گیاهپزشکی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۹ شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵

سمیت تدخینی اسانس پنج گونه گیاه دارویی روی سوسک شیره‌خوار خرما *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus) (Coleoptera: Nitidulidae) و شناسایی ترکیبات شیمیایی آنها

فریبا سهرابی[1]*، محمد امین کهن‌مو[2] و فاطمه جمالی[3]

۱ * - **نویسنده مسوول:** استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر، بوشهر، ایران (fsohrabi@pgu.ac.ir)
۲- استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر، بوشهر، ایران
۳- استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر، بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۱/۱۴

چکیده

سمیت تدخینی اسانس پنج گونه گیاه دارویی شامل مرزنجوش *Majorana hortensis* Moench، مورتلخ (مریم گلی کاروواندری) هرمزگان *Salvia mirzayanii* Rech.، آویشن باغی *Thymus vulgaris* L.، اکالیپتوس *Eucalyptus globulus* Labill. و بغیض (مشکک) *Ducrosia anethifolia* Boiss. روی لاروهای سن چهار و حشرات کامل سوسک شیره‌خوار خرما *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus) مورد بررسی قرار گرفت. مرگ و میر حشرات کامل در ۵ غلظت ۱، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ میکرولیتر/ حجم ۷۵ میلی‌لیتر (به ترتیب معادل ۱۳/۳۳، ٦٦/٦٦، ۱۳۳/۳۳، ۲٦٦/٦٦، ٦٦٦/٦٦ میکرولیتر بر لیتر هوا) از هر اسانس و مرگ و میر لاروها در سه غلظت ۱۰، ۲۰ و ۵۰ میکرولیتر/ حجم ۷۵ میلی‌لیتر (به ترتیب معادل ۱۳۳/۳۳، ۲٦٦/٦٦، ٦٦٦/٦٦ میکرولیتر بر لیتر هوا) در فواصل زمانی ۲٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت در ۳ تکرار همراه با شاهد مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آنالیز فاکتوریل نشان داد که تاثیر اسانس، غلظت و زمان روی درصد مرگ و میر آفت معنی‌دار بود. همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و اسانس روی مرگ و میر آفت نشان داد که مورتلخ در غلظت‌های ۱۳۳/۳۳، ۲٦٦/٦٦، ٦٦٦/٦٦ به ترتیب با ۹۳/۳، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد، آویشن باغی در غلظت‌های ۲٦٦/٦٦، ٦٦٦/٦٦ به ترتیب با ۹۱/۱ و ۹۸/۸ درصد و اکالیپتوس و مرزنجوش در غلظت ٦٦٦/٦٦ میکرولیتر بر لیتر هوا به ترتیب با ۱۰۰ و ۸٦/۸ درصد، بیشترین تلفات را روی حشرات کامل آفت ایجاد کردند. همچنین آویشن در غلظت‌های ۲٦٦/٦٦، ٦٦٦/٦٦ به ترتیب با ۷۸/۸ و ٦۷/۷ درصد و اکالیپتوس، مرزنجوش و مورتلخ در غلظت ٦٦٦/٦٦ میکرولیتر بر لیتر هوا به ترتیب با ۹۰، ٦۸/۸ و ۹۲/۲ درصد، بیشترین تلفات را روی لارو آفت ایجاد کردند. تجزیه ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها نشان داد که در اسانس اکالیپتوس، ۱،۸-سینئول و آلفا-پینن، در اسانس مرزنجوش لینالول و بتا-پینن، در اسانس مورتلخ، لینالول و کامفور، در اسانس آویشن باغی، کارواکرول و پی-سیمین و در اسانس بغیض، سیس- کریسان تنیل استات و بتا- یودسمول ترکیبات اصلی اسانس‌ها بودند. بنابراین با توجه به کارایی بالای اسانس‌های مورد مطالعه علیه *C. hemipterus*، ممکن است بتوان از این فرآورده‌های گیاهی به عنوان جایگزینی برای حشره‌کش‌های شیمیایی در برنامه‌های مبارزه با این آفت استفاده کرد.

کلید واژه‌ها: آفت انباری، سمیت تدخینی، اسانس‌های گیاهی، زیست‌سنجی

مقدمه

استان بوشهر یکی از مناطق خرماخیز کشور است که نزدیک به ۲۰ درصد خرمای کشور در آن تولید می‌شود (Ranjbarian et al., 2002). از طرفی این استان با داشتن بیش از ۵/۵ میلیون اصله نخل، از نظر تعداد نخل حایز رتبه سوم در سطح کشور است (Noroozi and Zolfi

Bavaryani, 2011). یکی از عوامل محدود کننده صادرات خرمای ایران، آفات پس از برداشت می باشند و *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus) (Coleoptera: Nitidulidae) یکی از مهم‌ترین آفات انباری خرما در استان بوشهر می باشد. این آفت، گونه‌ای با انتشار جهانی است که به تعداد زیادی از محصولات کشاورزی در هر دو مرحله قبل و پس از برداشت خسارت وارد می‌کند (Bartelt et al., 1990; Steiner et al., 1999). تاثیر این آفت روی ارزش اقتصادی محصول عمدتاً به دلیل حضور سوسک‌ها در محصول (مثلاً خشکبار) هنگام فروش است (Bartelt et al., 1992). همچنین *C. hemipterus* قادر است میکروارگانیسم‌های عامل ترشیدگی انجیر و نیز قارچ‌های تولید کننده میکوتوکسین که ذرت را آلوده می‌کنند، انتقال دهد (Bartelt et al., 1990).

در حال حاضر کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی و سموم تدخینی روش اصلی و متداول کنترل آفات انباری می‌باشد. با این حال، کاربرد بی‌رویه این ترکیبات شیمیایی، مشکلات عمده‌ای مانند بروز مقاومت در حشرات نسبت به سموم رایج، تاثیر منفی بر محیط زیست و نیز باقیمانده سمی روی محصولات انباری را بدنبال خواهد داشت (Isman, 2006; Rozman et al., 2007) به نحوی که در تعداد زیادی از کشورها از سال ۲۰۰۴ کاربرد متیل بروماید به عنوان یکی از سموم متداول، به علت اثرات مخرب بر لایه ازن منع شده است (Fields and White, 2002). بنابراین، استفاده از آفت‌کش‌های ایمن با منشا زیستی و با سمیت کم برای انسان‌ها و موجودات غیر هدف، بعنوان یکی از روش‌های اصلی برای حفاظت محصولات و محیط زیست از آلودگی آفت‌کش‌ها، در حال گسترش است (Prakash and Rao, 1996; Raja et al., 2001). در این راستا، طی سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای روی ترکیبات گیاهی متعدد جهت دستیابی به جایگزین‌های کم خطر و موثرتر از حشره‌کش‌های شیمیایی برای کنترل آفات انباری صورت گرفته است. تعداد زیادی از گیاهان دارویی و علفی و عصاره‌های آنها، خاصیت حشره‌کشی دارند و عمدتاً به شکل اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی علیه چندین آفت مهم انباری ارزیابی شده‌اند (Shakarami et al., 2005; Chaubey, 2007; Negahban and Moharramipour, 2008; Ayvaz et al., 2009). بیشتر اجزای سازنده اسانس‌های گیاهی، مونوترپنوئیدها هستند که ترکیبات ثانویه گیاهی می‌باشند و اهمیت متابولیسمی کمی دارند (Ayvaz et al., 2010). علی‌رغم اینکه تعداد زیادی از گیاهان خصوصیات حشره‌کشی دارند، فقط تعداد محدودی از فرآورده‌های گیاهی جهت استفاده در برنامه‌های مدیریت آفات در دسترس‌اند، زیرا موانعی جهت تجاری‌سازی این ترکیبات وجود دارد (Isman, 1997) و حشره‌کش‌های زیستی در حال حاضر فقط یک درصد از بازار حشره‌کش‌های جهان را تشکیل می‌دهند (Rozman et al., 2007). اسانس‌های حاصله از گونه‌های مختلف گیاهی خصوصیات تخم‌کشی، لاروکشی و دورکنندگی علیه گونه‌های مختلف حشرات دارند و به عنوان ترکیبات سازگار با محیط زیست شناخته می‌شوند (Cetin et al., 2004).

