

اثر تماسی و دورکنندگی اسانس هل (*Elletaria cardamomum* (L.) Maton.) و
زیره سیاه (*Bunium persicum* (Boiss.) Fedtsch.) روی حشرات کامل
شپشه قرمز آرد (*Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae))

غلامحسین مروج^{۱*}، زهره اف شهرکی^۲ و مجید عزیزی ارانی^۳

*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

پست الکترونیک: Moravej@ferdowsi.um.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۸۹

تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۸۸

چکیده

طی چند دهه اخیر تحقیقات وسیعی روی ترکیب‌های گیاهی متعدد به منظور دستیابی به جایگزین‌های بی‌خطر یا کم‌خطر و مؤثرتر از حشره‌کش‌های شیمیایی برای کنترل آفات انباری انجام شده است. در تحقیق حاضر سمیت تماسی و اثر دورکنندگی اسانس‌های دو گونه گیاهی هل (*Elletaria cardamomum* (L.) Maton) و زیره سیاه (*Bunium persicum* (Boiss.) Fedtsch.) روی حشرات کامل شپشه قرمز آرد (*Tribolium castaneum*) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در شرایط دمای $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی $60 \pm 5\%$ و تاریکی انجام شد. نتایج آزمایش‌های زیست‌سنجی جهت بررسی سمیت تماسی نشان داد که با افزایش غلظت هر اسانس، درصد مرگ و میر حشرات کامل افزایش یافت. حساسیت حشرات نر بیشتر از حشرات ماده بود. براساس معیار LC_{50} در مدت ۲۴ ساعت بیشترین سمیت تماسی مربوط به اسانس زیره سیاه علیه حشرات نر ($0/25$ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع) و کمترین سمیت مربوط به اسانس هل علیه حشرات ماده ($0/91$ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع) بود. نتایج مقایسه اثر دورکنندگی اسانس‌ها روی حشرات کامل نشان داد که میزان دورکنندگی حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد توسط اسانس هل در غلظت‌های بالاتری (حدود ۳-۴ برابر) در مقایسه با اسانس زیره سیاه حاصل شد. با افزایش غلظت اسانس‌ها، اثر دورکنندگی علیه هر دو جنس حشره افزایش یافت. نتایج این بررسی نشان داد که اسانس‌های هل و زیره سیاه منابع بیولوژیکی مؤثری هستند که می‌توانند جهت حفاظت غلات انبار شده از آلودگی توسط شپشه قرمز آرد بکار برده شوند.

واژه‌های کلیدی: شپشه قرمز آرد، اسانس‌ها، ادویه‌ها، هل (*Elletaria cardamomum* (L.) Maton)، زیره سیاه (*Bunium persicum* (Boiss.) Fedtsch.).

مقدمه

(Good, 1933; Khatune et al., 2002). حشرات کامل و لاروهای این آفت قادرند به طیف وسیعی از محصولات انباری خسارت وارد کنند (Ziegler, 1977; Khatune et

شپشه قرمز آرد (*Tribolium castaneum* (Herbst)) یکی از آفات مهم غلات انباری با پراکنش جهانی است

دورکنندگی تعداد زیادی از اسانس‌های گیاهی علیه آفات متعدد از جمله شپشه قرمز آرد مورد مطالعه قرار گرفته‌است (Huang et al., 2000؛ Tripathi et al., 2000؛ Verma et al., 2000؛ Tapondjou et al., 2005؛ Chaubey, 2007). هل (*Elletaria cardamomum* (L.)) و زیره سیاه (*Bunium persicum* (Boiss.)) (Maton Fedtsch) به‌طور وسیع به‌عنوان طعم‌دهنده مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و خواص دارویی آنها نیز شناخته شده است (Al-Zuhair et al., 1996؛ Pourmortazavi et Boskabady & Moghaddas, 2004؛ Salehi et al., 2005؛ Lucchesi et al., 2007؛ 2008). اثر حشره‌کشی اسانس هل روی برخی آفات انباری از جمله شپشه قرمز آرد (Huang et al., 2000) و سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus* (F.)) (Mahfuz & Khalequzzaman, 2007) گزارش شده است. گزارشی از اثر حشره‌کشی اسانس زیره سیاه در منابع علمی یافت نشد، اما خاصیت حشره‌کشی اسانس تعدادی گونه مشابه آن از خانواده چتریان علیه شپشه قرمز آرد گزارش شده است (Chaubey, 2007). در تحقیق حاضر سمیت تماسی و اثر دورکنندگی اسانس بذر این دو گونه گیاهی علیه حشرات کامل شپشه قرمز آرد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روشها

تهیه اسانس

بذر خشک هل در اواسط آبان ماه ۱۳۸۶ از یک بازار محلی در مشهد خریداری شد. بذر زیره سیاه در اوایل مهر ماه ۱۳۸۶ از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد

(al., 2002). آلودگی محصولات انباری توسط لاروها و حشرات کامل این آفت منجر به ایجاد خسارت اقتصادی از طریق کاهش ارزش تجاری و غذایی محصول می‌گردد (Khatune et al., Burkholder & Faustini, 1991؛ 2002). به‌طور کلی سالانه بین ۱۰ تا ۴۰ درصد محصولات انباری در دنیا توسط آفات انباری از بین می‌روند (Chaubey, 2007؛ Matthews, 1993). افزایش روز افزون جمعیت جهان سبب بروز مشکل بحرانی کمبود غذا شده است. در چنین شرایطی، برای حفاظت محصولات انباری و سایر تولیدات کشاورزی از آلودگی توسط حشرات، اغلب سموم شیمیایی مصنوعی مختلف بکار برده می‌شوند (Chaubey, 2007). اما کاربرد گسترده سموم شیمیایی منجر به بروز مشکلات جدی نظیر افزایش نژادهای مقاوم به حشره‌کش‌ها (Zettler & Cuperus, 1990؛ White, 1995؛ Riebeiro et al., 2003؛ Jbilou et al., 2006)، ایجاد بقایای سمی روی فرآورده‌های انباری، مسمومیت مصرف‌کنندگان و افزایش هزینه‌های انبارداری شده است (Jbilou et al., 2006). بنابراین جهت کاهش این مخاطرات نیاز به کاربرد برخی جایگزین‌ها برای آفت‌کش‌های شیمیایی احساس می‌شود. گیاهان معطر و اسانس‌های مشتق شده از آنها از دوران باستان به‌عنوان خوشبوکننده، طعم‌دهنده یا ادویه، داروهای گیاهی، عوامل ضدباکتریایی، حشره‌کش و دورکننده حشرات یا محافظت‌کننده محصولات انباری مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Isman, 2006؛ Dorman & Deans, 2000؛ 2008؛ Bakkali et al., 2008؛ Batish et al., 2008). این ترکیب‌ها، جایگزین‌های مؤثری برای آفت‌کش‌های مصنوعی محسوب گردیده ضمن اینکه اثرهای مضر زیست محیطی آنها بسیار کمتر می‌باشد (Isman, 2000)؛

