and powder on confused flour beetle *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Iraqi Journal of Science, 55(3B): 1164-169.
- Jbilou, R., Ennabili, A. and Sayah, F., 2006. Insecticidal activity of four medicinal plant extracts against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). African Journal of Biotechnology, 5(10): 936-940.
- Karamaouna, F., Kimbaris, A., Michaelakis, A., Papachristos, D., Polissiou, M., Papatsakona, P. and Tsora, E., 2013. Insecticidal activity of plant essential oils against the vine mealybug, *Planococcus ficus*. Journal of Insect Science, 13: 142.
- Koul, O., Walia, S. and Dhaliwal, G.S., 2008. Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. Biopesticides International, 4: 63-84.
- Kumar, P., Mishra, S., Malik, A. and Satya, S., 2012. Insecticidal evaluation of essential oils of *Citrus sinensis* L. (Myrtales: Myrtaceae) against housefly,

خاصیت بازدارندگی روی آنزیم استیل کولین استراز بیان شد و آنان نشان دادند که این ترکیب‌ها در کنترل تلفیقی آفات انباری می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند. در بررسی انجام شده توسط Siskos و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۰۸) روی تأثیر اسانس پوست نارنج در کنترل مگس میوه زیتون (*Bactrocera oleae* R.)، این ترکیب را به‌عنوان ترکیبی مؤثر و دارای اثر کشندگی معرفی کردند. آنان نشان دادند که اسانس نارنج حاوی متابولیت‌های ثانویه دارای خاصیت حشره‌کشی روی این آفت می‌باشد. طی مطالعات انجام شده توسط Ezeonu و همکاران (۲۰۰۱) روی خاصیت حشره‌کشی لیمون روی آفات انباری و پشه‌ها، این ترکیب را به‌عنوان عامل حشره‌کشی اسانس‌های مرکبات معرفی کردند که نتایج این تحقیق تأییدکننده نتایج آنهاست. در مطالعات انجام شده توسط Koul و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر اسانس‌های موجود در پوست مرکبات روی آفات انباری مانند شپشه برنج (*S. oryzae*)، سوسک کشیش (*R. dominica*) و شپشه آرد (*T. castaneum*) ارزیابی شد و این ترکیب‌ها را به‌عنوان ترکیب‌هایی مؤثر در کنترل آفات انباری معرفی کردند که نتایج این تحقیق مطابق نتایج آنها می‌باشد.

نتایج این بررسی نشان داد که ماده لیمون بیشترین ماده مؤثره اسانس پوست هر سه گیاه می‌باشد و همچنین نتایج ارزیابی کشندگی تک‌تک اسانس‌ها نشان داد در مجموع اسانس پوست لیموترش بیشترین کشندگی را روی سه آفت سرخرطومی گندم، سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات و شپشه آرد دارد. در بررسی اثر ترکیبی، نتایج نشان داد که  $LC_{25}$  لیموترش +  $LC_{25}$  پرتقال روی هر سه آفت مؤثر می‌باشد و تأثیر آن از  $LC_{50}$  تک‌تک اسانس‌ها بیشتر است. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و با توجه به اثر سوء سموم شیمیایی اسانس پوست مرکبات و به‌ویژه لیموترش که به‌عنوان یک ماده دورریز می‌باشد می‌تواند در تولید ترکیب‌های آفت‌کش زیستی مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرد.