در مطالعه حاضر سمیت تدخینی اسانس‌های مرزنجوش *Majorana hortensis* Moench، مورتلخ (مریم گلی کاروانداری) هرمزگان *Salvia mirzayanii* Rech.، آویشن باغی *Thymus vulgaris* L.، اکالیپتوس *Eucalyptus globulus* Labill. و بغیض (مشگک) *Ducrosia anethifolia* Boiss. علیه لاروهای سن چهار و حشرات کامل سوسک شیره خوار خرما *C. hemipterus* بررسی و همچنین ترکیبات شیمیایی این اسانس‌ها تعیین شد. تاکنون هیچ گونه مطالعه‌ای در ایران در زمینه کنترل این آفت به عنوان یکی از آفات مهم اقتصادی خرما در انبار، با استفاده از ترکیبات گیاهی صورت نگرفته است.

مواد و روش‌ها

پرورش حشره

سوسک شیره خوار خرما *C. hemipterus* مورد آزمایش در این تحقیق از خرماهای آلوده در انبارهای خرما

واقع در شهرستان دشتستان (برازجان) جمع‌آوری و در انکوباتور در دمای ۱ ± ۲۵ سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و در شرایط تاریکی روی خرما رقم کبکاب درون ظروف پلاستیکی درب دار با ابعاد ۱۰×۲۰×۵۰ سانتی متر پرورش داده شد.

استخراج اسانس از گیاهان

اندام‌های جمع‌آوری شده از گیاهان، شامل برگ و سرشاخه‌های اکالیپتوس، مورتلخ، آویشن باغی، مرزنجوش و میوه بغیض، ابتدا با آب معمولی و سپس آب مقطر شستشو شدند و آنگاه در شرایط سایه در دمای اتاق به مدت ۱۰ روز خشک گردیدند. برای رسیدن به وزن خشک ثابت، نمونه-های گیاهی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در خشک‌کن الکتریکی قرار داده شدند. اندام‌های گیاهی خشک شده با استفاده از آسیاب مدل WCG75E، آسیاب و ۵۰ گرم از نمونه خرد شده برای استخراج اسانس استفاده شد. اسانس‌گیری با استفاده از دستگاه کلونجر با بالن یک لیتری به روش تقطیر با آب انجام شد. اسانس‌های جمع‌آوری شده با استفاده از سولفات سدیم رطوبت زدایی شده و تا زمان استفاده درون یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

سمیت تدخینی

برای تعیین سمیت تدخینی اسانس‌های مورد آزمایش، از روش توصیف شده توسط Keita et al. (2001) استفاده شد. کاغذهای صافی به قطر ۲ سانتی‌متر به کمک سمپلر با غلظت‌های مختلف اسانس آغشته شده و داخل درپوش ظروف پلاستیکی با حجم ۷۵ میلی‌لیتر (به قطر ۴ و ارتفاع ۵ سانتی متر) قرار داده شدند. در هر ظرف ۱۰ عدد حشره کامل ۱-۲ روزه (مخلوط نر و ماده) و یا لارو سن چهار قرار داده شد و سپس درب ظروف بسته شدند و توسط پارافیلم نیز غیرقابل نفوذ گردیدند، به طوری که بخار اسانس به بیرون نفوذ نکند. در مورد ظروف شاهد از اسانس در درپوش ظروف استفاده نگردید. برای تغذیه حشرات در طول دوره آزمایش از قطعات خرمای رقم کبکاب به مقدار ۲ گرم در هر ظرف استفاده گردید. سپس ظروف آزمایش در انکوباتور با دمای ۱ ± ۲۵ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و شرایط تاریکی قرار داده شد. شمارش تعداد حشرات مرده در فواصل زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از اسانس‌دهی صورت گرفت و عامل زمان به عنوان یک متغیر مستقل در آزمایش به کار گرفته شد. در این تحقیق، مرگ و میر حشرات کامل در ۵ غلظت ۱، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ میکرولیتر/ حجم ۷۵ میلی‌لیتر اسانس (معادل ۱۳/۳۳، ۶۶/۶۶، ۱۳۳/۳۳، ۲۶۶/۶۶، ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا) و لارو سن چهار در غلظت‌های متفاوت ۱۰، ۲۰ و ۵۰ میکرولیتر/ حجم ۷۵ میلی-لیتر اسانس (معادل ۱۳۳/۳۳، ۲۶۶/۶۶، ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا) مطالعه شد. تیمار شاهد بدون اسانس بود. به علت نرمال بودن پراکنش داده‌ها، هیچ گونه تبدیلی روی آنها صورت نگرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور اسانس، غلظت و زمان در معرض قراردهی در ۳ تکرار همراه با شاهد انجام شد. داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD (در سطح احتمال ۵ درصد) مقایسه و گروه بندی شدند.

آنالیز اسانس‌های گیاهی

برای آنالیز اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Thermo-UFM مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون موئینه نوع PH-50 به طول ۱۰ متر و قطر داخلی ستون ۰/۱ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۴ میلی‌متر استفاده گردید. دمای آشکارساز و محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد و برنامه دمایی دستگاه بین ۶۰ تا حداکثر ۲۸۵ درجه سانتی‌گراد بود که هر دقیقه ۸۰ درجه سانتی‌گراد به دما اضافه شده و به مدت ۳ دقیقه در این دما باقی مانده و زمان کلی ماندگاری هر نمونه ۵/۸ دقیقه بود. همچنین از گاز هلیوم با سرعت جریان ۰/۵ میلی‌متر در دقیقه بعنوان گاز حامل استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج سمیت تدخینی اسانس‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس با طرح فاکتوریل مربوط به بررسی اثر سمیت تدخینی اسانس روی حشرات کامل

C. hemipterus نشان داد که تاثیر سه فاکتور اسانس ($F = 43.86$; df = 4, 182; $P < 0.0001$)، غلظت ($F = 180.66$; df = 4, 182; $P < 0.0001$) و زمان در معرض قراردهی ($F = 22.07$; df = 2, 182; $P < 0.0001$) هر کدام به تنهایی روی درصد مرگ و میر حشرات کامل آفت معنی‌دار بود و با افزایش غلظت و زمان درصد مرگ و میر افزایش یافت. بر اساس گروه‌بندی آزمون LSD برای فاکتور اسانس، از بین اسانس‌های مورد آزمایش، بغیض، مرزنجوش و مورتلخ بیشترین و آویشن باغی و اکالیپتوس کمترین تاثیر را بر حشرات کامل آفت داشتند. همچنین از بین اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی، تنها اثر متقابل دو فاکتور نوع اسانس و غلظت روی درصد مرگ و میر حشرات کامل آفت معنی‌دار بود ($P < 0.0001$).