آزمایش‌های زیست‌سنجی

آزمایش سمیت تماسی اسانس‌ها براساس روش Tapondjou و همکاران (۲۰۰۵) با اندکی تغییرات، روی کاغذ صافی (Whatman No 1) انجام شد. کاغذ صافی در کف پتری‌دیش (به قطر ۹ سانتی‌متر) قرار داده شد. از اسانس هل مقادیر ۲۵، ۲۷، ۲۹، ۳۳، ۳۵ و ۴۰ میکرولیتر (معادل ۰/۳۹، ۰/۴۲، ۰/۴۶، ۰/۵۲، ۰/۵۵ و ۰/۶۳ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع) برای حشرات کامل نر و مقادیر ۵۰، ۵۴، ۵۷، ۶۲، ۶۵ و ۷۰ میکرولیتر (معادل ۰/۷۹، ۰/۸۵، ۰/۹۰، ۰/۹۸، ۱ و ۱/۱ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع) برای حشرات کامل ماده و از اسانس زیره سیاه مقادیر ۱۰، ۱۲/۶، ۱۶، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ میکرولیتر (معادل ۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳۱، ۰/۳۹ و ۰/۴۷ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع) برای حشرات نر و مقادیر ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ میکرولیتر (معادل ۰/۳۱، ۰/۳۶، ۰/۴۱، ۰/۴۷، ۰/۵۵ و ۰/۶۳ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع) برای حشرات ماده در یک میلی‌لیتر استون حل گردید و به کمک میکروپیت روی کاغذ صافی درون پتری‌دیش ریخته شد. در ظروف شاهد فقط استون استفاده گردید. پس از ده دقیقه و خشک شدن سطح کاغذ صافی، تعداد ۱۰ حشره کامل نر یا ماده (۷-۱ روزه) به داخل پتری‌دیش منتقل گردید و درب پتری‌دیش روی آن قرار داده شد. ظروف پتری در انکوباتور با شرایط دمایی $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی $5 \pm 60\%$ و تاریکی قرار داده شد. آزمایش ۶ مرتبه تکرار شد. تعداد حشرات مرده (حشراتی که قادر به حرکت دادن پا و شاخک نبودند) پس از ۲۴ ساعت در ظروف تیمار و شاهد شمارش و ثبت گردید. سمیت اسانس‌ها توسط مدل پروبیت با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای POLO-PC آنالیز گردید و پارامترهای مختلف حاصل از آنالیز، بین اسانس‌ها مقایسه شد. مقادیر

جمع‌آوری و در شرایط آزمایشگاه (دمای $25 \pm 3^\circ\text{C}$) به مدت یک هفته خشک گردید. تأیید اسامی علمی گیاهان مورد بررسی توسط بخش طبقه‌بندی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. جهت تهیه اسانس، بذره‌های خشک به شکل پودر درآمدند. در هر بار اسانس‌گیری، ۱۰۰ گرم از مواد خشک هر گیاه به همراه ۶۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با استفاده از دستگاه اسانس‌گیر شیشه‌ای مدل کلونجر (Clevenger) طی مدت زمان ۳ ساعت در دمای 100°C اسانس‌گیری شد. از هر ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی حدود ۱/۵ میلی‌لیتر اسانس بدست آمد. اسانس‌های جمع‌آوری شده به‌وسیله سولفات سدیم (بدون آب) آب‌گیری و تا زمان استفاده در ظروف شیشه‌ای تیره به حجم ۱۵ میلی‌لیتر در یخچال (دمای 4°C) نگهداری شدند.

پرورش حشرات

شپشه قرمز آرد از بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران تهیه و کلنی اولیه آن در انکوباتور با شرایط دمایی $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی $5 \pm 60\%$ و دوره تاریکی ۲۴ ساعته روی محیط کشت شامل ترکیبی از ۱۰ قسمت وزنی آرد و ۱ قسمت مخمر پرورش داده شد (Huang et al., 2000). جهت تفکیک حشرات کامل نر و ماده، جنسیت حشره در مرحله شفیرگی از روی شکل برجستگی‌های جنسی واقع در آخرین حلقه شکمی در زیر استریومیکروسکوپ مشخص گردید (Beeman et al., 2008). شفیره‌های نر و ماده به‌طور جداگانه در ظروف پلاستیکی حاوی محیط کشت تا هنگام ظهور حشرات کامل نگهداری شدند.

مخلوط کردن کامل دانه‌ها با اسانس، ۱۵ دقیقه صبر شد تا استون بخار شود. برای غلظت شاهد، دانه‌ها فقط با یک میلی‌لیتر استون مخلوط گردید. دانه‌های آغشته به اسانس به یکی از ظروف جانبی و دانه‌های شاهد به ظرف دیگر منتقل گردید. در ظرف میانی تعداد ۲۰ حشره کامل ۷-۱ روزه که به مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگهداری شده بودند، رها شدند. آزمایش روی حشرات نر و ماده به‌طور جداگانه انجام شد. پس از ۷۲ ساعت تعداد حشرات در ظروف جانبی شمارش و درصد دورکنندگی اسانس بر طبق فرمول $(X-50) = 2(PR\%)$ که در آن X درصد حشرات در ظرف شاهد و PR درصد دورکنندگی می‌باشد، محاسبه شد (Owusu, 2001). این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در شرایط دمایی $30 \pm 1^\circ C$ ، رطوبت نسبی $60 \pm 5\%$ و تاریکی انجام شد. تجزیه واریانس دو طرفه در مورد هر اسانس به منظور بررسی اثر اصلی جنس حشره، اثر اصلی غلظت اسانس و اثر متقابل جنس حشره \times غلظت اسانس روی میزان دورکنندگی انجام شد. در صورت معنی‌دار شدن تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی در سطح ۵٪ انجام شد. روی حشرات هر جنس، روابط بین میزان دورکنندگی و غلظت اسانس‌ها توسط رگرسیون خطی مورد بررسی قرار گرفت. نرم‌افزار رایانه‌ای SPSS V.16 جهت آنالیز آماری مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

سمیت تماسی اسانس‌ها

در هر دو اسانس مورد مطالعه، با افزایش غلظت اسانس میزان مرگ و میر حشرات کامل در هر دو جنس افزایش یافت. در غلظت ۰/۴۷ میکرولیتر بر سانتی‌متر

LC₅₀ و LC₉₀ اسانس‌ها روی حشرات نر و ماده پس از ۲۴ ساعت اسانس‌دهی توسط این نرم‌افزار بدست آمد و با استفاده از روش روبرتسون و پریسلر مورد مقایسه قرار گرفت (Robertson & Preisler, 1992).

آزمایش‌های دورکنندگی

بررسی اثر دورکنندگی اسانس‌ها براساس روش Fields و همکاران (۲۰۰۱) با تغییراتی انجام شد. مشابه این روش در مطالعات محققان داخلی نیز مورد استفاده قرار گرفته است (شاکرمی و همکاران، ۱۳۸۲؛ نگهبان و محرمی‌پور، ۱۳۸۵؛ آب‌بر، ۱۳۸۷). سه ظرف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (قطر ۵ و ارتفاع ۶/۶ سانتی‌متر) درپوش‌دار به حجم ۱۳۰ میلی‌لیتر انتخاب گردید. در دو سمت یکی از ظرف‌ها و مماس با کف آن سوراخی تعبیه شد و به کمک لوله‌های رابط پلاستیکی (قطر ۱ و طول ۴ سانتی‌متر) به دو ظرف دیگر متصل گردید، به‌طوری که حرکت حشرات از ظرف میانی به ظروف جانبی از طریق لوله‌های رابط به سهولت امکان‌پذیر بود.

