

اثرات حشره کشی فرمولاسیون استیک اسانس پنج گونه گیاه دارویی علیه شپشه دندانه دار *Oryzaephilus surinamensis* و لمبه غلات، *Trogoderma granarium*

مریم عطاپور*^۱، علیرضا بلندنظر^۲ و محمدرضا معمارزاده^۲

۱- پژوهشکده کشاورزی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران، ۲- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی باریج، کاشان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۳)

چکیده

اسانس‌های برخی از گونه‌های گیاهی خواص حشره‌کشی خوبی علیه آفات انباری، که یکی از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زای پس از برداشت مواد غذایی به شمار می‌آیند از خود نشان داده‌اند. در این مطالعه اسانس گیاهان گلپر (*Heracleum persicum*)، آویشن (*Thymus vulgaris*)، اکالیپتوس (*Eucalyptus globules*)، نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) و ژرانیوم (*Pelargonium roseum*) به صورت استیک‌های ۲/۵ گرمی (۱۰ درصد) فرموله شد و میزان تلفات، دورکنندگی و دوام اثر کشندگی آن‌ها روی دو گونه از آفات مهم انباری شامل شپشه دندانه-دار، *Oryzaephilus surinamensis*، و لمبه غلات، *Trogoderma granarium*، در آزمایشگاه در دمای 1 ± 28 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 5 ± 70 درصد در شرایط تاریکی بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد که در میان گیاهان مختلف استیک ژرانیوم و گلپر کم‌ترین اثر کشندگی و نعناع فلفلی و آویشن بیشترین تاثیر کشندگی را به ویژه روی شپشه دندانه دار داشته‌اند. بالاترین اثر دورکنندگی در نعناع فلفلی و اکالیپتوس روی شپشه دندانه‌دار مشاهده شد (به ترتیب ۹۴ و ۹۱/۶ درصد)، در حالی که دورکنندگی ژرانیوم روی هر دو گونه آفت زیر ۲۰ درصد مشاهده شد. دوام کشندگی استیک‌ها در مقایسه با اسانس خالص گیاهان تفاوت معنی‌داری داشت، به طوری که از روز چهارم تا پایان هفته هشتم میزان تلفات به طور تقریبی ثابت بود، در حالی که دوام اسانس‌های خالص پس از ۲-۳ هفته به شدت کاهش یافت که نشان‌دهنده رهایش آهسته اسانس در فرمولاسیون استیک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، فرمولاسیون استیک، سمیت تنفسی، دورکنندگی، دوام

مقدمه

در سال‌های اخیر محافظت از محصول زراعی در مقابل بیماری‌ها و آفات توسط اسانس‌های گیاهی، به دلیل این که این ترکیبات در محیط زیست انباشته نشده، آلودگی ایجاد نکرده و همچنین سمیت کمی برای پستانداران دارند، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیب‌ها می‌توانند به عنوان جایگزین و یا مکمل حشره‌کش‌های شیمیایی جهت حفاظت محصولات کشاورزی و انباری از جمله غلات در آینده نزدیک به کار روند (Lee et al., 2003; Ahmad et al., 2013). بعضی از اسانس‌ها نه تنها در غلظت بالا موجب مرگ و میر حشرات انباری می‌شوند، بلکه حتی در غلظت کم مانع از تخم‌ریزی حشرات شده (Arunk et al. 2001) و یا برای آفات انباری اثر دورکنندگی قابل توجهی دارند (Pascual-(-villalobos and Robledo, 2003). فرار بودن اسانس‌ها و اکسید شدن سریع و همچنین قیمت بالای آن‌ها، استفاده کاربردی از این ترکیب‌ها را محدود نموده است. در سال‌های اخیر تلاش شده با روش‌هایی نظیر کپسوله کردن در مقیاس ماکرو، میکرو یا نانو و سایر روش‌ها، امکان استفاده عملی از این ترکیبات را در کنترل آفات فراهم نمایند (Negahban et al., 2011, 2013a).

در میان آفات انباری، سخت بالپوشان (Coleoptera) یکی از جدی‌ترین عوامل خسارت‌زای محصولات غذایی در انبارها، سیلواها و فروشگاه‌ها به شمار می‌آیند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به لمبه غلات *Trogoderma granarium* Everts و شپشه دندانه‌دار *Oryzaephilus surinamensis* (L.) اشاره کرد که جزء آفات انباری اصلی و درجه اول محسوب می‌شوند (Bagheri-Zenouz, 1995).

اکالیپتوس (*Eucalyptus*) گیاهی درختی از خانواده موردسانان (Myrtaceae) می‌باشد. تاثیر اسانس گونه‌های مختلف اکالیپتوس روی برخی از آفات انباری از جمله *Sitophilus*، *Tribolium*، *costaneum*، *Rhyzoperta*، *Tribolium confusum* و *oryzae*

Trogoderma granarium dominica و *Callosobruchus maculatus* مورد آزمایش قرار گرفته است (Yang et al., 2004; Negahban and Hamzavi, 2011; Moharrampour, 2007). در مطالعه فرایشانی و همکاران (Farashiani et al. 2015) سمیت تنفسی اسانس ۵۳ گونه اکالیپتوس روی شپشه برنج (*S. oryzae*) بررسی شده است. در میان گونه‌های مختلف گیاه اکالیپتوس، گونه‌های *E. fraxinoides*، *E. stricklandii*، *E. camaldulensis*، *E. globulus*، *E. flocktoniae* و *macarthurii* بیشترین سمیت تنفسی را داشته‌اند.

اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) نیز اثرات حشره‌کشی خوبی علیه آفاتی چون سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات (Shahkarami et al., 2004)، شته جالیز (Riazi et al., 2015) و کنه دولکه‌ای (Sarrafi Moayeri et al., 2013) نشان داده است. همچنین خواص حشره‌کشی اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.) روی آفات مختلفی چون سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات (Dezfouli et al., 2010)، شپشه آرد (Clemente et al. 2003) نشان داده شده است. اثر کشندگی اسانس گلپر (*Heracleum persicum* Desf) نیز علیه آفاتی چون سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات، بید سیب زمینی، شپشه قرمز آرد (*Tribolium castaneum*)، شپشه گندم (*Sitophilus granarius*)، شپشه دندانه‌دار، شپشه برنج، سوسک توتون و شپشه آرد (*T. confusum*) مطالعه شده است (Manzoomi et al., 2010; Ali Babaie, 2014). همچنین اثرات حشره‌کشی اسانس ژرانیوم یا شمعدانی عطری، (*Pelargonium roseum* Andrews) علیه برخی آفات نظیر شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد (Musaei, 2013) و شته جالیز (Riazi et al., 2015) مورد مطالعه قرار گرفته است.

با توجه به فراریت بالا و ناپایدار بودن اسانس‌ها و همچنین بالا بودن قیمت آن‌ها، در سال‌های اخیر بررسی‌های زیادی روی انواع فرمولاسیون اسانس‌ها و تاثیر این فرمولاسیون‌ها در

گیاهی (نظیر اکالیپتوس، لیمو و غیره) نیز به عنوان دورکننده پشه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Fradin, 1998; Fradin and Day, 2002).