میانگین درصد مرگ و میر حشرات کامل *C. hemipterus* در زمان‌های مختلف پس از تیمار در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، حشرات کامل آفت حساسیت بالایی به سه اسانس مرزنجوش، مورتلخ و بغیض در غلظت‌های ۱۳۳/۳۳، ۲۶۶/۶۶ و ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا نشان دادند به طوری که بیش از ۷۰ درصد مرگ و میر در این غلظت‌ها پس از ۷۲ ساعت در معرض قراردهی مشاهده شد. ولی در مورد دو غلظت دیگر، درصد مرگ و میر پایین‌تر از ۵۰ درصد بود. دو اسانس اکالیپتوس و آویشن باغی تاثیر کمتری علیه حشرات کامل آفت داشتند و فقط در غلظت ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا مرگ و میر قابل توجهی (۸۶/۶۶–۸۰ درصد) پس از ۷۲ ساعت در معرض قراردهی ایجاد کردند (جدول ۱). مرگ و میر در نمونه‌های شاهد پس از ۷۲ ساعت در همه تکرارها صفر بود.

جدول ۱- میانگین درصد تلفات ایجاد شده در حشرات کامل *C. hemipterus* در اثر غلظت‌های مختلف اسانس گیاهان مرزنجوش، مورتلخ، آویشن باغی، اکالیپتوس و بغیض در زمان‌های مختلف در معرض قراردهی

Table 1. Mean percentage mortlity of *C. hemipterus* adults caused by different concentrations of *M. hortensis*, *S. mirzayanii*, *T. vulgaris*, *E. globulus*, and *D.anethifolia* essential oils at different exopsure times.

Time (h)	Concentration (µL /L air)	Percentage mortality (± SE)				
		M. hortensis	*S. mirzayanii*	*T. vulgaris*	*E. globulus*	*D. anethifolia*
24	13.33	0 ± 0 Ah	3.33 ± 3.33 Ad	0 ± 0 Af	0 ± 0 Ag	0 ± 0 Ac
	66.66	3.33 ± 3.33 Agh	23.33 ±18.55 Ad	6.66 ± 3.33 Aef	6.66 ± 6.66 Aefg	13.33± 8.82 Abc
	133.33	56.66 ± 3.33 Ae	33.33 ± 20.27	3.33 ± 3.33 Bf	3.33 ± 3.33 Bfg	33.33 ±14.52 ABbc
	266.66	70 ± 5.77 Ade	ABcd	13.33 ± 6.66 Bef	10 ± 5.77 Befg	90 ± 5.77 Aa
	666.66	100 ± 0 Aa	83.33 ± 8.82 Aa	53.33 ± 23.33 Bbc	53.33 ± 8.82 Bb	96.66 ± 3.33 Aa
			90 ± 10 ABa			
48	13.33	0 ± 0 Ah		10 ± 10 Aef	3.33 ± 3.33 Afg	0 ± 0 Ac
	66.66	16.66 ± 3.33 Afg	3.33 ± 3.33 Ad	13.33 ± 8.82 Aef	23.33 ± 6.66 Ade	40 ± 25.17 Ab
	133.33	76.66 ± 12.01 Acd	33.33 ± 20. 27 Acd	6.66 ± 3.33 Bef	13.33 ± 3.33 Befg	76.66 ± 14.52 Aa
	266.66	90 ±10 Aabc	66.66 ±18.56 Aabc	33.33 ± 3.33 Bcde	33.33 ± 3.33 Bcd	93.33 ± 3.33 Aa
	666.66	100 ± 0 Aa	90 ±10 Aa	76.66 ±14.52 Aab	80 ± 10 Aa	100 ± 0 Aa
			90 ±10 Aa			
72	13.33	3.33 ± 3.33Agh		16.66 ± 16.66	6.66 ± 3.33 Aefg	3.33± 3.33 Ac
	66.66	30 ± 5.77 Af	3.33 ± 3.33Ad	Adef	23.33 ± 6.66 Ade	40 ± 25.17 Ab
	133.33	83.33 ± 8.82 Abcd	40 ±15.27 Abcd	13.33 ± 8.82 Aef	20.33 ± 5.77 Bdef	83.33 ±16.66 Aa
	266.66	96.66 ± 3.33 Aab	76.66 ±14.52 Aab	6.66 ± 3.33 Bef	43.33 ± 8.81 Bbc	96.66 ± 3.33 Aa
	666.66	100 ± 0 Aa	90 ± 10 Aa	43.33 ± 8.82 Bcd	80 ± 10 Aa	100 ± 0 Aa
			90 ± 10 Aa	86.66 ± 6.66 Aa		

*Means within a column followed by the same lower case letter or in a row by the same upper case letter are not significantly different (LSD test, $P > 0.0.5$).

جدول ۲- میانگین درصد تلفات ایجاد شده در لاروهای سن چهار *C. hemipterus* در اثر غلظت‌های مختلف اسانس گیاهان مرزنجوش، مورتلخ، آویشن باغی، اکالیپتوس و بغیض در زمان‌های مختلف در معرض قراردهی

Table 2. Mean percentage mortlity of *C. hemipterus* fourth instar larvae caused by different concentrations of *M. hortensis*, *S. mirzayanii*, *T. vulgaris*, *E. globulus*, and *D.anethifolia* essential oils at different exposure times.

Time (h)	Concentration (µL /L air)	Percentage mortality (± SE)				
		M. hortensis	*S. mirzayanii*	*T. vulgaris*	*E. globulus*	*D. anethifolia*
24	133.33	3.33 ± 3.33 Ae	6.66 ± 3.33 Ac	3.33 ± 3.33 Ad	0 ± 0 Ac	3.33 ± 3.33 Ad
	266.66	6.66± 6.66 Ae	0 ± 0 Ac	40 ± 25.16 Ac	0 ± 0 Ac	6.66 ± 3.33 Ad
	666.66	10 ± 0 Be	76.66 ± 3.33 Aab	3.33 ± 3.33 Bd	70 ± 25.16 Aab	0 ± 0 Bd
48	133.33	40 ± 20 Ad	63.33 ± 23.33Ab	60 ± 20.82 Abc	36.66 ± 31.79 Abc	53.33 ±16.66 Ac
	266.66	73.33 ± 6.66 Abc	83.33 ±12.01 Aab	96.66 ± 3.33 Aa	50 ± 26.45 Aabc	90 ± 10 Aa
	666.66	96.66 ± 3.33 Aab	100 ± 0 Aa	100 ± 0 Aa	100 ± 0 Aa	80 ± 0 Bab
72	133.33		83.33 ± 8.82 Aab	80 ± 5.77 Aab	43.33 ± 28.48 Aabc	66.66 ± 3.33 Abc
	266.66		83.33 ± 12.01 Aab	100 ± 0 Aa	70 ± 25.16 Aab	90 ± 10 Aa
	666.66	66.66 ± 6.66 Ac	100 ± 0 Aa	100 ± 0 Aa	100 ± 0 Aa	80 ± 0 Bab
		80 ± 0 Aabc				
		100 ± 0 Aa				

*Means within a column followed by the same lower case letter or in a row by the same upper case letter are not significantly different (LSD test, $P > 0.0.5$).