غلظت‌های مورد آزمایش در بررسی اثر دورکنندگی در تحقیق حاضر با اقتباس از نتایج تحقیقات مروج و همکاران (۱۳۸۸) براساس سمیت تنفسی اسانس‌های فوق‌الذکر روی حشرات کامل شپشه قرمز آرد انتخاب گردید. بر این اساس، غلظت‌های زیرکشدگی LC₁، LC₅، LC₁₀ و LC₁₅ تنفسی از هر اسانس از روی معادلات رگرسیون پروبیت مرگ و میر- غلظت محاسبه گردید (مروج و همکاران، ۱۳۸۸) و با توجه به حجم ظروف آزمایش (۱۳۰ میلی‌لیتر)، مقدار لازم مربوط به هر غلظت در یک میلی‌لیتر استون حل گردید و روی ۴۰ دانه گندم (رقم چمران) درون پتری‌دیش ریخته شد و پس از

مرگ و میر حشرات ماده در بین دو اسانس نیز بدست آمد (X²= 21.52, df= 1, P<0.001). در اثر اسانس هل، شیب پروبیت مرگ و میر افراد ماده به طور معنی داری بزرگتر از شیب نظیر در افراد نر بود (X²= 7.45, df= 1, P= 0.006). در اثر اسانس زیره سیاه، بین شیب‌های خطوط پروبیت مرگ و میر افراد نر و ماده اختلاف معنی داری وجود نداشت (X²= 3.65, df= 1, P= 0.056).

نتایج آزمون فرضیه یکسان بودن خطوط نشان داد که ثابت‌های رگرسیون پروبیت مرگ و میر افراد نر و ماده در اثر اسانس‌ها با هم اختلاف معنی دار داشتند (X²= 306.55, df= 6, P<0.001). مقایسه جفتی ثابت‌های خطوط نشان داد که برای حشرات نر، ثابت معادله پروبیت مرگ و میر در اثر اسانس هل با اسانس زیره سیاه اختلاف معنی دار داشت (X²= 95.16, df= 2, P< 0.001). مشابه این نتیجه برای حشرات ماده در مورد مقایسه ثابت معادله‌های پروبیت مرگ و میر در بین دو اسانس نیز بدست آمد (X²= 165.37, df= 2, P<0.001). در هر یک از اسانس‌های هل و زیره سیاه، بین ثابت‌های پروبیت مرگ و میر افراد نر و افراد ماده تفاوت معنی دار وجود داشت (X²= 159.66, df= 2, P<0.001) برای اسانس هل؛ (X²= 58.92, df= 2, P<0.001) برای اسانس زیره سیاه).

نتایج آنالیز پروبیت نشان داد که در همه موارد فاکتور g کمتر از ۰/۵ و مقدار آزمون t بیشتر از ۱/۹۶ بود. فاکتور هتروژنیته در اسانس هل برای حشرات نر و ماده و در اسانس زیره سیاه برای حشرات ماده کمتر از ۱ بدست آمد. فاکتور هتروژنیته در اسانس زیره سیاه برای افراد نر بزرگتر از ۱ بود (۱/۱۴) که نشان‌دهنده اعمال فاکتور g (۰/۹۵) در تصحیح مقدار LC₅₀ می‌باشد. شاخص‌های LC₅₀ و LC₉₀ نشان دادند که

مربع از اسانس زیره سیاه روی حشرات کامل نر ۹۵±۳/۴۲ درصد و روی حشرات کامل ماده ۷۱/۶۷±۶/۰۰ درصد تلفات ایجاد شد. غلظت مشابه از اسانس هل (۰/۴۶) میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع) سبب تلفات ۵۵±۶/۱۹ درصد روی حشرات کامل نر شد. در غلظت ۰/۳۹ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع، اسانس زیره سیاه ۷۶/۶۷±۶/۱۵ درصد و اسانس هل ۲۳/۳۳±۶/۶۷ درصد تلفات روی حشرات نر ایجاد کرد. غلظت ۰/۶۳ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع از اسانس زیره سیاه روی حشرات ماده ۹۳/۳۳±۴/۹۴ درصد تلفات ایجاد کرد، در حالی که میزان تلفات روی حشرات ماده در اثر غلظت ۰/۷۹ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع از اسانس هل ۱۶/۶۷±۴/۹۴ درصد بود.

جهت مقایسه آماری سمیت تماسی اسانس‌های مورد مطالعه، آنالیز پروبیت روی داده‌های مرگ و میر حاصل پس از ۲۴ ساعت اسانس‌دهی به کمک نرم‌افزار POLO-PC انجام شد. معادله‌های رگرسیون پروبیت مرگ و میر- غلظت و سایر پارامترهای آنالیز سمیت در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر شیب خطوط پروبیت مرگ و میر برای افراد نر و ماده در اثر اسانس‌ها بین ۴/۷۹ تا ۱۴/۵۸ متغیر بود. مقایسه شیب براساس آزمون فرضیه موازی بودن خطوط نشان داد که شیب خطوط پروبیت در بین افراد نر و ماده در دو اسانس مورد مطالعه اختلاف معنی داری با یکدیگر داشتند (X²= 44.74, df= 3, P<0.001). مقایسه جفتی شیب‌های خطوط پروبیت نشان داد که برای افراد نر، شیب خط رگرسیون پروبیت مرگ و میر در اثر اسانس هل به طور معنی داری بزرگتر از شیب رگرسیون معادل در اسانس زیره سیاه بود (X²= 14.29, df= 1, P<0.001). مشابه همین نتیجه در مورد مقایسه شیب خطوط پروبیت

اسانس زیره سیاه در مقایسه با اسانس هل دارای سمیت تماسی بالاتری علیه حشرات کامل شپشه قرمز آرد بود. کمترین میزان سمیت مربوط به اسانس هل علیه حشرات کامل ماده با LC_{50} معادل ۰/۹۱ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع بود. بنابراین براساس شاخص‌های LC_{50} و LC_{90} ، سمیت تماسی اسانس‌ها روی حشرات نر بیشتر از حشرات ماده بود (جدول ۱).

اسانس زیره سیاه در مقایسه با اسانس هل دارای سمیت تماسی بالاتری علیه حشرات کامل شپشه قرمز آرد بود. کمترین میزان سمیت مربوط به اسانس هل علیه حشرات کامل ماده با LC_{50} معادل ۰/۹۱ میکرولیتر بر سانتی‌متر مربع و بیشترین میزان سمیت مربوط به

جدول ۱- آنالیز پروبیت روابط مرگ و میر- غلظت پس از ۲۴ ساعت ناشی از سمیت تماسی اسانس‌های هل و زیره سیاه روی حشرات کامل شپشه قرمز آرد به تفکیک جنس حشرات

| منبع اسانس | جنس حشره | n | پروبیته مرگ و میر- غلظت | | نسبت t | هتروژنیته | فاکتور g (۰/۹۵) | غلظت‌های کشته ($\mu\text{l.cm}^{-2}$) (حدود اطمینان ۹۵٪) | |
|------------|----------|-----|-------------------------|----------------------|--------|-----------|-----------------|--|---------------------|
| | | | ثابت ($\pm SE$) | شیب ($\pm SE$) | | | | LC_{90} | LC_{50} |
| هل | ماده | ۴۲۰ | ۰/۶۲ ($\pm ۰/۰۹$) | ۱۴/۵۸ ($\pm ۱/۶۱$) | ۹/۰۴ | ۰/۶۱ | ۰/۰۴۷ | ۰/۹۱ (۰/۸۸-۰/۹۳) | ۱/۱۱ (۱/۰۷-۱/۱۷) |
| | نر | ۴۲۰ | ۳/۲۰ ($\pm ۰/۳۶$) | ۹/۲۹ ($\pm ۱/۱۰$) | ۸/۴۱ | ۰/۳۸ | ۰/۰۵۴ | ۰/۴۵ (۰/۴۳-۰/۴۷) | ۰/۶۲ (۰/۵۹-۰/۶۸) |
| زیره سیاه | ماده | ۴۲۰ | ۲/۶۷ ($\pm ۰/۲۹$) | ۶/۵۱ ($\pm ۰/۷۵$) | ۸/۶۳ | ۰/۵۸ | ۰/۰۵۲ | ۰/۳۹ (۰/۳۷-۰/۴۱) | ۰/۶۱ (۰/۵۶-۰/۶۹) |
| | نر | ۴۲۰ | ۲/۸۹ ($\pm ۰/۳$) | ۴/۷۹ ($\pm ۰/۵$) | ۹/۵۵ | ۱/۱۴ | ۰/۰۹۶ | ۰/۲۵ (۰/۲۲-۰/۲۸) | ۰/۴۶ (۰/۳۹-۰/۶۱) |