با توجه به این‌که تاکنون پژوهش‌های کمی روی فرمولاسیون مناسب علیه آفات انباری انجام شده است، در این مطالعه میزان تلفات، اثر دورکنندگی و دوام فرمولاسیون استیک از اسانس ۵ گیاه دارویی شامل گلپر، آویشن، اکالیپتوس، نعنای فلفلی و ژرانیوم روی لمبه غلات و شیشه دندانه‌دار در ظروفی با حجم‌های متفاوت بررسی شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری حشرات

شیشه دندانه‌دار و لمبه غلات از برنج‌های آلوده جمع‌آوری و در آزمایشگاه حشره‌شناسی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران شناسایی شدند. سپس درون ظروف پلاستیکی حاوی برنج میان‌دانه (رقم هاشمی) در دمای 28 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد در شرایط تاریکی کامل و داخل اتاقک رشد به مدت ۵ نسل به صورت انبوه تا رسیدن جمعیت به اندازه مطلوب برای شروع آزمایش‌ها پرورش یافتند.

اسانس‌گیری

برای تهیه اسانس، برگ‌های انتهایی ساقه و گل‌های گیاهان آویشن باغی (*T. vulgaris*)، نعنای فلفلی (*M. piperita*) و ژرانیوم (*P. roseum*)، بذرها و گیاه گلپر (*H. persicum*) و برگ‌های سرشاخه‌های درخت اکالیپتوس (*E. globules*) از شرکت دارویی باریج اسانس تهیه و پس از خشک شدن در دمای آزمایشگاه (۷۲ ساعت)، به شکل پودر در آورده شد. هر بار ۱۰۰ گرم پودر گیاهی همراه با ۷۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل بالن حجم ۲۰۰۰ میلی‌لیتر ریخته شده و با کمک دستگاه اسانس‌گیر شیشه‌ای مدل Clevenger در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس و به مدت ۴ ساعت اسانس‌گیری شد.

میزان کنترل آفات انجام شده است. به عنوان مثال اثر لاروکشی میکروکپسول اسانس *Rosmarinus officinalis* و *Lymania dispar* روی *Thymus herba-barona* بررسی و اثبات شده است (Moretti et al., 2002). همچنین تحقیقاتی روی فرمولاسیون امولسیون اسانس نوعی درمنه، *Artemisi arbokescens*، با نانوذرات لیپیدی (SLN) و اثر آن روی سفید بالک پنبه، *Bemisia tabaci* انجام شده است (Lai et al., 2006). اثر دورکنندگی اسانس نانوکپسوله شده گونه دیگری از گیاه درمنه، *Artemisia sieberi* روی لارو شب‌پره پشت الماسی، *Plutella xylostella* توسط نگهبان و همکاران (Negahban et al., 2013b) مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شده است که اثر دورکنندگی اسانس فرموله شده به صورت نانوکپسول به طور معنی‌داری، بسیار بالاتر از اثر تدخینی آن بوده و با گذشت زمان افزایش می‌یابد. همچنین اثرات مطلوب همین فرمولاسیون روی سوسک برگ‌خوار نارون *Xanthogaleruca luteola* نیز مشاهده شد (Vahabi Mashour et al., 2015).

علاوه بر فرمولاسیون‌های میکرو یا نانوکپسول که تاکنون روی اسانس‌ها انجام شده است، یکی دیگر از فرمولاسیون‌های دارویی جامد، استیک‌ها می‌باشند. این اشکال دارویی برای انتقال ماده فعال دارویی محلول یا نامحلول در آب به کار می‌روند. استیک‌ها به صورت قلم ساخته شده و برای مقاصد مختلفی چون بی‌حس‌کننده‌های موضعی، ضدآفتاب‌ها، ضد ویروس و آنتی‌بیوتیک به کار می‌روند. برای ساخت این دسته از اشکال دارویی از مواد شیمیایی مثل واکس‌ها، پارافین جامد و استئارات‌ها استفاده می‌شود. از محاسن این نوع فرمولاسیون می‌توان به روش تولید به نسبت ساده، هزینه تولید پایین و کاربرد آسان آن اشاره نمود. معروف‌ترین نوع استیک‌های تولید شده علیه حشرات، استیک‌های حاوی DEET (N, N-diethyl-3-methylbenzamide) می‌باشد که به عنوان دورکننده و دافع حشرات نظیر پشه‌ها، ساس‌ها، کنه‌ها و غیره کاربرد تجاری دارد. در سال‌های اخیر استیک‌هایی با پایه

تهیه استیک اسانس های گیاهی

برای ساخت استیک های حاوی اسانس های روغنی، پس از آزمایش های اولیه، فرمول بهینه به صورت: ۱۰٪ اسانس، ۴۰٪ موم زنبور عسل، ۴۰٪ پارافین مایع و ۱۰٪ گلیسرین مونواستئرات آماده و سپس به شکل استیک های ۲/۵ گرمی قالب گیری شد. به این منظور پس از ذوب ترکیبات جانبی، بر اساس منابع موجود اسانس های مختلف در دمای ۴۵ تا ۵۰ درجه سلسیوس اضافه شده (Parry, 2007; Baser and Buchbauer, 2009; Lawless, 2013) و به تدریج هم زده شد تا یکنواخت شود و هم زمان دما به طور تدریجی کاهش یافته تا به دمای محیط (۲۷-۲۹ درجه سلسیوس) رسانده شد و در نهایت در قالب های مخصوص، به فرم استیک قالب گیری شد. استیک فاقد اسانس به عنوان شاهد در آزمایش ها مورد استفاده قرار گرفت. شایان ذکر است که در صورت افزایش درصد اسانس (بیشتر از ۱۰ درصد) در یک استیک، امکان قالب گیری به صورت استیک جامد وجود نداشت و لذا در آزمایش ها در صورت لزوم، از دو استیک با غلظت ۱۰ درصد از اسانس ۵ گونه گیاه نام برده استفاده شد.

بررسی میزان تلفات

به این منظور تعداد ۱۰ حشره کامل یک تا سه روزه شیشه دندانه دار و همچنین ۱۰ لارو سن پنجم (سن آخر) لمبه غلات درون شیشه هایی با حجم ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی لیتر قرار داده شد. زمان اسانس دهی حشرات ۲۴ و ۷۲ ساعت بود. پس از این زمان، حشرات به ظروف خالی منتقل شدند و پس از ۲۴ ساعت تلفات در آن ها شمارش شد. تغییر رنگ و عدم تحرک اعضای چون شاخک ها و یا پاها به عنوان شاخص مرگ و میر در نظر گرفته شد. تمام آزمایش ها در ۳ تکرار انجام شد (Keita et al., 2001; Kheirkhah et al., 2015).