در مورد مرحله لاروی، نتایج حاصل از تجزیه واریانس با طرح فاکتوریل نشان داد که تاثیر سه فاکتور اسانس ($F = 2.98$; df = 4, 106; $P = 0.0225$)، غلظت ($F = 27.36$; df = 2, 106; $P < 0.0001$) و زمان در معرض قراردهی ($F = 130.65$; df = 2, 106; $P < 0.0001$) هر کدام به تنهایی روی درصد مرگ و میر لاروهای آفت معنی‌دار بود و با افزایش غلظت و زمان درصد مرگ و میر افزایش یافت. بر اساس گروه‌بندی آزمون LSD برای فاکتور اسانس، از بین اسانس‌های مورد آزمایش، مورتلخ و آویشن باغی بیشترین تاثیر را بر لارو آفت داشتند. همچنین از بین اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی، تنها اثر متقابل دو فاکتور نوع اسانس و غلظت روی درصد مرگ و میر لاروهای آفت معنی‌دار بود ($P = 0.0004$). میانگین درصد مرگ و میر لاروهای *C. hemipterus* در زمان‌های مختلف پس از تیمار در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، همه اسانس‌های مورد آزمایش در غلظت‌های ۲۶۶/۶۶ و ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا مرگ و میر بالایی روی لاروهای سن چهار آفت پس از ۷۲ ساعت ایجاد کردند (۱۰۰- ۷۰ درصد). در مورد دو اسانس مورتلخ و آویشن باغی، در غلظت ۱۳۳/۳۳ میکرولیتر بر لیتر هوا نیز درصد مرگ و میر قابل توجه بود (۸۳/۳۳-۸۰ درصد) (جدول ۲). مرگ و میر در نمونه‌های شاهد پس از ۷۲ ساعت در همه تکرارها صفر بود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس با طرح فاکتوریل در این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت، درصد مرگ و میر افزایش یافت. بنابراین می‌توان دریافت که افزایش غلظت، صرف نظر از نوع اسانس موجب افزایش مرگ و میر لاروها و حشرات کامل شده است. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان تلفات حشرات و غلظت در مورد سایر اسانس‌های گیاهی و دیگر حشرات آفت محصولات انباری نیز گزارش شده است. به طور مثال بررسی تاثیر اسانس ها روی حشره کامل شپشه برنج *Sitophilus oryzae* L.، سوسک چینی *Callosobruchus chinensis* L. و شپشه قرمز آرد *Tribolium castaneum* (Herbst) نیز نشان داده است که با افزایش غلظت میزان تلفات افزایش یافته است (Park et al., 2003; Wang et al., 2006; Negahban and Moharramipour, 2007).

همچنین تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اسانس‌ها روی لارو و حشرات کامل آفت در زمان‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌دار داشته و با افزایش زمان درصد تلفات بالا رفته و بیشترین تلفات ۷۲ ساعت پس از شروع آزمایش مشاهده گردید که با نتایج دیگر محققین مبنی بر افزایش درصد تلفات با افزایش زمان در معرض قرار گرفتن اسانس مطابقت دارد (Keita et al., 2000; Park et al., 2003).

مطالعات بسیار کمی در مورد اثرات حشره‌کشی اسانس های گیاهی روی *C. hemipterus* انجام شده است. تنها در یک مطالعه در کشور تونس، سمیت اسانس ۳ گونه اکالیپتوس شامل *Eucalyptus cinerea* (Gum)، *Eucalyptus maidenii* (F. Muell.) و *Eucalyptus viminalis* Labill. روی بالغین *C. hemipterus* به عنوان آفتی با اهمیت اقتصادی بالا در این کشور مطالعه شده است. بر اساس نتایج این بررسی از بین این سه گونه اکالیپتوس، اسانس *E. maidenii* با مقدار LC_{50} برابر با ۹۲/۰۷ میکرولیتر بر لیتر هوا، دارای بیشترین سمیت روی حشرات کامل آفت بود (Jemaa, 2014). با این حال، سمیت تدخینی اسانس‌ها روی سایر آفات محصولات انباری به طور گسترده مطالعه شده است (Shakarami et al., 2005; Chaubey, 2007; Negahban and Moharramipour, 2007; Negahban and Moharramipour, 2008).

بر اساس نتایج این بررسی، اسانس مرزنجوش مرگ و میر بالایی روی حشرات کامل *C. hemipterus* ایجاد کرد ولی تاثیر زیادی روی مرحله لاروی آفت نداشت. به طور مشابه، Regnault-Roger et al. (1993)سمیت تدخینی بالای اسانس این گیاه را علیه حشرات کامل سوسک *Acanthoscelides obtectus* Say گزارش نمودند. نتایج تحقیقات Nasr Esfahani (2013) نیز نشان داد که اسانس مرزنجوش خاصیت حشره‌کشی کمی روی لاروهای شب پره پشت الماسی *Plutella xylustella* (L.) داشت.

نتایج این تحقیق نشان داد که اسانس مورتلخ سمیت تدخینی بالایی برای حشرات کامل و نیز لاروهای آفت داشت. بر اساس نتایج Nikooei and Moharramipour (2011) حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نیز حساسیت بالایی نسبت به این اسانس داشتند اگرچه اسانس این گیاه حتی در غلظت‌های بسیار بالا هیچ‌گونه سمیت تنفسی برای حشرات کامل شپشه آرد نداشت.

در این مطالعه، اسانس آویشن باغی اثر حشره‌کشی بالایی روی لاروهای *C. hemipterus* داشت ولی روی حشرات کامل آفت، مرگ و میر بالایی ایجاد نکرد. با این حال، سمیت تدخینی بالای این اسانس روی حشرات کامل شپشه آرد *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. و شپشه برنج *Sitophilus oryzae* (L.) (Taheri Sarhozaki and Safavi, 2014)، حشرات کامل و نیز لارو سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* (F.) (Mansouri Jajaei and Maroof, 2005; Dezfouli, et al., 2011; Taghizadeh Saroukolai and Moharramipour, 2011) توسط سایر محققین گزارش شده است. اثر حشره‌کشی بالای اسانس آویشن روی لارو شب پره هندی *Plodia interpunctella* Hübner نیز گزارش شده است (Rafiee Korehvardi et al., 2010).

همچنین بر اساس نتایج این تحقیق، اسانس اکالیپتوس در مقایسه با سایر اسانس‌های مورد مطالعه، سمیت تدخینی بالایی برای حشرات کامل و لارو *C. hemipterus* نداشت. با این حال، اثر حشره‌کشی مناسب اسانس این گونه گیاهی روی برخی از آفات انباری از جمله *Lasioderma serricorne* (F.)، *T. castaneum* (F.)، *Rhyzopertha dominica* (Ebadollahi, 2011)، شپشه آرد *T. confusum* (Bagheri et al., 2015) و سوسک *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Papachristos and Stamopoulos, 2004) گزارش شده است.