n: تعداد حشرات مورد آزمایش

SE: خطای معیار

نسبت LC_{50} و حدود اطمینان ۹۵٪ آن نشان داد که علیه هر یک از جنس‌های نر یا ماده، LC_{50} اسانس هل به‌طور معنی‌داری بزرگتر از LC_{50} اسانس زیره سیاه بود (جدول ۲). نتایج مقایسه سمیت اسانس‌ها و یا حساسیت حشرات نر و ماده براساس شاخص LC_{90} نیز مشابه نتایج ذکر شده براساس شاخص LC_{50} بود (جدول ۳).

مقایسه آماری حساسیت حشرات نر و ماده با استفاده از نسبت LC_{50} و حدود اطمینان ۹۵٪ آن نشان داد که در اسانس هل، میزان LC_{50} علیه حشرات ماده به‌طور معنی‌داری بیشتر از میزان این شاخص علیه حشرات نر بود. نظیر این نتیجه برای اسانس زیره سیاه در مورد مقایسه LC_{50} علیه حشرات ماده و نر نیز بدست آمد. مقایسه جفتی سمیت اسانس‌ها با استفاده از

جدول ۲- نسبت‌های LC_{50} و حدود اطمینان ۹۵٪ آنها جهت مقایسه سمیت تماسی اسانس‌های هل و

زیره سیاه علیه حشرات کامل شپشه قرمز آرد *T. castaneum*

| متغیر | نسبت LC_{50} | حدود اطمینان ۹۵٪ |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| نوع اسانس | (LC_{50} نر: LC_{50} ماده) | مقایسه بین حساسیت حشرات ماده و نر |
| هل | ۲/۰۰۶ | ۱/۹۱۹-۲/۰۹۷ * |
| زیره سیاه | ۱/۵۶۰ | ۱/۴۲۴-۱/۷۰۹ * |
| جنس حشره | (LC_{50} زیره سیاه: LC_{50} هل) | مقایسه بین سمیت اسانس‌ها |
| ماده | ۲/۳۳۵ | ۲/۱۹۸-۲/۴۸۱ * |
| نر | ۱/۸۱۶ | ۱/۶۷۴-۱/۹۷۱ * |

٪: حدود اطمینان ۹۵٪ براساس روش روبرتسون و پریسلر (۱۹۹۲) محاسبه شد.

*: اختلاف معنی‌دار بین LC_{50} ‌های مقایسه شده در سطح ۵٪ وجود دارد.

جدول ۳- نسبت‌های LC_{90} و حدود اطمینان ۹۵٪ آنها جهت مقایسه سمیت تماسی اسانس‌های هل و

زیره سیاه علیه حشرات کامل شپشه قرمز آرد *T. castaneum*

| متغیر | نسبت LC_{90} | حدود اطمینان ۹۵٪ |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| نوع اسانس | (LC_{90} نر: LC_{90} ماده) | مقایسه بین حساسیت حشرات ماده و نر |
| هل | ۱/۷۸۸ | ۱/۶۴۱-۱/۹۴۸ * |
| زیره سیاه | ۱/۳۲۶ | ۱/۱۲۲-۱/۵۶۷ * |
| جنس حشره | (LC_{90} زیره سیاه: LC_{90} هل) | مقایسه بین سمیت اسانس‌ها |
| ماده | ۱/۸۱۷ | ۱/۶۳۰-۲/۰۲۶ * |
| نر | ۱/۳۴۸ | ۱/۱۵۷-۱/۵۷۰ * |

٪: حدود اطمینان ۹۵٪ براساس روش روبرتسون و پریسلر (۱۹۹۲) محاسبه شد.

*: اختلاف معنی‌دار بین LC_{90} ‌های مقایسه شده در سطح ۵٪ وجود دارد.

میزان دورکنندگی اسانس‌ها

نتایج تجزیه واریانس دوطرفه روی درصد دورکنندگی اسانس هل نشان داد که اثر اصلی غلظت اسانس ($F_{(3,24)}=$ 54.72, $P<0.001$) معنی‌دار ولی اثر اصلی جنس حشره ($F_{(1,24)}=$ 0.39, $P=$ 0.540) و اثر متقابل غلظت اسانس × جنس حشره ($F_{(3,24)}=$ 1.07, $P=$ 0.381) معنی‌دار نبود. نتایج تجزیه واریانس دوطرفه روی درصد دورکنندگی اسانس زیره سیاه نشان داد که اثر اصلی غلظت اسانس

($F_{(1,24)}=$) جنس حشره و ($F_{(3,24)}=$ 52.26, $P<0.001$) اثر متقابل غلظت اسانس × جنس حشره ($F_{(3,24)}=$ 1.26, $P=$ 0.310) معنی‌دار نبود. در آزمایش‌های دورکنندگی مطالعه حاضر، به دلیل سمیت تنفسی کمتر اسانس هل در مقایسه با اسانس زیره سیاه، غلظت‌های زیرکشنندگی بکار برده شده از اسانس هل حدود ۳-۴ برابر غلظت‌های زیرکشنندگی اسانس زیره سیاه بودند.

غلظت‌های مشابه (غلظت‌های ۸/۳۲ و ۱۳/۱۴ میکرولیتر بر لیتر معادل LC₁₅ تنفسی) روی حشرات نر و ماده به ترتیب معادل ۸۵/۹۹ و ۸۶/۰۹ درصد دورکنندگی نشان داد. در هر دو اسانس روی حشرات هر دو جنس، با افزایش غلظت از LC₁ به LC₁₅، میزان دورکنندگی تقریباً ۴ برابر افزایش یافت. درصد دورکنندگی اسانس هل در غلظت LC₁₀ روی حشرات نر و ماده تقریباً مشابه بود، در حالی که در غلظت معادل از اسانس زیره سیاه، میزان دورکنندگی روی افراد نر بیشتر از افراد ماده بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی نشان داد که درصد دورکنندگی اسانس‌ها روی حشرات کامل هر دو جنس حشره در بیشتر غلظت‌ها با هم اختلاف معنی‌دار داشتند. در هر دو اسانس با افزایش غلظت، درصد دورکنندگی آنها روی حشرات کامل افزایش یافت. در اسانس زیره سیاه بیشترین درصد دورکنندگی در بالاترین غلظت‌های مورد مطالعه (غلظت‌های ۳/۰۵ و ۳/۹۵ میکرولیتر بر لیتر معادل LC₁₅ تنفسی) روی حشرات نر و ماده به ترتیب معادل ۷۹/۳۵ و ۷۸/۳۶ درصد بود، در حالی که اسانس هل در