بررسی اثر دور کنندگی استیک ها

اثر دور کنندگی استیک های اسانس های مختلف بر اساس روش فیلدز و همکاران (Fields et al., 2001) با کمی تغییرات، در ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور،

سه ظرف پلاستیکی استوانه ای در پوش دار به حجم ۱۰۰ میلی - لیتر با کمک یک لوله پلاستیکی به قطر ۳ میلی متر و طول ۲ سانتی متر به یکدیگر متصل شدند. در ظرف وسط (رها سازی)، ۴۰ دانه برنج ریخته شد. در ظرف دیگر به عنوان شاهد تنها یک استیک فاقد اسانس گذاشته شد، در حالی که در ظرف دیگر (ظرف تیمار) روی دانه های برنج یک استیک حاوی اسانس قرار داده شد. آن گاه تعداد ۳۰ حشره کامل شیشه دندانه دار و یا لارو سن آخر لمبه که به مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگه داشته شده بودند در ظرف وسط رها سازی شدند. پس از ۲۴ ساعت تعداد حشرات در هر ظرف شمارش و درصد دور کنندگی استیک ها طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$R\% = 100 \times \frac{(C - T)}{N}$$

C = تعداد حشرات در ظرف شاهد، T = تعداد حشرات در ظرف تیمار و N = تعداد کل حشرات مورد آزمایش (Liu et al., 2006).

آزمون میزان دوام اثر کشندگی استیک ها

در این آزمایش جهت بررسی دوام سمیت استیک اسانس گیاهان مختلف، یک استیک داخل بطری های تیره رنگ شیشه ای با حجم ۲۷۰ میلی لیتر قرار داده شد و درب بطری ها با نوار پارافیلیم به طور کامل مسدود شده و سپس داخل کمد تاریک در دمای اتاق تا پایان آزمایش ها نگه داشته شدند. برای هر تاریخ ۴ تکرار در نظر گرفته شد و برای هر تکرار ۳۰ حشره کامل مورد استفاده قرار گرفت. تاریخ های مورد نظر روی بطری ها درج شد و در موقع مقرر در هر بطری باز و حشرات داخل بطری ریخته شد. پس از ۲۴ ساعت تیمار، حشرات از بطری خارج شده و به ظروف عاری از اسانس منتقل و پس از ۲۴ ساعت تلفات آن ها شمارش شد. تاریخ آزمایش ها از زمان شروع آزمایش ها تا هشت هفته و به طور هفتگی تنظیم شد (Sahaf and Moharramipour, 2008). همچنین جهت امکان مقایسه دوام استیک ها با اسانس های خالص، طی آزمایشی مشابه، مقدار ۲۵۰ میکرو لیتر اسانس

۸۰ درصد بود، اما در مورد ژرانیوم میزان تلفات در این سه حجم به ترتیب ۱۰، ۶/۶ و ۳/۳ درصد مشاهده شد. برخلاف ژرانیوم، درصد تلفات استیک‌های گلپر به طور معنی‌داری به حدود ۴۰ درصد در هر سه حجم افزایش یافت.

به این ترتیب مشخص شد که استیک اکالیپتوس حتی در زمان ۲۴ ساعت می‌تواند در حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر تلفات زیادی را روی حشرات کامل شپشه دندانه‌دار ایجاد نماید. میزان تلفات در دو استیک آویشن باغی و نعنای فلفلی در حجم‌های کمتر (زیر ۵۰۰ میلی‌لیتر) پس از ۲۴ ساعت مناسب بود؛ اما در حجم بالاتر (۱۰۰۰ میلی‌لیتر) نیازمند افزایش زمان تیمار دهی تا ۷۲ ساعت می‌باشد. استیک گلپر پس از ۲۴ ساعت تلفات بسیار ناچیز اما پس از ۷۲ ساعت تا حدود ۴۰ درصد تلفات ایجاد نمود، اما استیک‌های ژرانیوم در تمام حجم‌ها حتی پس از ۷۲ ساعت نیز تلفات قابل توجهی را نشان نداد.

با توجه به این که در آزمایش‌های مقدماتی یک استیک از هر نوع اسانسی تلفات قابل ملاحظه‌ای در لاروهای سن آخر لمبه ایجاد نمود، لذا آزمایش‌ها با دو استیک روی این آفت انجام شد. پس از ۲۴ ساعت تیمار، بین استیک‌های گیاهان مختلف دو حجم ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌لیتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و تنها میزان تلفات استیک‌های مختلف در حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر معنی‌دار بود ($F_{4,10}=8.5$; $P<0.05$ ، شکل ۲-۱). بالاترین درصد تلفات در آویشن (حدود ۲۰ درصد) مشاهده شد. پس از آن استیک نعنای فلفلی با ۱۰ درصد تلفات در هر سه حجم ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر بیشترین تلفات را داشت. استیک‌های گلپر و ژرانیوم در حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر هیچ‌گونه تلفاتی را پس از ۲۴ ساعت نشان نداد. پس از تیمار ۷۲ ساعت، در سه حجم ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر اختلاف معنی‌داری بین استیک‌های مختلف مشاهده نشد، با این وجود درصد تلفات تقریباً در تمامی تیمارها افزایش یافت و به طور کلی درصد تلفات ناشی از دو استیک در لمبه کم‌تر

گیاهان مختلف روی شپشه دندانه‌دار و لمبه غلات آزمایش و دوام اثر کشندگی در این حالت نیز به دست آمد.

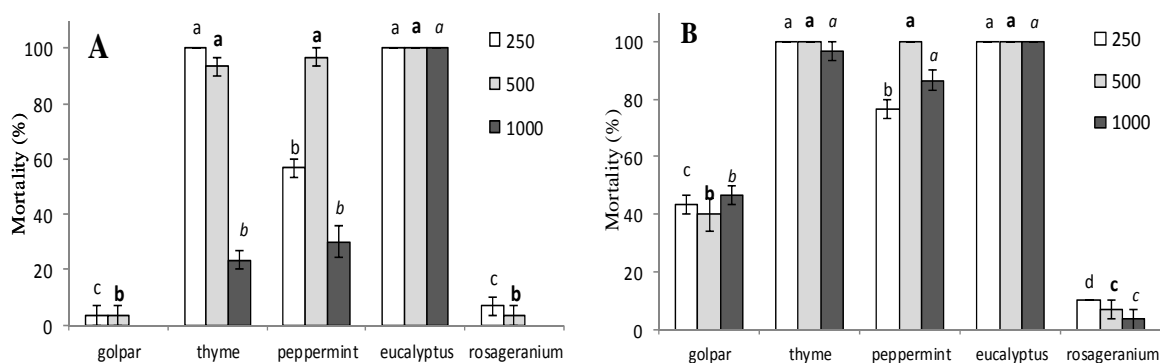
تجزیه و تحلیل آماری

در این آزمایش‌ها در صورت مشاهده تلفات در شاهد، نتایج با روش ابوت (Abbott, 1925) اصلاح شد. اطلاعات به دست آمده به صورت خطای معیار \pm میانگین ($\text{Mean} \pm \text{SE}$) گزارش شدند. داده‌ها با کمک تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) تجزیه و مقایسه‌های میانگین تیمارهای مختلف با کمک آزمون توکی در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS (16.0) انجام شد.