در مورد اسانس گیاه بغیض نتایج نشان داد که این اسانس سمیت بالایی برای حشرات کامل *C. hemipterus* داشت ولی در مورد لاروها مرگ و میر قابل توجهی ایجاد نکرد. خاصیت میکروب‌کشی اسانس این گیاه علیه باکتری‌های گرم مثبت،

مخمرها و قارچ‌ها نیز گزارش شده است (Janssen et al., 1984).

هزینه نسبتاً بالای تولید اسانس‌های گیاهی، یکی از مشکلات تجاری‌سازی کاربرد آنها در برنامه‌های مدیریت آفات است. بنابراین انتخاب غلظت مناسب از این ترکیبات که بتواند ضمن کنترل موثر آفت، از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد، حایز اهمیت زیادی است. در تحقیق حاضر، نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و اسانس روی مرگ و میر آفت نشان داد که بیشترین تلفات مرزنجوش روی حشرات کامل آفت در بالاترین غلظت بکار رفته، ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا، ایجاد شد ولی در مورد مرحله لاروی، هر دو غلظت ۲۶۶/۶۶ و ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا مرگ و میر بالایی روی لاروهای آفت ایجاد کردند. در مورد مورتلخ، نتایج نشان داد که هر سه غلظت ۱۳۳/۳۳، ۲۶۶/۶۶ و ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا قادر به کنترل موثر حشرات کامل آفت بوده ولی در مورد مرحله لاروی، بیشترین مرگ و میر در بالاترین غلظت، ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا، دیده شد که تفاوت معنی‌داری با درصد تلفات مشاهده شده در سایر غلظت‌ها داشت. در مورد آویشن، بیشترین مرگ و میر حشرات کامل و لاروها در غلظت‌های ۲۶۶/۶۶ و ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری از نظر درصد مرگ و میر بین این دو غلظت وجود نداشت و بنابراین می‌توان از غلظت پایین‌تر این اسانس (۲۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا) برای کنترل موثر آفت استفاده کرد. در تیمار اکالیپتوس، بالاترین مرگ و میر حشرات کامل و نیز لاروها در بالاترین غلظت بکار برده شده، ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا، دیده شد. بغیض نیز بیشترین تلفات حشرات کامل آفت را در غلظت ۶۶۶/۶۶ میکرولیتر بر لیتر هوا ایجاد کرد ولی در مورد مرحله لاروی، تفاوت معنی‌داری از نظر درصد تلفات بین غلظت‌های بکار برده شده دیده نشد و بنابراین در مورد مرحله لاروی آفت، می‌توان از غلظت‌های پایین‌تر این اسانس نیز استفاده نمود.

شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس‌های گیاهی

نتایج بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها توسط GC-MS در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج این تحقیق، ترکیب‌های اصلی در اسانس گیاه مرزنجوش لینالول (۸۶/۴۴٪)، تن-کادینول (۲/۸۵٪) و آلفا-پینن (۲/۴۶٪) بودند. بر اساس نتایج Rozman et al. (2007) ترکیب لینالول در کنترل سوسک کشیش *R. dominica* بسیار موثر بوده و منجر به ۱۰۰ درصد مرگ و میر آفت پس از ۲۴ ساعت در معرض قراردهی گردید. در تحقیقات Abbassy et al. (2009) ترپینن-۴- اول (۳۰٪)، گاما-ترپینن (۱۱/۳٪) و ترانس سابینن هیدرات (۱۰/۸٪) به عنوان ترکیبات اصلی اسانس *M. hortensis* معرفی شدند. همچنین، Saidi Nejad et al. (2013) گزارش نمودند که 4-ترپینن (۲۹/۹۴٪)، سیس سابینن هیدرات (۱۷/۸۶٪)، گاماترپینن (۱۱/۲۲٪) و آلفاترپینن (۶/۷۴٪) ترکیبات اصلی تشکیل دهنده اسانس مرزنجوش (syn. Majorana *Origanum majoranal hortensis*) بودند. Barazandeh (2002) ۲۴ ترکیب در اسانس مرزنجوش شناسایی نمود که از بین آنها ترکیبات لینالیل استات (۳۶/۱ درصد) و سابی نن (۱۲/۰ درصد) به ترتیب بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج این تحقیق، اصلی‌ترین ترکیبات در اسانس مورتلخ، لینالول (۴۷/۸۰٪)، کامفور (۳۷/۸۳٪) و ترپینن-۴- اول (۴/۰۹٪) بودند (جدول ۳). در مطالعه‌ای، Rozman et al. (2007) سمیت بالای ترکیب کامفور روی *R. dominica* را نشان دادند. بر اساس نتایج Javidnia et al. (2002) در اسانس مورتلخ، لینالول (۱۹٪)، لینالیل استات (۱۲/۹٪)، ۱،۸- سینئول (۱۲/۱٪) و ترپینیل استات (۱۱/۵٪) اصلی‌ترین اجزاء بوده‌اند. در مورد اسانس آویشن باغی، نتایج نشان داد که کارواکرول (۵۰/۵۱٪)، پی- سیمین (۱۷/۲۱٪) و ۸- ترپینن (۶/۹۳٪) ترکیبات اصلی بودند (جدول ۳). سمیت تدخینی کارواکرول برای شپشه برنج *S. oryzae* توسط دیگر محققین نیز نشان داده شده است (Shaaya et al., 1991; Weaver et al., 1994). Ozcan and Chalchat (2004) نشان دادند که تیمول (۴۶/۲٪)، گاما-ترپینن (۱۴/۱٪)، پاراسیمن (۹/۹٪)، لینالول (۴٪)، میرسین (۳/۵٪)، آلفا-پینن (۳٪) و آلفا-توژان (۲/۸٪)، از ترکیبات اصلی در اسانس آویشن باغی *T.*

vulgaris بودند. در اسانس اکالیپتوس، ۱،۸- سینئول (۷۸/۷۲٪)، آلفا-پینن (۱۱/۱۱٪) و پی-سیمن (۴/۹۱٪) از اجزاء اصلی بودند (جدول ۳). Rozman et al. (2007) نشان دادند که ۱،۸- سینئول، کامفور و لینالول به ترتیب ۹۲/۵٪، ۷۷/۵٪ و ۷۰/۰٪ مرگ و میر روی حشرات کامل شپشه آرد *T. castaneum* پس از ۷۲ ساعت در معرض قراردهی بوجود آوردند. مشابه با نتایج این تحقیق، ۱،۸-سینئول در مقادیر مختلف به عنوان ترکیب اصلی در اکالیپتوس گونه *E. globules* معرفی شده است (Esmort, 1997; Carmen et al., 2003; Iqbal et al., 2003). Prates et al. (1998) نشان دادند که ۱،۸-سینئول از طریق تاثیر روی سیستم تدخینی و گوارشی حشرات اثرات کشندگی ایجاد می‌کند. در اسانس بغیض، سیس- کریسان تنیل استات (۷۲/۲۸٪)، بتا- یودسمول (۸/۷۹٪) و ای- آنتول (۴/۳۳٪) اجزاء اصلی بودند (جدول ۳). مطالعات قبلی انجام شده در زمینه شناسایی ترکیبات شیمیایی *D. anethifolia* و سایر گونه‌های جنس *Ducrosia*، نشان داده‌اند که آلدهیدهای آلیفاتیک و هیدروکربن‌های مونوترپنی از ترکیبات اصلی این اسانس‌ها می‌باشند (Sefidkon and Javidtash, 2002; Rustaiyan et al., 2006; Shahabipour et al., 2013; Mostafavi et al., 2008, 2010). گزارش نمودند که ددکانول (۲۸/۸٪)، ان-دکانول (۲۱/۱٪)، (۲ای)-تریدیسن-۱-ال (۱۵/۸٪) و (۲ای)-ددکانول (۱۳/۴٪) ترکیبات اصلی در اسانس *D. anethifolia* بودند.