جدول ۴- درصد دورکنندگی (n=۴، خطای معیار ± میانگین) اسانس‌های هل و زیره سیاه روی حشرات کامل T. *castaneum* در غلظت‌های مختلف پس از ۷۲ ساعت اسانس‌دهی

| منبع اسانس | جنس حشره | غلظت † (µL.L ⁻¹) | خطای معیار ± میانگین ϕ |
|-------------------------------------|----------|------------------------------|------------------------|
| هل (<i>E. cardamomum</i>) | ماده | ۴/۵۸ | ۲۰/۰۷±۵/۱۱ a |
| | | ۷/۹۹ | ۶۲/۶۳±۳/۴۶ b |
| | | ۱۰/۷۵ | ۷۰/۶۵±۶/۲۰ bc |
| | | ۱۳/۱۴ | ۸۶/۰۹±۶/۹۹ c |
| زیره سیاه (<i>B. persicum</i>) | نر | ۲/۳۶ | ۲۳/۰۱±۲/۶۳ a |
| | | ۴/۵۹ | ۴۸/۸۳±۴/۱۶ b |
| | | ۶/۵۴ | ۷۲/۲۲±۶/۰۳ c |
| | | ۸/۳۲ | ۸۵/۹۹±۶/۱۷ c |
| زیره سیاه (<i>B. persicum</i>) | ماده | ۱/۲۶ | ۱۹/۹۹±۶/۰۲ a |
| | | ۲/۳۰ | ۵۴/۴۱±۲/۸۷ b |
| | | ۳/۱۸ | ۶۴/۴۸±۵/۱۱ bc |
| | | ۳/۹۵ | ۷۸/۳۶±۴/۱۳ c |
| زیره سیاه (<i>B. persicum</i>) | نر | ۰/۹۸ | ۲۲/۲۵±۳/۹۳ a |
| | | ۱/۷۸ | ۶۲/۴۳±۵/۳۸ b |
| | | ۲/۴۶ | ۸۳/۲۸±۶/۹۰ c |
| | | ۳/۰۵ | ۷۹/۳۵±۵/۴۰ bc |

† غلظت‌ها در هر ستون به ترتیب از بالا به پایین معادل LC₁، LC₅، LC₁₀ و LC₁₅ در سمیت تنفسی بود.

ϕ: در هر ستون و در داخل هر جنس، میانگین‌های با حروف مشابه با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون توکی در سطح ۵٪).

بود ($P=0.081$). ضریب همبستگی (R^2) در اسانس زیره سیاه بین دو متغیر فوق‌الذکر در افراد نر و ماده به ترتیب $0.98/9$ و $0.92/6$ و در اسانس هل به ترتیب $0.89/0$ و $0.89/0$ بود. به طوری که بیشترین شیب خط رگرسیون مربوط به اسانس زیره سیاه روی افراد نر و کمترین شیب مربوط به اسانس هل روی افراد ماده بود (جدول ۵).

تجزیه رگرسیون بین درصد دورکنندگی و غلظت اسانس جهت بررسی همبستگی این دو متغیر انجام شد. نتایج نشان داد که در اسانس هل روی هر دو جنس حشره و در اسانس زیره سیاه روی افراد ماده بین این دو متغیر همبستگی خطی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. در اسانس زیره سیاه روی افراد نر این رابطه مثبت ولی غیرمعنی‌دار

جدول ۵- تجزیه رگرسیون خطی بین درصد دورکنندگی و غلظت اسانس‌های هل و زیره سیاه روی حشرات کامل شپشه قرمز آرد^۳

| R ² | شیب رگرسیون | P | F (1,3) | n | جنس حشره | منبع اسانس |
|----------------|-------------|-------|---------|-----|----------|------------|
| ۸۸/۵ | ۷/۳۲±۱/۴۹ | ۰/۰۳۹ | ۲۴/۰۲ | ۱۶۰ | ماده | هل |
| ۹۹/۹ | ۱۱/۳۰±۰/۱۷ | ۰/۰۰۱ | ۴/۶۲ | ۱۶۰ | نر | |
| ۹۳/۰ | ۲۱/۳۶±۳/۳۴ | ۰/۰۲۴ | ۴۰/۸۹ | ۱۶۰ | ماده | زیره سیاه |
| ۷۸/۱ | ۲۹/۵۶±۸/۶۵ | ۰/۰۷۶ | ۱۱/۶۹ | ۱۶۰ | نر | |

۳: اسانس در حلال استون مخلوط با ۴۰ دانه گندم در ظروف پلاستیکی به حجم ۱۳۰ میلی‌لیتر بکار برده شد.

N: تعداد حشرات مورد آزمایش

R²: ضریب همبستگی

بحث

(Tapondjou et al., 2005) و اسانس *Flourensia oolepis* Blake روی حشرات کامل شپشه قرمز آرد (García et al., 2007) با افزایش غلظت اسانس افزایش یافت.

به‌رغم بالاتر بودن میزان LC₅₀ در هر دو اسانس مورد مطالعه علیه حشرات کامل ماده در مقایسه با حشرات نر، شیب خطوط پروبیت مرگ و میر حشرات ماده بزرگتر از شیب نظیر در حشرات نر بود (جدول ۱). به طوری که بزرگتر بودن شیب خط پروبیت نشان‌دهنده حساسیت بیشتر حشرات مورد آزمایش است. به هر حال، فاکتور مؤثر دیگر در مقایسه سمیت ترکیبات آفت‌کش و یا مقایسه حساسیت جمعیت‌های حشرات نسبت به یک

نتایج بررسی سمیت تماسی اسانس‌ها روی حشرات کامل نشان داد که سمیت اسانس زیره سیاه بیشتر از اسانس هل بود و میزان سمیت در هر دو اسانس به غلظت اسانس و جنس حشره وابسته بود. اثر غلظت اسانس در سمیت تماسی در تحقیقات مختلف نشان داده شده است. از جمله سمیت تماسی اسانس هل روی حشرات کامل شپشه ذرت (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) و شپشه قرمز آرد (Huang et al., 2000)، اثر تماسی اسانس‌های اکالیپتوس (*Eucalyptus saligna* Smith) و زیره سبز (*Cupressus sempervirens* L.) روی حشرات کامل شپشه گیج آرد (*T. confusum* Duv.) و شپشه ذرت

از ۱/۵ برابر مقاومتر بودند. حساسیت بیشتر جنس نر شپشه آرد در مقایسه با جنس ماده نسبت به ترکیب های خالص برخی از عصاره های گیاهی نیز گزارش شده است (Parvin et al., 2003; Khatune et al., 2002). دلایل احتمالی تفاوت حساسیت جنس نر و ماده به اسانس ممکن است ناشی از تفاوت حشرات نر و ماده از نظر اندازه یا وزن، میزان چربی بدن و نیز تفاوت ذاتی در مکانیسم عمل اسانس ها روی هر یک از جنس ها باشد (Weaver et al., 1991; Weaver et al., 1994).