نتایج

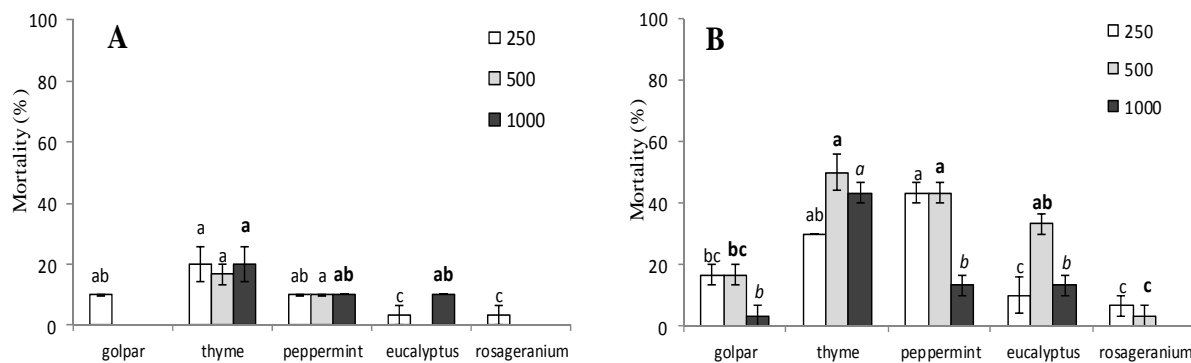
میزان تلفات استیک‌های مختلف در زمان اسانس دهی ۲۴ ساعت، میزان تلفات استیک‌های مختلف در ظروف با حجم‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر به طور معنی‌داری تغییر کرد (به ترتیب: $F_{4,10}=294.62$; $F_{4,10}=339.16$; $P<0.01$ و $F_{4,10}=189.61$; $P<0.01$ و $P<0.01$). اکالیپتوس در هر سه حجم، تلفات ۱۰۰ درصد ایجاد نمود. استیک آویشن باغی نیز در حجم ۲۵۰ تلفات ۱۰۰ درصد داشت، اما این رقم در حجم‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ به ترتیب به $93/3 \pm 3/3$ و $23/3 \pm 3/3$ درصد کاهش یافت. بعد از این دو نوع اسانس، بیشترین تلفات در استیک‌های نعنای فلفلی دیده شد. کمترین میزان تلفات پس از ۲۴ ساعت مربوط به اسانس گلپر و ژرانیوم بود که در حجم‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌لیتر زیر ۱۰ درصد و در حجم ۱۰۰۰، بدون تلفات مشاهده شد.

در زمان اسانس دهی به مدت ۷۲ ساعت به طور کلی میزان تلفات در تمام حجم‌ها افزایش داشت و بین استیک‌های مختلف در حجم‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (به ترتیب: $F_{4,10}=238.37$; $P<0.01$ و $F_{4,10}=113.5$; $P<0.01$ و $F_{4,10}=179.37$; $P<0.01$). در مورد سه اسانس اکالیپتوس، آویشن باغی و نعنای فلفلی در هر سه حجم ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ تلفات بالای



شکل ۱- میانگین درصد تلفات یک استیک گلپر، آویشن باغی، نعناع فلفلی، اکالیپتوس و ژرانیوم روی حشرات کامل شیشه دنداندار (*O. surinamensis*) پس از ۲۴ ساعت (A) و ۷۲ ساعت (B) در ظروف با حجم های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی لیتر. حروف مشابه در هر رنگ ستون بر اساس آزمون توکی در سطح پنج درصد اختلاف معنی دار ندارند.

Figure 1. Mean mortality (%) \pm SE of *O. surinamensis* adults exposed to a stick of golpar, thyme, peppermint, eucalyptus and rosageranium essential oils after 24 (A) and 72h (B) in 250, 500 and 1000 ml bottles. Means followed by the same letter are not significantly different using Tukey's Test at $P < 0.05$.



شکل ۲- میانگین درصد تلفات دو استیک گلپر، آویشن باغی، نعناع فلفلی، اکالیپتوس و ژرانیوم روی لاروهای سن آخر لمبه غلات (*T. granarium*) پس از ۲۴ ساعت (A) و ۷۲ ساعت (B) در ظروف با حجم های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی لیتر. حروف مشابه در هر رنگ ستون بر اساس آزمون توکی در سطح پنج درصد اختلاف معنی دار ندارند.

Figure 2. Mean mortality (%) \pm SE of *T. granarium* last instar larvae exposed to two sticks of golpar, thyme, peppermint, eucalyptus and rosageranium essential oils after 24 (A) and 72h (B) in 250, 500 and 1000 ml bottles. Means followed by the same letter are not significantly different using Tukey's Test at $P < 0.05$.

استیک اسانس گیاهان دیگر و یا ترکیب چند اسانس با هم به طوری که اثر سینرژیستی داشته و سبب افزایش تلفات آفت شوند، بررسی‌های تکمیلی انجام پذیرد.

اثر دورکنندگی استیک‌های مختلف

در جدول ۱ میزان دورکنندگی استیک اسانس‌های مختلف روی دو گونه آفت مورد مطالعه نشان داده شده است. به طور کلی میزان دورکنندگی استیک‌های مختلف روی شپشه دندانه‌دار بیشتر از لمبه غلات بود. در شپشه دندانه‌دار استیک-های نعناع فلفلی، اکالیپتوس و آویشن باغی به ترتیب با $94 \pm 1/15$ ، $91/6 \pm 4/91$ و $82/3 \pm 3/84$ درصد بیشترین میزان دورکنندگی را داشتند و پس از آن‌ها این رقم به طور معنی داری ($F_{4,10}=56.91$; $P<0.05$) به $71/6 \pm 1/86$ درصد در گلپر و $21/6 \pm 5/78$ درصد در ژراتیوم کاهش یافت.

در مورد لمبه غلات نیز درصد دورکنندگی استیک‌های اسانس‌های مختلف به طور معنی‌داری تغییر نمود ($F_{4,10}=142.81$; $P<0.05$). بیشترین درصد دورکنندگی مربوط به نعناع فلفلی ($87/6 \pm 1/45$ درصد) بود و اکالیپتوس و آویشن باغی با حدود ۷۰ درصد دورکنندگی در جایگاه دوم

از تلفات حاصل از یک استیک روی شپشه دندانه‌دار بود (شکل ۲- B).

بالاترین درصد تلفات پس از ۷۲ ساعت تیمار، مربوط به استیک آویشن بود که به ترتیب در حجم‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر برابر با ۳۰، ۵۰ و $43/3$ درصد بود. نعناع فلفلی و اکالیپتوس بعد از آویشن بیشترین میزان تلفات را ایجاد نمودند به طوری که در حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر $13/3$ درصد تلفات ایجاد نمودند. استیک گلپر نیز پس از ۷۲ ساعت تلفات $16/6$ درصدی در حجم‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌لیتر و $3/3$ درصدی در حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر ایجاد نمود. در اینجا نیز کمترین میزان تلفات به استیک ژراتیوم مرتبط می‌شد که در دو حجم ۲۵۰ و ۵۰۰ کمتر از ۱۰ درصد و در حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر هیچ تلفاتی را نشان نداد.