بنابراین بر اساس نتایج مذکور بنظر می‌رسد اثرات سمی مشاهده شده برای اسانس‌های مورد مطالعه روی *C. hemipterus*، ناشی از ترکیبات مونوترپنی و سایر متابولیت‌های ثانویه تشکیل دهنده آن‌ها باشد. تفاوت در نوع و مقدار ترکیب‌های موجود در اسانس گیاهان مورد مطالعه با نتایج سایر محققین، می‌تواند به علت تفاوت در شرایط توپوگرافی و اقلیمی مناطق رویش باشد (Omidbeigi, 2010). تاثیر شرایط اقلیمی بر بروز تنوع در ترکیب‌ها و مقدار آنها در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (Keskitalo et al., 2001).

جدول ۳- ترکیب‌های شیمیایی و مقادیر آنها در اسانس گیاهان مورد آزمایش

Table 3. Chemical compounds and their percentage in the essential oil of tested plants

Essential oil	Retention time (min)	Retention index	Compound	Percentage compound
	1.5	989.52	α-pinene	2.46
	1.62	1058.73	limonene	0.29
	1.63	1063.43	1,8-cineole	0.94
	1.74	1113.27	linalool	86.44
M. hortensis	2.32	1436.12	geranyl acetate	1.17
	2.39	1477.11	β-elimene	1.60
	2.41	1488.60	e-caryophyllene	0.61
	2.54	1561.04	8-cadinene	1.49
	2.72	1693.50	1,1-di-epi-cubinol	0.39
	2.75	1712.91	ten-cadinol	2.85
	1.42	956.99	α-pinene	0.43
	1.46	973.48	camphene	1.48
	1.49	985.55	3-octanone	1.12
	1.61	1054.01	limonene	1.53
S. mirzayanii	1.67	1081.93	8-terpinene	0.20
	1.7	1095.52	terpinolene	0.21

ادامه جدول ۳- ترکیب‌های شیمیایی و مقادیر آنها در اسانس گیاهان مورد آزمایش

	1.73	1108.87	linalool	47.80
	1.9	1180.41	camphor	37.83
	1.93	1216.43	terpinene-4-ol	4.09
	1.95	1227.25	α-terpineol	1.21
	2.4	1482.87	e-caryophyllene	0.40
	1.42	965.99	α-pinene	5.05
	1.5	989.52	β-pinene	1.46
	1.52	1010.10	myrcene	0.86
	1.58	1039.65	α-terpinene	0.72
	1.6	1049.25	p-cymene	17.21
	1.67	1081.93	8-terpinene	6.93
	1.7	1095.92	terpinolene	0.53
T. vulgaris	1.73	1108.87	linalool	2.13
	1.93	1216.43	terpinene-4-ol	0.67
	1.95	1227.25	α-terpineol	0.62
	2.02	1264.25	methyl ether carvacrol	0.90
	2.11	1309.99	thymol	4.50
	2.14	1324.80	carvacrol	50.51
	2.4	1482.87	e-caryophyllene	3.15
	2.43	1500	aromadendrene	0.79
	2.52	1550.144	α-selinene	0.36
	2.67	1660.67	spathulenol	0.46
	2.68	1667.29	caryophyllene oxide	0.50
	1.42	956.99	α-pinene	11.11
	1.5	989.52	β-pinene	0.24
	1.52	1010.10	myrcene	0.23
E. globulus	1.61	1054.01	p-cymene	4.91
	1.63	1063.43	1,8-cineole	78.72
	1.93	1216.43	terpinene-4-ol	0.79
	1.95	1227.25	α-terpineol	0.57
	2.44	1505.66	aromadendrene	1.11
	1.42	956.99	α-pinene	3.09
	1.5	989.52	β-pinene	0.63
	1.62	1058.73	limonene	0.51

ادامه جدول ۳- ترکیب‌های شیمیایی و مقادیر آنها در اسانس گیاهان مورد آزمایش

	1.76	1211.99	fenchone	0.29
	1.88	1172.33	camphor	0.88
D. anethifolia	1.94	1221.85	decanal	0.48
	2.07	1289.91	cis-chrysan thenyl acetate	72.28
	2.12	1314.95	e-anethol	4.33
	2.15	1329.69	trans pinocarvyl acetate	2.11
	2.17	1339.41	carvacrol	2.52
	2.24	1372.72	cis- pinocarvyl acetate	0.46
	2.38	1471.33	aromadendrene	1.19
	2.41	1488.60	α-humulene	0.37
	2.7	1680.44	β-eudesmol	8.79

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از بین اسانس-های گیاهی مورد مطالعه، اسانس مورتلخ، مرزنجوش و بغیض اثر حشره‌کشی بیشتری روی حشرات کامل و مورتلخ و آویشن روی لاروهای سوسک شیره خوار خرما *C. hemipterus* داشتند. به دلیل کم بودن مقدار اسانس در گیاهان معطر، هزینه تولید این ترکیبات جهت کاربرد در مقیاس تجاری بسیار زیاد می‌باشد. ترکیبات معینی در اسانس‌ها فعالیت قوی‌تری نشان می-دهند و واریته‌های گیاهی که پتانسیل تولید بیشتر این ترکیبات را دارند، بایستی جستجو شوند یا روش‌های تولید مصنوعی به منظور تولید مواد کافی برای استفاده در مقیاس وسیع بکار گرفته شوند. به هر حال اگر مشکل هزینه تولید جهت کاربرد در سطح تجاری برطرف شود، این اسانس‌ها می‌توانند جایگاهی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات پیدا کنند و به خصوص در جاهایی که بحث سلامت محیط زیست و غذا مطرح است، به عنوان جانشینی برای حشره‌کش‌ها و سموم تدخینی پرخطر بکار روند.

REFERENCE

Abbassy, M.A., Abdelgaleil, S.A., and Rabie, R.Y. 2009. Insecticidal and synergistic effects of *Majorana hortensis* essential oil and some of its major constituents. Entomologia Experimentalis et Applicata, 131 (3): 225- 232.

Ayvaz, A., Karaborklu, S., and Sagdic, O. 2009. Fumigant toxicity of five essential oils against the eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller and *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Asian Journal of Chemistry, 21: 596- 604.