سمیت تماسی اسانس هل علیه افراد کامل شپشه قرمز آرد توسط سایر محققان مورد بررسی قرار گرفته است. Mondal و Khalequzaman (۲۰۰۶) مقدار LC_{50} اسانس هل روی حشرات کامل شپشه قرمز آرد را ۰/۱۲۲ میکرولیتر بر سانتی متر مربع گزارش کردند که این مقدار تفاوت قابل ملاحظه ای با میزان LC_{50} محاسبه شده برای افراد کامل ماده (۰/۹۱ میکرولیتر بر سانتی متر مربع) و نر (۰/۴۵ میکرولیتر بر سانتی متر مربع) این آفت در تحقیق حاضر دارد. Huang و همکاران (۲۰۰۰) اثر سمیت تماسی اسانس هل را به روش زیست-سنجی تماس موضعی (Topical application) روی حشرات کامل شپشه قرمز آرد بررسی کردند و میزان LD_{50} این اسانس را ۵۶ میکروگرم بر میلی گرم وزن حشره ($\mu\text{insect g/mg}$) گزارش نمودند. این نتایج به دلیل تفاوت در روش انجام آزمایش، به طور مستقیم قابل مقایسه با نتایج بررسی حاضر نمی باشد. تحقیقات Taponjoui و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که مقادیر LC_{50} اسانس اکالیپتوس علیه شپشه ذرت و شپشه گیج آرد به ترتیب معادل ۰/۳۶ و ۰/۴۸ میکرولیتر بر سانتی متر مربع و مقادیر LC_{50} اسانس زیره سبز علیه دو آفت فوق الذکر به ترتیب معادل ۰/۸۴ و ۰/۷۴ میکرولیتر بر

ترکیب، عرض از مبدأ خط پروبیت (ثابت معادله پروبیت) است (Robertson & Preisler, 1992). به همین دلیل علاوه بر شاخص LC_{50} ، سایر شاخص های سمیت نظیر LC_{90} نیز در هنگام بررسی و مقایسه سمیت ترکیب ها و یا حساسیت حشرات باید مورد توجه قرار گیرد. در تحقیق حاضر براساس شاخص های LC_{50} و LC_{90} ، افراد ماده در مقایسه با افراد نر نسبت به اسانس هر دو گونه مقاومتر بودند. جلالی سندی و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی اثر سمیت تماسی عصاره گیاهان گندواش (*Artemisia annua* L.) و آفتی (*Sambucus ebulus* L.) روی حشرات کامل نر و ماده شپشه گیج آرد (*T. confusum*) نشان دادند که درصد مرگ و میر حشرات نر در اثر عصاره هر دو گیاه بیشتر از حشرات ماده بود. مطالعات روی سمیت تنفسی اسانس ها نیز نشان داده است که در حشرات، افراد نر نسبت به افراد ماده حساسیت بیشتری نشان می دهند. به عنوان مثال، افراد نر سوسک لوبیا (*Acanthoscelides obtectus* (Say.)) نسبت به افراد ماده حساسیت بیشتری به سمیت تنفسی اسانس های رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)، یک گونه اسطوخودوس (*Lavandula hybrida* Rev.)، دو گونه نعناع (*Mentha microphylla* C. Koch و *M. viridis* L.)، پرتقال (*Citrus sinensis* Osbeck)، پسته (*Pistacia terebinthus* L.) و برگ بو (*Laurus nobilis* L.) نشان دادند (Papachristos & Stamopoulos, 2002). همچنین گلستانی کلات (۱۳۸۸) نشان داد که براساس شاخص LC_{50} تنفسی، حشرات ماده سوسک چهارنقطه ای حبوبات در مقایسه با حشرات نر نسبت به اسانس های آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.) و اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) بیش

گزارش شده است. به عنوان مثال، در بررسی اثر اسانس‌های درمنه کوهی (*Artemisia aucheri* Boiss.)، درمنه (*A. sieberi* Besser.) و مریم‌گلی (*Salvia bracteata* L.) روی چهار گونه آفت انباری شامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات، شپشه قرمز آرد، شپشه برنج (*Sitophilus oryzae* L.) و شپشه گندم (*S. granarius* L.) (نگهبان و محرمی‌پور، ۱۳۸۵؛ شاکرمی و همکاران، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳)، اسانس گیاه *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas روی شپشه قرمز آرد و شپشه ذرت (Liu & Ho, 1999)، اسانس *Artemisia vulgaris* (L.) روی شپشه قرمز آرد (Wang et al., 2006) و اسانس آزادیراختین روی سرخرطومی موز (*Cosmopolites sordidus* Germ.) (Inyang & Emosairue, 2005) نشان داده شد که با افزایش غلظت اسانس‌ها میزان دورکنندگی آنها افزایش یافت.

بر اساس مطالعات شاکرمی و همکاران (۱۳۸۲) و (۱۳۸۳)، درصد دورکنندگی اسانس گیاهان درمنه کوهی و مریم‌گلی در بالاترین غلظت مورد مطالعه (۰/۳۰۸ میکرولیتر بر میلی‌لیتر معادل ۳۰/۸ میکرولیتر بر لیتر هوا) روی حشرات کامل شپشه قرمز آرد به ترتیب معادل ۵۱/۴۵٪ و ۶۷/۴۲٪ بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با توجه به غلظت‌های بکار برده شده، میزان دورکنندگی اسانس‌های زیره سیاه و هل روی این آفت بسیار بیشتر از اسانس‌های درمنه کوهی و مریم‌گلی در مطالعات شاکرمی و همکاران (۱۳۸۲ و ۱۳۸۳) می‌باشد و غلظت‌های بسیار پایین این اسانس‌ها (۳ تا ۱۳ میکرولیتر بر لیتر) حدود ۷۸ تا ۸۶ درصد دورکنندگی ایجاد کردند (جدول ۴). نگهبان و محرمی‌پور (۱۳۸۵) میزان دورکنندگی اسانس درمنه (*A. sieberi*) روی شپشه قرمز آرد را در بالاترین غلظت مورد

سانتی متر مربع بود. سمیت اسانس هل روی حشرات نر شپشه قرمز آرد در تحقیق حاضر معادل سمیت اسانس اکالیپتوس در تحقیقات Taponjrou و همکاران (۲۰۰۵) روی شپشه گیج آرد بود. سمیت اسانس‌های اکالیپتوس و زیره سبز روی شپشه ذرت و شپشه گیج آرد در مطالعات محققان اخیر کمتر از سمیت اسانس زیره سیاه روی شپشه قرمز آرد در تحقیق حاضر بود (جدول ۱). غلظت ۰/۷۸ میکرولیتر بر سانتی متر مربع از اسانس‌های زیره سبز و اکالیپتوس پس از ۵ روز از شروع آزمایش سبب ۱۰۰٪ مرگ و میر در حشرات کامل شپشه گیج آرد گردید. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر، در مدت ۲۴ ساعت در غلظت مشابه از اسانس هل (۰/۷۹ میکرولیتر بر سانتی متر مربع)، ۱۶/۶۷٪ مرگ و میر در حشرات ماده شپشه قرمز آرد حاصل شد.

نتایج بررسی میزان دورکنندگی اسانس‌ها روی حشرات کامل نشان داد که میزان دورکنندگی به نوع اسانس و غلظت آن بستگی داشت. در اسانس زیره سیاه این میزان به جنس حشره هم وابسته بود. به طوری که بیشترین شیب خط رگرسیون درصد دورکنندگی - غلظت اسانس مربوط به اثر اسانس زیره سیاه روی حشرات کامل نر بود، یعنی به ازای هر واحد افزایش در غلظت اسانس، میزان افزایش درصد دورکنندگی زیره سیاه روی حشرات نر در مقایسه با افزایش میزان دورکنندگی اسانس هل روی جنس نر و ماده یا اسانس زیره سیاه روی جنس ماده بیشتر بود (جدول ۴). تاکنون اثر دورکنندگی اسانس‌های گیاهی روی حشرات به تفکیک جنس نر و ماده انجام نشده است و ظاهراً تحقیق حاضر از این نظر اولین گزارش محسوب می‌گردد. بنابراین اثر غلظت روی میزان دورکنندگی اسانس‌های گیاهی در تحقیقات مختلف