به این ترتیب مشخص شد که در مورد لمبه غلات، استیک آویشن باغی و در درجات بعدی، نعناع فلفلی و اکالیپتوس می‌توانند پس از ۷۲ ساعت تلفات کمی را ایجاد کنند و این میزان تلفات به ویژه در حجم‌های بالا سبب تلفات قابل توجهی نمی‌شود. لذا می‌بایست در بررسی‌های بعدی روی

جدول ۱- میانگین درصد دورکنندگی، خطای معیار و مقادیر کمینه و بیشینه یک استیک گلپر، آویشن باغی، نعناع فلفلی، اکالیپتوس و ژراتیوم روی حشرات کامل شپشه دندانه‌دار (*O. surinamensis*) و لاروهای سن آخر لمبه غلات (*T. granarium*). حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Table 1. Mean, SE and Minimum and Maximum of repellency (%) of *O. surinamensis* adults and *T. granarium* last instar larvae exposed to a stick of golpar, thyme, peppermint, eucalyptus and rosageranium essential oils. Means followed by the same letter in a column are not significantly different using Tukey's Test at $P < 0.05$.

Sticks	<i>O. surinamensis</i>			<i>T. granarium</i>		
	Mean*	SE	Min-Max	Mean*	SE	Min-Max
golpar	71.6 b	1.86	68-74	28.6 c	4.26	23-37
thyme	82.3 ab	3.84	75-88	72.6 b	2.91	68-78
peppermint	94 a	1.15	92-96	87.6 a	1.45	85-90
eucalyptus	91.6 a	4.91	82-98	76.3 ab	3.28	70-81
rosageranium	21.6 c	5.78	12-32	6.6 d	1.76	4-10

نعناع فلفلی، اکالیپتوس، گلپر و ژرانیوم به ترتیب با ۹۵، ۸۷/۵، ۸۵، ۷۰ و ۳۰ درصد در روز دوم بالاترین تلفات را داشتند و پس از آن میزان تلفات در روزها و هفته‌های بعد کاهش یافت؛ به طوری که در ژرانیوم بعد از ۱۴ روز و در گلپر پس از ۲۱ روز به نزدیک صفر درصد رسید و کمترین دوام در این دو اسانس مشاهده شد. درصد تلفات در اکالیپتوس و نعناع فلفلی پس از ۲۸ روز به زیر ۵ درصد کاهش یافت در حالی که در این زمان آویشن با ۲۵ درصد تلفات ایجاد نموده بود و پس از ۳۵ روز دوام اثر کشندگی آویشن به صفر رسید. بنابراین بیشترین دوام را اسانس آویشن در مورد لمبه غلات از خود نشان داد (شکل ۴-۱).

در مورد دوام کشندگی استیک‌ها روی لمبه نیز روند مشابه شیشه دنداندار بود. به این ترتیب که درصد تلفات روز دوم پایین‌تر از روز چهارم بود و تا پایان هفته هشتم با نوسانات کمی تقریباً در همان محدوده دوام خود را حفظ نمود. به طور کلی میزان تلفات ایجاد شده استیک‌های نعناع فلفلی، اکالیپتوس و آویشن از روز دوم تا پایان هفته هشتم در محدوده بالاتری نسبت به گلپر و ژرانیوم قرار داشت (شکل ۴-۲).

بحث

به طور کلی در تمام آزمایش‌ها تلفات، دورکنندگی و یا دوام استیک اسانس‌های مختلف، شیشه دنداندار حساسیت بیشتری نسبت به لمبه غلات از خود نشان داد. لمبه غلات جزء مقاوم‌ترین آفات انباری به شرایط نامساعد محیطی و حتی ترکیبات حشره‌کش گیاهی یا شیمیایی می‌باشد (Mujeeb *et al.*, 2011). از طرف دیگر به نظر می‌رسد که تحرک بیشتر و اندازه کوچک‌تر شیشه دنداندار در مقایسه با لمبه (و بسیاری دیگر از آفات انباری) یکی از دلایل حساسیت بیشتر آن به اسانس‌ها باشد. در بررسی‌های دیگری که بر روی اسانس گیاهان مختلف روی آفات انباری انجام شده بود، نیز حساسیت بیشتر شیشه دنداندار به اسانس‌ها نسبت به آفات

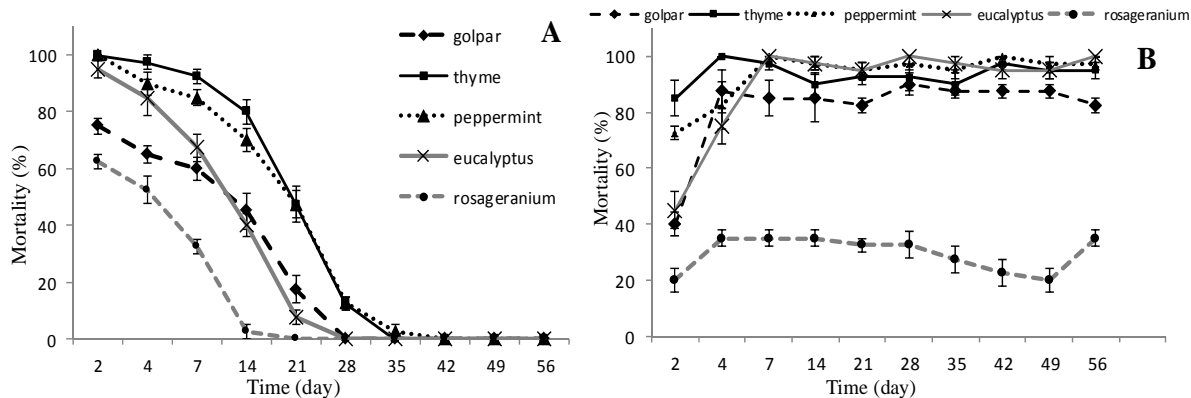
قرار داشتند. درصد دورکنندگی استیک اسانس گلپر ۲۸/۶±۴/۲۶ بود و کمترین درصد دورکنندگی در استیک-های ژرانیوم (۶/۶±۱/۷۶۴۵ درصد) مشاهده شد.

دوام اثر کشندگی استیک‌ها در مقایسه با دوام اسانس خالص

در شکل ۳-۱ دوام اسانس خالص و در شکل ۳-۲ دوام استیک اسانس گیاهان مختلف روی شیشه دنداندار نشان داده شده است. درصد تلفات نعناع فلفلی پس از ۳۵ روز، آویشن با ۲۸ روز، اکالیپتوس و گلپر پس از ۲۱ روز و ژرانیوم پس از ۱۴ روز به صفر (یا نزدیک صفر) کاهش یافت. بالاترین درصد تلفات نیز به ترتیب به اسانس آویشن، نعناع فلفلی و اکالیپتوس (۹۵ الی ۱۰۰ درصد در روز دوم) مربوط می‌شد و کمترین تلفات در تیمار ژرانیوم با مقدار حداکثری ۶۲/۵ درصد (در روز دوم) مشاهده شد (شکل ۳-۱).