- Saeidi, M., Moharrampour, S., Sefidkon, F. and Aghajanzadeh, S., 2011. Insecticidal and repellent activities of *Citrus reticulata*, *Citrus limon* and *Citrus aurantium* essential oils on *Callosobruchus maculatus*. *Integrated Protection of Stored Products*, 69: 289-293.
- Saeidi, M., Moharrampour, S. and Sefidkon, F., 2014. Chemical composition and fumigant toxicity of three citrus essential oils against eggs, larvae and adults of *Callosobruchus maculatus* (Col: Bruchidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 34(3): 17-25.
- Safavi, A. and Mobki, M., 2012. Fumigant toxicity of essential oils from *Citrus reticulata* Blanco fruit peels against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Crop Protection*, 1(2): 115-120.
- Siskos, E.P., Konstantopoulou, M.A., Mazomenos, B.E. and Jervis, M., 2007. Insecticidal activity of *Citrus aurantium* fruit, leaf and shoot extracts against adults of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 100: 1215-1220.
- Siskos, E.P., Mazomenos, B.E. and Konstantopoulou, M.A., 2008. Isolation and identification of insecticidal components from *Citrus aurantium* fruit peel extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14): 5577-5581.
- Stamopoulos, D.C., Damos, P. and Karagianidou, G., 2007. Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 43: 571-577.
- Sun, Y. P. 1950. Toxicity indexes an improved method of comparing the relative toxicity of insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 43(1): 45-53.
- Tapandjou, L.A., Adlen, C., Bouda, H. and Fontem, D.A., 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six stored-product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38: 395-402.
- Tapandjou, L.A., Adlen, C., Bouda, H. and Fontem, D.A., 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six stored-product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38: 395-402.
- Tripathi, A.K., Prajaoati, V., Khanuja, S.P. and Kumar, S., 2003. Effect of d-Limonene on three stored product beetles. *Journal of Economic Entomology*, 96: 990-995.
- Zarrad, K., Chaieb, I., Ben Hamouda, A., Bouslama, T. and Laarif, A., 2017. Chemical composition and insecticidal effects of *Citrus aurantium* essential oil and its powdery formulation against *Tuta absoluta*. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 12: 83-94.
- *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Parasitology Research*, 110: 1929-1936.
- Lee, B.H., Choi, W.S., Lee, S.E. and Park, B.S., 2001. Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Crop Protection*, 20: 317-320.
- Manoj, K.N., Gregory, J.D., Thomas, W.P. and Paul, R.E., 2020. Resistance to the fumigant phosphine and its management in insect pests of stored products: a global perspective toxicity and repellency of *Citrus limetta* (L.) peel essential oil on four coleopteran stored product pests. *Plant Pests Research*, 5(2): 61-72.
- Moraes, T.M., Kushima, H., Moleiro, F.C., Santos, R.C., Rocha, L.R.M., Marques, M.O., Vilegas, W. and Hiruma-Lima, C.A., 2009. Effect of limonene and essential Annual Review of Entomology, 65(1): 333-350.
- Mohammadi Sharif, M. and Kabiri Raisabbad, M., 2015. Fumigant oil from *Citrus aurantium* gastric mucosa: role of prostaglandins and gastric mucus secretion. *Chemico-Biological Interactions*, 180: 499-505.
- Moravvej, G. and Abbar, S., 2008. Fumigant toxicity of citrus oils against cowpea seed beetle *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(1): 48-54.
- Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J. and Stashenko, E., 2010. Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, 101: 372-378.
- Oboh, G., Ayokunle O.A., Tolulope A.O., Tosin A.O., Adedayo O.A. and Adenike C.A., 2017. Insecticidal activity of essential oil from orange peels (*Citrus sinensis*) against *Tribolium confusum*, *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus oryzae* and its inhibitory effects on acetylcholinesterase and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase activities. *Phytoparasitica*, 45: 501-508.
- Rajasekharreddy, P. and Rani, P.U., 2010. Toxic properties of certain botanical extracts against three major stored product pests. *Journal of Biopesticides*, 3(3): 586-589.
- Rajendran, S. and Sriranjini, V., 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*, 44: 126-135.
- Rasooli, I., Rezaei, M.B. and Allameh, A., 2006. Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-prolock*. *Food Control*, 17: 359-364.
- Rees, D., 2004. *Insects of Stored Products*. CSIRO publishing, Australia, 181p.
- R-ossi, Y.E. and Palacios, S.M., 2013. Fumigant toxicity of *Citrus sinensis* essential oil on *Musca domestica* L. adults in the absence and presence of a P450 inhibitor. *Acta Tropica*, 127: 33-37.

## Fumigant toxicity of essential oils of *Citrus limon* L., *Citrus sinensis* L. and *Citrus aurantium* L. peels on three important stored products pests

E. Ostovar<sup>1</sup>, S. Khodayari<sup>2\*</sup> and Sh. Aramideh<sup>3</sup>

1- M.Sc. student of Entomology, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

2\*- Corresponding author, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

E-mail: khodayari@maragheh.ac.ir

3- Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received: March 2021

Revised: October 2021

Accepted: October 2021

### Abstract

Annually a significant portion of agricultural products is destroyed by the stored products pests. The chemical pesticides are commonly used to control pests. The residual hazards of pesticides on the storage products as well as increase in the pest resistance necessitate the selection of safe and effective control methods. The plant compounds can be the subject of researches on the storage pests control with the low-risk methods. Therefore, this experiment was conducted to study the effects of peel essential oil from three *Citrus* spp. including *Citrus limon* L., *C. sinensis* L., and *C. aurantium* L. on the adults of *Callosobruchus maculatus* F., *Sitophilus granarius* L., and *Tribolium confusum* Duv. The probit analysis was performed after 24 and 48 hours to evaluate the effects of essential oils on the pests. After determining the  $LC_{50}$  and  $LC_{25}$ , the combinations of *C. limon*  $LC_{25}$  + *C. aurantium*  $LC_{25}$ , *C. limon*  $LC_{25}$  + *C. sinensis*  $LC_{25}$ , and *C. sinensis*  $LC_{25}$  + *C. aurantium*  $LC_{25}$  were tested to evaluate the combined effects of essential oils. The treatments had three replications and each replicate was performed on ten two-days-old adult insects in a completely randomized design. Also, the essential oils were analyzed by GC/MS to evaluate their major constituents. The  $LC_{50}$  value ( $\mu\text{l.l}^{-1}$ ) of essential oils of *C. limon*, *C. sinensis*, and *C. aurantium* was 3.8, 2.65, and 3.11 after 24 hours and 2.48, 1.93, and 2.88 after 48 hours on the *S. granaries* adults, 0.23, 2.41, and 2.66 after 24 hours and 0.13, 1.38, and 2.35 after 48 hours on *C. maculatus*, and 5.33, 2.76, and 1.35 after 24 hours and 24.2, 2.49, and 0.89 after 48 hours on *T. confusum*, respectively. The study on the combined effects of essential oils showed that the *C. limon*  $LC_{25}$  + *C. sinensis*  $LC_{25}$  treatment was more effective than the effect of each essential oil alone on all three pests. According to the results of this study, the use of *Citrus* peel essential oil, especially *C. limon*, could be recommended in the production of bio-pesticides.

**Keywords:** Stord product pests, lethality, citrus peel, essential oils.