دارد و اسانس‌های هل و زیره سیاه نیز سرشار از ترکیب‌های فوق هستند (Salehi, Lucchesi et al., 2007)؛ *et al.*, 2008)، بنابراین به نظر می‌رسد خاصیت حشره‌کشی و دورکنندگی این اسانس‌ها مربوط به این ترکیب‌ها باشد. با توجه به کم‌خطر بودن این ترکیب‌ها برای انسان و محیط زیست، احتمالاً کاربرد اسانس‌های گیاهی در حفاظت فراورده‌های انباری از جمله حشرات افزایش خواهد یافت. بنابراین تحقیقات بیشتر در مورد اثر بیولوژیکی این اسانس‌ها روی سایر مراحل زیستی شپشه قرمز آرد و همچنین مطالعه روشهای تولید انبوه و تجاری اسانس‌های گیاهی و یافتن فرمولاسیون‌های مناسب جهت کنترل آفات انباری توصیه می‌گردد. ناظمی رفیع و محرمی‌پور (۱۳۸۶) اثر دورکنندگی عصاره‌های ۳ گونه گیاهی را روی شپشه قرمز آرد در طی یک تا ۵ ساعت بررسی کردند و در مقایسه با نتایج تحقیقات Liu و Ho (۱۹۹۹) نتیجه گرفتند که عصاره‌های گیاهی به علت ثبات بیشتر و قابلیت تبخیر کمتر نسبت به اسانس‌های گیاهی، قدرت دورکنندگی بیشتری دارند. بنابراین توصیه می‌شود که تحقیقات بیشتری در مورد تأثیر عصاره‌های هل و زیره سیاه علیه آفات انباری نیز صورت بگیرد.

منابع مورد استفاده

- جلالی سندی، ج.، حقیقیان، ف. و علی‌اکبر، ع.ر.، ۱۳۸۲. مقایسه تأثیر حشره‌کشی عصاره گیاهان گندواش (*Artemisia annua* L.) و آقطی (*Sambucus ebulus* L.) روی شپشه گیج آرد (*Tribolium confusum* Duv.). علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۲): ۳۱۳-۳۱۹.
- شاکرمی، ج.، کمالی، ک.، محرمی‌پور، س. و مشکوه‌السادات، م.ه.، ۱۳۸۲. سمیت تنفسی و دورکنندگی اسانس گیاه درمنه کوهی (*Artemisia aucheri* Boiss) روی چهار گونه آفت انباری. آفات و بیماریهای گیاهی، ۷۱(۲): ۷۵-۶۱.

مطالعه، ۴ میکرولیتر اسانس در حجم ۶۵ میلی‌لیتر (معادل ۶۱/۵ میکرولیتر بر لیتر هوا) ۷۷/۰۷٪ گزارش کردند. بنابراین با توجه به روش مشابه بکار رفته در مطالعات یاد شده و تحقیق حاضر و غلظت اسانس مورد نیاز جهت دفع مطلوب حشرات انباری به‌ویژه شپشه قرمز آرد، به نظر می‌رسد اثر دورکنندگی اسانس‌های هل و زیره سیاه روی این آفت رضایت‌بخش و بسیار قابل توجه باشد (جدول ۴). برخی محققان به روشی متفاوت از مطالعه حاضر، اثر دورکنندگی اسانس‌های گیاهی را روی حشرات بررسی کرده‌اند. Liu و Ho (۱۹۹۹) یک قطعه نیم‌دایره از کاغذ صافی را به اسانس گیاه *E. rutaecarpa* آغشته کردند و آن را توسط نوار چسب به قطعه مشابه و غیرآغشته (شاهد) متصل نموده و در کف پتری‌دیش قرار دادند. مدتی پس از رهاسازی حشرات کامل شپشه قرمز آرد در قسمت میانی پتری‌دیش و پوشاندن آن با پلاستیک مشبک، درصد دورکنندگی را براساس تعداد حشرات مشاهده شده در نیمه‌شاهد محاسبه نمودند. با این روش، میزان دورکنندگی اسانس *E. rutaecarpa* در غلظت ۰/۱۱ میکروگرم بر سانتی‌متر مربع پس از ۵ ساعت اسانس‌دهی، ۷۱/۲٪ گزارش گردید. در مطالعه حاضر تقریباً همین میزان دورکنندگی (۷۰/۶۵٪) در غلظت ۱۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر هوا از اسانس هل علیه حشرات کامل ماده شپشه قرمز آرد پس از ۷۲ ساعت اسانس‌دهی حاصل شد (جدول ۴)؛ هر چند به دلیل تفاوت در روش انجام آزمایش و تفاوت در واحد بکار برده شده برای غلظت، امکان مقایسه مستقیم بین میزان دورکنندگی اسانس‌ها میسر نمی‌باشد.

با توجه به این‌که گزارشهای متعددی از سمیت ترکیب‌های فرار ترپنوئیدی روی حشرات انباری وجود

- pig tracheal chains. Iranian Biomedical Journal, 8(3): 149-155.
- Burkholder, W.E. and Faustini, D.L., 1991. Biological methods of survey and control: 361-372. In: Gorham, J.R., (Ed). Ecology and Management of Food Industry Pests. AOAC International Publications. New York, 595p.
 - 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(11): 596-600.
 - Dorman, H.J.D. and Deans, S.G., 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. Journal of Applied Microbiology, 88(2): 308-316.
 - 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(4): 359-370.
 - García, M., Gonzalez-Coloma, A., Donadel, O.J., Ardanaz, C.E., Tonn, C.E. and Sosa, M.E., 2007. Insecticidal effects of *Flourensia oolepis* Blake (Asteraceae) essential oil. Biochemical Systematics and Ecology, 35(4): 181-187.
 - Good, N.E., 1933. Biology of the flour beetles *Tribolium confusum* Duv. and *T. ferruginaeum* Fab. Journal of Agricultural Research, 46: 327-334.
 - Huang, Y., Lam, S.L. and Ho, S.H., 2000. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Stored Products Research, 36(2): 107-117.
 - Inyang, U.E. and Emosairue, S.O., 2005. Laboratory assessment of the repellent and anti-feedant properties of aqueous of 13 plants against the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar. (Coleoptera: Curculionidae). Tropical and Subtropical Agroecosystems, 5(1): 33-44.
 - Isman, M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51: 45-66.
 - Isman, M.B., 2000. Plant essential oil for pest and disease management. Crop Protection, 19(8): 603-608.
 - 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.
 - Khatune, N.A., Islam, M.E., Rahman, M.A.A., Baki, M.A., Sadik, G. and Haque, M.E., 2002. Pesticidal activity of a novel coumestan derivative isolated
 - شاکرمی، ج.، کمالی، ک.، محرمی‌پور، س. و مشکوه‌السادات، م.ه.، ۱۳۸۳. سمیت تنفسی و اثر دورکنندگی اسانس گیاه مریم‌گلی (*Salvia bracteata*) روی چهار گونه آفت انباری. نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران، ۲۴(۲): ۳۵-۴۹.
 - گلستانی کلات، ز.، ۱۳۸۸. اثرات بیولوژیک اسانس‌های آویشن شیرازی و اسطوخودوس روی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae)). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
 - ناظمی رفیع، ج. و محرمی‌پور، س.، ۱۳۸۶. اثر دورکنندگی عصاره‌های گیاهان خرزهره (*Nerium oleander* L.) اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* L.) و آنغوزه (*Ferula assafoetida* L.) روی شپشه آرد (*Tribolium castaneum* (Herbst)). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۳(۴): ۴۴۳-۴۵۲.
 - نگهبان، م. و محرمی‌پور، س.، ۱۳۸۵. اثر دورکنندگی و دوام اسانس *Artemisia sieberi* Besser روی سه گونه حشره انباری. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۲(۴): ۲۹۳-۳۰۲.
 - مروج، غ.، آف شهرکی، ز.، عزیزی ارانی، م. و یغمایی، ف.، ۱۳۸۸. سمیت تنفسی اسانس زیره سیاه (*Bunium persicum* Boiss.) و هل (*Umbelliferae*) *Elletaria cardamomum* Maton. و هل (*Zingiberaceae*) روی حشرات کامل شپشه آرد (*Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae)). گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳(۲): ۹۶-۱۰۵.
 - Al-Zuhair, H., El-Sayeh, B., Ameen, H.A. and Al-Shoor, H., 1996. Pharmacological studies of cardamom oil in animals. Pharmacological Research, 34(1): 79-82.
 - Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, M., 2008. Biological effects of essential oils-A review. Food and Chemical Toxicology, 46(2): 446-475.
 - Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K. and Kaur, S., 2008. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. Forest Ecology and Management, 256(12): 2166-2174.
 - Beeman, R.W., Haas, S. and Friesen, K., 2008. Beetle wrangling tips (an introduction to the care and handling of *Tribolium castaneum*). Agricultural Research Servis, United State Department of Agriculture, <http://bru.gmpc.ksu.edu/proj/tribolium/wrangle.asp>.
 - Boskabady, M.H. and Moghaddas, A., 2004. Antihistaminic effect of *Bunium persicum* on Guinea