Ayvaz, A., Sagdic, O., Karaborklu, S., and Ozturk, I. 2010. Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects. Journal of Insect Science, 10 (21): 1-13.

Bartelt, R.J., Dowd, P.F., Plattner, R.D., and Weisleder, D. 1990. Aggregation pheromone of driedfruit beetle, *Carpophilus hemipterus* wind-tunnel bioassay and identification of two novel tetraene hydrocarbons. Journal of Chemical Ecology, 16 (4): 1015- 1039.

Bartelt, R.J., Dowd, P.F., Vetter, R.S., Shorey, H.H., and Baker, T.C. 1992. Responses of *Carpophilus hemipterus* (Coleoptera: Nitidulidae) and other sap beetles to the pheromone of *C. hemipterus* and host-related coattractants in California field tests. Environmental Entomology, 21 (5): 1143- 1153.

Bagheri, F., Mohammadi Sharif, M., and Hadizadeh, A.R. 2015. Application of *Eucalyptus globulus* Labill essential oil against confused flour beetle *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30 (5): 793- 801. (In Farsi with English abstract).

Barazandeh, M.M. 2002. Identification of *Origanum majorana* L. essential oil composition. Research and Development, 14 (53): 38- 40. (In Farsi with English abstract).

Carmen, I., Viturro, A., Molina, C., and Cecilia, I. 2003. Volatile Components of *Eucalyptus globules* Labill ssp. *bicostata* from Jujuy, Argentina. Journal of Essential Oil Research, 15: 206- 208.

Cetin, H., Erler, F., and Yanikoglu, A. 2004. Larvicidal activity of a botanical natural product, AkseBio2, against *Culex pipiens*. Fitoterapia, 75: 724- 728.

Chaubey, M.K. 2007. Insecticidal activity of *Trachyspermum ammi* (Umbelliferae), *Anethum graveolens* (Umbelliferae) and *Nigella sativa* (Ranunculaceae) essential oils against stored-product beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). African Journal of Agricultural Research, 2: 596- 600.

Dezfouli, E., Moharramipour, S., and Goldasteh, SH. 2011. Ovicidal, larvicidal and oviposition deterrency effects of essential oil from *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col., Bruchidae). Journal of Entomological Research, 2 (2): 73– 84. (In Farsi with English abstract).

Ebadollahi, A. 2011. Iranian plant essential oils as source of natural insecticide agents. International Journal of Biological Chemistry, 5(5): 266- 290.

Esmort, H.C. 1997. Chemical composition of essential oils of three *Eucalyptus* species grown in Zambia, Journal of Essential Oil Research, 9: 653- 655.

Fields, P.G., and White, N.D. 2002. Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. Annual Review of Entomology, 47 (1): 331- 359.

Iqbal, Z., Hussain, I., Hussain, A. and Ashraf, M. 2003.Genetic variability to essential oil contents and composition in five species of *Eucalyptus*. Pakistan Journal of Botany, 35 (5): 843- 852.

Isman, M.B. 1997. Neem and other botanical insecticides barriers to commercialization. Phytoparasitica, 25: 339– 344.

Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51: 45– 66.

Janssen, A.M., Scheffer, J.J.C., Svendsen, A.B., and Aynehchi, Y. 1984. The essential oil of *Ducrosia anethifolia* (DC.) Boiss. Pharmaceutisch Weekblad, 6 (4): 157- 160.

Javidnia, K., Miri, R., Kamalinejad, M., and Nasiri, A. 2002. Composition of the essential oil of *Salvia mirzayanii*. Rech. f. & Esfand from Iran. Flavour and Fragrance Journal, 17: 465- 467.

Jemâa, J.M.B. 2014. Essential oil as a source of bioactive constituents for the control of insect pests of economic importance in Tunisia. Medicinal Aromatic Plants, 3: 1- 7.

Keita, S.M., Vincent, C., Schmit, J., Arnason, J.T., and Belanger, A. 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research, 37: 339- 349.

Keita, S.M., Vincent, C., Schmit, J.P, Ramaswamy, S., and Belanger A. 2000. Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research, 36 (4): 355- 364.

Keskitalo, M., Pehu, E., and Simon, J.E. 2001. Variation in volatile compounds from Tansy (*Tanacetum vulgare* L.) related to genetic and morphological differences of genotypes. Biochemical Systematics and Ecology Journal, 29: 267- 285.

Mansouri Jajaei, SH., and Maroof, A. 2005. Efficacy of Neem, Thyme Shirazi, Eucalyptus and garlic essential oils in the control of *Callosobruchus maculates* F. Proceedings of the 16th Iranian plant Protection Congress, Tabriz, Iran. P. 193.

Mostafavi, A., Afazali, D., and Mirtadzadini, S.M. 2008. Chemical composition of the essential oil of *Ducrosia anethifolia* (DC.) Boiss. from Kerman province in Iran. Journal of Essential Oil Research, 20: 509- 512.

Mostafavi, A., Shamspur, T., Afazali, D., and Mirtadzadini, S.M. 2010. Chemical composition of the essential oil of *Ducrosia assadii* Alava. from Kerman province in Iran. Journal of Essential Oil Research, 22: 300- 302.

Nasr Esfahani, M. 2013. The impact of four medicinal plant essential oils on the killing and physiological parameters of *Plutella xylustella*. M. Sc. Thesis, Guilan University, Guilan, Iran. (In Farsi with English abstract).

Negahban, M., and Moharramipour, S. 2007. Fumigant toxicity of *Eucalyptus intertexta, Eucalyptus sargentii* and *Eucalyptus camaldulensis* against stored product beetles. Journal of Applied Entomology, 131: 256- 261.

Negahban, M., and Moharramipour, S. 2008. Efficiency of *Artemisia sieberi* Besser and *Artemisia scoparia* Waldst et Kit essential oils on biological activity of *Callosobruchus maculatus* F. (Col.: Bruchidae). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23 (2): 146- 156. (In Farsi with English abstract).

Nikooei, M., and Moharramipour, S. 2011. Fumigant toxicity and repellency effects of essential oil of *Salvia mirzayanii* on *Callosobruchus maculatus* (Col.: Bruchidae) and *Tribolium confusum* (Col.: Tenebrionidae). Journal of Entomological Society of Iran, 30 (2): 17- 30. (In Farsi with English abstract).

Noroozi, M., and Zolfi Bavaryani, M. 2011. Determine the needed water to date on drip irrigation method in Bushehr Province. Journal of Water Research in Agriculture, 24 (1): 21- 30. (In Farsi with English abstract).

Omidbeigi, R. 2010. Production and processing of medicinal plants. Beh Nashr Publication, Mashhad. Vol. 1, pp. 145- 174. (in Farsi).

Özcan, M., and Chalchat, J.C. 2004. Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild Turkey. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 30 (3-4): 68- 73.

Papachristos, D.P., and Stamopoulos, D.C. 2004. Fumigant toxicity of three essential oils on the eggs of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research, 40 (5): 517- 525.

Park, I.K., Lee, S.G., Choi, D.H., Park, J.D., and Ahn, Y.J. 2003. Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtuse* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). Journal of Stored Products Research, 39: 375-384.