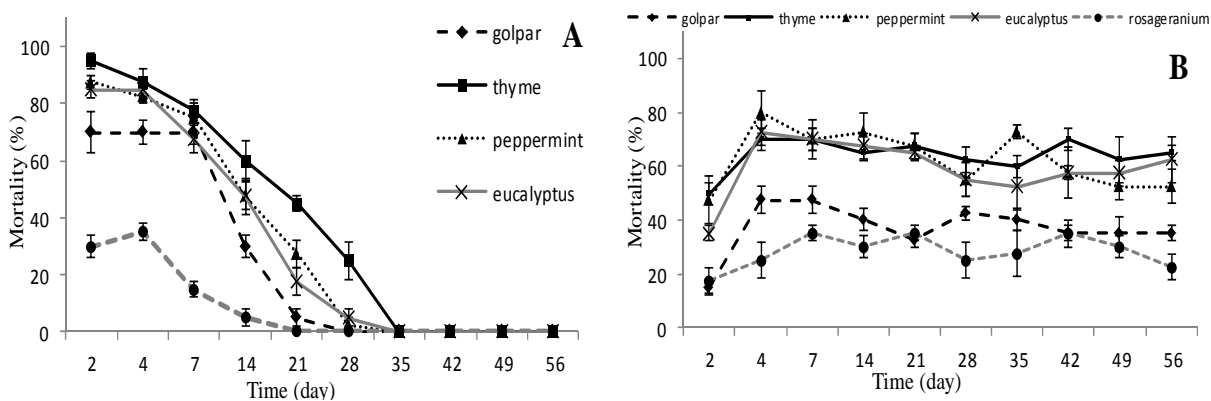
دوام استیک‌ها نسبت به اسانس‌های خالص روندی کاملاً متفاوت داشت (شکل ۳-۲). به طور کلی اثر کشندگی استیک‌ها در روز دوم کمتر از چهارم بود و در روز چهارم از شروع آزمایش‌ها و قراردادن استیک‌ها داخل شیشه‌های آزمایش، میزان تلفات به حداکثر رسید که تقریباً تا پایان هفته هشتم نیز در همان محدوده باقی ماند که نشان‌دهنده دوام مناسب این فرمولاسیون به‌ویژه در مقایسه با اسانس‌های خالص می‌باشد. به جز استیک ژرانیوم، مابقی استیک‌ها از روز چهارم تا پایان هفته هشتم تلفات بالای ۹۰ درصد ایجاد نمودند. در مورد ژرانیوم به طور کلی درصد تلفات استیک‌ها پایین بود و هرچند از ۲۰±۴/۰۸ به ۳۵±۲/۸۹ درصد در روز چهارم رسید، اما مشابه سایر استیک‌ها تا پایان هفته هشتم با نوسانات اندک همین بازه تلفات را حفظ نمود. به این ترتیب مشخص شد که فرمولاسیون اسانس‌ها به صورت استیک، از نظر دوام به طور چشمگیری نسبت به اسانس خالص موفق بوده است.

در مورد دوام اثر کشندگی اسانس‌ها و استیک‌های مختلف روی لمبه غلات نیز روند مشابهی مشاهده شد (شکل ۴-۲). در مورد اسانس خالص، دوام اثر کشندگی آویشن،



شکل ۳- مقایسه دوام اثر حشره کشی اسانس خالص (A) و یک عدد استیک گلپر، آویشن باغی، نعناع فلفلی، اکالیپتوس و ژرانیوم (B) روی حشرات کامل شیشه دنداندار (*O. surinamensis*).

Figure 3. Comparing the stability of fumigant toxicity (%) ± SE of *O. surinamensis* adults exposed to essential oils (A) with sticks (B) of golpar, thyme, peppermint, eucalyptus and rosageranium.



شکل ۴- مقایسه دوام اثر حشره کشی اسانس خالص (A) و یک عدد استیک گلپر، آویشن باغی، نعناع فلفلی، اکالیپتوس و ژرانیوم (B) روی لاروهای سن آخر لمبه غلات (*T. granarium*).

Figure 4. Comparing the stability of fumigant toxicity (%) ± SE of *T. granarium* last instar larvae exposed to essential oils (A) with sticks (B) of golpar, thyme, peppermint, eucalyptus and rosageranium.

امولسیون‌های دورکننده بر ضد حشرات نیش‌زننده از اسانس اکالیپتوس شده است (Carroll and Loye, 2006).

در مطالعه حاضر نیز استیک‌های نعنای فلفلی، اکالیپتوس و البته آویشن باغی اثرات دورکنندگی خوبی روی دو گونه آفت انباری از خود نشان دادند و با توجه به مقاومت بالای لمبه در میان سایر آفات انباری به حشره کش‌ها، به نظر می‌رسد فرمولاسیون استیک این گیاهان پتانسیل دورکنندگی مناسبی روی سایر آفات انباری نیز داشته باشد. با توجه به این که فرمولاسیون استیک این گیاهان در این مطالعه برای اولین بار روی آفات انباری مورد آزمون قرار گرفته است، لذا با بررسی‌های تکمیلی به‌ویژه روی دامنه وسیع‌تری از آفات، با قطعیت بیشتری می‌توان در این زمینه اظهار نظر نمود.

همان‌طور که ذکر شد برای امکان مقایسه بهتر بین دوام اسانس خالص با استیک اسانس‌ها، این آزمایش یک‌بار روی اسانس و بار دیگر با همان شرایط روی استیک اسانس ۵ گونه گیاهی انجام شد. نتایج نشان دادند که دوام اثر حشره کشی اسانس ۵ گونه گیاهی به‌طور کلی در مورد لمبه کمتر از شپشه می‌باشد. همچنین در هر دو آفت، دوام استیک‌ها از روز چهارم که بیشترین تلفات را نشان داد تا پایان هفته هشتم تقریباً در یک محدوده باقی ماند، در حالی که در مورد اسانس‌های خالص پس از ۱۴ الی ۳۵ روز اثر حشره کشی خود را به‌طور کامل از دست دادند. به این ترتیب مشخص شد که فرمولاسیون استیک به خوبی توانسته رهایش اسانس را تدریجی نموده و دوام حشره کشی اسانس به‌طور چشمگیری افزایش یابد.

با توجه به دوام مناسب فرمولاسیون استیک و با توجه به تلفات مناسب روی شپشه دنداندار و همچنین دورکنندگی مناسب بعضی استیک‌ها روی هر دو آفت مورد مطالعه، به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این فرمولاسیون می‌تواند پتانسیل بالایی در مدیریت آفات انباری داشته باشد، ولی به نظر می‌رسد جهت نیل به محصولی که روی طیف بیشتری از آفات انباری (به ویژه آفاتی همچون لمبه که مقاومت بیشتری

انباری دیگر نظیر سوسک چهارنقطه‌ای حیوانات، شپشه‌های آرد، شپشه سرخرطومی گندم و سرخرطومی برنج گزارش شده است (Shahkarami *et al.*, 2004; Negahban and Moharramipour, 2007; Kabiri Raeisabad *et al.*, 2014). همچنین به نظر می‌رسد شپشه دنداندار نسبت به امواج میکروویو و یا تیمار دماهای پایین (Ghasemzadeh *et al.*, 2012) و یا خاک دیاتومه (Ziaei *et al.*, 2017) نیز نسبتاً حساس‌تر می‌باشد. در مورد تلفات ایجاد شده در اثر استیک‌ها، اکالیپتوس بالاترین اثر را روی شپشه دنداندار در بالاترین حجم مورد آزمایش (۱۰۰۰ میلی‌لیتر) و حتی در زمان ۲۴ ساعت داشت. در مورد لمبه غلات همان‌طور که ذکر شد یک استیک نتایج کشندگی قابل توجهی نداشت و دو استیک هم در زمان ۲۴ ساعت تلفات خوبی را بر جا نگذاشتند. پس از زمان ۷۲ ساعت بالاترین تلفات به استیک آویشن مربوط می‌شد.