- Robertson, J.L. and Preisler, H.K. 1992. Pesticide Bioassays with Arthropods. CRC Press, Florida, 127p.
- Salehi, P., Mohammadi, F. and Asghari, B., 2008. Seed essential oil analysis of *Bunium persicum* by Hydrodistillation-Headspace solvent microextraction. Chemistry of Natural Compounds, 44(1): 111-113.
- Tapondjou, L.A., Adler, C., Fontem, D.A., Bouda, H. and Reichmuth, C., 2005. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. Journal of Stored Products Research, 41(1): 91-102.
- Tripathi, A.K., Prajapati, V., Aggarwal, K.K., Khanuja, S.P.S. and Kumar, S., 2000. Toxicity towards *Tribolium castaneum* in the fraction of essential oil of *Anethum sowa* seeds. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 22: 146-150.
- Verma, N., Tripathi, A.K., Prajapati, V., Bahl, J.R., Bansal, R.P., Khanuja, S.P.S. and Kumar, S., 2000. Toxicity of essential oil from *Lippia alba* towards stored grain insects. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 22(4A): 117-119.
- 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(3): 339-347.
- Weaver, K.D., Dunkel, V.F., Ntezurbanza, L., Jackson, L.L. and Stock, T.D., 1991. The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleoptera. Journal of Stored Products Research, 27: 213-220.
- Weaver, D.K., Wells, D., Dunkel, F.V., Bertsch, W.S., Sing, E.S. and Sriharan, S., 1994. Insecticidal activity of floral, foliar and root extracts of *Tagetes minuta* (Asterales: Asteraceae) against adult Mexican bean weevils (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Economic Entomology, 87: 1718-1725.
- White, N.D.G., 1995. Insects, mites and insecticides in stored grain ecosystems: 123-167. In: Jayas, D.S., White, N.D.G. and Muir, W.E., Eds. Stored Grain Ecosystems. Marcel Dekker Science Publications, New York, 757p.
- Zettler, J.L. and Cuperus, G.W., 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. Journal of Economic Entomology, 83(5): 1677-1681.
- Ziegler, J.R., 1977. Dispersal and reproduction in *Tribolium*, The influence of food level. Journal of Insect Physiology, 23(8): 955-960.
- from *Psoralea corylifolia* Linn. against *Tribolium castaneum* Herbst. adults and larvae (Coleoptera: Tenebrionidae). Pakistan Journal of Agronomy, 1(4): 112-115.
- Liu, Z.L. and Ho, S.H., 1999. Bioactivity of essential oils extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Stored Products Research, 35(4): 317-328.
- Lucchesi, M.E., Smadja, J., Bradshaw, S., Louw, W. and Chemat, F., 2007. Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum* L.: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil. Journal of Food Engineering, 79(3): 1079-1086.
- Mahfuz, I. and Khalequzzaman, M., 2007. Contact and fumigant toxicity of essential oils against *Callosobruchus maculatus*. Rajshahi University Journal of Zoology, 26: 63-66.
- Matthews, G.A., 1993. Insecticide application in stores: 305-315. In: Matthews, G.A. and Hislop, E.C., (Eds). Application Technology for Crop Protection. CAB International, Wallingford, UK, 359p.
- Mondal, M. and Khalequzzaman, M., 2006. Toxicity of essential oils against red flour beetle, *Tribolium Castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Bio-Science, 14: 43 -48.
- Owusu, E.O., 2001. Effect of some Ghanaian plant components on control of two stored product insect pests of cereals. Journal of Stored Products Research, 37(1): 85-91.
- Papachristos, D.P. and Stamopoulos, D.C., 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research, 38(2): 117-128.
- Parvin, Sh., Islam, E., Rahman, M. and Haque, E., 2003. Pesticidal activity of pure compound Annotemoyin-1 isolated from chloroform extract of the plant *Annona squamosa* Linn. against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Pakistan Journal of Biological Sciences, 6(12): 1088-1091.
- Pourmortazavi, S.M., Ghadiri, M. and Hajimirsadeghi, S.S., 2005. Supercritical fluid extraction of volatile components from *Bunium persicum* Boiss. (black cumin) and *Mespilus germanica* L. (medlar) seeds. Journal of Food Composition and Analysis, 18(5): 439-446.
- Riebeiro, B.M., Guedes, R.N.C., Oliveira, E.E. and Santos, J.P., 2003. Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research, 39(1): 21-31.

Contact and repellent activity of *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. and *Bunium persicum* (Boiss.) Fedtsch. oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) adults (Coleoptera: Tenebrionidae)

G. Moravvej^{1*}, Z. Of-Shahraki² and M. Azizi-Arani³

1*- Corresponding author, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,

E-mail: Moravej@ferdowsi.um.ac.ir

2- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received: September 2009

Revised: September 2010

Accepted: October 2010

Abstract

Over the past few decades, many investigations have been conducted on different plant products in order to obtain safer and more effective alternatives rather than chemical insecticides for controlling stored-product insects. In the present study, the contact toxicities and repellent effects of the essential oils from two spices including cardamom (*Elletaria cardamomum*) and black caraway (*Bunium persicum*) were examined on the adults of rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). The bioassays were performed at $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ RH and darkness. The results of the contact bioassays showed that males and females mortality was increased with increase of essential oil concentration. The males were more sensitive to oils than the females. Based on the 24h LC_{50} values, the highest contact toxicity was related to *B. persicum* oil against males ($0.25 \mu\text{l.cm}^{-2}$) and the lowest toxicity was recorded for *E. cardamomum* oil against females ($0.91 \mu\text{l.cm}^{-2}$). Results of the repellency experiments indicated that for obtaining about 70-80% repellency, higher concentrations (3-4 times) of *E. cardamomum* oil were needed compared to *B. persicum* oil. Repellent effect of the oils increased on both insect sexes with increase of oil concentration. According to the results, the essential oils of *B. persicum* and *E. cardamomum* are sources of biologically active vapor that can be used in protection of stored grains against rust-red flour beetles.

Key words: Rust-red flour beetle, essential oils, spices, cardamom, black cumin.