Prates, H.T., Santos, J.P., Waquil, J.M., Fabris, J.D., and Oliveira, A.B. 1998. The potential use of plant substances extracted from Brazilian flora to control stored grain pest. In Zuxun, J., Quan, L., Yongsheng, L., Xianchang, T., Lianghua, G. (Eds.), Proceedings of the Seventh International Conference on Stored-product Protection, 14–19 October 1998, Beijing, China, Vol. 1. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, P.R. China, pp. 820– 825.

Prakash, A., and Rao, J. 1996. Botanical pesticides in agriculture. CRC press, Inc., 2000 Corporate Bld, N.W., Boca Raton, FL, USA.

Rafiee Korehvardi, Z., Moharramipour, S., Farazmand, H., and Karimzadeh Esfahani, J. 2010. Repellency and fumigant toxicity of 18 essential oils against *Plodia interpunctella* Hubner (Lep., Pyralidae). Journal of Plant Protection, 24 (2): 165- 172. (In Farsi with English abstract).

Raja, N., Albert, S., Ignacimuthu, S., and Dorn, S. 2001. Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchdae) infestation. Journal of Stored Products Research, 37: 127– 132.

Ranjbarian, B., Sanayei, A., and Bahreinizadeh, M. 2002. Market understanding and opportunities and its importance in the export date in Bushehr. Agricultural Economics and Development, 9 (33): 185- 204. (In Farsi with English abstract).

Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., Holeman, M., Theron, E., and Pinel, R. 1993. Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Chemical Ecology, 19 (6): 1233- 1244.

Rozman, V., Kalinovic, I., and Korunic, Z. 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Limiaceae and Lauraceae to three stored- product insects. Journal of Stored Products Research, 43: 349- 355.

Rustaiyan, A., Mazloomifar, H., Masoudi, S., and Aghjani, Z. 2006. Volatile oils of *Ducrosia assadi* Alava. and *Prangos acaulis* (DC.) bornm. from Iran. Journal of Essential Oil Research, 18: 682- 684.

SAS Institute, 2003. The SAS system for windows, release 9.0. SAS, Institute, Cary, NC.

Saidi Nejad, F., Zakerin, A., and Behrooz Nam, B. 2013. Identification of *Origanum majoranal* and *Origanum vulgare* essential oil compositions. Proceeding of National Conference on natural products and medicinal plants, Bojnord, Iran, P. 342. (in Farsi).

Sefidkon, F., and Javidtash, I. 2002. Essential oil composition of *Ducrosia anethifolia* (DC.) Boiss. from Iran. Journal of Essential Oil Research, 14: 278- 279.

Shahabipour, S., Firuzi, O., Asadollahi, M., Faghihmirzaei, E., and Javidnia, K. 2013. Essential oil composition and cytotoxic activity of *Ducrosia anethifolia* and *Ducrosia flabellifolia* from Iran. Journal of Essential Oil Research, 25 (2): 160- 163.

Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U., and Pissarev, V. 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored product insects. Journal of Chemical Ecology, 17: 499– 504.

Shakarami, J., Kamali, K., Moharramipour, S., and Moshkvo Alsadat, M.H. 2005. Repellency and fumigant toxicity of *Salvia bracteata* essential oil against four stored-product pest species. Journal of Entomological Society of Iran, 24 (2): 35- 50. (In Farsi with English abstract).

Steiner, E., Learmonth S., and Woods, B. 1999. *Carpophilus* (driedfruit beetles): a pest of stone fruit. Agriculture Western Australia. Farmnote, 56, 99.

Taghizadeh Saroukolai, A., and Moharramipour, S. 2011. Oviposition deterrence and persistence of essential oils from *Thymus persicus* (Roniger ex Reach F.) compared to *Prangos acaulis* (Dc.) Bornm against *Callosobruchus maculatus* F. in laboratory. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27 (2): 202- 211. (In Farsi with English abstract).

Taheri Sarhozaki, M., and Safavi, S.A. 2014. Insecticide effect of *Thymus vulgaris* L. and *Zataria multiflora* Bioss essential oils on *Tribolium confusum* duval. and *Sitophilus oryzae* L. adults. 2nd National Conference on Climate Change and its Impact on Agriculture and Environment. Urmia, Iran, 5 p.

Wang, J., Zhu, F., Zhou, X.M, Niu, C.Y, and Lei, C.L. 2006. Repellent and fumigant activity of essential oil from *Artemisia vulgaris* to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Products Research, 42: 432- 439.

Weaver, D.K., Dunkel, F.V., Potter, R.C., and Ntezurubanza, L. 1994. Contact and fumigant efficacy of powdered and intact *Ocimum canum* Sims (Lamiales: Lamiaceae) against *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) adults (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research, 30: 243–252.

Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 39(3) Fall 2016

Fumigant toxicity of five medicinal plant essential oils against the date sap beetle, *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus) and identification of their chemical composition

F. Sohrabi[1]*, M. A. Kohanmoo[2] and F. Jamali[2]

1. ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Persian Gulf University, Bushehr. Iran (fsohrabi@pgu.ac.ir)
2. Assistant Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Persian Gulf University, Bushehr. Iran

Received: 4 September 2015 Accepted: 2 April 2016

Abstract

Fumigant toxicity of five medicinal plant essential oils including *Majorana hortensis* Moench, *Salvia mirzayanii* Rech. var. Hormoz., *Thymus vulgaris* L. var. Hormoz., *Eucalyptus globulus* Labill., and *Ducrosia anethifolia* Boiss., were investigated against fourth instar larvae and adults of *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus). Mortality was evaluated at five concentrations, 1, 5, 10, 20 and 50 µL/75 mL (13.33, 66.66, 133.33, 266.66 and 666.66 µL /L air, respectively) for adults and 3 concentrations, 10, 20 and 50 µL/75 mL (133.33, 266.66 and 666.66 µL /L air, respectively) for larvae at 24, 48 and 72 hour exposure time with 3 replications and control. Results of factorial analysis showed that the percentage of *C. hemipterus* mortality was significantly affected by essential oil, concentration and time of essential oil exposure in either larval or adult stage treatments. Analysis of concentration and essential oil interaction effects showed that *S. mirzayanii* at three concentrations, 133.33, 266.66 and 666.66 µL /L air, *T. vulgaris* at two concentrations, 266.66 and 666.66 µL /L air, *E. globulus* and *M. hortensis* at concentration 666.66 µL /L air caused high mortality to *C. hemipterus* adults. Furthermore, *T. vulgaris* at two concentrations, 266.66 and 666.66 µL /L air, *E. globulus*, M. *hortensis* and *S. mirzayanii* at concentration 666.66 µL /L air caused the most mortality at the larval stage. Essential oils chemical composition analysis showed 1,8-cineole and α-Pinene in the *E. globulus* essential oil, ß-Pinene and linalool in the *M. hortensis* essential oil, linalool and camphor in the *S. mirzayanii*, carvacrol and p-cymene in the *T. vulgaris* essential oil, and cis- Chrysanthenyl acetate and ß-eudesmol in the *D. anethifolia* essential oil, were the main compounds. Based on the good fumigant toxicity of the studied essential oils, they can be used as an alternative to chemical insecticides in control programs of *C. hemipterus*.

Keywords: Storage pest, Fumigant toxicity, Plant essential oils, Bioassay