همان‌طور که در قسمت نتایج به آن اشاره شد، استیک‌های نعنای فلفلی، اکالیپتوس و آویشن باغی بالاترین اثر دورکنندگی را روی شپشه دنداندار و اکالیپتوس و نعنای فلفلی بیشترین اثر دورکنندگی را روی لمبه غلات از خود نشان دادند. در ارتباط با اثرات دورکنندگی اسانس خالص گیاهان مذکور پژوهش‌های مختلفی انجام شده است (Shahkarami *et al.*, 2004; Negahban *et al.*, 2007; Hamzavi, 2011; Mishra and Tripathi, 2011; Mahmoudvand *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2014; Moharramipour and Negahban, 2014). در مطالعه نریو و همکاران (Nerio *et al.*, 2010) هم این موضوع به خوبی مرور شده، اما در ارتباط با دورکنندگی اسانس‌های فرموله شده این گیاهان منابع کمی در دسترس می‌باشد و بیشتر پژوهش‌ها روی دورکننده‌های گیاهی فرموله شده علیه دوبالان (پشه‌ها و مگس‌ها) متمرکز بوده‌اند. به عنوان مثال بررسی‌های انجام شده در زمینه خاصیت دورکنندگی اسانس اکالیپتوس و مشتقات آن روی پشه *Aedes albopictus* منجر به ساخت

سپاسگزاری

به این وسیله از شرکت دارویی باریج اسانس و سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران به دلیل پشتیبانی مالی و امکاناتی این تحقیق قدردانی می‌شود.

نسبت به حشره‌کش‌های گیاهی یا شیمیایی دارند) قابل استفاده باشد، لازم است مطالعات کامل‌تری روی استیک اسانس سایر گیاهان دارویی و همچنین گونه‌های بیشتری از آفات انباری انجام شود.

References

- Abbott, W. S.** 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18: 265-267.
- Ahmad, A., Ahmed, M., Noorullah, A., Mehmood Ali, Q., Abbas, M. and Arif, S.** 2013. Monitoring of resistance against phosphine in stored grain insect pests in Sindh. **Middle East Journal of Scientific Research** 16 (11): 1501-1507.
- Ali Babaie, M.** 2014. Fumigant toxicity of essential oils of *Myristica fragrans*, *Dracocephalum moldavica* and *Heracleum persicum* against different developmental stages of some stored-product pests. M.Sc. Thesis. The University of Urmia. (In Farsi)
- Arunk, T., Veena, P., Kishank, A. and Sushil, K.** 2001. Insecticidal and ovicidal activity of the essential oil of *Anethum sowa* Kurz against *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchide). **Insect Science and its Application** 21(1): 61-66.
- Bagheri-Zenouz, E.** 1995. Stored products pests and its control methods. Sepehr Publishing. 2nd edition. 309 p.
- Baser, K. H. C. and Buchbauer, G.** 2009. Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. CRC Press. 991 p.
- Carroll, S. P. and Loye, J.** 2006. PMD, a registered botanical mosquito repellent with DEET like efficacy. **Journal American of Mosquito Control Association** 22(3): 507-514.
- Clemente, S., Mareggiani, G., Broussalis, A., Martino, V. and Ferraro, G.** 2003. Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas** 29: 1-8.
- Dezfouli, E., Moharramipour, S. and Goldasteh, S. H.** 2010. Ovicidal, larvicidal and oviposition deterrency effects of essential oil from *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col.: Bruchidae). **Journal of the Entomological Research Society** 2: 73-84.
- Farashiani, E. F., Awang, R. M., Assareh, M. H., Omar, D. and Rahmanim, M.** 2015. Fumigant toxicity of 53 Iranian Eucalyptus essential oils against stored product insect, *Sitophilus oryzae* L. **Iranian Journal of forest and Range Protection Research** 13 (2): 132-139. (In Farsi).
- Fields, P. G., Xie, Y. S. and Hou, X.** 2001. Repellent effect of pea (*Pisum sativum*) fractions against stored-product insects. **Journal of Stored Products Research** 37: 359-370.
- Fradin, M. F.** 1998. Mosquitoes and Mosquito Repellents: A Clinician's Guide. **Annals of Internal Medicine** 128: 931-940.
- Fradin, M. F. and Day, J. F.** 2002. Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. **New England Journal of Medicine** 4: 347(1):13-8.
- Ghasemzadeh, S., Pourmirza, A. A., Safaralizadeh, M. H. and Ashouri, Sh.** 2012. The control's effect combination of microwave radiation and cold storage on adults *Oryzaephilus surinamensis* and *Tribolium castaneum*. **Journal of Plant Protection** 25(4): 391-397. (In Farsi).
- Hamzavi, F.** 2011. Insecticidal effects of essential oil from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh and *Bottlebrush Callistemon viminalis* Gaertn. on three species of stored-product beetles. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Entomology, Tarbiat Modares University, 134 pp. (In Farsi).
- Kabiri Raeisabad, M., Mohammadi sharif, M. and Kabiri Nasab, M.** 2014. Biological effects of Arizona cypress, *Cupressus arizonica* against rice weevil, *Sitophilus oryzae* and sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis*. **Journal of Plant Protection** 37(1): 11-21. (In Farsi).

- Keita, S. M., Vincent, C., Schmidt, J., Arnason, J. and Belanger, A.** 2001. Efficacy of essential oils 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 (4): 339-349.
- Kheirkhah, M., Ghasemi, V., Khoshnood Yazdi, A. and Rahban, S.** 2015. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Ziziphora clinopodioides* Lam. used against the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller. **Journal of Plant Protection Research** 55 (3): 260-265.
- Lai, F., Wissing, S. A., Muller, R. H. and Fodda, A. M.** 2006. *Artemisia arborescens* L essential oil-loaded solid lipid nanoparticles for potential agricultural application: preparation and characterization. **American Association of Pharmaceutical Scientists** 7(1):1-9.
- Lawless, J.** 2013. The Encyclopedia of Essential Oils: The Complete Guide to the Use of Aromatic Oils in Aromatherapy, Herbalism, Health, and Well Being. Red Wheel Weiser. 224 p.
- Lee, S., Peterson, C. J. and Coats, J. R.** 2003. Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. **Journal of Stored Products Research** 39: 77-85.
- Liu, C. H., Mishra, A. K., Tan, R. X., Tang, C., Yang, H. and Shen, Y. F.** 2006. Repellent and insecticidal activities of essential oils from *Artemisia princeps* and *Cinnamomum camphora* and their effect on seed germination of wheat and broad bean. **Biosource Technology** 97(15): 1969-1973.
- Mahmoudvand, M., Abbasipour, H., Basij, M., Hosseinpour, M. H., Rastegar, F. and Nasir, M. B.** 2011. Fumigant toxicity of some essential oils on adults of some stored-product pests. **Chilean Journal of Agricultural Research** 71(1):83-89.
- Manzoomi, N., Ganbalani, G. N., Dastjerdi, H. R. and Fathi, S. A. A.** 2010. Fumigant toxicity of essential oils of *Lavandula officinalis*, *Artemisia dracuncululus* and *Heracleum persicum* on the adults of *Callosobruchus maculatus*. **Munis Entomology and Zoology** 5 (1), 118-122.
- Mishra, B. B. and Tripathi, S. P.** 2011. Repellent activity of plant derived essential oils against *Sitophilous oryzae* and *Tribolium castaneum*. **Singapore Journal of Scientific Research** 1: 173-178.
- Moharramipour, S. and Negahban, M.** 2014. Plant Essential Oils and Pest Management. 129-153 pp. In: Basic and Applied Aspects of Biopesticides. Sahayaraj K. (Ed). Springer. 356 pp.
- Moretti, M. D. L., Sanna-Passino, G., Demontis, S. and Bazzoni, E.** 2002. Essential oil formulations useful as a new tool for the insect pest control. **American Association of Pharmaceutical Scientists** 3(2):1-11.
- Mujeeb, K. A., Latif, M., Ayaz-Ilyas, M. and Shahid Ali, S.** 2011. Effect of organophosphite insecticide chlorpyrifos on some biochemical components of *Trogoderma granarium* larvae. **Science International (Lahore)** 23(3), 229-233.
- Musaei, A.** 2013. Evaluation of the fumigant toxicity of some Iranian pharmaceutical formulations as the plant insecticide, against first instar larvae of the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* (Z.) (Lepidoptera: Pyralidae). M.Sc. Thesis. University of Gorgan.
- 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(4):256-261
- Negahban, M., Moharramipour, S. and Sarbolouki, M. N.** 2011. Nanocapsulation of *Artemisia sieberi* oil as a new formulation against *Callosobruchus maculatus*. **Integr Prot Stored Prod IOBC/WPRS Bull** 69:249.
- Negahban, M., Moharramipour, S. and Sefidkon, F.** 2007. Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. **Journal of Stored Product Research** 43 (2): 123-128.
- Negahban, M., Moharramipour, S., Zandi, M. and Hashemi, S. A.** 2013a. Efficiency of nanoencapsulated essential oil of *Artemisia sieberi* on nutritional indices of *Plutella xylostella*. **Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants** 29: 692-708. (In Farsi).

- Negahban, M., Moharramipour, S., Zandi, M. and Hashemi, S. A. 2013b. Repellent activity of nanoencapsulated essential oil of *Artemisia sieberi* on *Plutella xylostella* larvae. **Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants** 29:909–924.
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J. and Stashenko, E. 2010. Repellent activity of essential oils: A review **Bioresource Technology** 101: 372–378.
- Parry, E. J. 2007. *The Chemistry of Essential Oils and Artificial Perfumes- Volume 2* (4th Edition). Wexford College Press. 380 p.
- 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: 673-679.
- Riazi, M., Khajehali, J. Poorjavand, N. and Bolandnazar, A. 2015. The mortality and repellency effect of a formulation of spearmint essential oil on the cotton melon aphid under greenhouse conditions. **Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture** 6(24): 169-179. (In Farsi).
- Sahaf, B. Z. and Moharramipour, S. 2008. Fumigant toxicity of *Carum copticum* and *Vitex pseudonegundo* essential oils against eggs, Larvae and adults of *Callosobruchus maculatus*. **Journal of Pest Science** 81: 213-220.
- Sarraf Moayeri, H. R., Pirayeshfar, F. and Kavousi, O. 2013. Repellency effect of three herbal essential oils on the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **Iranian Journal of Plant Protection Science** 44(1): 103-112. (In Farsi).
- Shahkarami, J., Kamali, k., Moharramipour, S. and Meshkat-alsadat, M. H. 2004. Fumigant toxicity and repellent effect of essential oil of *Salvia bracteata* on four stored product pest. **Journal of Entomological Society of Iran** 24(2): 35-50. (In Farsi).
- Vahabi Mashour, M., Moharramipour, S. and Negahban, M. 2015. Insecticidal activity of nanoencapsulated formulation of *Artemisia sieberi* Besser essential oil on *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Entomological Society of Iran** 35(3): 39-49. (In Farsi).
- Wang, X., Li, Q., Shen, L., Yang, J., Cheng, H., Jiang, S., Jiang, C. and Wang, H. 2014. Fumigant, contact, and repellent activities of essential oils against the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. **Journal of Insect Science** 14: 1- 11.
- Yang, Y. C., Choi, H. C., Choi, W. S., Clark, J. M. and Ahn, Y. J. 2004. Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 52:2507–2511.
- Ziaee, M., Atapour, M. and Marouf, A. 2017. Persistence and efficacy of four Iranian diatomaceous earths against three stored grains beetles. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**. (Under publishing).

Plant Pest Research
2017- 7(1): 29-42

Insecticidal effects of stick formulation of five medicine plants essential oils against sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* and the khapra beetle, *Trogoderma granarium*

M. Atapour^{1*}, A. Bolandnazar² and M. R. Memarzadeh²

1. Institute of Agriculture, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran, 2. Barij Medicinal Plants Research Centre, Kashan, Iran

(Received: December 7, 2016- Accepted: May 3, 2017)

Abstract

Essential oils of some plant species have shown suitable insecticidal properties against stored-product pests, which are one of the main factors affecting post-harvest food losses. In this study mortality, repellent effects and durability of fumigant toxicity of the formulated essential oils of golpar (*Heracleum persicum*), thyme (*Thymus vulgaris*), eucalyptus (*Eucalyptus globules*), peppermint (*Mentha piperita*) and rosageranium (*Pelargonium roseum*) as 2.5 gr sticks (10%), were studied on two important pests of stored products, *Oryzaephilus surinamensis* and *Trogoderma granarium* in laboratory at 28 ± 1 °C, 70 ± 5 % RH and dark condition. The results showed that sticks of rosageranium and golpar had the lowest toxicity and sticks of peppermint and thyme had the highest toxicity effects especially on *O. surinamensis*. The highest repellency effect was observed in peppermint and eucalyptus on *O. surinamensis* (94 and 91/6 % respectively) while repellency of rosageranium sticks was observed below 20% on both pests. Sticks durability in comparison with pure essential oils of plants was significantly different so that from the fourth day by the end of the eighth week the mortality rate was approximately constant while the durability of pure essential oils decreased after 2-3 weeks represents the slow-releasing of essential oils in stick formulation.

Key words: essential oils, stick formulation, fumigant toxicity, repellent effects, durability.

*Corresponding author: atapour@irost.org